

8. Caracterização Geomorfológica e Geológica

8.1. Contexto Geológico Regional

O Estado do Rio de Janeiro, situado na Região Sudeste do país, está geotectonicamente contido na Província Mantiqueira, uma das províncias estruturais definidas por Almeida *et al.* (1981). Esta província cobre uma extensa área sendo bastante afetada pelo Ciclo Orogênico Brasileiro, durante o neoproterozoico/cambriano. A Província Mantiqueira representa uma entidade geotectônica com franca orientação nordeste instalada a leste do Cráton do São Francisco ao final do Neoproterozoico e início do Paleozoico, constituindo, juntamente com a Faixa Brasília e a Cunha de Guaxupé, o arcabouço geotectônico do Sudeste Brasileiro (ALMEIDA *et al.*, 1981; ALMEIDA & CARNEIRO, 1998;)

O arcabouço geotectônico da Região Sudeste do Brasil é formado por um núcleo estável no Neoproterozoico, designado de Cráton do São Francisco (CSF) (ALMEIDA, 1981), circundado por orógenos instalados no Neoproterozoico, durante a Orogênese Brasileira/Pan-Africana, cuja estabilização desempenhou importante papel na aglutinação deste setor do Gondwana. Esses orógenos foram inicialmente designados de Faixa Brasília a oeste, Faixa Ribeira a sul-sudeste e Faixa Araçuaí a leste. A Faixa Ribeira, segundo Almeida *et al.* (1981), constitui uma entidade geotectônica do Neoproterozoico. O Estado do Rio de Janeiro localiza-se na porção interna deste cinturão. Portanto, a compartimentação tectônica dos terrenos que compõem a geologia deste estado está vinculada à evolução tectono-metamórfica da “Faixa” Ribeira. Esta evolução orogênica, considerada por Heilbron *et al.* (2000) como a mais nova no cenário das colagens brasileiras/pan-africanas do segmento crustal considerado, foi responsável pela deformação, metamorfismo, magmatismo e articulação dos diversos terrenos.

A evolução tectônica da Faixa Móvel Ribeira ocorreu por eventos distintos, destacando-se: a amalgamação do continente Gondwana; o metamorfismo/magmatismo Brasileiro; e eventos tectônicos rúpteis no fanerozoico. o primeiro evento corresponde à colisão de três placas separadas por

duas bacias oceânicas há 850 Ma aproximadamente (HEILBRON & MACHADO, 2003). O metamorfismo/magmatismo Brasileiro deu origem às deformações em diferentes períodos de acordo com as fases de metamorfismos, sendo formadas tanto no período sin-colisional como o pós colisional. Após um grande período de estabilidade crustal, eventos associados à tectônica rúpteis foram identificados na região, o primeiro deles datado na transição entre o final do Cretáceo e início do Paleógeno (THOMAZ-FILHO *et al.* 2000; MOHRIAK, 2004; RICOMINNI *et al.*, 2012). Outros eventos rúpteis foram descritos e caracterizados para o contínuo afastamento entre as placas sul-americana e africana. Soma-se a isso, o enxame de diques de rochas básicas datadas de aproximadamente 210 Ma no Triássico.

Os múltiplos eventos da tectônica rúptil perduraram até o Cenozoico, evidenciado pelo soerguimento de blocos por compensação isostática e por pulsos magmáticos alcalinos, além de episódios distensivos de idade eoceno-oligocênica na abertura do RCS (RICOMINNI *et al.*, 2004; ZALÁN & OLIVEIRA, 2005) Além disso, influenciaram sobremaneira a dinâmica geomorfológica da região sudeste brasileira, inclusive reativação de processos erosivos pelo rebaixamento do nível de base geral.

A região estudada situa-se no segmento central da Faixa Móvel Ribeira cuja formação pode ser atribuída ao Neoproterozóico no ciclo termotectônico de caráter dúctil aferido ao Brasileiro na configuração do supercontinente Gondwana acarretou em um complexo cinturão de dobramentos e empurrões na atual margem do sudeste brasileiro. A Faixa Ribeira é dividida em quatro terrenos tectono-estratigráficos imbricados para NW/W em direção ao Cráton de São Francisco, sendo eles: Terreno Ocidental, Terreno Paraíba do Sul, Terreno Oriental e Terreno Cabo Frio (TUPINAMBÁ *et al.*, 2007)(Figura 17). Em termos estruturais tal processo colisional leva as unidades litológicas a um alinhamento de orientação NE, justamente paralelo a direção da colisão. Após estabilidade crustal de aproximadamente 400 milhões de anos, ocorreram novos esforços tectônicos associados à abertura do oceano Atlântico que culminou em padrões de fraturamentos alinhados nas orientações N-S, NE-SW (Heilbron, *et al.* 1995; Heilbron *et al.*, 2004).

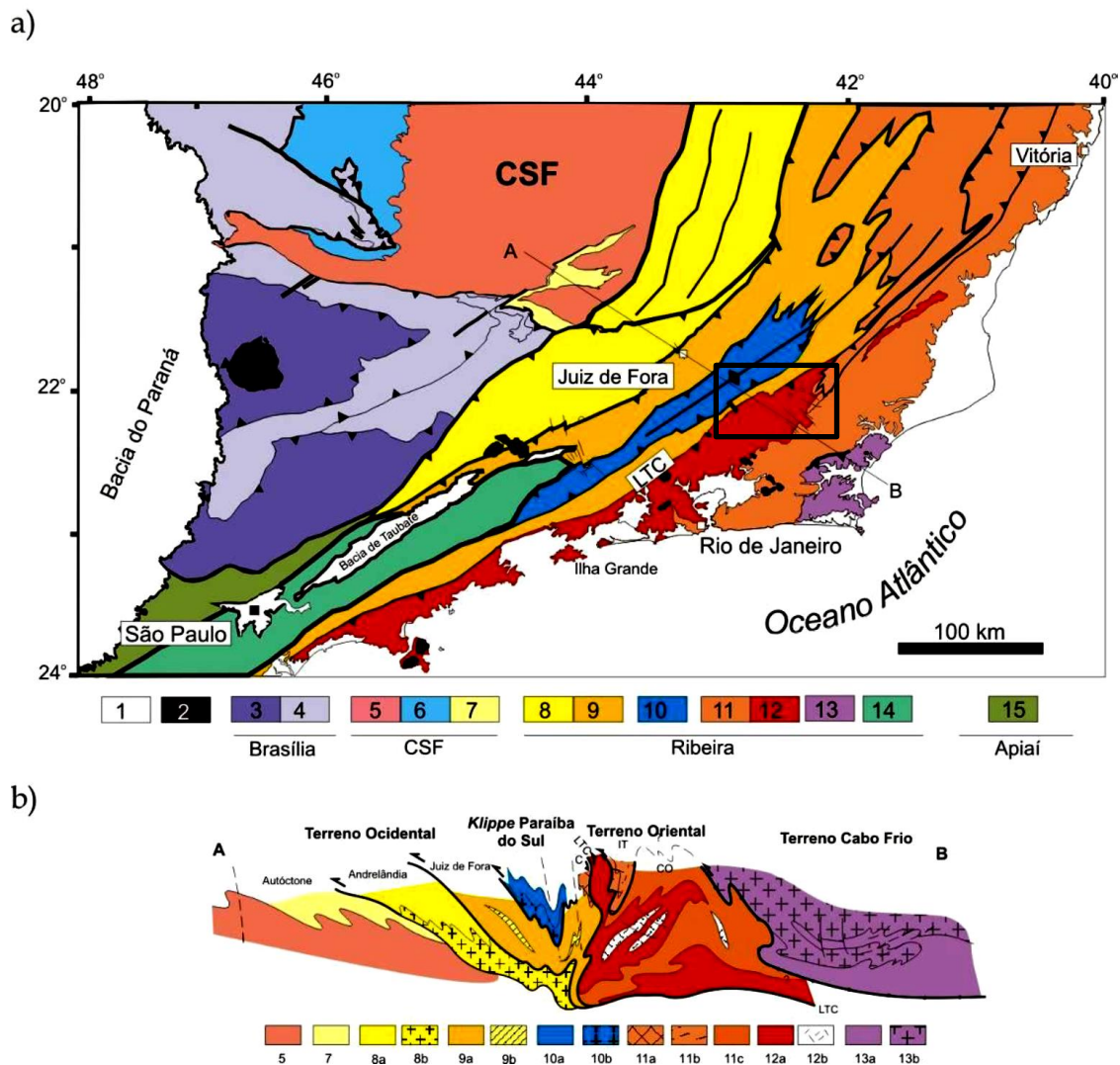


Figura 17: a) Mapa tectônico do sudeste brasileiro modificado de Heilbron *et al.* (2004), com as principais unidades do setor central do Sistema Orogênico Mantiqueira. Legenda: 1) Bacia do Paraná e riftes/sedimentos cenozóicos; 2) rochas alcalinas do Neocretáceo e Paleógeno; Orógeno Brasília: 3) nappes inferiores, 4) nappes superiores; Cráton do São Francisco (CSF): 5) embasamento, 6) Supergrupo São Francisco, 7) metassedimentos do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira: 8 e 9) Terreno Ocidental (Domínios Andrelândia e Juiz de Fora), 10) Terreno (ou Klippe) Paraíba do Sul, 11) Terreno Oriental incluindo 12) arco magmático Rio Negro, 13) Terreno Cabo Frio, 14) Terreno Embú; 15) Orógeno Apiaí (Terreno São Roque). LTC - Limite Tectônico Central (ou CTB). O retângulo preto refere-se à área do mapa das Figuras 5 e 6. b) Seção tectônica AB transversal ao segmento central da Faixa Ribeira (modificado de Heilbron *et al.*, 2004). Traço do perfil e legenda vide mapa acima, sendo que 8a, 9a, 10a, 11a,b,c e 13a correspondem às sequências metassedimentares, enquanto 8b, 9b, 10b e 13b ao embasamento dos respectivos terrenos. 11a - Domínio Cambuci (C), 11b - Domínio Italva (IT), 11c - Domínio Costeiro (CO), 12a - Arco Magmático Rio Negro e 12b - granitos colisionais.

Em relação à geologia, a bacia estudada encontra-se no Terreno Oriental da Faixa Ribeira formada por diferentes unidades litoestratigráficas. De maneira geral, pode-se dizer que ocorrem rochas metamórficas e granitoides associados aos eventos tectônicos compressivos e de idade neoproterozoica. Estas rochas, em sua maioria, são provenientes do Arco Magmático Rio Negro caracterizados pelos

ortognaisses e leucogranitos foliados, rochas calcissilicáticas do Grupo São Fidélis e, também, da sequência Italva com a presença de granada-biotita gnaisse, mármore e anfibolitos. Além disso, ocorrem intrusões graníticas no período pós-colisional da Faixa Ribeira, como a Suíte Nova Friburgo (TUPINAMBÀ *et al.*, 2012).

8.1.1.

Unidades Litoestratigráficas da Bacia do Rio Grande

As unidades litoestratigráficas da área de estudo foram descritas e delimitadas de acordo com o mapeamento das folhas Nova Friburgo, Santo Antônio de Pádua, Casimiro de Abreu e São Fidélis, elaboradas no âmbito do PRONAGEO (TUPINAMBÁ *et al.* 2012; NOGUEIRA, *et al.*, 2012). Os limites das unidades geológicas podem ser visualizadas no mapa a seguir (Figura 18).

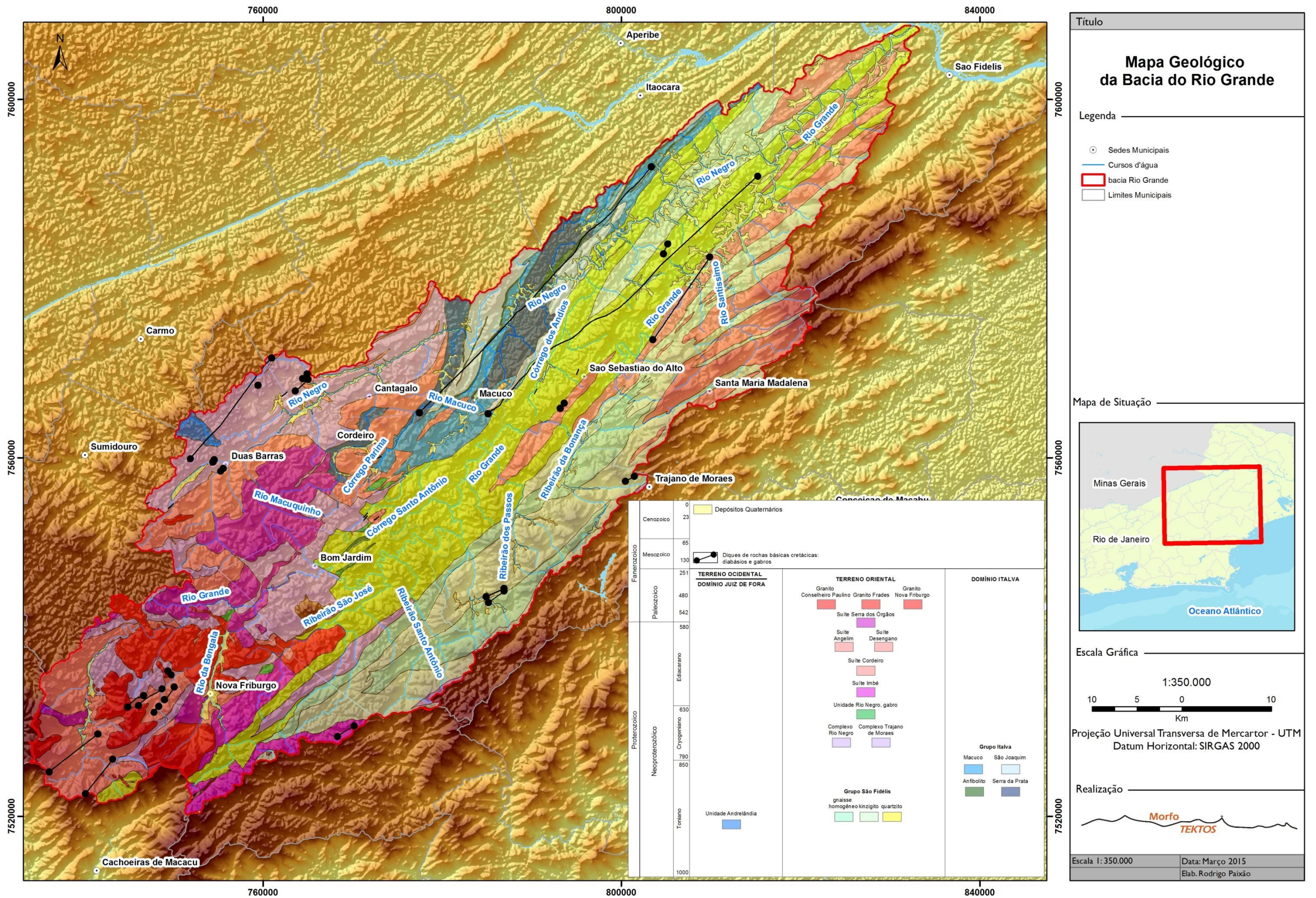


Figura 18: Mapa Geológico da Bacia do Rio Grande.

Grupo Andrelândia

Unidade Quartzito e Rocha calcissilicática (Npacq)

Originados no Neoproterozoico esta unidade é bastante restrita na bacia do rio Grande localiza apenas em uma porção à noroeste de Duas Barras. Corresponde à uma intercalação entre quartzitos e rochas calcissilicáticas com espessuras de camadas decimétricas. O quartzito é composto essencialmente por quartzo, muscovita e diopsídio, enquanto a rocha calcissilicáticas é constituída por diopsídio, biotita, feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, titanita e minerais opacos.

Grupo São Fidélis (NPsf)

O grupo São Fidélis estende-se por boa parte da área de estudo, desde a foz do rio Grande nos arredores de São Fidélis até as cabeceiras de drenagem nos divisores da Serra do Mar. Devido à sua variedade litológica, foi classificada como grupo e subdividida em diferentes unidades. Regionalmente é constituída por biotita gnaisses granatíferos, com silimanita e cordierita, podendo apresentar lentes de rochas calcissilicáticas, anfíbolitos e quartzitos feldspáticos.

Unidade kinzigito (NPsfkz)

Os kinzigitos do Grupo São Fidélis são caracterizados por rochas metapelíticas de grão grosso, metamorfizadas em fácies granulito, tendo como composição mineralógica granada e biotita, quantidade variada de quartzo, feldspato potássico, muscovita, cordierita e silimanita. Ocorrem, preferencialmente, nas proximidades de Trajano de Moraes prolongando-se à sudeste de Nova Friburgo dando forma aos divisores topográficos da Serra do Mar em alguns pontos.

Unidade (sillimanita)-biotita gnaiss (NPsfbgn)

Os gnaisses do Grupo São Fidélis ocorrem, em sua maioria, paralelos aos kinzigitos do mesmo grupo, num prolongamento sudoeste chegando a atingir o alto curso do rio São Lourenço e na área urbana de Nova Friburgo. Predominam nesta unidade granada – silimanita – biotita gnaiss podendo apresentar composição tonalítica, migmatítico, mesocrático, de grão médio. Em alguns casos,

possui estrutura bandada de espessura milimétrica a decimétrica e porfiroblastos de feldspato. Basicamente constituído de biotita, granda, silimanita e, por vezes muscovita. Podem ser observadas fitas de quartzo e plagioclásio em variedades miloníticas.

Grupo Italva

Corresponde à um compartimento estruturalmente superior ao Terreno Oriental, podendo ser identificado na região de Cantagalo e Macuco. De maneira geral é composto por um conjunto meta-vulcano-sedimentar rico em mármore e anfibolitos, além de gnaisses homogêneos ou bandados que variam em diferentes escalas. Os gnaisses são constituídos basicamente por quartzo, granada, muscovita, biotita e, em alguns casos, hornblenda. São leucocráticos finos e de composição granítica a granodiorítica, com intercalações de rochas calcissilicáticas, anfibolitos e silimanita-muscovita-quartzo-xistos (NOGUEIRA, *et al.*, 2012).

MAGMATISMO NEOPROTEROZOICO

Complexo Rio Negro (NP23γ1rn)

As rochas do Complexo Rio Negro correspondem à ortognaisses originados pelo metamorfismo de rochas ígneas mais antigas, formadas há aproximadamente 600 milhões de anos. O complexo Rio Negro foi definido como um arco magmático formado por ortognaisses e granitoides com pouca deformação. As rochas são caracterizadas por diorito, tonalito gnaise, leucogranito e gnaise porfirítico (TUPINAMBÁ *et al.* 2012).

Esta unidade é bastante comum na porção do alto curso do rio Negro, aflorando em vários locais no leito deste rio próximo às cidades de Cantagalo, Duas Barras e Bom Jardim (Figura 19).



Figura 19: Afloramento de Ortognaisse do Complexo Rio Negro. Em sua maioria, os afloramentos apresentam porções de uma rocha gnáissica, mesocrática, de grão médio a grosso, com foliação descontínua, composta por agregados planares de biotita e hornblenda.

Corpo Gabro (NP3β1rngb)

O corpo de Gabro encontra-se somente em locais pontuais, como na porção de Riograndina ao norte de Nova Friburgo. O Corpo de Riograndina foi descrito nas proximidades da localidade homônima, no leito de um córrego tributário do Rio Grande e em antigo corte de estrada de ferro. Trata-se de um gabro leucocrático, de grão grosso, de tom esverdeado e textura intergranular observada em lupa de mão. Percebe-se nesta localidade que o rio apresenta desnível topográfico considerável e, por vezes, encachoeirado. Ao microscópio, revela predominância de plagioclásio (60-62%), ausência de quartzo e presença de clinopiroxênio (28-30%), com cristais relictos de ortopiroxênio e minerais opacos, principalmente magnetita. A presença de 2 a 4% de hornblenda primária classificam a rocha com hornblenda leucogabronorito (TUPINAMBÁ *et al.* 2012).

Complexo Trajano de Moraes (NP3γ1tm)

As rochas do Complexo Trajano de Moraes situam-se em pequenas porções à sudeste de Nova Friburgo e em uma restrita área no divisor de drenagem próximo ao núcleo urbano de Trajano de Moraes. Este litotipo foi

preliminarmente classificado como Gnaiss Trajano de Moraes e, posteriormente, definido como formação. De maneira geral, consistem em rochas plutônicas metamorfizadas e migmatizadas, formadas por rochas mesocráticas com foliação de bandamento fino, cortado por plútons graníticos.

Suíte Imbé (NPγ12im)

A Suíte Imbé ocorre nas proximidades de Nova Friburgo aflorando em porções do Rio Santo Antônio, além de constituir o divisor de drenagens da Serra dos Órgãos, especificamente a Serra de Macaé de Cima. O gnaiss da Suíte Imbé caracteriza-se por um biotita gnaiss grãos grossos a médio com cristais destacados de feldspato.

Suíte Cordeiro (NP3γ12co)

A Suíte Cordeiro é marcada por um gnaiss leucocrático podendo apresentar diferentes características de acordo com a rocha encaixante da intrusão. Contudo, predominam o feldspato potássico e quartzo, com plagioclásio em menor proporção. Biotita ocorre em pequena proporção; muscovita e a granada se evidenciam como minerais primários em algumas amostras, com a primeira em maior proporção.

São bastante comuns na área de estudo, principalmente no alto curso do rio Grande onde aflora em boa parte do vale do rio São Lourenço. Além disso, ocorrem nas cabeceiras de drenagem do rio Negro situados paralelamente ao Complexo Rio Negro em direção NE no município de Duas Barras.

Suíte Angelim

Corresponde ao conjunto de rochas plutônicas intrusivas nos metassedimentos do Domínio Costeiro, sendo composta por ortognaisses. As rochas possuem granada-hornblenda-biotita granitóides foliados, em sua maioria, tonalíticos, principalmente, no contato com os paragnaisses encaixantes, chegando a apresentar foliação milonítica.

Suíte Desengano

Podem ser identificados próximo à Santa Maria Madalena, em faixas que se prolongam no sentido nordeste. Caracteriza-se por um gnaiss granítico porfirítico com megacristais recristalizados de microlina, ortoclásio e plagioclásio.

Suíte Serra dos Órgãos (NP3γ3so)

As rochas desta unidade foram primeiramente designadas como Gnaisses granitoides da Série Serra dos Órgãos por Rosier (1957) e, posteriormente, individualizado como Suíte Serra dos Órgãos. Na bacia do rio Grande situam-se nas proximidades de Nova Friburgo e Bom Jardim. Tupinambá *et al.* (2012) descreveram diferentes faixas de composição distintas desta unidade, porém, os gnaisses da Suíte Serra dos Órgãos se caracterizam pela granulação grossa, índice de cor de meso a leucocrático e foliação descontínua.

Granito Nova Friburgo (O1Γ6NF)

A formação do Granito Nova Friburgo pode estar associada ao magmatismo cambro-ordoviciano representado por corpos intrusivos de granitos, além de diques subverticais a sub-horizontais que cortam algumas unidades da região. Encontram-se, principalmente, em porções de Nova Friburgo formando o topo da Serra de São Lourenço e o Alto do Caledônia, atingindo as maiores altitudes da região.

Apresenta diferentes fácies sendo o mais comum os dioritos, podendo variar entre granodiorito, granito porfirítico e granito megaporfirítico. Rosier (1957) diferenciou duas gerações de granitos pós-tectônicos. Os granitos mais antigos tem granulação média a grossa, com frequente arranjo porfirítico, e formariam “lâminas discordantes gigantescas, pouco inclinadas”. Formam paredões arredondados e com caneluras verticais, e são ricos em xenólitos. Os granitos mais novos tem grão fino a médio, podem ser classificados como microgranitos e formam diques e maciços intrusivos menores. O autor destacou, muito apropriadamente, que a diferença entre os dois tipos de granito só é possível quando ambos ocorrem no mesmo afloramento.

Corpo Conselheiro Paulino (O1γ6nf-cp)

Restringem-se apenas à pequenas porções próximo à localidade de Conselheiro Paulino, ao longo do contato NE do Corpo Nova Friburgo. Apresenta composição sienogranítica, com texturas e estruturas indicativas de mistura magmática e tamanhos dos cristais de biotita, quartzo e feldspato menores que 1,0 mm. Predominam microgranito equigranular a microporfirítico, podendo apresentar microdioritos subordinados em corpos menores.

Granito Frades

Abrange o Morro do Frades e os Três Picos na área de estudo, sendo responsável pela maior elevação da bacia e da Serra do Mar no estado do Rio de Janeiro. É marcado por um granito de grão grosso, equigranulares e porfiríticos.

Depósito Colúvio-Aluvionar (Qca)

Os depósitos Colúvio aluvionares são encontrados ao longo de boa parte da área de estudo, nas porções mais rebaixadas do relevo ou nos fundos de vales suspensos formando planícies de soleira, como é o caso dos alvéolos do alto São Lourenço (Figura 20) e no alto curso do rio Negro. Além disso, são comuns nas regiões colinosas por onde o rio Grande percorre e no médio curso de seus afluentes cujas nascentes localizam-se na Serra do Mar.



Figura 20: Depósitos aluvionares em primeiro plano, e os colúvio ao fundo no sopé das colinas, localizado no alto curso do Rio São Lourenço.

Pode-se perceber a formação de depósitos aluvionares em lineamentos estruturais marcantes, tais como o do Rio São Lourenço, Rio Grande, Rio Negro e Rio Bengalas. De maneira geral, são constituídos de sedimentos arenosos intercalados por camadas argilosas depositadas em eventos de inundações.

8.1.2. Geologia Estrutural

Em relação à geologia estrutural, pode-se dizer que o embasamento cristalino da bacia do rio Grande sofreu deformações dúcteis, principalmente nas rochas mais antigas, e deformações rúpteis associadas ao magmatismo pós-colisional ordoviciano (PRONAGEO, 2009).

A deformação dúctil mais comum na bacia pode ser evidenciada pela foliação dos ortognaisses, contudo, outras deformações dúcteis podem ser identificadas como dobras e algumas zonas de cisalhamento. A foliação é marcada pelo paralelismo dos minerais de tamanho milimétricos à centimétricos, sendo identificada em diferentes unidades geológicas da bacia do rio Grande, como o Complexo Rio Negro e a Suíte Cordeiro (TUPINAMBÁ *et al.*, 2012). A maior parte das deformações dúcteis foram geradas durante o Neoproterozoico como resultado das etapas de colagem da orogênese brasileira (NOGUEIRA *et al.*, 2012). Vale ressaltar o metamorfismo do Pré-Cambriano/Cambro-Ordoviciano que influenciou na formação das rochas inseridas na bacia, como as do Complexo Rio Negro por exemplo.

As estruturas rúpteis estão associadas à tectônica Meso-Cenozoica e são representadas por zonas de cisalhamento rúpteis, falhas e fraturas, sendo estas mais comuns na bacia do rio Grande. As fraturas podem ser divididas em conjuntos de lineamentos de direções distintas, de acordo com a ocorrência e representatividade na bacia estudada. Estes lineamentos serão abordados posteriormente, contudo, vale destacar os lineamentos na direção NE, sendo os mais antigos, seguidos de NW, NNE e, por último, E-W (TUPINAMBÁ *et al.*, 2009).

8.2. Geomorfologia da Região

Geomorfologicamente pode-se dizer que a região serrana está situada no reverso da Serra do Mar, cuja linha de cumeadas constitui o divisor de drenagens entre as bacias que drenam para o Rio Paraíba do Sul e as bacias que drenam para o Atlântico (Figura 21). Além disso, destaca-se que os dois cumes mais elevados da Serra do Mar, situam-se dentro da bacia do Rio Grande, sendo eles o Pico Maior – localizado no Parque dos Três Picos – e o Pico do Caledônia, com 2.366m e 2.257m respectivamente. Dentre esses divisores, destaque para o pico do Caledônia que além de ser uma das nascentes que contribuem para o Rio Grande, é um dos pontos turísticos da região. De acordo com o mapeamento geomorfológico do estado do Rio de Janeiro, realizado por Dantas (2001), a região serrana é constituída, sobretudo, pelo domínio montanhoso que apresenta vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados. Ocorrência de compartimentos colinosos e/ou de morros, em seções alveolares nos vales principais. Alta densidade de drenagem com padrão variável, podendo apresentar padrão treliça, paralelo ou retangular.

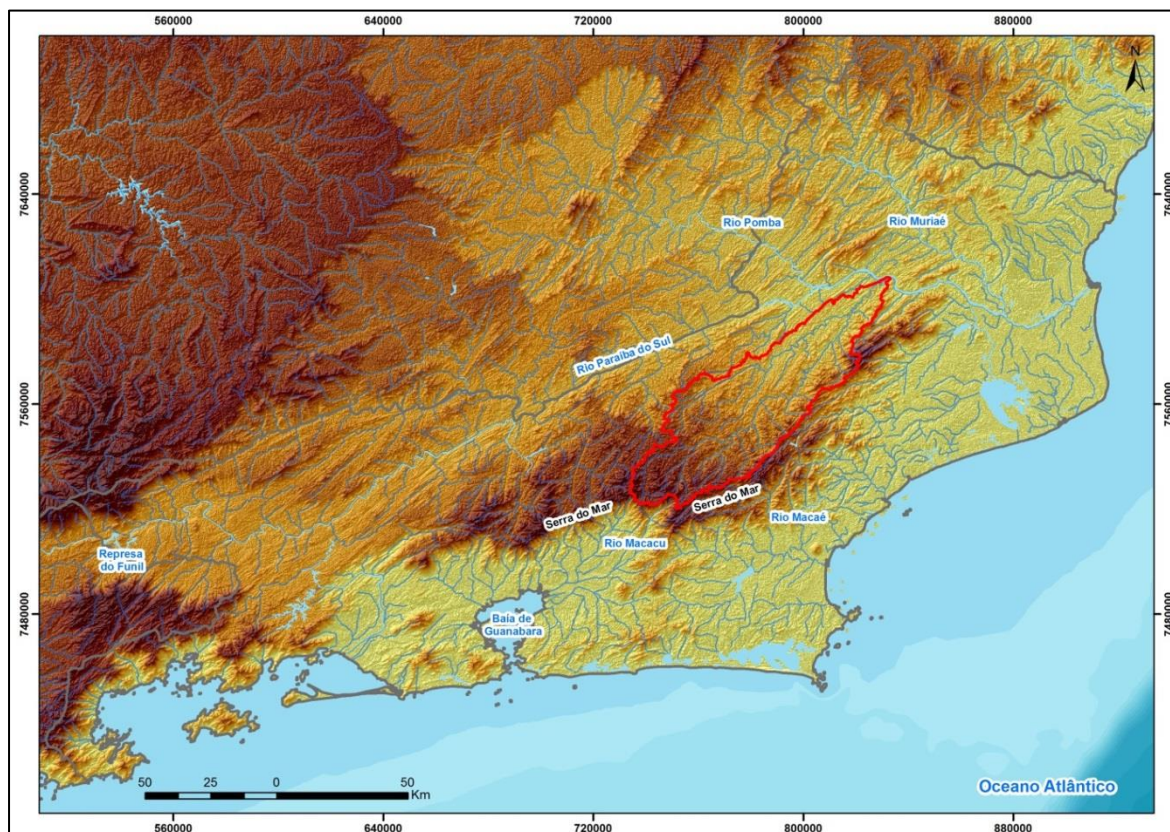


Figura 21: Aspecto regional do Planalto Sudeste Brasileiro.

Esta região é marcada por paredões rochosos que se alternam a vales de dissecação associados a estruturas geológicas, por onde quase sempre se desenvolve a urbanização secundária. A ocupação e expansão dos municípios nesta região ocorreu, principalmente, nas áreas rebaixadas do relevo e em alguns casos no sopé das vertentes. Ao analisar a relação da ocupação com a morfologia do relevo Ab'Saber (1958) afirma que,

“No Estado do Rio de Janeiro, as regiões serranas de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo apresentam apenas minúsculas planícies de soleira, de conformação alveolar, onde as cidades se anicharam incomodamente, comprimidas entre as planícies rasa e os sopés relativamente íngremes dos morros e grandes blocos de esfoliação. Exceção feita das planícies estreitas e alongadas, somente alguns raros patamares de morros e ligeiras encostas de declive mais suave deram asilo às edificações urbanas. Neste particular, a cidade de Petrópolis apresenta-nos um belo exemplo de sítio urbano que forçou a interpenetração do sistema de ruas e pequenas praças por entre a trama dos vales que desembocam na planície alveolar principal da região.” (p. 170)

Percebe-se, portanto, a influência da geomorfologia no processo de urbanização da região serrana. O modelado do relevo nesta região limitou os espaços para ocupação, ficando restritas apenas aos fundos de vale, apesar disso, com a expansão urbana e o inchaço populacional algumas edificações acabaram por ocupar o sopé das encostas.

A geomorfologia da bacia é bastante complexa sendo submetida às dinâmicas erosivas promovidas pelo Rio Paraíba do Sul ao longo do tempo geológico. De maneira geral, predominam porções de relevo bastante acidentado, com altitudes consideráveis em boa parte de sua porção sul, representada pela Serra do Mar, com destaque para a Serra dos Três Picos e a Serra de São Lourenço. Este compartimento do relevo, por vezes, apresenta alinhamentos serranos com direção preferencial para NE. Em seu médio curso, próximo à cidade de Macuco, o relevo passa estar associado a colinas dissecadas e morros residuais, com baixa amplitude topográfica. Já o baixo curso, próximo à sua foz e confluência com o Rio Paraíba do Sul, é marcado por colinas rebaixadas e morros isolados, contudo, ainda há presença de algumas serras isoladas na paisagem.

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro elaborado por Dantas (2001), a bacia do Rio Grande é formada pelos seguintes compartimentos do relevo: Alinhamentos Serranos e Degraus Estruturais, Domínio Colinoso - Mar de Morros, Domínio de Colinas Dissecadas, Domínio de

Morros Elevados e Pães-de-Açúcar, Domínio Montanhoso, Escarpas Serranas Degradadas e Degraus em Borda de Planaltos e Planícies Aluviais (Figura 22).

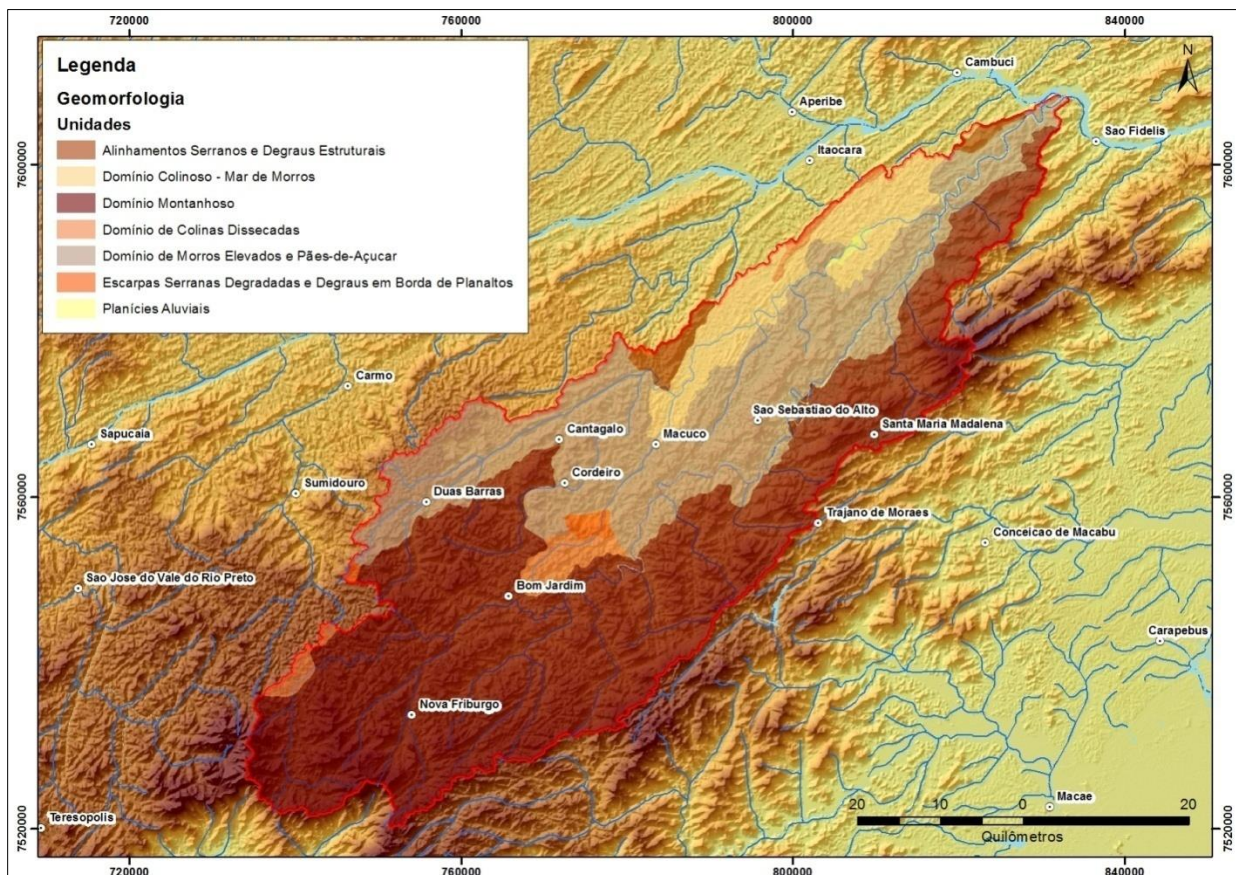


Figura 22: Unidades Geomorfológicas inseridas na Bacia do Rio Grande propostas por Dantas (2001).

8.2.1. Morfologia e Hipsometria da Bacia do Rio Grande

A bacia do Rio Grande caracteriza-se por um relevo bastante modificado, alternando entre serras e colinas cortados por vales encaixados ou não, podendo formar planícies fluviais. Além disso, exibe um elevado grau de dissecção imposto pelas drenagens, evidenciados por amplitudes de relevo abruptas e movimentos de massa recentes. O mapa hipsométrico auxiliará na análise e entendimento da morfologia do relevo desta bacia.

O Rio Grande é formado pelo encontro do Córrego São Lourenço e do Córrego Campestre em aproximadamente 1.070m de altura, cujas nascentes são provenientes das cabeceiras da Serra de São Lourenço e da Serra do Morro

Queimado, respectivamente. Estas nascentes chegam a ultrapassar 1.900m de altitude, demonstrando uma elevada amplitude de relevo em pouca extensão territorial.

Até a sua foz e ao desaguar no Rio Paraíba do Sul próximo à cidade de São Fidélis, na cota de 20 metros de altitude, o Rio Grande recebe contribuição de diversos afluentes ao longo do seu curso. Destacam-se os afluentes da margem direita cujas cabeceiras ocorrem próximos aos divisores da Serra do Mar, como é o caso do córrego Bengalas, rio Santo Antônio, dentre outros. Os afluentes da margem esquerda do Rio Grande são pouco extensos e possuem suas nascentes em menores altitudes, sendo os mais elevados com 1.300m de altitude aproximadamente. O principal afluente desta margem é o Rio Negro que apresenta extensão territorial grande e possui características marcantes que serão abordadas mais adiante, como a ocorrência de níveis de base e possíveis capturas de drenagem. Essa diferença de altitude entre os afluentes caracteriza a bacia com divisores assimétricos, o que pode ser explicado pelos diferentes litotipos mais ou menos resistentes ao intemperismo.

Em relação à morfologia da bacia do Rio Grande, as serras são mais comuns nas proximidades de Nova Friburgo até Bom Jardim, contudo, podem ser identificadas ao longo de boa parte do divisor da bacia situada na Serra do Mar. Um típico exemplo da região é a Serra de São Lourenço, próximo à nascente do rio que leva seu próprio nome, e a Serra do Deus-Me-Livre (Figura 23) situada nos arredores de São Sebastião do Alto circundada por um ambiente de relevo mais desgastado e colinoso. Normalmente expõem o afloramento rochoso e apresentam encostas côncavas e convexas, alta amplitude de relevo e em elevadas altitudes, atingindo 2.000m no Pico do Caledônia.



Figura 23: Visada para a Serra do Deus-Me-Livre ao fundo, circundada por ambiente de colinas dissecadas.

As colinas surgem com formas convexas e côncavas, desta forma, constitui um relevo de colinas com feições côncavo-convexas (Figura 24). A transição entre as formas das encostas pode ser suave, com formas arredondadas, ou abrupta podendo denotar recente trabalho erosivo. Na bacia do Rio Grande, podem ser encontradas colinas bastante dissecadas nas porções do médio/baixo curso do Rio Grande, à jusante de Bom Jardim, assim como colinas mais preservadas e elevadas em degraus topográficos no alto curso do Rio Grande (Figura 25).



Figura 24: Relevo de colinas com encostas côncavo-convexas marginais ao Rio Grande.



Figura 25: Ambiente de colinas ao fundo com planície de inundação próximo à Serra de São Lourenço, alto curso do Rio Grande.

Os fundos de vale normalmente são mais estreitos e encaixados no alto curso do Rio Grande, bem próximos ao sopé das vertentes, ou então podem ser

mais largos encontrados em ambientes mais rebaixados e com baixa amplitude de relevo. Contudo, é possível observar vales largos com formação de planície fluvial em ambientes mais elevados. Em alguns casos, entulhados por sedimentos provocando a ocorrência de meandros, como é o caso do alvéolo localizado entre Duas Barras e Cantagalo ao longo do Rio Negro (Figura 26). Além disso, alguns vales apresentam níveis diferentes em formas dedegraus, que são as planícies fluviais e os terraços fluviais.



Figura 26: Planície fluvial no alto curso do Rio Negro entulhada por sedimentos.

Em relação à hipsometria da bacia estudada foram definidos 9 intervalos de 250 metros para melhor visualização dos compartimentos topográficos (Figura 27). Pode-se dizer que a calha do Rio Grande perpassa por boa parte dos compartimentos topográficos ao longo do seu curso. Os compartimentos mais baixos (20-250m e 0-500m) na cor azul e amarela, respectivamente, restringem-se ao baixo curso do Rio Grande até sua foz com o Rio Paraíba do Sul em São Fidelis, sendo marcado por colinas e morros residuais de baixa amplitude.

Já os compartimentos intermediários de 500-750m na cor verde; 750-1.000m na cor oliva; e 1.000-1.250m na cor laranja representam a porção do médio curso do Rio Grande. Possuem, em sua maioria, colinas e morros dissecados e serras isoladas, como a Serra do Caparaó. Além disso, apresenta esporões rochosos do tipo pães de açúcar que evidenciam intenso processo erosivo em detrimento da resistência litológica. Correspondem ao intervalo topográfico de transição entre as áreas serranas mais elevadas e o compartimento mais dissecado.

As porções mais elevadas do relevo, entre 1.250m e 2.300m de altitude, caracterizam-se por serras elevadas e domínios montanhosos situado, restritamente, no extremo sudoeste da bacia do Rio Grande. A amplitude de relevo é bastante elevada em alguns pontos, contudo, é possível observar um planalto nesta porção da bacia demarcado pela Serra de São Lourenço de um lado e Pedra dos Três Picos de outro.

Ao correlacionar os dados hipsométricos com as unidades geológicas, pode-se inferir que, possivelmente, os litotipos exercem influência na altitude do relevo. No planalto elevado, próximo à cabeceira do Rio Grande, ocorrem os Granitos pós-tectônicos, de idade mais recente e mais resistentes ao intemperismo, fazendo com que o relevo permaneça mais preservado e, conseqüentemente, mais elevado. Este comportamento, também é observado ao longo de todo divisor sul da bacia do Rio Grande, cujos limites são as linhas de cumeada da Serra do Mar, sendo os granitos bastante comuns nestas áreas, promovendo o surgimento de imponentes paredões rochosos na paisagem.

Já nas áreas onde o relevo é rebaixado, com baixa elevação e amplitude de relevo, ocorrem as unidades geológicas São Fidélis e Italva. Estas rochas caracterizam-se pela baixa resistência ao intemperismo, como os gnaisses e os kinzigitos, permitindo assim, maior disseção e rebaixamento do relevo. Soma-se à isso, as estruturas geológicas da região, tais como a foliação dos gnaisses na direção NE-SW e as fraturas com a mesma direção, que contribuem para o trabalho erosivo nessas unidades.

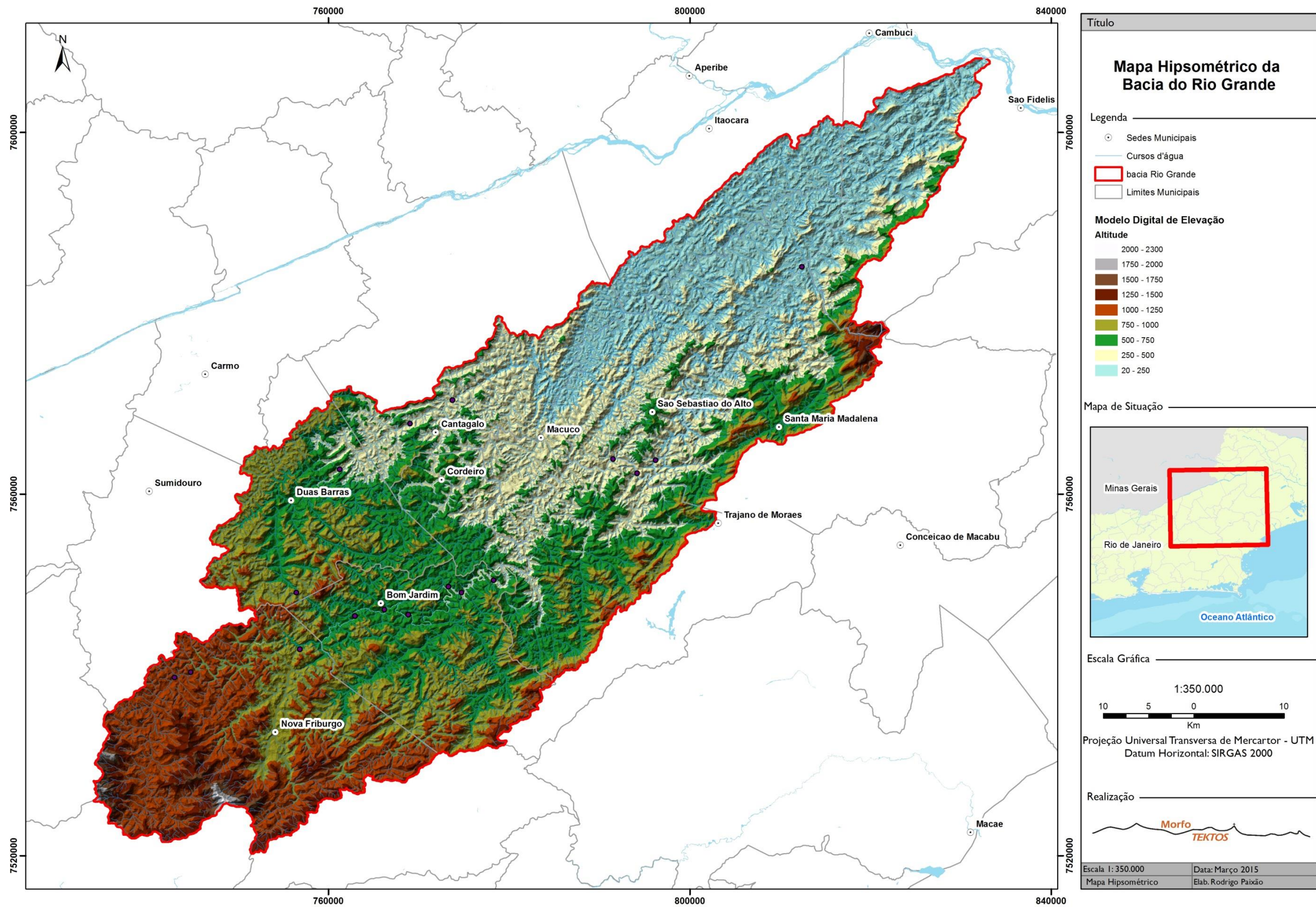


Figura 27: Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio Grande

8.3. Lineamentos

Os lineamentos estruturais descritos neste item foram desenhados em ambiente GIS através da análise dos dados topográficos do SRTM, sobreposto com as informações de relevo sombreado. Estes lineamentos podem ser encontrados em todas as porções do mapa. São encontrados lineamentos em praticamente todas as direções sendo de maior destaque aqueles de direções NE-SW e ENE-WSW que acompanham a calha do Rio Grande. Além dessas direções outra importante direção encontrada é a NW-SE e N-S (Figura 28). Ao analisar a frequência dos lineamentos através da roseta de orientação, pode-se perceber que a orientação N35-50W e N35-45E como predominantes (Figura 29).

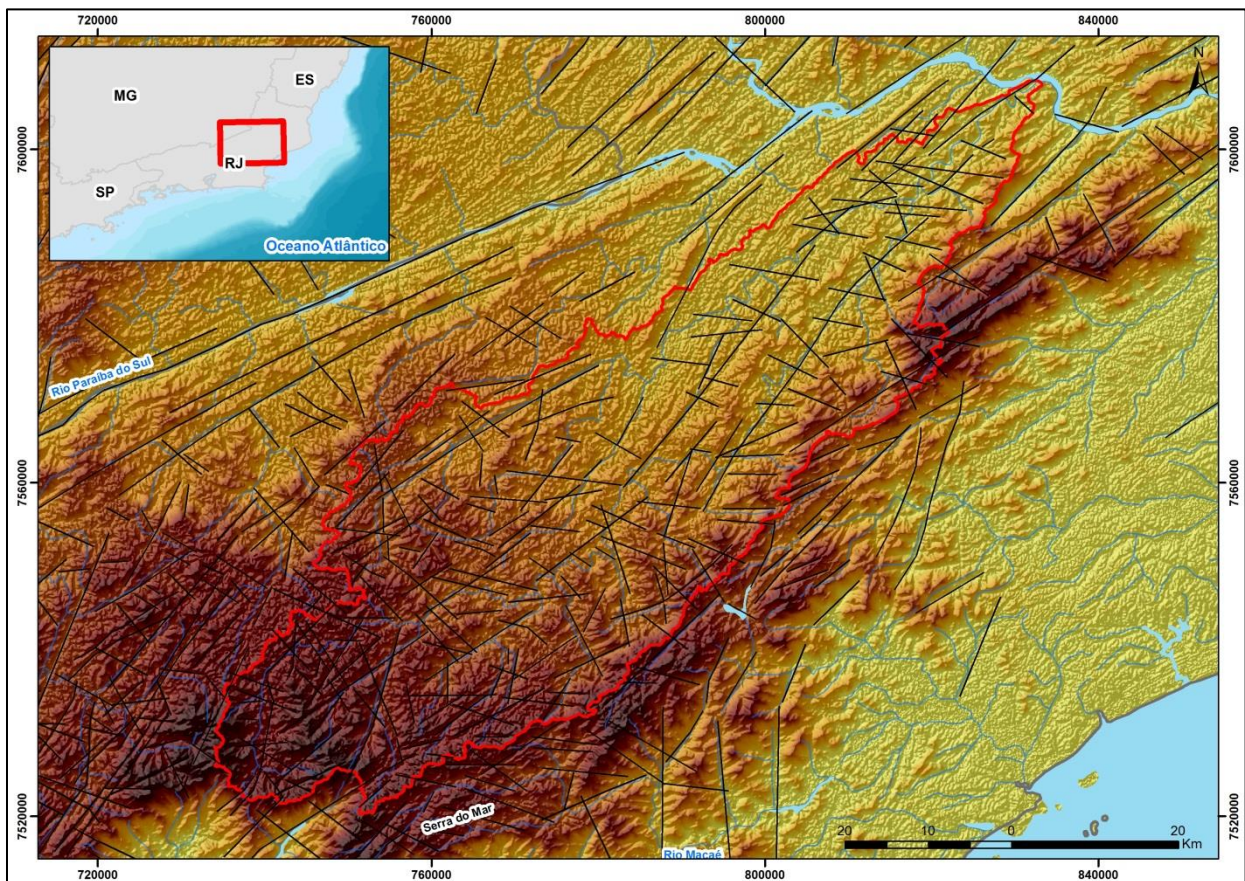


Figura 28: Espacialização dos principais lineamentos identificados na bacia do Rio Grande através do mapeamento.

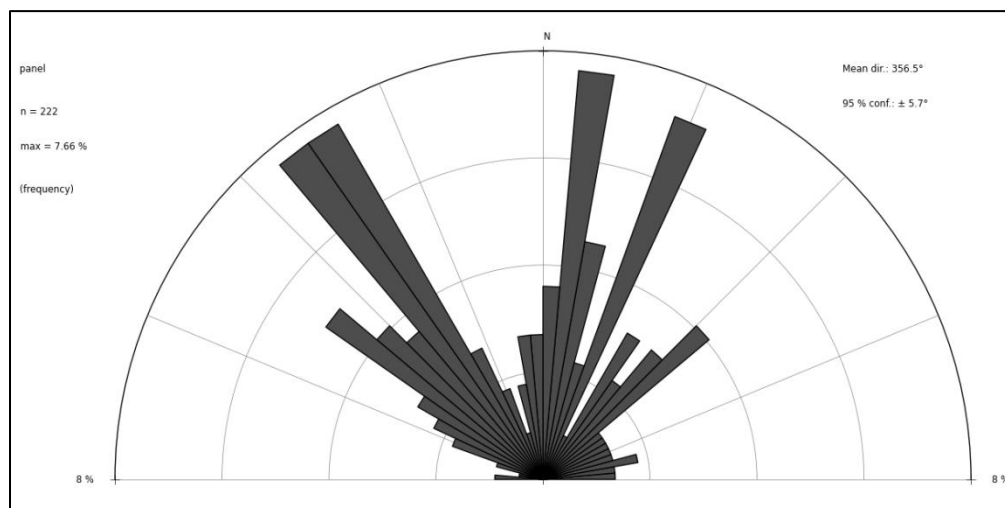


Figura 29: Roseta de orientação com a frequência dos lineamentos estruturais da bacia do Rio Grande.

Apesar dos dados obtidos na roseta de orientação através da frequência dos lineamentos, os dados associados ao comprimento dos lineamentos demonstram que a direção NE é bastante representativa (Figura 30).

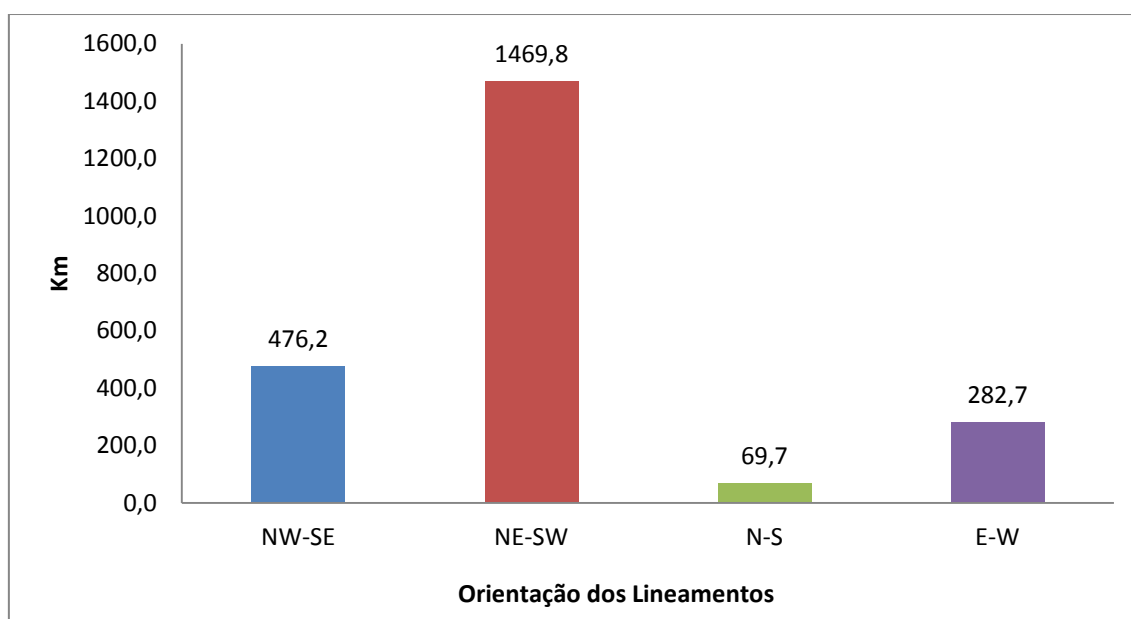


Figura 30: Comprimento acumulado dos lineamentos estruturais da bacia do Rio Grande.

Importante ressaltar, que boa parte do vale do Rio Grande é condicionado pela orientação NE-SW (Figura 31), além do vale do Rio Negro condicionado pelo mesmo lineamento. Assim como os outros lineamentos acondicionam vales de outras drenagens, como o vale do Ribeirão São Lourenço pelo lineamento N-S e o vale do Ribeirão Santo Antônio pelo lineamento NW-SE.



Figura 31: Lineamento NE-SW no vale do Rio Grande.

Os lineamentos N-S orientam, principalmente, as drenagens afluentes do Rio Grande e do Rio Negro. Nota-se que essas drenagens correspondem à importantes rios, como o caso do Rio Bengalas e o Rio São Lourenço, promovendo alargamento de seus vales e capturando drenagens menores das encostas adjacentes. Apesar de apresentar vales alargados e, em alguns casos, presença de depósitos aluvionares drenam bastante encaixados neste lineamento N-S, como pode ser visto no mapa hipsométrico.

Já as drenagens com lineamento NW-SE são mais comuns nos divisores da porção sul/sudeste da bacia do Rio Grande, como o Ribeirão São Lourenço e Ribeirão São Caetano. Ambos apresentam sua cabeceiras orientadas neste segmento antes de apresentarem inflexões para outros lineamentos. Os lineamentos E-W encontram-se restritos na bacia estudada, tendo o Córrego Trajano de Moraes como nítido exemplo de drenagem condicionada por este lineamento. Ao norte deste córrego, é possível observar a ocorrência de outras drenagens neste mesmo segmento interrompido pelo vale do Rio Grande que, por sua vez, está subordinado ao lineamento NE-SW.

8.4. Perfis Topográficos

Ao todo foram traçados três perfis topográficos ao longo da bacia do Rio Grande em compartimentos do relevo distintos (Figura 32), buscando melhor representação do relevo. Atentou-se para que os mesmos fossem traçados transversais ao curso do Rio Grande para análise de mudança do relevo na calha e adjacências. Os perfis podem ser visualizados mais abaixo (Figura 33).

O perfil topográfico A-B fica em uma porção mais elevada em relação aos outros dois perfis, tendo um desnível topográfico bastante elevado, de aproximadamente 800 m. Seu ponto mais alto chega a atingir aproximadamente 1.400m na Serra da Boa Vista, um dos divisores da bacia, e o ponto mais baixo o situado na calha do Rio Grande à 500 metros de altitude. Percorre por relevo de morros e serras em altitudes variando entre 900m e 700m intercalados por vales, em sua maioria encaixados, com destaque para a Serra da Pena que forma um divisor de drenagem entre os afluentes do Rio Grande e Rio Negro. Além disso, é possível identificar dois vales suspensos no perfil topográfico de extensão considerável, sugerindo controle de nível base local.

Ao analisar o perfil C-D observa-se um desgaste do relevo, rebaixando-o, principalmente na calha principal do Rio Grande. Apesar disso, seu divisor da vertente da Serra do Mar alcança 1.200m de altitude, enquanto que o divisor da vertente norte apresenta apenas 600m, dando ênfase na definição de uma bacia com vales assimétricos. A amplitude de relevo é de aproximadamente 1.000m uma vez que os vales mais baixos encontram-se em 200m de altitude, podendo sugerir intensa dissecação do relevo nesta porção da bacia ou uma estrutura tectônica associada à falhamentos pré-existentes. A Serra do Castelo e a Serra de São Sebastião do Alto possuem aproximadamente a mesma elevação com 750m sendo as partes mais altas do relevo além do divisor mencionado anteriormente. Chama a atenção, também, alguns vales suspensos nivelados em altitudes semelhantes, alguns na faixa de 400m e outros na faixa de 200m. Nota-se que o perfil mostra o vale do Rio Grande na altitude de 200m e o Rio Negro em 220 aproximadamente.

Assim como os outros perfis analisados, o perfil E-F também apresenta uma amplitude de relevo elevada devido à altitude do seu divisor que integra a Serra do Mar. Isto pode ser explicado pela maior resistência litológica das rochas que ocorrem nestas áreas, como os granitos, atribuindo uma morfologia topográfica imponente na paisagem. Contudo, pode-se perceber que a altitude desse divisor também diminui em relação aos perfis A-B e C-D, assim como o relevo. Neste perfil, a maior altitude é em torno de 850m, na Serra do Monte Alegre. O relevo é bastante dissecado nesta área, predominando apenas colinas isoladas e planícies fluviais, com exceção da Serra do Curuzu com 300m. De maneira geral, o relevo se dá entre 50m e 150m e o vale do Rio Grande encontra-se em 80m de altitude.

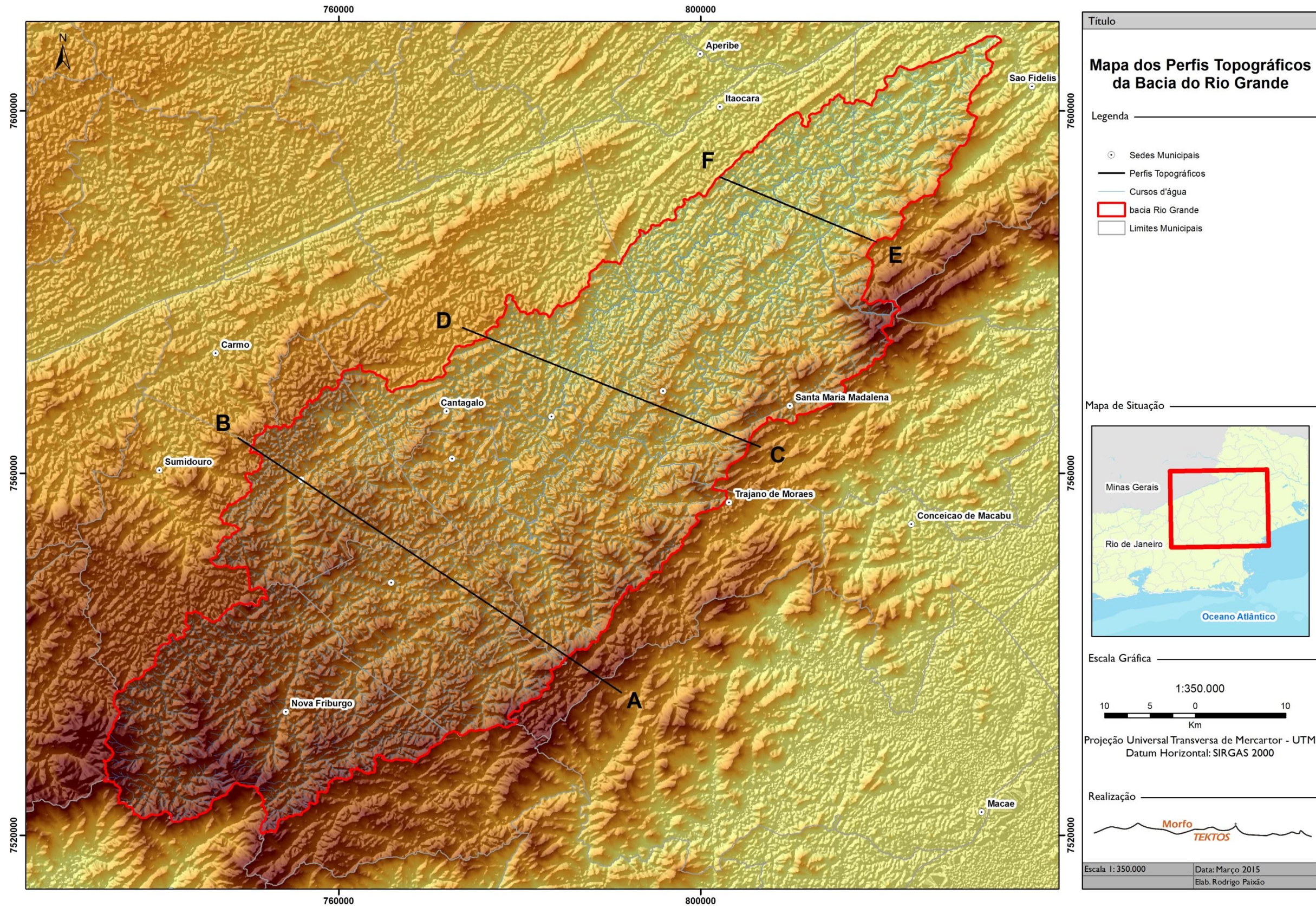


Figura 32: Mapa dos Perfis Topográficos elaborados na Bacia do Rio Grande.

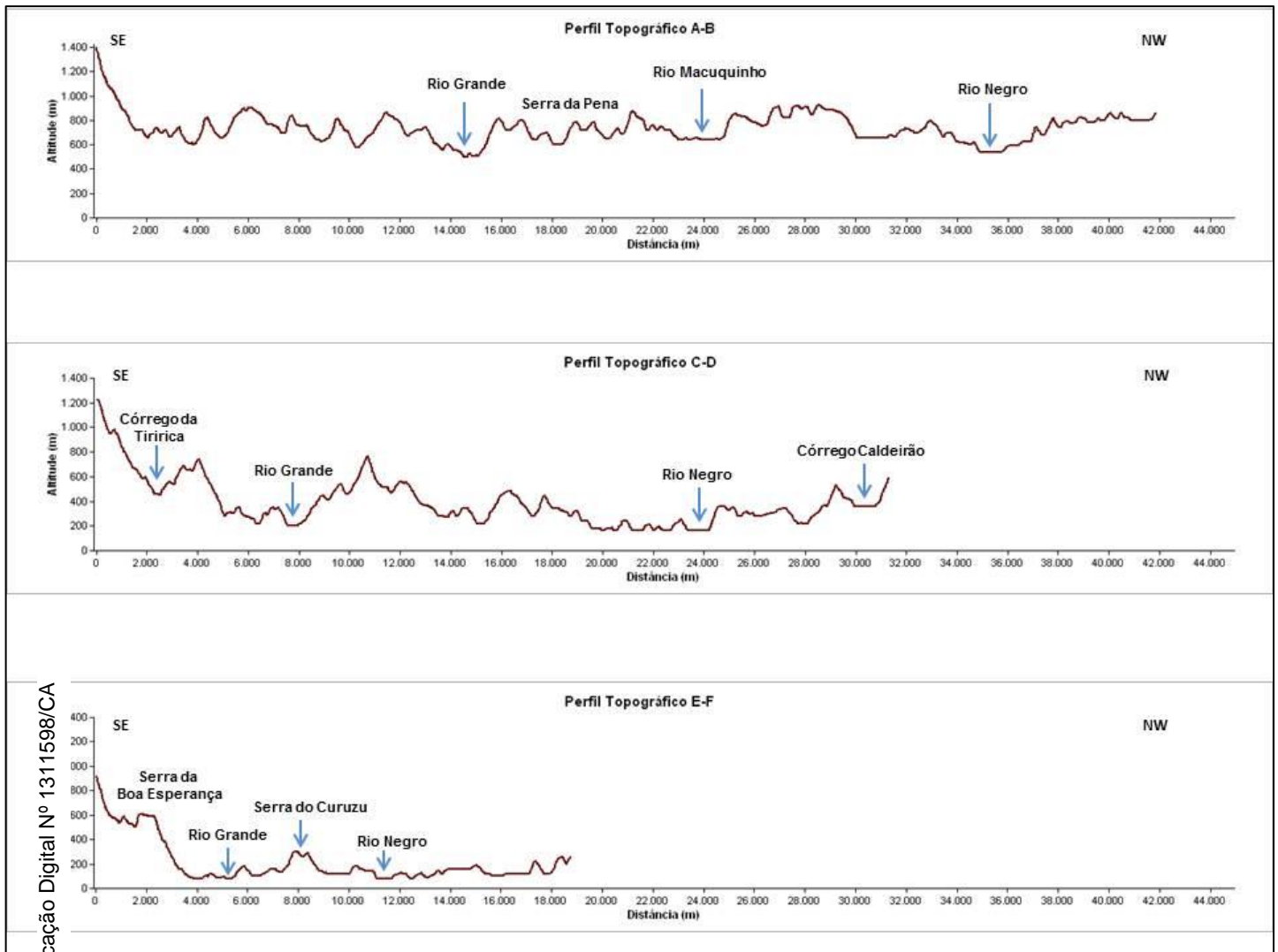


Figura 33: Perfis Topográficos elaborados na bacia do Rio Grande.

A análise conjunta dos perfis demonstra a incisão da calha do Rio Grande, contudo, chama a atenção para a permanência de altitudes elevadas do lado direito do Rio Grande, influenciada pelas rochas mais resistentes. A ocorrência de drenagens tributárias do lado direito com vales em altitudes acima de 400 m constituem o antigo planalto da região, que está sendo dissecado pela frente de erosiva do Rio Grande. Além de antigo planalto, esta porção da bacia corresponde à um degrau topográfico para as drenagens afluentes do lado direito do Rio Grande. Nos perfis C-D e E-F percebe-se apenas os relictos deste planalto, como o Córrego da Tiririca no perfil C-D e a Serra da Boa Esperança E-F, enquanto no perfil A-B a calha do Rio Grande constitui a base do mesmo.

8.5. Perfis Longitudinais do Rio Grande e seus afluentes

O canal principal do Rio Grande percorre pouco mais de 230km desde a sua nascente na região serrana do Rio de Janeiro, até sua confluência com o Rio Paraíba do Sul perto da área urbana de São Fidélis. O Rio Grande nasce numa altitude bastante elevada – 1.420m – e desagua em cerca de 20m de altitude, possuindo, portanto, gradiente topográfico acentuado de mais de 1.000m. Neste sentido, o perfil longitudinal de drenagem possibilita visualizar o comportamento topográfico dos rios ao longo de seu curso, permitindo aferir determinadas características relacionadas à dinâmica de evolução e condicionantes geomorfológicos (CHRISTOFOLETTI, 1988). Foram elaborados, também, os perfis longitudinais dos principais afluentes do Rio Grande, com o objetivo de acrescentar dados na análise da dinâmica hidrológica da área de estudo. Dentre eles, foram selecionados o Rio Negro, o Rio Bengalas, o Ribeirão Santo Antônio, Ribeirão São Lourenço e o Córrego Trajano de Moraes, que são afluentes importantes em diversos compartimentos da bacia de drenagem.

Apesar do elevado gradiente topográfico do Rio Grande, a calha do mesmo drena sobre terrenos pouco acidentados, exceto em alguns trechos de desníveis que formam cachoeiras (Figura 34). Isso se deve muito à disposição entre a orientação de drenagem e as estruturas do substrato geológico. De maneira geral, as declividades são baixas e os terrenos são bem suavizados, podendo ser comparados à extensos planaltos interrompidos por degraus topográficos.

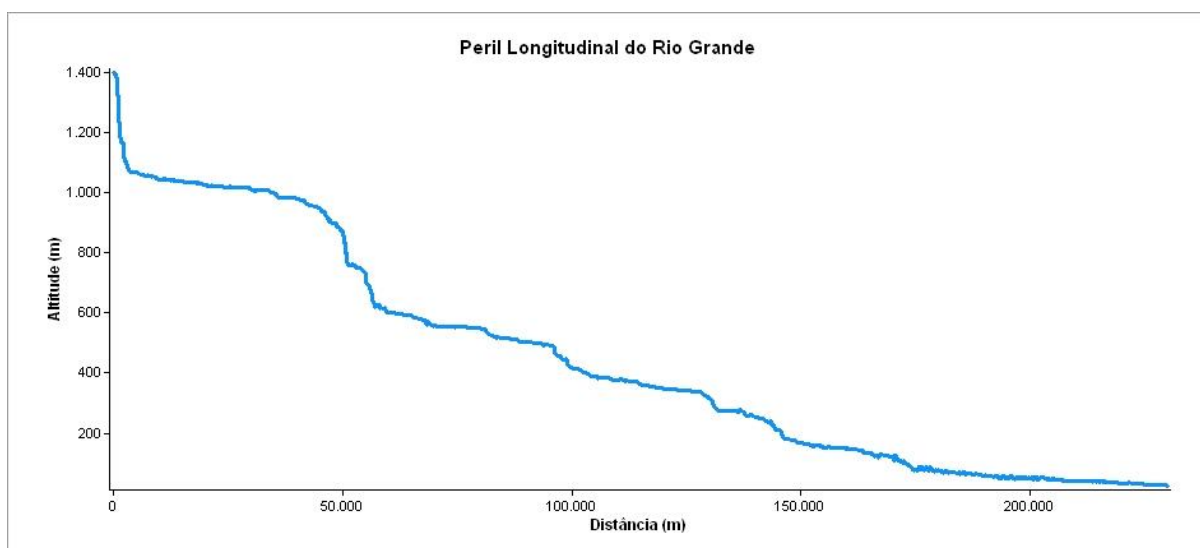


Figura 34: Perfil Longitudinal do Rio Grande.

Diante da análise do gráfico do perfil, podemos atribuir que o Rio Grande percorre por quatro patamares de altimetrias distintas, interrompidos por degraus topográficos caracterizados por níveis de base locais. Estas feições são de extrema importância na dinâmica hidrológica, pois, influenciam diretamente nos processos erosivos atuantes na bacia de drenagem. Neste sentido, pode-se dizer que estes níveis de base locais podem auxiliar na identificação de frentes de dissecação do relevo.

O Rio Negro, assim como o Rio Grande, percorre terrenos de baixa declividade e é interrompido por degraus topográficos (Figura 35). O maior trecho de declive incide no seu alto curso, com desnivelamento de 400m em pouco menos de 10km. Ao atingir este nível, o rio drena por três patamares até sua confluência com o Rio Grande. Da mesma maneira, estes patamares são controlados por desníveis ou degraus topográficos, evidenciando a influencia das estruturas e litologias resistentes do substrato geológico que são representados pelos knickpoints que ocorrem ao longo do eixo de drenagem do Rio Negro. Estas estruturas serão abordadas e evidenciadas posteriormente, contudo, vale destacar a influencia de fraturais ortogonais ao eixo de drenagem na formação de desníveis longitudinais do perfil do rio.

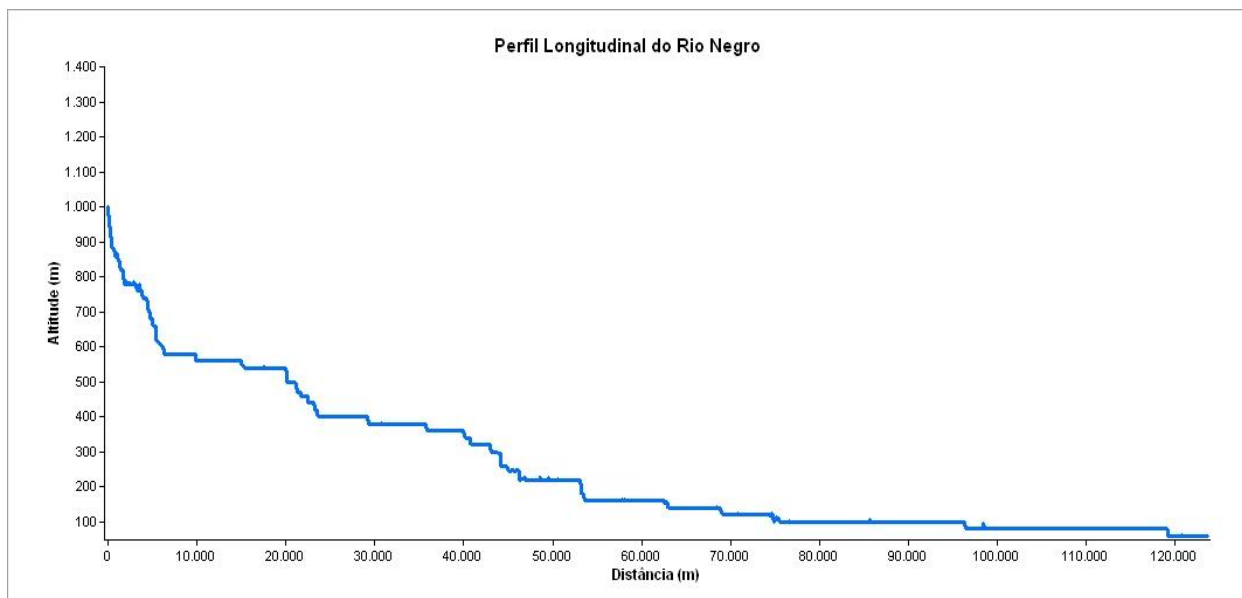


Figura 35: Perfil Longitudinal do Rio Negro.

Os afluentes do Rio Grande apresentam perfis longitudinais com características semelhantes aos rios já analisados, porém, com níveis altimétricos distintos (Figura 36). No caso do Rio Bengalas, mais a montante a drenagem percorre por uma declividade acentuada nas cabeceiras até atingir um curso suave na cota de 800m, assim como o Ribeirão Santo Antônio que possui declividade acentuada na cabeceira até amenizar a mesma em 700m de altitude. Com características semelhantes, o Ribeirão São Lourenço e o Córrego Trajano de Moraes, afluentes nas porções mais à jusantes, apresentam cursos em declives acentuados próximos à nascente, entretanto, apresentam três superfícies sub-horizontais antes de seu encontro com o Rio Grande (Figura 37). Vale ressaltar que estes afluentes drenam sobre um degrau topográfico antes de atingir o vale do Rio Grande, o que sugere a influencia do controle de litologias resistentes para a sustentação do planalto elevado, ou então, de estruturas do substrato geológico. Ao analisar os dados, parece ser mais coerente a resistência litológica das unidades que ocorrem na porção sul/sudeste da bacia, como o Grupo São Fidélis kinzigito e o Complexo Trajano de Morais. Estas unidades, assim como outras, promovem aumento na cota altimétrica do relevo que formam um degrau topográfico para as drenagens da região antes de atingirem a calha do rio Grande.

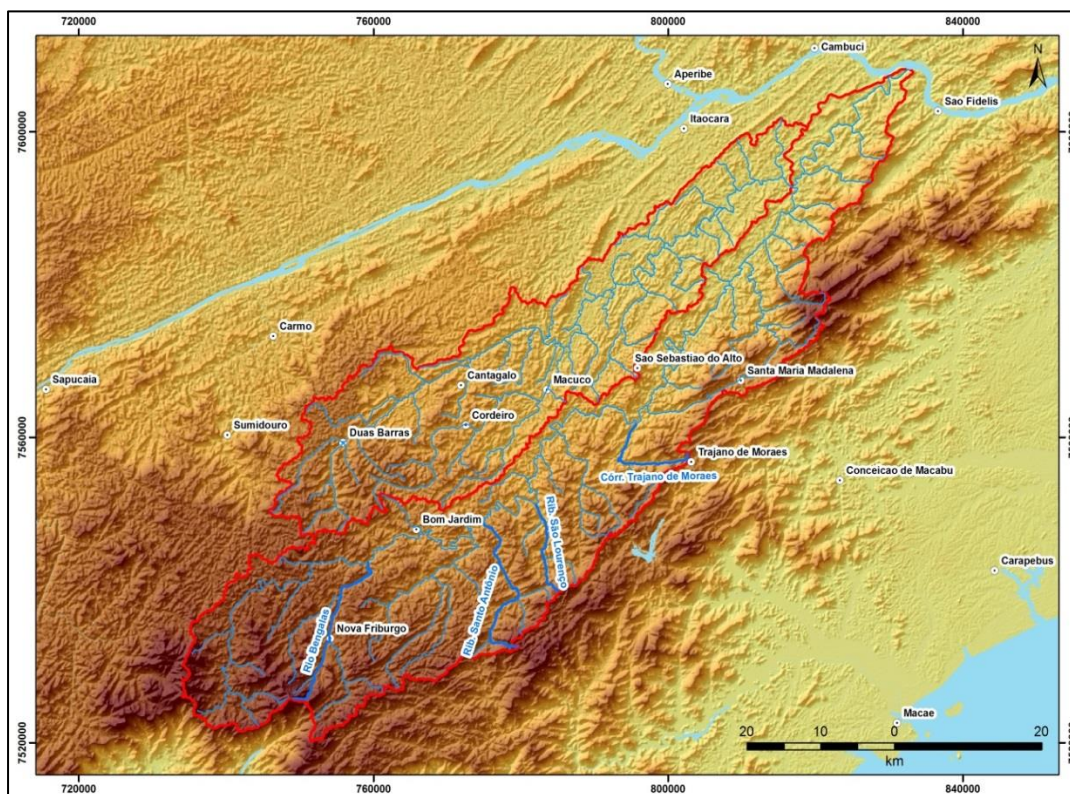


Figura 36: Localização dos afluentes do Rio Grande que foram elaborados os perfis longitudinais.

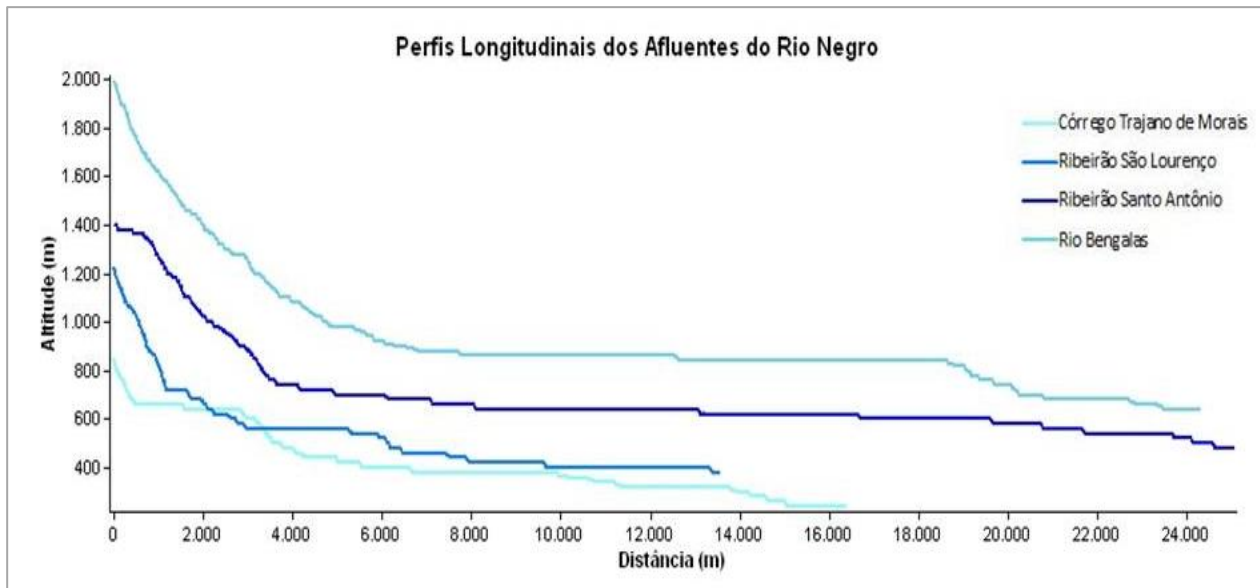


Figura 37: Perfis longitudinais dos afluentes do Rio Grande.

Diante da análise dos perfis, pode-se afirmar que as rochas mais resistentes influenciaram de maneira significativa na forma do perfil, mantendo a altitude elevada próxima aos divisores. Todos os perfis apresentados estão em fase de ajuste ou não equilíbrio, devido a presença de níveis de base suspensos que ainda serão ajustados ao longo do tempo em um nível de base geral.

8.6. Caracterização da Rede de drenagem

A bacia estudada apresenta diferentes padrões da rede fluvial que podem ser observados no mapa com os cursos d'água. A abordagem destes padrões levou em consideração na forma do escoamento e na geometria do arranjo fluvial que são diretamente controlados pelo substrato rochoso. Estes padrões podem apresentar anomalias na direção dos canais que estão contidas nos mapas que, posteriormente, serão abordados como possíveis capturas de drenagem.

Ao avaliar o mapa, identificam-se diferentes tipos padrões de drenagem do tipo treliça, paralelo e retangular na bacia e variações em relação à densidade das drenagens. Pode-se perceber que próximo às cabeceiras e nas porções mais elevadas da bacia, o comportamento da drenagem varia entre treliça, retangular e paralelo e são pouco densos. O Córrego Trajano de Moraes apresenta estas tipologias ao longo do seu curso, bem como, seus afluentes e drenagens próximas. Da mesma maneira, outras sub-bacias possuem características semelhantes, como

nos casos do Rio Bengalas e Santo Antônio. Enquanto isso, as drenagens próximas ao eixo principal do Rio Grande caracterizam-se por padrões de canais retos e sinuosos, enquanto que seus afluentes não apresentam padrão predominante, podendo ser treliça ou retangular ou paralelo (Figura 38).

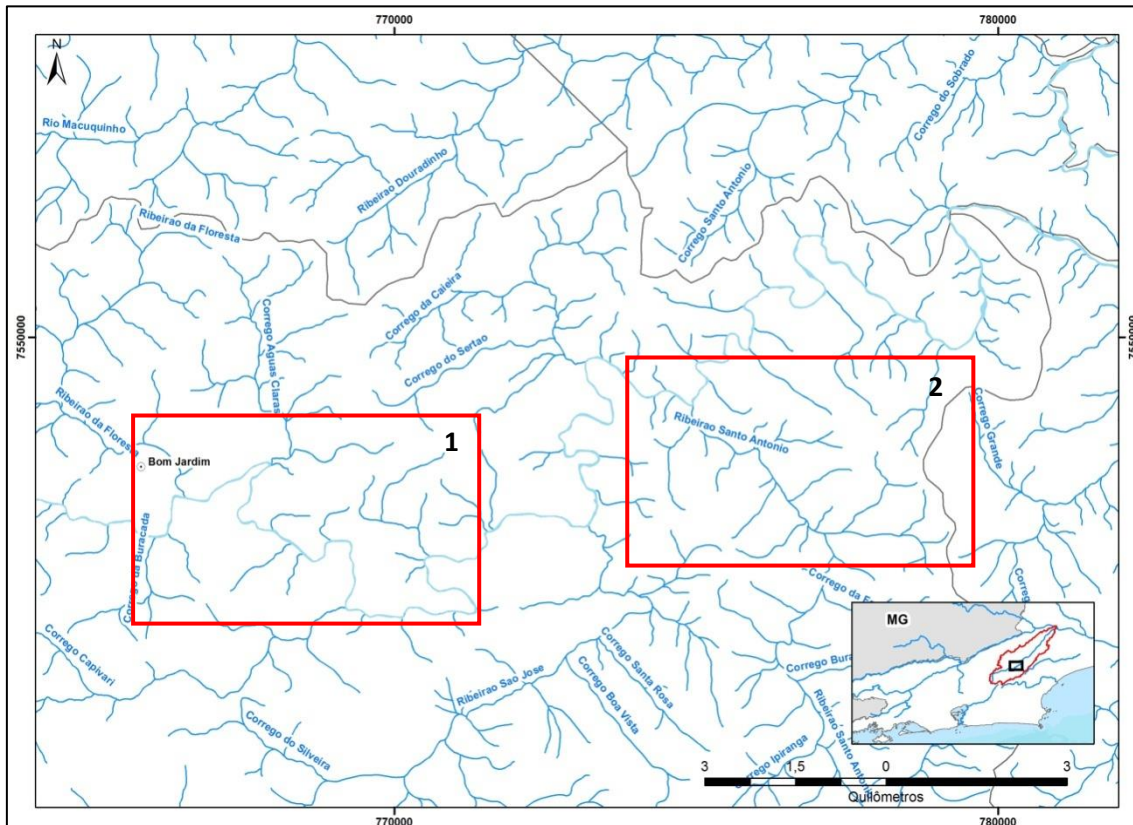


Figura 38: Eixo principal do Rio Grande com padrões retos e sinuosos (Quadro 1) e afluentes próximos com padrões fluviais predominantemente dendrítico (Quadro 2).

Este comportamento pode ter sido influenciado pelas unidades geológicas existentes na bacia, pois, ao cruzar estes dados com as informações dos litotipos, percebe-se que em alguns casos há alteração nos padrões dos canais conforme há mudança litológica (Figura 39). Isto pode ser observado na transição entre os granitos pós-tectônicos, como no caso do Granito Nova Friburgo, para a unidade São Fidélis silimanita-biotita gnaiss. Enquanto os granitos tem baixa densidade de drenagem, a unidade São Fidélis apresenta alta densidade de drenagem (Figura 39). Isto pode ser explicado pelo fato de os gnaisses da unidade São Fidélis apresentarem mais deformações e planos de fraquezas, como a foliação, enquanto que os granitos isotrópicos possuem as fraturas como plano de fraqueza.

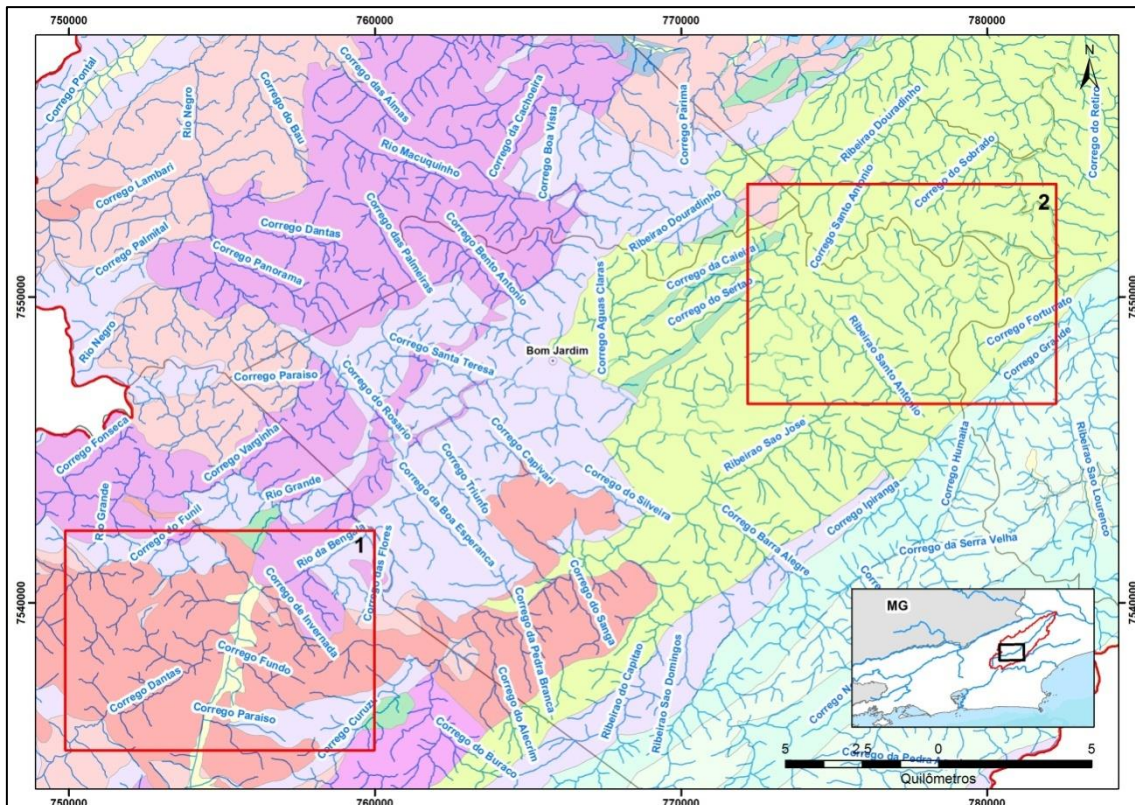


Figura 39: Diferentes densidade de drenagem de acordo com a litologia. Baixa densidade no granito Nova Friburgo (Quadro 1) e alta densidade na Unidade São Fidélis (Quadro 2).

Em relação à orientação de drenagem, o Rio Grande inicia seu curso com orientação S-N e, posteriormente, possui inflexões para NE próximo à localidade de Campo do Coelho. A partir de Riograndina, a calha principal deste rio segue a orientação principal NE, contudo, muda de orientação em pequenos trechos que podem ter sido influenciados por estruturas do substrato rochoso, tais como, foliação e fraturas. Diante disso, foi elaborada a roseta de orientação da rede de drenagem, levando em consideração todos os eixos de drenagem da bacia, apresentando as direções de fluxos NW e NE como preferenciais (Figura 40). Um dos fatores que pode influenciar neste resultado está associado à geologia regional e seus respectivos efeitos herdados das deformações tectônicas, como o lineamento da foliação e reativação de estruturas. Estes dados serão analisados juntamente com os dados de lineamentos estruturais posteriormente.

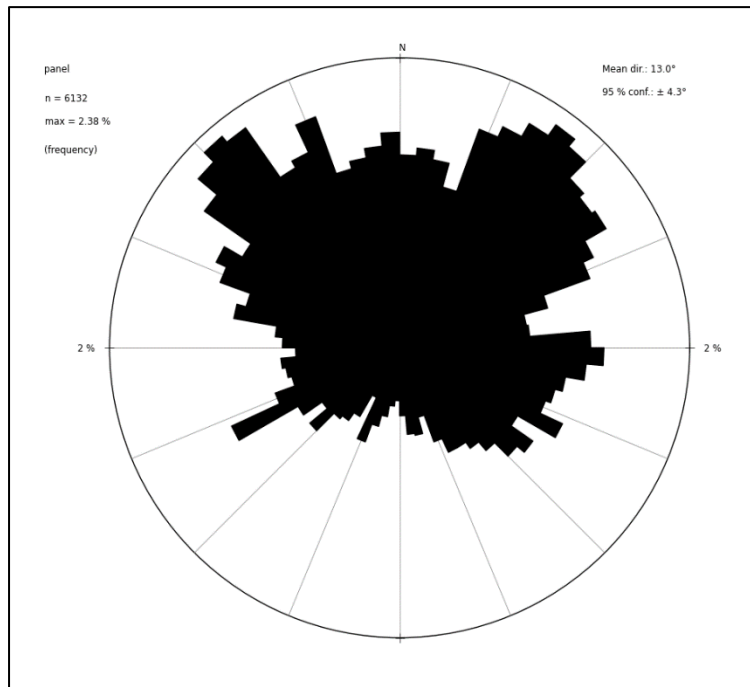


Figura 40: Roseta de orientação de fluxos dos canais de drenagem ilustrando as orientações NW e NE da bacia do Rio Grande.

Nota-se pela roseta de orientação dos canais a influência predominante das estruturas geológicas, em especial aquelas condicionadas no sentido SW-NE podendo estar associada deformação dúctil regional que criou um plano de fraqueza neste plano. Nota-se que os afluentes principais do lado direito do Rio Grande, apresentam orientação S-N com forte lineamento como no caso do Rio Bengalas e Rio São Lourenço (Figura 36).

8.7. Níveis de Base locais

Ao longo de toda extensão da bacia do Rio grande foram identificados, através de interpretação em ambiente SIG, 380 níveis de base locais. Para facilitar a logística do trabalho, diante da extensão territorial da bacia e da grande quantidade de knickpoints, optou-se pela análise dos níveis de base localizados no eixo principal do Rio Grande e do Rio Negro. Neste sentido, foi realizada uma amostragem de 40 níveis de base através de cartas topográficas e imagens de satélite, sendo destes, 17 visitados em campanha de campo que serão descritos a seguir. Dentre estes pontos visitados, 13 encontram-se no Rio Grande e apenas 4 no Rio Negro (Figura 41). Neles foram identificados e descritos: litologia, estrutura, relevo no entorno e direção da drenagem.

Em relação à geologia dos knickpoints, de acordo com o mapeamento realizado no âmbito do PRONAGEO, os níveis de base distribuem-se em: 3 na Suíte Cordeiro; 1 Corpo Gabro; 5 no Complexo Rio Negro; 5 na Unidade São Fidélis (silimanita-biotita gnaiss); 2 na Unidade São Fidélis (kinzigito).

8.7.1.

Descrição dos Níveis de Base locais vistoriados em campo

8.7.1.1.

Knikpoint Conquista

O nível de base do Conquista localiza-se no bairro que lhe dá o nome e encontra-se a 1.020m de altitude, em um estrangulamento dos taludes marginais do eixo do Rio Grande seguido de desnível topográfico (Figura 42). Foram identificados afloramentos da Suíte Cordeiro, bem como, um dique de diabásio aflorando em uma das margens (Figura 43). Apresenta fraturas que condicionam o eixo de drenagem, na direção NE, além de fraturas que cortam o eixo de drenagem e influenciam na formação do nível de base.



Figura 42: Nível de base do bairro Conquista. (UTM: 742960/7539711).



Figura 43: Dique de diabasoafiorante em uma das margens do rio.

As fraturas que condicionam o eixo de drenagem apresentam diferentes orientações e strikes, como mostra a tabela com os valores das medidas obtidas em campo (Tabela1).

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas	140	75
	186	69
	54	14

Tabela 1: Roseta com a frequência das orientações das estruturas geológicas no knickpoints.

8.7.1.2. Knickpoint Três Cachoeiras

Este nível de base é marcado por um estrangulamento topográfico e por mudança abrupta da direção do Rio Grande, caracterizando um cotovelo de drenagem a 1.020m de altitude (UTM: 744782/7540302). À montante do estrangulamento, forma-se extensa planície fluvial que pode ter sido originada pelo estreitamento do relevo dificultando o transporte de sedimentos (Figura 44).



Figura 44: Detalhe para o cotovelo de drenagem, indicando mudança de direção do rio. Formação de planície fluvial à montante deste ponto.

Em relação à geologia, ocorrem afloramentos da Suíte Cordeiro de foliação grosseira e pórfiros de feldspato e presença de veios de quartzo, além de contatos de litotipos com granulometria mais fina. A drenagem é bastante encaixada e o vale tem formato em “V”. Apresenta fraturas discordantes ao eixo de drenagem, com medidas de $154^{\circ}/71^{\circ}$.

8.7.1.3. Knickpoint alto curso do Rio Negro

Nível de base localizado no alto curso do Rio Negro (UTM: 769038/7657795), próximo à cidade de Cantagalo a 380m de altitude. Caracteriza-se por duas quedas d’água separadas por pequenas áreas planas exibindo aspecto de degraus, perfazendo uma queda total de aproximadamente 10 metros de altura (Figura 45). O relevo nas proximidades é de colinas arredondadas, em sua maioria, com encostas convexas.



Figura45: Nível de base próximo à cidade de Cantagalo. Pode-se observar a influência de fraturas ortogonais ao eixo do rio influenciando na ocorrência dos níveis de base.

As rochas aflorantes estão associadas aos ortognaisses e granulitos do Complexo Rio Negro, com predomínio de minerais máficos e foliação descontínua (Figura 46). Por vezes, surgem veios de quartzo discordantes da foliação. Apresenta elevada densidade de fraturas ortogonais ao eixo de drenagem, além de fraturas que orientam o mesmo. Neste sentido, a foliação é ortogonal ao eixo de drenagem, sendo este condicionado por fraturas. As medidas das fraturas encontram-se na tabela abaixo (Tabela 2).



Figura 46: Detalhe da foliação da rocha que aflora no knickpoints.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas	84°	78°
	340°	69°
	250°	55°
	334°	56°
	10°	83°
	13°	71°

Tabela 2: Valores das estruturas obtidas no knickpoint do alto curso do Rio Negro.

8.7.1.4. Knickpoint Serra do Gavião

Ao longo da RJ-152 são observados algumas quedas d'água no curso do Rio Negro, sendo este knickpoint à jusante da cidade de Cantagalo a 340m de altitude (UTM: 773718/7570416). Apresenta extenso pacote sedimentar à jusante, onde a drenagem tende a ficar meandrante, indicando baixa energia de transporte e vale entulhado de sedimentos. Esta característica é bastante comum do Rio Negro, principalmente no seu alto curso. As rochas que afloram neste knickpoint são típicas do complexo Rio Negro, tais como dioritos e ortognaisses, com predomínio de minerais máficos e pórfiros de feldspato espessos de tamanho

milimétricos (Figura 47). As fraturas foram identificadas e medidas, sendo os valores demonstrados na tabela abaixo (Tabela 3).



Figura 47: Ortognaisse do Complexo Rio Negro aflorando no knickpoint da Serra do Gavião.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas	207°	87°
	14°	82°
	268°	82°
	80°	79°

Tabela 3: Valores das estruturas obtidas no knickpoint da Serra do Gavião.

A queda é de aproximadamente 10 metros de altura, podendo ser vista da estrada em um local à jusante deste knickpoint (Figura 48).



Figura 48: Detalhe do desnível topográfico do Knickpoint no Rio Grande, na margem da Rodovia RJ-152 próximo à Cantagalo.

8.7.1.5. Knickpoint Duas Barras

Knickpoint na calha do Rio Negro à nordeste do centro urbano de Duas Barras a 440m de altitude (UTM: 761247/7562714). Assim como os outros knickpoints do Rio Negro mencionados, os afloramentos rochosos deste nível de base correspondem às rochas do Complexo Rio Negro identificados pelo ortognaisses mesocrático (Figura 49). A foliação mergulha para sudeste à 35° de inclinação e o strike N43°E orientando o eixo de drenagem para nordeste. Possui pouca densidade de fratura e apenas uma medida foi obtida, assinalando 42°/84°. A drenagem está condicionada pela foliação neste trecho, sendo fraturas ortogonais gerando a ocorrência de desníveis topográficos.



Figura 49: Nível de base na calha do Rio Negro à noroeste de Duas Barras.

Pode ser considerado como o último desnível topográfico de um trecho encachoeirado do Rio Negro à jusante do alvéolo de Duas Barras. Ao analisar o mapa, ressalta-se a existência de um estrangulamento topográfico e, conseqüentemente, encaixe da drenagem com sequência de pequenas quedas d'água, sendo este ponto a última queda desta porção.

8.7.1.6. Knickpoint Fazenda Barra do Veado

Este knickpoint localiza-se próximo à localidade de Manuel de Moraes a 240m de altitude (UTM: 791505/7563869), onde ocorre estrangulamento topográfico e suave desnível topográfico do Rio Grande. Em relação à geologia, foram identificados gnaisses porfíricos com bandamento migmatítico correlatos à Unidade São Fidélis (Figura 50). O mergulho da foliação é 313° NW com inclinação de 33°, sendo o strike N43E, já os planos preferenciais das fraturas deste knickpoint serão exibidos na tabela (Tabela 4).



Figura 50: Knickpoint no Rio Grande próximo à Manuel de Morais.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Foliação	313°	33°
Fraturas	213°	84°
	286°	77°
	222°	75°
	226°	89°
	36°	87°
	98°	64°
	255°	62°

Tabela 4: Medida das estruturas geológicas do knickpoint próximo à Manuel de Morais.

8.7.1.7. Knickpoint Riograndina

Ao passar pela planície alveolar de Riograndina, o Rio Grande alcança um estreitamento do vale seguido de desnível topográfico a 720m de altitude, originando o desenvolvimento de trecho encachoeirado nesta área (UTM: 756819/7542856). O vale fica encaixado nas estruturas geológicas associadas à fraturas, com boa presença de blocos depositados nos taludes marginais, bem como, no eixo principal do rio à montante do nível de base (Figura 51).

Vale ressaltar neste ponto, o contato litológico entre as unidades geológicas do Corpo Gabro e da Suíte Serra dos Órgãos, que pode ter influenciado na formação deste nível de base. A erosão diferencial gerada pela maior resistência ao intemperismo pelos granitóides da Suíte Serra dos Órgãos, pode permitir a ocorrência de níveis de base na paisagem, como no caso do Knickpoint de Riograndina. Em relação às estruturas, pode-se dizer que possuem as fraturas strike preferencial para SW-NE, como mostra a tabela das medidas de fraturas (Tabela 5).



Figura 51: Knickpoint na altura de Riograndina. Desníveis no curso de drenagem formando pequenas cachoeiras. Nota-se a presença de blocos depositados sobre o afloramento.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas	135°	86°
	101°	78°
	222°	70°
	204°	79°
	123°	76°
	164°	62°

Tabela 5: Medidas das orientações das estruturas geológicas do knickpoint de Riograndina.

8.7.1.8. Knickpoint Bairro Santa Teresa

Nível de base localizado no Rio Grande a 580m de altitude, próximo à localidade de Banquete, podendo ser alcançá-lo pela BR-492 (UTM: 762922/7546523). Este ponto é marcado por uma mudança abrupta da direção do eixo de drenagem, atribuindo a forma de um cotovelo, acompanhado, também, pela estrada que apresenta curva acentuada (Figura 52).

A geologia é marcada pelo contato entre os ortognaisses do Complexo Rio Negro e os granitos da Suíte Serra dos Órgãos, que influencia diretamente no curso da drenagem. No leito do Rio existem blocos depositados provenientes dos taludes marginais (Figura 53). A drenagem estava orientada pelas fraturas à montante do knickpoint e, posteriormente, encaixou no strike da foliação da Suíte Serra dos Órgãos, formando o cotovelo de drenagem. As medidas obtidas das estruturas demonstram que há forte controle das fraturas ortogonais ao eixo de drenagem, sendo os valores de *dipdir* entre $321^{\circ}/82^{\circ}$ e $309^{\circ}/79^{\circ}$. Para as fraturas que orientam o curso do rio neste ponto, o valor obtido foi de $233^{\circ}/87^{\circ}$ (Tabela 6).



Figura 52: Nível de base na curva da BR-492 próximo à Banquete.



Figura 53: Blocos de litotipos distintos depositados no leito do Rio..

Estrutura	Dipdirection	Dip
Foliação	216°	88°
Fraturas	233°	87°
	321°	82°
	309°	79°

Tabela 6: Medidas das orientações das estruturas geológicas do knickpoint do bairro Santa Teresa.

8.7.1.9. Knickpoint Bom Jardim

A área urbana do município de Bom Jardim aloca um dos knickpoints do Rio Grande a 560m de altitude, marcado por queda d'água de baixa amplitude. O adensamento populacional nas margens do rio e o difícil acesso ao ponto impossibilitaram alcançar o afloramento do knickpoint (Figura 54). A rocha identificada corresponde ao gnaiss fino bandado associado ao Complexo Rio Negro (Figura 55). As medidas das estruturas serão apresentadas na tabela abaixo (Tabela 7).



Figura 54: Knickpoint na área urbana de Bom Jardim. Detalhe para a ocupação nas margens do Rio Grande.



Figura 55: Detalhe para o Gnaiss fino bandado identificado em campo no nível de base de Bom Jardim.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas	14°	20°
	131°	76°
	64°	78°
	261°	71°
	53°	69°

Tabela 7: Medidas das orientações das fraturas do knickpoint Bom Jardim.

8.7.1.10.

Knickpoint à jusante de Bom Jardim

Ainda próximo ao núcleo urbano de Bom Jardim foi identificado um knickpoint no Rio Grande a 540m de altitude, situado em segmento do vale encaixado e com pequenas quedas altimétricas. (UTM: 768833/7546651). A morfologia do relevo pode ser considerada por morros e colinas residuais, com depósitos de blocos nos taludes marginais, assim como, no leito do rio, principalmente, à montante do nível de base (Figura 56).

Em relação à drenagem, existem anomalias caracterizadas como cotovelos pela mudança abrupta da direção do curso do Rio Grande. A geologia corresponde à ortognaisses com granitos intrusivos, homogêneos do Complexo Rio Negro (Figura 57). Possui pouca densidade de fraturas, com espaçamento de 2 à 3 metros, tendo as medidas apresentadas na tabela abaixo (Tabela 8).



Figura 56: Knickpoint à jusante do núcleo urbano de Bom Jardim.



Figura 57: Afloramentos do Complexo Rio Negro à jusante de Bom Jardim. Observa-se fraturas ortogonais ao eixo do rio, com baixa densidade e com espaçamento próximo de 2 metros. Lineamento dos minerais condicionam o eixo de drenagem.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas	133°	81°
	205°	59°
	221°	79°

Tabela 8: Medidas das orientações das fraturas do knickpoint à jusante de Bom Jardim.

8.7.1.11. Knickpoint Santo Antônio

No caso do knickpoint Santo Antônio no Rio Grande, somam-se o estrangulamento do relevo, encaixando os vales, e o desnível topográfico que propiciaram a construção da hidroelétrica a 500m de altitude (Figura 58).

O nível de base ocorre em rochas da Unidade São Fidélis, silimanita-biotita gnaiss, marcado por mudança abrupta da direção do rio, em torno de 180°, dando forma à anomalia de drenagem. As medidas das fraturas encontram-se na tabela abaixo (Tabela 9)



Figura 58: Nível de base Santo Antônio.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas	176°	56°
	121°	83°
	114°	81°

Tabela 9: Medidas das orientações das fraturas do knickpoint Santo Antônio.

8.7.1.12. Knickpoint Santa Rosa

Localizado em um lineamento marcante, com curso de drenagem orientado para sudeste, próximo à fazenda Santa Rosa a 440m de altitude (UTM: 778288/7550469). O vale é bastante encaixado neste lineamento e a amplitude de relevo entre o mesmo e os topos dos morros marginais chegam a atingir 300 metros. A construção da barragem e a conseqüente diminuição do volume de água promoveu a exumação dos blocos depositados no talvegue da drenagem preteritamente (Figura 59). Apesar da elevada amplitude topográfica entre o fundo de vale e os topos adjacentes, as quedas d'água são mais suaves, estendendo-se por trecho longo.



Figura 59: Knickpoint localizado próximo à fazenda Santa Rosa.

O embasamento rochoso sobre o qual drena o Rio Grande neste ponto é o silimanita-biotita gnaiss correlato da Unidade São Fidélis, por vezes com lentes de feldspato. Observou-se que o strike da foliação é discordante do eixo de drenagem, orientado para SW-NE, e as medidas do *dipdirection* e dip foram, respectivamente, 147°/4° (Tabela 10).

Estrutura	Dipdirection	Dip
Foliação	147°	4°
Fraturas	146°	56°
	239°	38°
	228°	87°
	224°	79°

Tabela 10: Medidas das orientações das fraturas do knickpoint PCH Santa Rosa.

8.7.1.13. Knickpoint Fazenda Barra Grande

Nível de base com suave queda no Rio Grande, situado à jusante da PCH Santo Antônio a 480m de altitude (UTM: 774723/7549082). A morfologia denota um vale pouco alargado, porém, com morros elevados nas margens do rio, com encostas côncavas e convexas (Figura 60). Este nível de base possui uma sequência de pelo menos duas quedas do eixo de drenagem de baixa amplitude.

Na campanha de campo, foi identificado um contato de fácies litológicas da Unidade São Fidélis, entre um gnaiss de granulação média e predomínio de minerais félsicos e um gnaiss com lentes de feldspato e minerais máficos como a biotita (Figura 61), além de veios de quartzo e pegmatito (Figura 62). A densidade de fraturas das rochas é baixa, sendo tiradas duas medidas: 192°/69° e 338°/34°, e dos veios de quartzo foram extraídas as seguintes medidas: 350°/6°, 328°/5° e 3°/64° (Tabela 11).



Figura 60: Knickpoint de baixa amplitude à jusante da PCH Santo Antônio.



Figura 61: Contato litológico entre o gnaiss porfirítico (mais escuro) e o gnaiss com granulação média (mais claro), cortado pelo veio de pegmatito .



Figura 62: Veio de Pegmatito identificado no knickpoint da Fazenda Barra Grande.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Foliação	298°	2°
	173°	42°
Veio de Quartzo	350°	6°
	328°	5°
Fraturas	192°	69°
	338°	34°

Tabela 11: Medidas das orientações das estruturas geológicas do knickpoint da Fazenda Barra Grande.

8.7.1.14. Knickpoint Garganta do Roncador

A Garganta do Roncador encontra-se próximo à localidade de Manuel de Morais (UTM: 794177/7562316) e representa um estrangulamento do leito fluvial do Rio Grande a 240m de altitude, constituindo um vale encaixado e com pequenos desníveis topográficos (Figura 63). A morfologia do relevo é bastante marcante, uma vez que são encontrados majestosos esporões rochosos, no formato

de pães de açúcar que se destacam na paisagem. A amplitude de relevo entre o fundo de vale e os morros das margens podem ultrapassar 100 metros de altitude.

A geologia compreende ao biotita gnaíse da Unidade São Fidélis, por vezes bandado, com foliação ortogonal ao eixo de drenagem com mergulho para NW, com medidas 299°/71° e 329°/40° (Tabela 12).



Figura 63: Trecho do Knickpoint da Garganta do Roncador.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Foliação	299°	71°
	329°	40°
Fraturas	131°	82°
	225°	83°
	141°	79°
	129°	58°
	211°	84°

Tabela 12: Medidas das orientações das estruturas do substrato rochoso do knickpoint da Garganta do Roncador.

8.7.1.15. Knickpoint Manuel de Moraes

Nível de base localizado próximo à Manuel de Moraes a 240m de altitude (UTM: 796211/7563759), à jusante do Knickpoint da Garganta do Roncador, caracterizado por mudança abrupta do curso do Rio Grande seguido de desnível topográfico (Figura 64). O rio atravessa uma área de planície fluvial até atingir este nível de base e passa a drenar em trecho de vale estreito e, em algumas partes, encaixado. O relevo das encostas marginais do rio variam entre 300 e 360 metros, prolongando-se até o sopé dos morros mais elevados da região, funcionando como degraus topográficos.

À montante do knickpoint, o represamento do rio é bastante significativo, promovendo a diminuição da velocidade do curso e o depósito de blocos rochosos. Estes blocos também são encontrados após o knickpoint e, aparentemente, são pouco remobilizados. Os afloramentos rochosos correspondem a gnaisses da Unidade São Fidélis (silimanita-biotita gnaisse), que apresentam fácies porfiríticas em contato com fácies miloníticas e leptinitos (Figura 65), com foliação bandada mergulhando para SW e inclinação entre 20° e 24° (Tabela 13).



Figura 64: Knickpoint de Manuel de Moraes.



Figura 65: Gnaisse porfirítico aflorando no knickpoint de Manuel de Morais.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Foliação	117°	24°
	122°	20°
Fraturas	23°	55°
	131°	87°

Tabela 13: Medidas das orientações das estruturas geológicas do knickpoint Manuel de Morais.

8.7.1.16.

Knickpoint de Renascença

Nível de base de baixa amplitude de queda do curso d'água a 80m de altitude, em ambiente com vale alargado e relevo rebaixado do Rio Grande, já no seu baixo curso (Figura 66), próximo à cidade de Renascença (UTM: 812407/7585137). Neste ponto, ocorre afloramento do substrato rochoso no leito do rio formando uma corredeira, ainda é possível perceber pequeno estrangulamento topográfico neste ponto.

A rocha aflorante é o gnaíse porfirítico da Unidade São Fidélis com fácies milonitizadas. A influência da estrutura geológica na orientação da drenagem é bastante marcante neste knickpoint, uma vez que o rio aproveitou o strike da foliação para NE e corre neste sentido. As medidas da foliação apontam para mergulho SE de inclinação baixa, já as medidas e lineamentos das fraturas são apresentadas na tabela (Tabela 14).



Figura 66: Knickpoint de Renascença. Pode-se perceber a baixa amplitude de relevo e o desnível longitudinal do curso d'água.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Foliação	111°	19°
	114°	21°
	128°	30°
Fraturas	313°	42°
	199°	72°
	4°	68°
	286°	48°
	279°	79°

Tabela 14: Medidas das orientações das estruturas geológicas do knickpoint de Renascença.

8.7.1.17. Knickpoint Cabeceira do Rio Negro

Na cabeceira do Rio Negro, há uma cachoeira sustentada por nível de base situada bem próximo ao divisor de drenagem desta bacia a 800m de altitude (UTM: 756436/7549088). A cachoeira é de vale encaixado e possui queda d'água de aproximadamente 10 metros de altura (Figura 67).

À montante deste nível de base, forma-se considerável planície fluvial no alto curso próximo à cabeceira (Figura 68). Este vale suspenso ocorre próximo ao divisor de drenagem entre o Rio Negro e o Rio Grande, em 900 metros de altitude, reforçando o papel dos nível de base na morfologia do relevo. Ainda é possível identificar divisores rebaixados, no formato de “cela”, podendo indicar antigos leitos fluviais.

Aflora no knickpoint leucogranito da Suíte Cordeiro, com elevada densidade de fraturas – espaçamento médio de 6 cm – em contato com dique de diabásio bastante fraturado também. As medidas das fraturas do dique e do granito serão apresentadas na tabela abaixo (Tabela 15).



Figura 67: Nível de base na cabeceira do Rio Negro com formação de cachoeira.



Figura 68: Planície fluvial suspensa originada pelo nível de base próximo à cabeceira do Rio Negro.

Estrutura	Dipdirection	Dip
Fraturas Dique	36°	88°
	38°	89°
	130°	85°
Fraturas Granito	298°	80°
	15°	86°
	307°	78°
	304°	81°
	7°	84°
	16°	29°

Tabela 15: Medidas das orientações das estruturas do knickpoint de Cabeceira do Rio Negro.

Ao percorrer estrada de terra que liga Riograndina à Duas Barras, cruzando o divisor de drenagem entre o Rio Grande e o Rio Negro, foram observadas diferentes morfologias, associadas à serras e morros, assim como, planícies de soleiras elevadas, com tímidos depósitos fluviais.

8.7.2.**Quadro resumo dos Níveis de Base locais vistoriados em campo**

Knickpoint	Sigla no Mapa	Altitude (m)	Litologia	Estrutura	Tipo	Orientação Drenagem
Conquista	GD1	1.020	Suíte Cordeiro	Fraturas e dique	Corredeira	NE
Três Cachoeiras	GD2	1.020	Suíte Cordeiro	Veios de Quartzo e fraturas	Queda	NW/N
Alto curso Rio Negro	GD3	380	Complexo Rio Negro	Fraturas e Foliação	Queda	NE
Serra do Gavião	GD4	340	Complexo Rio Negro	Fraturas	Queda	NE/N
Duas Barras	GD5	440	Complexo Rio Negro	Foliação	Corredeira	NE
Barra do Veado	GD6	240	Unidade São Fidélis	Foliação	Corredeira	E
Riograndina	GD7	720	Suíte Serra dos Órgãos	Fraturas	Queda	NE
Bairro Santa Teresa	GD8	580	Suíte Serra dos Órgãos	Fraturas e Foliação	Corredeira	NW/N
Bom Jardim	GD9	560	Complexo Rio Negro	Foliação	Queda	N/NE
Jusante de Bom Jardim	GD10	540	Complexo Rio Negro	Fraturas	Corredeira	N
PCH Santo Antônio	GD11	500	Unidade São Fidélis	Fraturas	Queda	E/SE
PCH Santa Rosa	GD12	440	Unidade São Fidélis	Fraturas e Foliação	Corredeira e Queda	SE
Fazenda Barra Grande	GD13	480	Unidade São Fidélis	Foliação e veios de quartzo	Corredeira	SE
Garganta do Roncador	GD14	240	Unidade São Fidélis	Fraturas e Foliação	Corredeira e Queda	SE/S
Manuel de Morais	GD15	240	Suíte Desengano	Fraturas	Queda	E/NE
Renascença	GD16	80	Unidade São Fidélis	Foliação	Corredeira	NE
Cabeceira Rio Negro	GD17	800	Suíte Cordeiro	Fraturas e Dique de Diabásio	Queda	NE

Tabela 16: Quadro Resumo das características principais dos Knickpoints Vistoriados.