



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

**Compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região Sul do
Espírito Santo**

William Lopes de Mello

Trabalho Final de Curso

Geologia

UFRJ

RIO DE JANEIRO

2019

William Lopes de Mello

**Compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região Sul do
Espírito Santo**

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

Orientador(es):

Claudio Limeira Mello

Daniel Carvalho West

Rio de Janeiro

2019

Mello, William Lopes de

Compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região Sul do Espírito Santo / William Lopes de Mello. -- Rio de Janeiro, 2019. 28 p.

Orientador: Claudio Limeira Mello

Coorientador: Daniel Carvalho West

Trabalho de conclusão de curso (graduação)

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Geólogo, 2019.

1. Formação Barreiras. 2. Geomorfologia. 3. Espírito Santo. I. Mello, Claudio Limeira, orient. II. West, Daniel Carvalho, coorient. III. Título.

William Lopes de Mello

Compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região Sul do Espírito Santo

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

Orientador(es):

Claudio Limeira Mello

Daniel Carvalho West

Aprovado em: ___/___/___

Por:

Prof. Dr. Claudio Limeira Mello (Departamento de Geologia, IGEO/UFRJ)

Prof. Dr. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida (Departamento de Geologia, IGEO/UFRJ)

Geóloga M.Sc. Carolina da Silva Ribeiro (UFRJ)

À minha mãe e ao meu
padrasto, eternamente grato

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Geociências (IGEO) da UFRJ, por ter possibilitado as condições para que eu adquirisse conhecimento e amor pela Geologia, e por ter fornecido o financiamento e a infraestrutura necessária para a consolidação do trabalho final de Graduação.

À CPRM, pelas bases cartográficas usadas no trabalho.

Ao meu orientador, Claudio Limeira Mello, por ter acreditado não só em mim, mas em todos os alunos. Apesar das dificuldades que cada um possui, esse professor acredita que todos são capazes se assim o querem, basta determinação e perseverança. Gostaria de agradecer ao Limeira por toda paciência e pelas inúmeras vezes que me corrigiu.

Ao meu coorientador, Daniel Carvalho West, por toda orientação e auxílio nas diversas etapas de desenvolvimento do trabalho.

A todos os professores da UFRJ, cada qual com sua forma diferente de passar conhecimento, tornando assim difícil apontar um professor melhor. Todos são altamente competentes, cada qual com seu ramo dentro da Geologia. Faço uma menção especial aos professores Fábio Perosi e Leonardo Borghi, que tiveram grande influência na minha vida acadêmica, agradecendo carinhosamente por todas as dúvidas que me tiraram e, novamente, pela paciência em respondê-las.

À minha mãe Marcelly e ao meu padrasto Alex, por todo apoio emocional, financeiro, e por terem acreditado em mim quando nem eu acreditava. Minha mãe por ter me escutado, orientado e apoiado quando não havia ninguém que o fizesse, e ao meu padrasto por ter sido o chefe da família, ter me sustentado por todos esses anos e me ajudar com programação (Linux e Python).

Aos meus verdadeiros amigos, Vinicius Lamego, Felipe de Castro, Raphael Rangel, Silvia Cristina, pelo companheirismo durante o anos de Graduação.

“Eu posso aceitar a falha, mas eu não
posso aceitar não tentar.”

(Michael Jordan)

RESUMO

MELLO, William Lopes. Compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região sul do Espírito Santo. Rio de Janeiro, 2019. 28 p. Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A Formação Barreiras constitui uma unidade litoestratigráfica miocênica, de origem terrígena, presente ao longo da costa brasileira desde o Rio de Janeiro até o Amapá, cuja distribuição se associa a morfologias de tabuleiros e falésias. Ao longo de sua ampla extensão geográfica, a Formação Barreiras apresenta trechos de maior expressão areal e outros de menor expressão, o que tem sido explicado pela variação na magnitude da deposição e/ou erosão. Em termos de seus aspectos topográficos, os depósitos da Formação Barreiras se associam a morfologias planas (“tabuleiros costeiros”), onde as colinas são muito suaves e extensas e os vales profundos e encaixados. No entanto, trabalhos anteriores destacam que, em detalhe, os tabuleiros são segmentados tanto longitudinalmente como transversalmente, o que é ressaltado pela organização da rede de drenagem instalada sobre tal morfologia. Tal segmentação tem sido atribuída a mecanismos neotectônicos. O presente estudo tem como objetivo investigar a compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região sul do Espírito Santo, entre os rios Itabapoana e Itapemirim, a fim de discutir o possível controle estrutural/neotectônico na sua segmentação. A metodologia utilizada se baseou na confecção de seções topográficas longitudinais e transversais ao longo da área de estudo, na escala 1:50.000, com exagero vertical de dez vezes, com o objetivo de avaliar as variações topográficas dos tabuleiros em ambas as direções. Como base cartográfica, foi utilizado um modelo digital de elevação (MDE) de alta resolução (*pixels* de 5 metros), produzido pelo IEMA-ES a partir de pares de ortofotos. As seções foram interpretadas em relação à presença de desníveis topográficos, inclinação das superfícies, contraste de relevo associado às diferentes unidades geológicas (embasamento cristalino, Formação Barreiras e sedimentos

quaternários), buscando-se analisar o possível controle litoestrutural/tectônico sobre tais aspectos. Foram geradas seções geológicas tendo como base as seções topográficas e dados do mapa geológico disponível para a área. Há um contraste morfológico evidente entre o domínio do embasamento e o domínio dos tabuleiros da Formação Barreiras, existindo, porém, um setor transicional, em que tal contraste é menos evidente, onde os depósitos da Formação Barreiras ocorrem recobrando os topos de colinas. Os tabuleiros da Formação Barreiras encontram-se compartimentados em blocos rebaixados e soerguidos, de acordo com orientações NE-SW e, principalmente, NW-SE. Tal compartimentação é interpretada como produto da atuação de mecanismos neotectônicos reconhecidos na região Sudeste do Brasil, com reativações de estruturas pré-cambrianas de direção NE-SW e, principalmente, a movimentação de estruturas NW-SE.

Palavras-Chave: Formação Barreiras, Geomorfologia, Espírito Santo.

ABSTRACT

MELLO, William Lopes. *Compartmentalization of the “tabuleiros” of the Barreiras Formation in the southern of Espírito Santo State (SE Brazil)*. Rio de Janeiro, 2019. 28 p. Final Coursework (Geology) - Department of Geology, Institute of Geosciences, Federal University of Rio de Janeiro.

The Barreiras Formation constitutes a terrigenous Miocene lithostratigraphic unit present along the Brazilian coast from Rio de Janeiro to Amapá, whose distribution is associated with morphologies of “tabuleiros” and coastal cliffs. Throughout its wide geographical extension, the Barreiras Formation presents sectors of greater areal expression and others of smaller areal expression, which has been explained by the variation in the magnitude of the deposition and/or erosion. In terms of their topographic aspects, the Barreiras Formation deposits are associated with flat morphologies (“tabuleiros”), where the hills are very smooth and extensive and the valleys are deep and docked. However, previous work highlights that, in detail, the “tabuleiros” are segmented both longitudinally and transversely, which is emphasized by the organization of the drainage network installed on such morphology. This segmentation has been attributed to neotectonic mechanisms. The present study aims to investigate the compartmentalization of the Barreiras Formation “tabuleiros” in the southern region of Espírito Santo State (Southeastern Brazil), between the Itabapoana and Itapemirim rivers, in order to discuss the possible structural/neotectonic control in their segmentation. The methodology was based on the construction of longitudinal and transversal topographic sections along the study area, in the 1: 50,000 scale, with a ten-fold vertical exaggeration, in order to evaluate the topographical variations of the “tabuleiros” in both directions. A high resolution (5-meter pixels) digital elevation model (MDE) produced by IEMA-ES from pairs of orthophotos was used as the cartographic basis. The sections were interpreted in relation to the presence of topographic steps, surfaces gradients, relief contrast associated with the different geological units (crystalline basement, Barreiras Formation and

Quaternary sediments), in order to analyze the possible lithostructural/tectonic control on these aspects. Geological sections were generated based on the topographic sections and on the geological map data available for the area. There is a clear morphological contrast between the basement domain and the Barreiras Formation domain, but there is a transitional sector in which such contrast is less evident, where Barreiras Formation deposits occur covering the tops of hills. The “tabuleiros” of Barreiras Formation are subdivided into subdued and raised blocks, according to NE-SW structures and, mainly, NW-SE. This compartmentalization is interpreted as a product of neotectonic mechanisms which are recognized in the Southeastern Brazil, with reactivations of Pre-Cambrian NE-SW structures and, mainly, the movement of NW-SE structures.

Keywords: Barreiras Formation, Geomorphology, Espírito Santo State (SE Brazil).

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Localização da área de estudo sobre a fusão de modelo digital de elevação e ortofotos (IEMA-ES), na região sul do Espírito Santo, entre os rios Itabapoana e Itapemirim.

Figura 3.2 - Mapa de unidades geomorfológicas da área de estudo, adaptado de Silva & Machado (2014). A unidade Domínio de Morros e de Serras Baixas não ocorre dentro da área investigada.

Figura 3.3 - Morfologia de tabuleiros costeiros (superfície de colinas extensas, amplas e de topos planos, ao fundo), entalhados por vale em forma de “U”, ocupado por ambiente flúvio-lagunar.

Figura 3.4 - Morfologia de colinas dissecadas, com o domínio montanhoso ao fundo.

Figura 3.5 - Mapa geológico da área de estudo, adaptado de Vieira & Menezes (2015).

Figura 3.6 - Afloramento da Formação Barreiras em falésia a sul de Marataízes, mostrando a sucessão de camadas de arenitos e argilitos. Notar o nível de crosta ferruginosa na porção intermediária do afloramento.

Figura 3.7 - Bloco-diagrama esquemático (sem escala) proposto por West (2017) para representar a sedimentação da Formação Barreiras na região sul do Espírito Santo controlada pela reativação (como falhas normais) de estruturas NE-SW do embasamento pré-cambriano.

Figura 3.8 - Perfis topográficos elaborados por Ribeiro (2010) nos tabuleiros da Formação Barreiras na área de estudo, identificando blocos que sofreram rebaixamento e soerguimento em padrões de grábens e horstes, sugerindo um controle neotectônico na distribuição e comportamento dos tabuleiros.

Figura 3.9 - Bloco-diagrama esquemático (sem escala) representativo da compartimentação e entalhamento da Formação Barreiras sugerida por West (2017), controlados por falhas normais com direção NE-SW e NW-SE.

Figura 4.1 - Localização das seções topográficas longitudinais e transversais investigadas sobre o mapa geológico da área de estudo (Vieira & Menezes, 2015).

Figura 4.2 - Localização das seções topográficas longitudinais e transversais investigadas sobre o mapa geomorfológico da área de estudo (Silva & Machado, 2014).

Figura 4.3 - Tela do *software Global Mapper* com a execução da ferramenta *Path Profile* exemplificando a elaboração das seções topográficas na área de estudo.

Figura 5.1 - Seções longitudinais elaboradas para a área de estudo (ver localização nas Figuras 4.1 e 4.2).

Figura 5.2 - Seções transversais elaboradas para a área de estudo (ver localização nas Figuras 4.1 e 4.2).

Figura 5.3 - Seções longitudinais sobre *hillshade* do modelo digital de elevação da área de estudo. Estão destacadas as orientações de caimento do relevo. Ver legenda para as unidades litológicas na figura 5.1

Figura 5.4 - Exemplo de situação observada em campo da morfologia de tabuleiros dissecados da Formação Barreiras com afloramento de rochas do embasamento na base.

Figura 5.5 - Corte artificial no domínio de tabuleiros dissecados, próximo ao local apresentado na Figura 5.4, exibindo depósitos da Formação Barreiras em inconformidade sobre rochas do embasamento saprolitizadas. O contato escavado é assinalado por pavimento conglomerático.

Figura 5.6 - Seções transversais sobre *hillshade* do modelo digital de elevação da área de estudo. Estão destacadas as orientações de caimento do relevo. Ver legenda para as unidades litológicas na figura 5.1

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	2
3.1. Localização e Acessos	2
3.2. Geomorfologia	3
3.3. Geologia Regional	8
3.3.1. EMBASAMENTO	10
3.3.2. DEPÓSITOS CENOZOICOS	11
3.4. Neotectônica	13
4. METODOLOGIA	16
5. RESULTADOS	19
6. CONCLUSÃO	25
7. BIBLIOGRAFIA	26

1. INTRODUÇÃO

A Formação Barreiras (também considerada por outros autores como Grupo Barreiras) é uma unidade litoestratigráfica terrígena de idade Mioceno amplamente distribuída ao longo da região costeira do Brasil entre o Rio de Janeiro o Amapá (Suguo & Nogueira, 1999). Essa unidade constitui uma importante referência estratigráfica do Cenozoico do Brasil, sendo considerada como um marco de correlação de eventos sedimentares e tectônicos das bacias sedimentares marginais brasileiras.

Um dos aspectos destacados a respeito da Formação Barreiras é a sua associação, em termos geomorfológicos, com uma morfologia de “tabuleiros costeiros”, constituindo um relevo de topografia plana com vales relativamente largos e profundamente entalhados, que bem caracteriza a unidade (West, 2017). Tal característica geomorfológica tem sido muito utilizada como referência para a elaboração de mapas geológicos na área de ocorrência da Formação Barreiras.

No Sudeste do Brasil, a Formação Barreiras ocorre de forma mais contínua na porção norte do estado do Espírito Santo, ao norte de Vitória, sendo compartimentada na região ao sul de Vitória até Búzios (RJ). Trabalhos prévios realizados por autores como Ribeiro (2010), Bricalli (2011), Brêda (2012), Chrismann (2014) e West (2017) ressaltam a atuação de controles neotectônicos nessa distribuição da Formação Barreiras na região Sudeste.

A fim de avançar nas discussões acerca da compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras e dos seus possíveis controles, foi selecionada para o desenvolvimento do presente estudo uma área que abrange a região sul do Espírito Santo, entre os rios Itabapoana e Itapemirim, na região dos municípios de Presidente Kennedy, Marataízes e Itapemirim.

2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo investigar a compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região sul do Espírito Santo, entre os rios Itabapoana e Itapemirim, através da análise de seções topográficas transversais e longitudinais, com a finalidade de contribuir para as discussões a respeito do possível controle estrutural/neotectônico na distribuição dessa unidade.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização e acessos

A área de estudo se localiza na região sul do estado do Espírito Santo, entre os rios Itabapoana e Itapemirim, abrangendo os municípios de Presidente Kennedy (ES), Maratáizes (ES) e Itapemirim (ES) – Figura 3.1. A área está limitada entre as longitudes 7.650.000 a 7.686.000 e as latitudes 268.000 a 312.000 (UTM, *datum* SIRGAS 2000, fuso 23S). As principais vias de acesso à área são: a rodovia federal BR-101; e as rodovias estaduais ES-060, que acompanha a linha de costa, e ES-162 e ES-490, que ligam a BR-101 à ES-060. Há ainda diversas estradas não pavimentadas que facilitam o acesso em toda a área investigada.

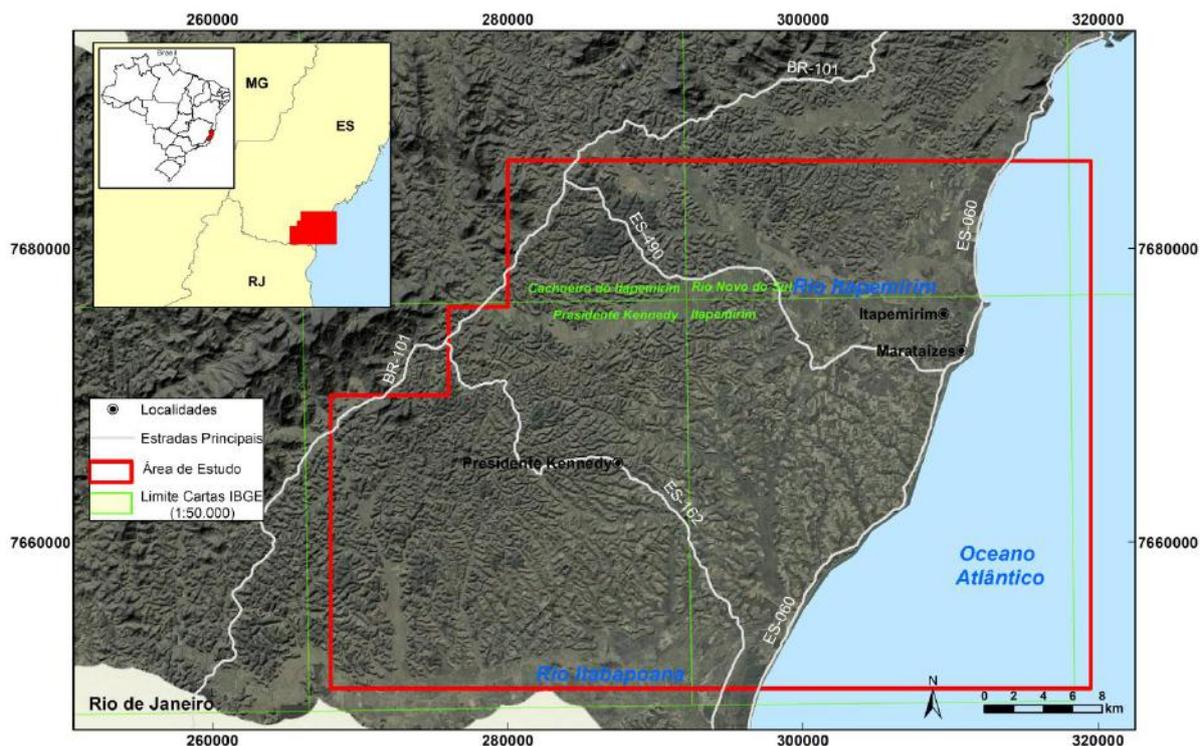


Figura 3.1 - Localização da área de estudo sobre a fusão de modelo digital de elevação e ortofotos (IEMA-ES), na região sul do Espírito Santo, entre os rios Itabapoana e Itapemirim.

3.2. Geomorfologia

A área de estudo inclui oito unidades geomorfológicas, conforme Silva & Machado (2014) - Figura 3.2, reunidas em dois conjuntos principais: terrenos cenozoicos (tabuleiros; tabuleiros dissecados; planícies flúvio-lacustres; planícies marinhas; planícies flúvio-marinhas) e terrenos do embasamento (domínio de colinas amplas e suaves; domínio de colinas dissecadas e de morros baixos; domínio montanhoso).

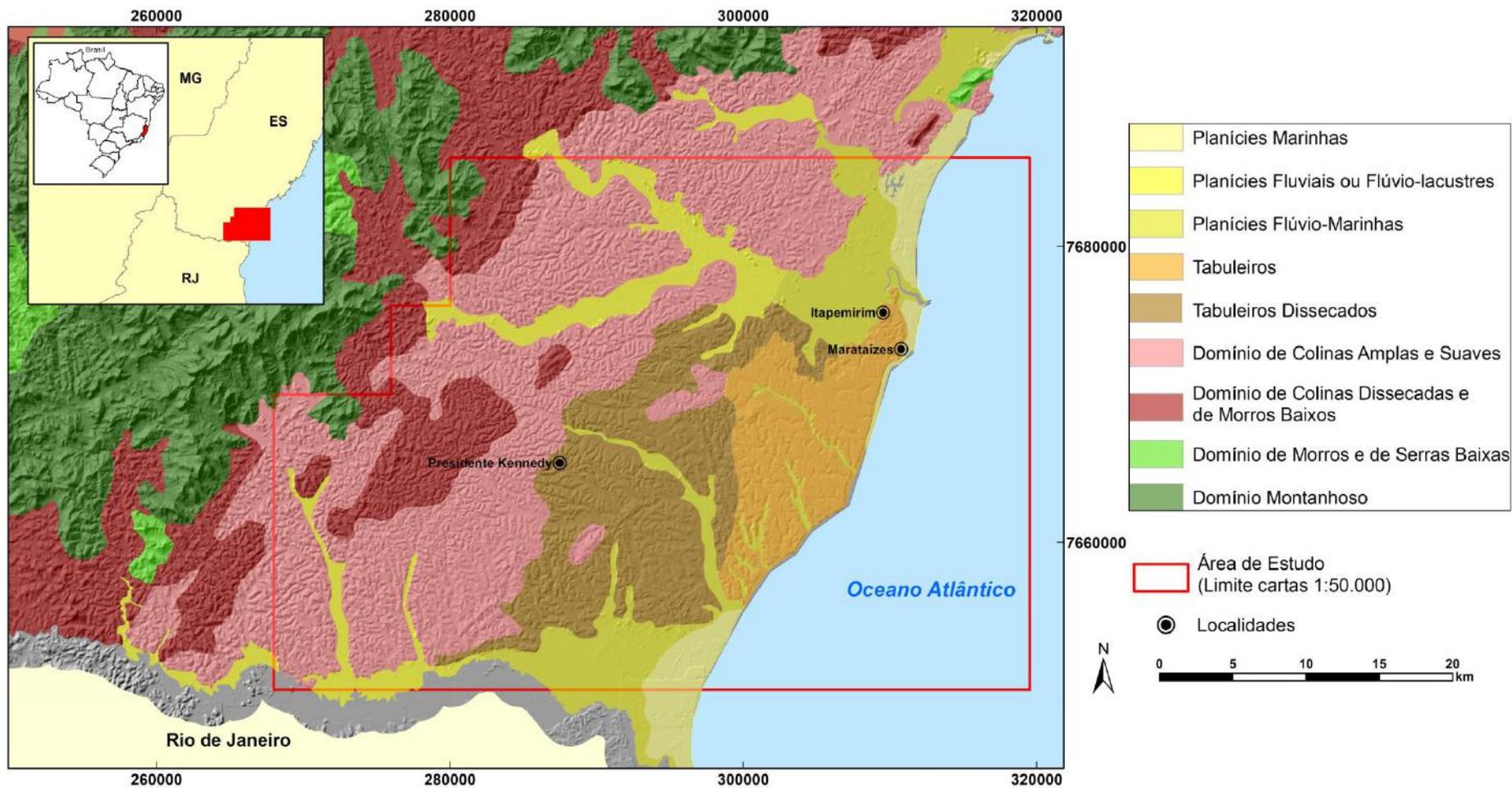


Figura 3.2 - Mapa de unidades geomorfológicas da área de estudo, adaptado de Silva & Machado (2014). A unidade Domínio de Morros e de Serras Baixas não ocorre dentro da área investigada.

Terrenos Cenozoicos

- Tabuleiros - constituem superfícies extensas, suavemente dissecadas, com gradientes suaves, topos planos e alongados, e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U” (Figura 3.3). Apresentam amplitude de relevo que varia de 20 a 50 m, e inclinações de vertentes entre 0-3°. Localmente, podem existir vertentes com inclinações superiores, entre 10-25°. Nessas formas de relevo há predomínio de processos pedogenéticos (formação de solos espessos e bem drenados). De forma restrita, podem ocorrer processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).



Figura 3.3 - Morfologia de tabuleiros costeiros (superfície de colinas extensas, amplas e de topos planos, ao fundo), entalhados por vale em forma de “U”, ocupado por ambiente flúvio-lagunar.

- Tabuleiros dissecados - constituem formas tabulares dissecadas por uma rede de drenagem com alta densidade. Apresentam relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente. A amplitude de relevo varia de 20 a 50 m, com inclinação de vertentes entre 0 e 3°. Assim como as formas de tabuleiros, localmente podem existir vertentes com inclinações superiores, entre 10-25°. Nessas formas de relevo há predomínio de processos de pedogênese, sendo comum a ocorrência de processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

- Planícies fluviais ou flúvio-lacustres - compreendem planícies de inundação e baixadas inundáveis (Figura 3.3), constituindo zonas de acumulação atual, sub-horizontais, compostas por depósitos areno-argilosos a argilo-arenosos. Apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Exibem amplitude de relevo nula (zero) e inclinação das vertentes variando entre 0-3°.

- Planícies marinhas - compreendem terrenos bem drenados e não inundáveis, sub-horizontais, constituídos de depósitos arenosos, de microrrelevo ondulado, gerados por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Exibem amplitude de relevo de até 20 metros e inclinação das vertentes entre 0-5°.

- Planícies flúvio-marinhas (mangues e brejos) - constituem uma interface entre os terrenos continentais e marinhos, correspondendo a superfícies planas muito mal drenadas, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais meandrantés, sob influência de marés. São compostas por depósitos argilo-arenosos a argilosos, apresentando amplitude de relevo e inclinação das vertentes nulas.

Terrenos do Embasamento

- Domínio de colinas amplas e suaves - constituído por formas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Apresentam drenagem com deposição de planícies aluviais relativamente amplas. Exibem amplitude de relevo que varia de 20 a 50 m e inclinação de vertentes entre 3-10°. Há predomínio de processos de pedogênese, com ocorrência restrita de processos de

erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Pode ocorrer geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

- Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos - constituído por colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados (Figura 3.4). Apresentam drenagem com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Exibem amplitude de relevo que varia de 30 a 80 m e inclinação de vertentes de 5-20°. Há equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados), com atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Pode ocorrer geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.



Figura 3.4 - Morfologia de colinas dissecadas, com o domínio montanhoso ao fundo.

- Domínio montanhoso - corresponde a domínio de alinhamentos serranos, maciços montanhosos (Figura 3.4), *fronts* de cuestras e *hogbacks*. São formas muito acidentadas, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas, e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Exibem drenagem em franco processo de entalhamento. Apresentam amplitude de relevo acima de 300 m, podendo apresentar, localmente,

desnivelamentos inferiores a esse. As inclinações de vertentes variam entre 25-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60-90°). Nesse padrão de relevo há franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados), além da atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Pode haver geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

3.3. Geologia Regional

A área de estudo está situada no contexto da Faixa Ribeira, da Província Mantiqueira, cuja orientação é predominantemente NE-SW, como resultado de eventos geológicos do Neoproterozoico associados à Orogenia Panafricana-Brasiliana, a qual resultou na amalgamação do Paleocontinente Gondwana ocidental (Almeida, 1967 *apud* Heilbron *et al.*, 2004). Situa-se ainda na área emersa da parte norte da Bacia de Campos, a qual está ligada a sua história geológica mesozoica-cenozoica.

As rochas do embasamento da área de estudo são divididas por Vieira & Menezes (2015) em complexos gnáissicos e suítes intrusivas de idade neoproterozoica a paleozoica, sendo os terrenos cenozoicos representados pela Formação Barreiras e pela sedimentação quaternária (Figura 3.5).

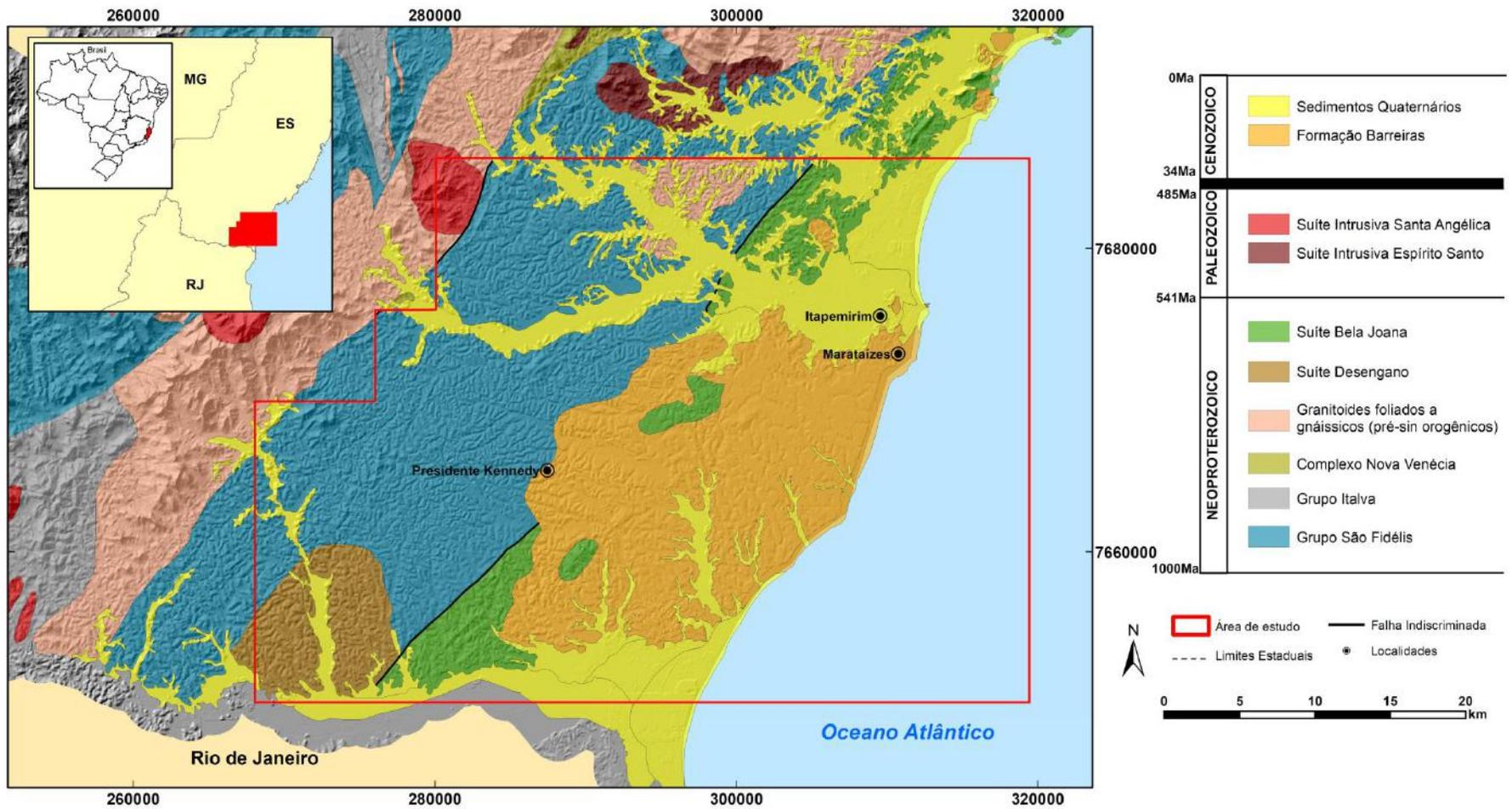


Figura 3.5 - Mapa geológico da área de estudo, adaptado de Vieira & Menezes (2015).

3.3.1. EMBASAMENTO

O embasamento da área de estudo inclui complexos paragnáissicos neoproterozoicos e suítes intrusivas neoproterozoicas e paleozoicas resultantes do processo de amalgamação de blocos continentais durante a formação da Faixa Ribeira.

As unidades do embasamento na área de estudo são divididas por Vieira & Menezes (2015) em: Grupo São Fidélis; granitoides foliados a gnáissicos pré- a sin- orogênicos; e suítes intrusivas (Desengano, Bela Joana e Santa Angélica).

O Grupo São Fidélis, unidade pertencente ao Complexo Paraíba do Sul, constitui a unidade do embasamento predominante na área de estudo, com padrão contínuo orientado na direção NE-SW, cortado por ocorrências de granitoides e de rochas da Suíte Desengano, e sobreposto por sedimentos cenozoicos (Figura 3.5). A unidade dominante do Grupo São Fidélis na área é o Gnaiss Kinzigito - gnaiss xistoso, localmente porfiroclástico (porfiroclastos de feldspatos e granadas), com características migmatíticas, com bandamento irregular. Subordinadamente, ocorrem intercalações de gnaisses quartzosos, calcissilicáticas e anfibolitos.

Os granitoides foliados referentes ao estágio pré- a sin- orogênico correspondem a corpos alongados, de dimensões pequenas até batolíticos, de granitoides gnáissicos, predominantemente metaluminosos, calcialcalinos, tipo I, de idade neoproterozoica. São constituídos principalmente por tonalito e granodiorito, e subordinadamente granitos e dioritos, com enclaves máficos geralmente estirados. Encontra-se uma ocorrência na porção norte da área de estudo (Figura 3.5). A oeste da área de estudo, há uma faixa contínua dessa unidade na direção NE-SW, cortada por corpos da Suíte Intrusiva Santa Angélica.

As suítes intrusivas são divididas em Desengano e Bela Joana, de idade neoproterozoica, e Santa Angélica de idade paleozoica. A Suíte Desengano está representada por um corpo localizado na porção SW da área de estudo, em meio a rochas do Grupo São

Fidélis (Figura 3.5); a sua composição varia de granitos a tonalitos, inequigranulares a porfiríticos, comumente gnaissificados. A Suíte Bela Joana ocupa uma faixa alongada na direção NE-SW na porção leste da área de estudo, sobreposta pelos depósitos da Formação Barreiras (Figura 3.5); é formada por granitoides charnockíticos com enclaves de granada-sillimanita gnaisse. A Suíte Santa Angélica, formada principalmente por granitos, granodioritos e gabros, é representada por um corpo localizado na extremidade NW da área de estudo (Figura 3.5).

3.3.2. DEPÓSITOS CENOZOICOS

O registro cenozoico na área de estudo inclui os depósitos da Formação Barreiras e os sedimentos quaternários (Figura 3.5).

Os depósitos da Formação Barreiras são constituídos de arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, finos a grossos, argilosos, mal selecionados, com intercalações de argilitos vermelhos e arroxeados. Esses depósitos são bastante ferruginizados, podendo ocorrer crostas ferruginosas (Figura 3.6). Morais (2007) relaciona a sedimentação da Formação Barreiras no Espírito Santo a ambientes fluviais, interpretação também considerada por Alves (2016) em estudo desses depósitos na região de Presidente Kennedy - área do presente estudo.



Figura 3.6 - Afloramento da Formação Barreiras em falésia a sul de Marataízes, mostrando a sucessão de camadas de arenitos e argilitos. Notar o nível de crosta ferruginosa na porção intermediária do afloramento.

West (2017) também relaciona a sedimentação da Formação Barreiras na região sul do Espírito Santo a sistemas fluviais instalados sobre rochas do embasamento pré-cambriano. A identificação de depósitos com expressiva participação de conglomerados angulosos nas proximidades dos limites mapeados para a Formação Barreiras com o embasamento levou esse autor a sugerir que as estruturas do embasamento poderiam estar sendo reativadas concomitantemente à sedimentação, em blocos controlados por falhas normais NE-SW (Figura 3.7).

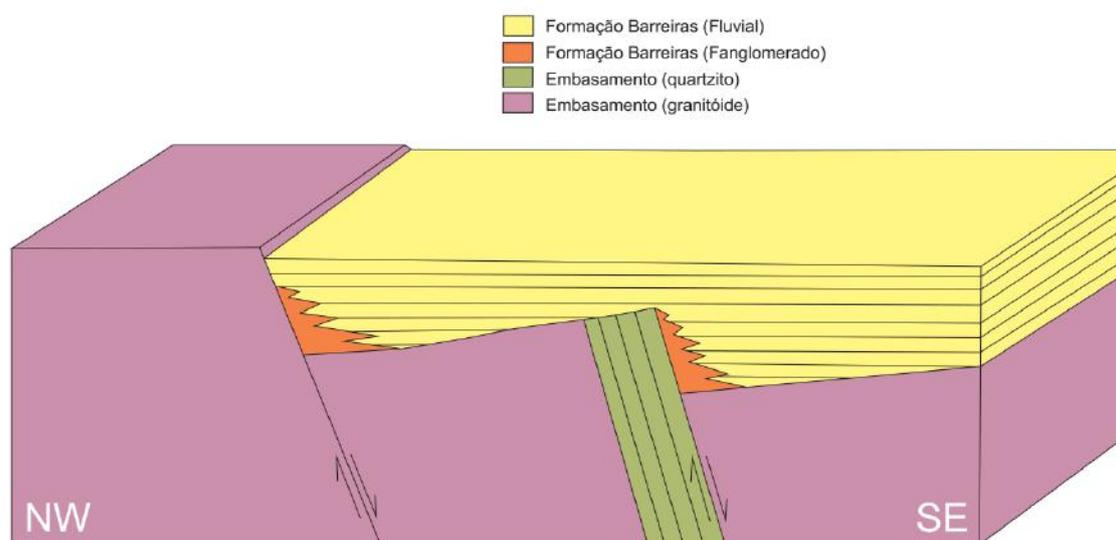


Figura 3.7 - Bloco-diagrama esquemático (sem escala) proposto por West (2017) para representar a sedimentação da Formação Barreiras na região sul do Espírito Santo controlada pela reativação (como falhas normais) de estruturas NE-SW do embasamento pré-cambriano.

A sedimentação quaternária na área de estudo, com base em Vieira & Menezes (2015), inclui as seguintes unidades:

- depósitos aluviais e coluviais indiferenciados - correspondem a sedimentos argilo-arenosos encontrados nos vales, reunindo depósitos quaternários de diferentes idades e não diferenciados;
- cordões litorâneos recentes - depósitos arenosos que compõem extensas planícies litorâneas formadas após a última transgressão;

- cordões litorâneos antigos - sedimentos arenosos de origem marinha, superficialmente brancos e comumente acastanhados em profundidade (devido à impregnação por matéria orgânica), situados nas porções mais internas das planícies costeiras;
- depósitos flúvio-lagunares recentes - sedimentos sílticos e/ou areno-argilosos, ricos em matéria orgânica, podendo apresentar grande quantidade de conchas de moluscos de ambientes lagunares; estão presentes nos cursos inferiores de vales não preenchidos por sedimentos fluviais.
- depósitos fluviais argilo-arenosos e arenosos recentes - correspondem a depósitos de areias quartzosas, de grãos angulosos e mal selecionados, conglomeráticas, micáceas, com intercalações argilo-sílticas e argilosas.

3.4. Neotectônica

Eventos tectônicos que tiveram o seu advento a partir do Mioceno e transcorrem até os dias atuais são reconhecidos como neotectônicos (Obruchev, 1948 *in* Saadi, 1993), tendo importantes repercussões na análise e interpretação da geomorfologia atual, assim como a evolução geológica mais recente. A Formação Barreiras, por sua idade miocênica, é um marcador estratigráfico para o reconhecimento de estruturas neotectônicas (Hasui, 1990).

Os estudos de Riccomini *et al.* (2004) são uma referência importante para o conhecimento da Neotectônica da região Sudeste do Brasil. Esses autores reconheceram uma sucessão de eventos neotectônicos, que produziram padrões de deformação superpostos: 1. Distensão NNW-SSE, de idade eocênica-oligocênica; 2. Transcorrência sinistral E-W, de idade neogênica; 3. Transcorrência dextral E-W, no final do Pleistoceno ao início do Holoceno; 4. Distensão NW(WNW)-SE(ESE), de idade holocênica; 5. Compressão E-W, relacionada à compressão atual da Placa Sul-Americana.

No Espírito Santo, estudos realizados por Hatushika *et al.* (2005), Mello *et al.* (2005), Rodrigues (2005), Miranda (2007, 2009), Ribeiro (2010) e Bricalli (2011) documentaram a ocorrência de três eventos neotectônicos correlacionáveis aos reconhecidos por Riccomini *et al.* (2004): i) transcorrência sinistral E-W, de idade neogênica; ii) transcorrência dextral E-W, de idade pleistocênica a holocênica; e iii) distensão NW-SE, de idade holocênica.

Ribeiro (2010) reconheceu a influência da tectônica pós-deposicional na distribuição da Formação Barreiras entre os rios Paraíba do Sul (RJ) e Doce (ES), principalmente associada à atuação de estruturas NW-SE, que compartimentam blocos dos tabuleiros costeiros (Figura 3.8). Essa autora atribui a compartimentação à atuação do evento de transcorrência dextral E-W, de idade Pleistoceno a Holoceno.

Segundo os estudos de West (2017) na região sul do Espírito Santo, as estruturas pré-cambrianas, de direção NE-SW, sofreram reativação após a sedimentação da Formação Barreiras, levando ao soerguimento das porções mais internas e rebaixamento das porções mais próximas à costa. Esse mecanismo influenciou no processo de entalhamento fluvial dos tabuleiros, podendo também explicar a menor preservação dos depósitos da Formação Barreiras nos blocos mais afastados da costa, onde esses depósitos afloram como uma capa do embasamento, enquanto mais próximos da costa ocorrem associados a tabuleiros mais contínuos (Figura 3.9). West (2017) concluiu que, além da reativação das estruturas de direção NE-SW, as falhas com orientação NW-SE também foram importantes para a fragmentação dos depósitos da Formação Barreiras, como sugerido anteriormente por Ribeiro (2010), controlando o entalhamento da drenagem nos tabuleiros (Figura 3.9).

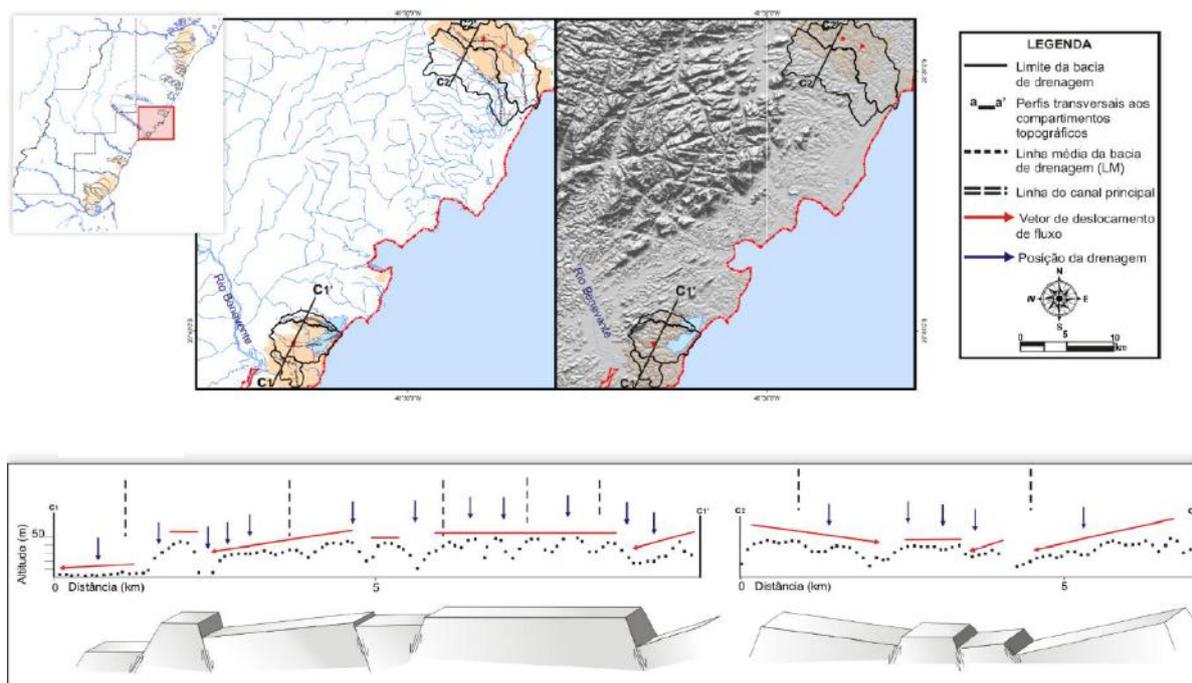


Figura 3.8 - Perfis topográficos elaborados por Ribeiro (2010) nos tabuleiros da Formação Barreiras na área de estudo, identificando blocos que sofreram rebaixamento e soerguimento em padrões de grábens e horstes, sugerindo um controle neotectônico na distribuição e comportamento dos tabuleiros.

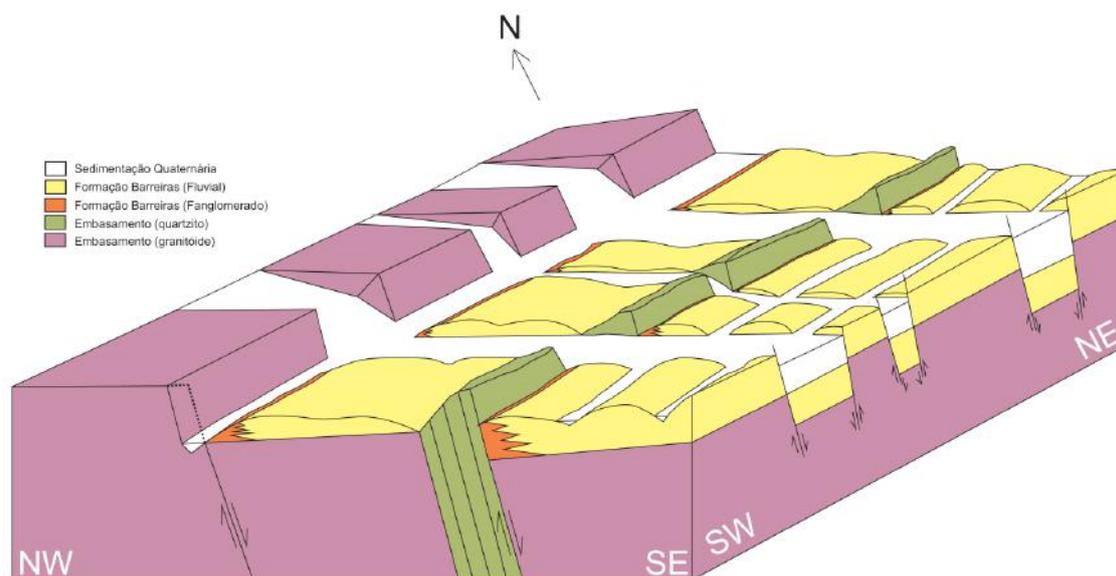


Figura 3.9 - Bloco-diagrama esquemático (sem escala) representativo da compartimentação e entalhamento da Formação Barreiras sugerida por West (2017), controlados por falhas normais com direção NE-SW e NW-SE.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada se baseou na confecção de seções topográficas longitudinais e transversais ao longo da área investigada, na escala 1:50.000, com exagero vertical de 10 vezes, com o intuito de avaliar as variações topográficas dos tabuleiros em ambas as direções.

A primeira etapa do trabalho consistiu em traçar as linhas para a elaboração das seções topográficas sobre cartas topográficas de escala 1:50.000 (IBGE) - cartas Cachoeiro de Itapemirim, Presidente Kennedy, Itapemirim, Rio Novo do Sul - no *software ESRI ArcGIS 10.5*.[®] A definição dos limites das seções topográficas foi baseada nos mapas geológico (Vieira & Menezes, 2015) e geomorfológico (Silva & Machado, 2014), considerando particularmente a distribuição dos depósitos da Formação Barreiras e as unidades geomorfológicas associadas (tabuleiros e tabuleiros dissecados). Foram escolhidas para o desenvolvimento do presente estudo 10 (dez) seções topográficas, sendo 5 (cinco) transversais e 5 (cinco) longitudinais (Figuras 4.1 e 4.2).

Como base cartográfica para a elaboração das seções topográficas, foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) produzido para o estado do Espírito Santo pelo IEMA (Instituto de Meio Ambiente do Espírito Santo), fornecido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Este dado consiste em um modelo digital de elevação de alta resolução obtido por meio de pares de ortofotos, permitindo uma escala de produto com resolução de *pixels* de 5 metros.

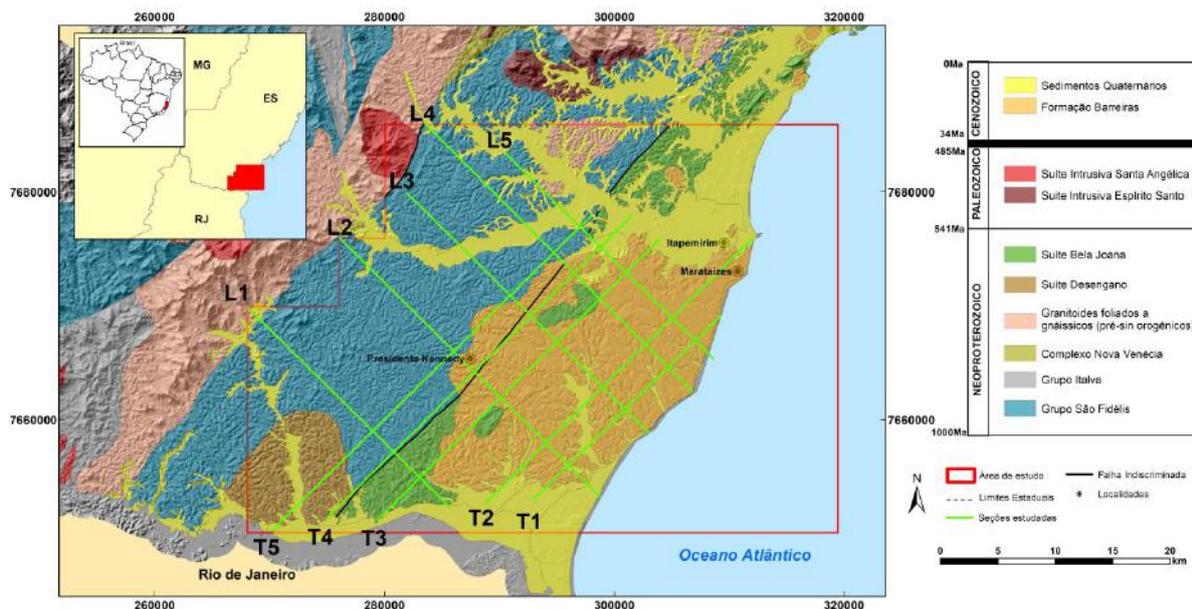


Figura 4.1 - Localização das seções topográficas longitudinais e transversais investigadas sobre o mapa geológico da área de estudo (Vieira & Menezes, 2015).

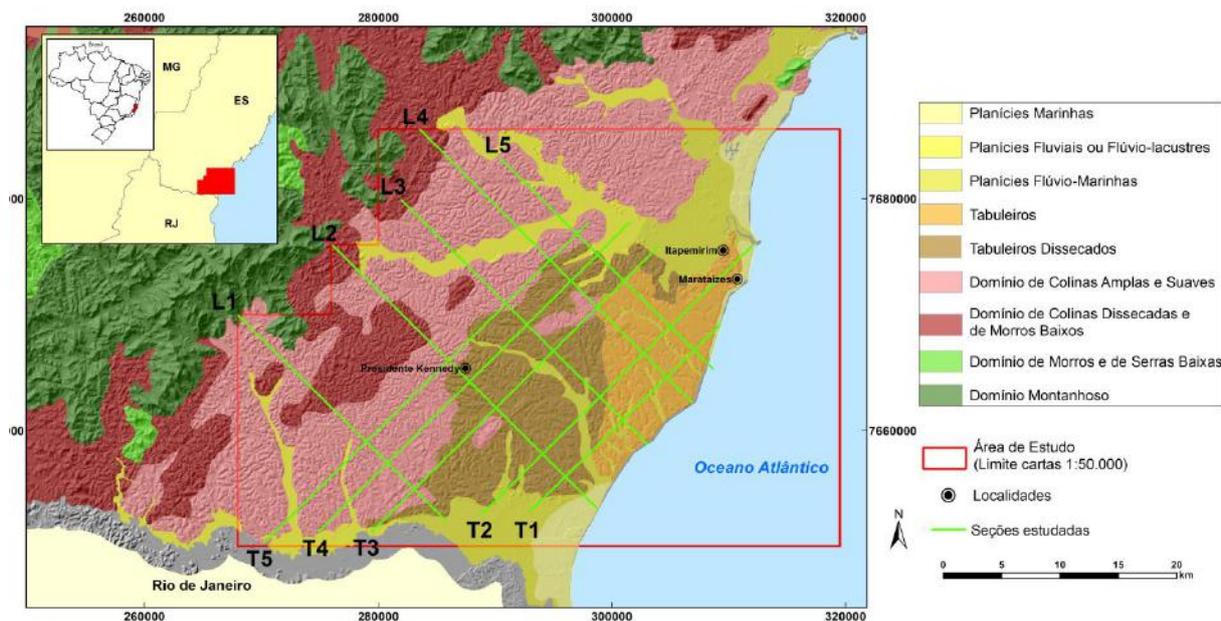


Figura 4.2 - Localização das seções topográficas longitudinais e transversais investigadas sobre o mapa geomorfológico da área de estudo (Silva & Machado, 2014).

As seções foram elaboradas no *software Global Mapper v.18.0*, utilizando como base o MDE, com o auxílio da ferramenta *Path Profile*. Essa ferramenta utiliza um dado georreferenciado com informações de altitude, no caso o modelo digital de elevação, e através de um segmento selecionado gera a seção topográfica de forma automatizada (Figura 4.3).

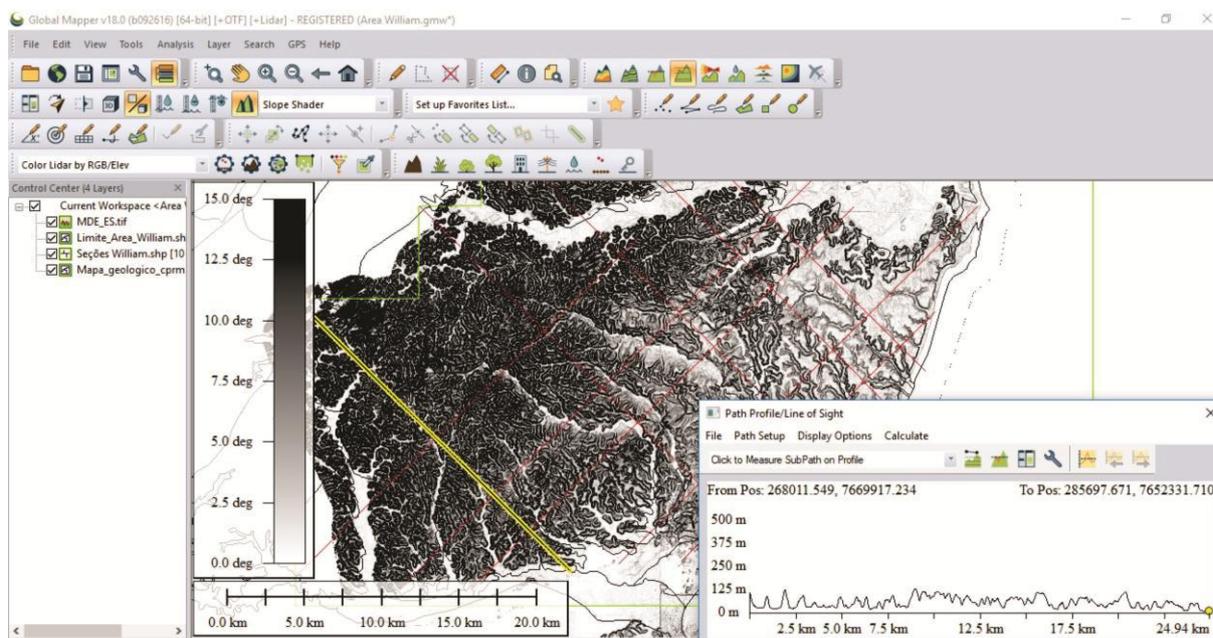


Figura 4.3 - Tela do *software Global Mapper* com a execução da ferramenta *Path Profile* exemplificando a elaboração das seções topográficas na área de estudo.

As seções foram interpretadas em relação à presença de desníveis topográficos, inclinação das superfícies, contraste de relevo associado aos diferentes compartimentos do embasamento cristalino e dos tabuleiros da Formação Barreiras, buscando analisar o possível controle litoestrutural/tectônico sobre tais aspectos. Para tanto, foram geradas seções geológicas com uso do *software CorelDRAW X8*, tendo como base as seções topográficas e dados do mapa geológico da área (Vieira & Menezes, 2015).

As interpretações realizadas foram checadas em trabalho de campo, enfatizando especialmente o reconhecimento da área de transição entre o domínio de colinas amplas e suaves e o domínio dos tabuleiros dissecados.

5. RESULTADOS

Nas seções topográficas elaboradas (Figuras 5.1 e 5.2) ficam evidentes o contraste morfológico entre os terrenos do embasamento e os representativos da Formação Barreiras.

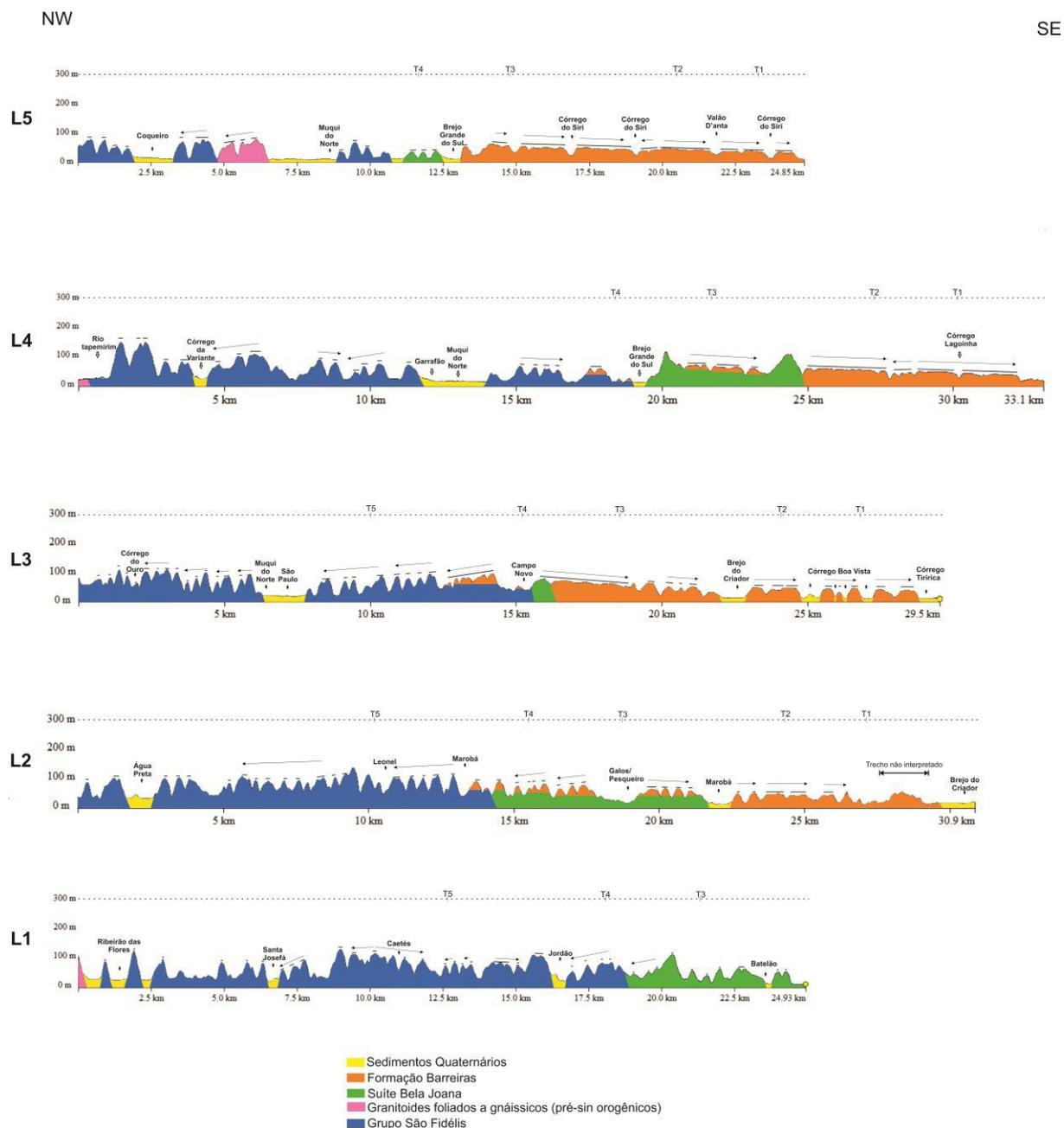


Figura 5.1 - Seções longitudinais elaboradas para a área de estudo (ver localização nas Figuras 4.1 e 4.2).

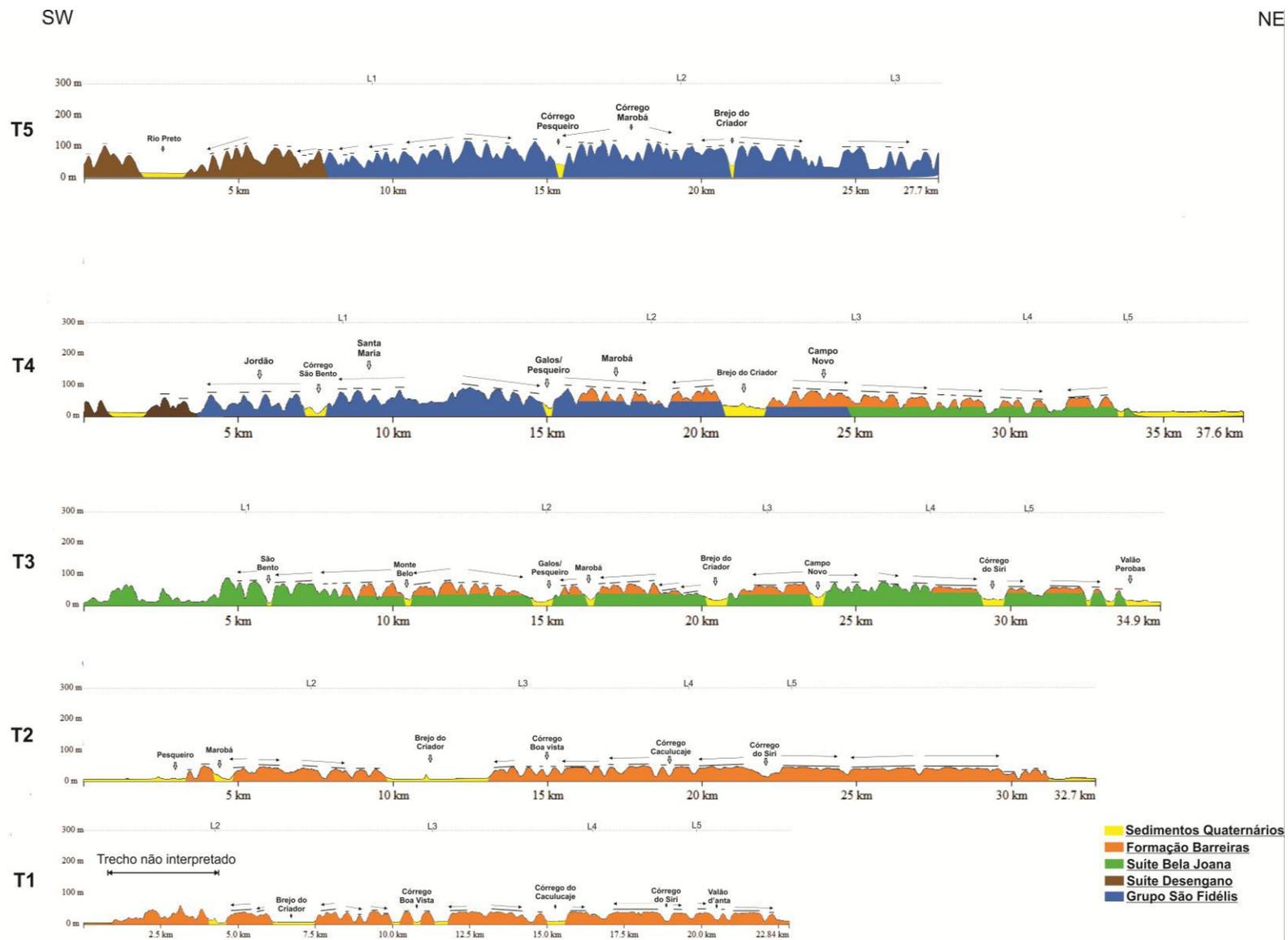


Figura 5.2 - Seções transversais elaboradas para a área de estudo (ver localização nas Figuras 4.1 e 4.2).

Os domínios do embasamento, representados em toda a extensão das seções L1 e T5, nas porções sudoeste das seções T3 e T4, e nas porções noroeste das seções L2 a L5, apresentam um padrão topográfico mais acidentado, com as maiores cotas altimétricas da área de estudo e associados à maior densidade de drenagem, mostrando uma redução gradual da topografia em direção à região costeira, caracterizando uma mudança do domínio montanhoso para o de colinas amplas e suaves, conforme os padrões descritos por Silva & Machado (2014) para o estado do Espírito Santo.

Os terrenos da Formação Barreiras, representados em toda a extensão das seções T1 e T2, nas porções nordeste das seções T3 e T4, e nas porções sudeste das seções L2 a L5, apresentam um padrão de topografia mais suave, tabular, com menor entalhamento da drenagem, em cotas altimétricas inferiores a 100 m.

Analisando as seções longitudinais com mais detalhe, pode-se observar um padrão de blocos escalonados no domínio do embasamento, basculados predominantemente para o interior do continente, com inversões locais nesse padrão (Figura 5.3). Esse padrão de caimento para o interior dos blocos topográficos no domínio do embasamento é mais evidente na seção L3 (Figura 5.1).

Os tabuleiros da Formação Barreiras nas seções longitudinais mostram um nítido rebaixamento em direção ao litoral (Figuras 5.1 e 5.3), compondo uma superfície levemente inclinada e contínua, bem evidenciada nas seções L4 e L5, situadas no domínio dos tabuleiros menos dissecados (Figura 4.2). Nota-se também que a espessura desses depósitos aumenta consideravelmente no setor mais próximo ao litoral. A seção L3 mostra dois setores distintos dos tabuleiros, com grau diferenciado de dissecação. Na seção L2, os tabuleiros encontram-se mais dissecados, não sendo tão perceptível a inclinação em direção ao litoral. Nessa seção, há um setor relativamente extenso em que os depósitos da Formação Barreiras estão preservados no topo dos tabuleiros dissecados e de colinas amplas e suaves, sobre afloramentos de rochas

do embasamento (Figuras 5.4 e 5.5). Esse padrão também está presente nas seções L3 e L4. Poucos blocos topográficos no domínio dos tabuleiros apresentam caimento para o interior. Nas seções L2 e L3, blocos em que a Formação Barreiras ocorre preservada apenas nos topos mostram caimento em direção ao continente, padrão típico, como anteriormente mencionado, do domínio do embasamento. Na seção L4, há um trecho dos tabuleiros dissecados, no limite com o domínio do embasamento, em que as cotas são mais baixas do que as normalmente observadas para os depósitos da Formação Barreiras nesse setor.

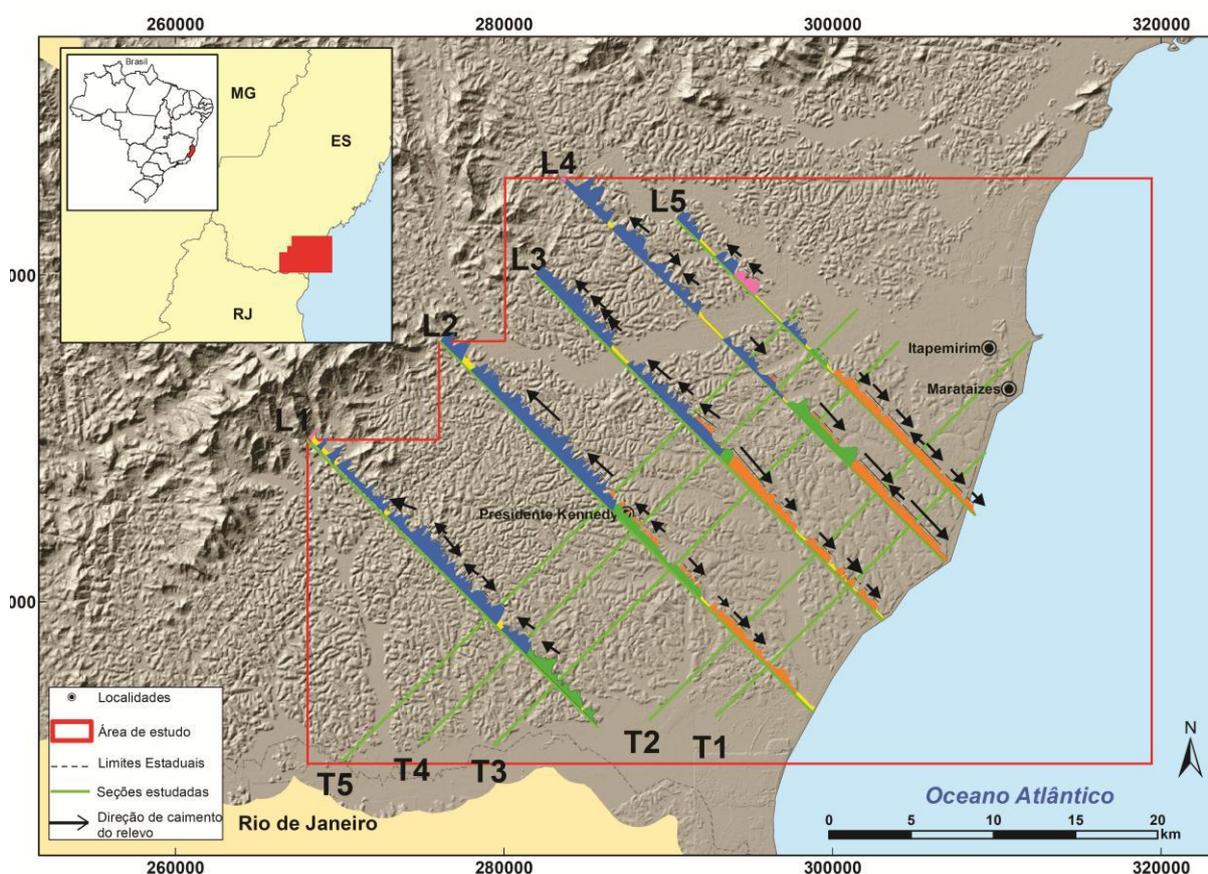


Figura 5.3 - Seções longitudinais sobre *hillshade* do modelo digital de elevação da área de estudo. Estão destacadas as orientações de caimento do relevo. Ver legenda para as unidades litológicas na figura 5.1.



Figura 5.4 - Exemplo de situação observada em campo da morfologia de tabuleiros dissecados da Formação Barreiras com afloramento de rochas do embasamento na base.



Figura 5.5 - Corte artificial no domínio de tabuleiros dissecados, próximo ao local apresentado na Figura 5.4, exibindo depósitos da Formação Barreiras em inconformidade sobre rochas do embasamento saprolitizadas. O contato escavado é assinalado por pavimento conglomerático.

Quanto às seções transversais (Figura 5.2), uma característica geral que pode ser destacada é a ocorrência de blocos topográficos com caimento para sentidos opostos, ora para sudoeste ora para nordeste, perceptível tanto no domínio do embasamento (seções T3 a T5) quanto principalmente no domínio dos tabuleiros da Formação Barreiras (T1 a T4), que se apresentam compartimentados em blocos rebaixados ou soerguidos, basculados, limitados por bordas íngremes, reproduzindo o mesmo padrão descrito por Ribeiro (2010) e West (2017).

Uma característica relacionada à geometria de blocos altos e baixos presente nas seções transversais analisadas é um padrão assimétrico relacionado às principais drenagens da área de estudo (Figura 5.6).

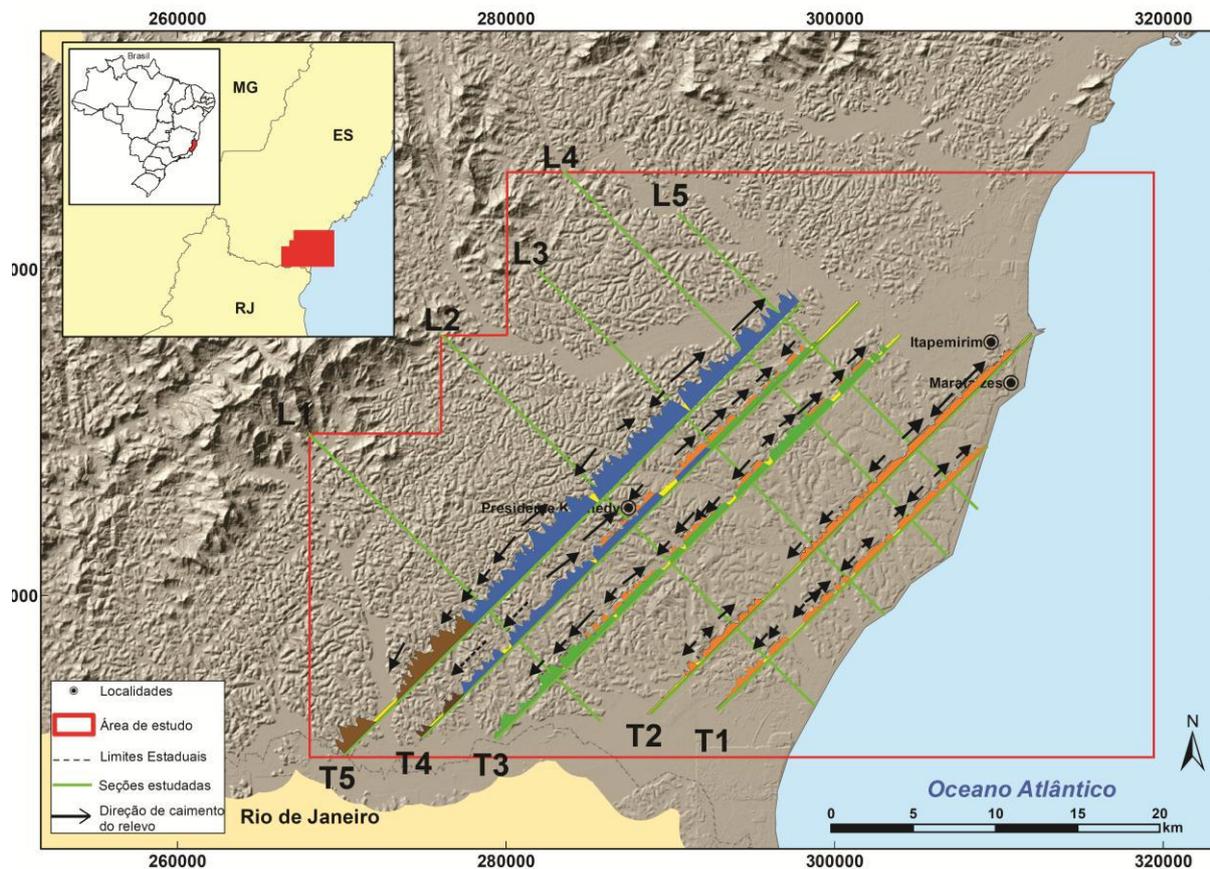


Figura 5.6 - Seções transversais sobre *hillshade* do modelo digital de elevação da área de estudo. Estão destacadas as orientações de caimento do relevo. Ver legenda para as unidades litológicas na figura 5.1

Este comportamento assimétrico, melhor observado na seção transversal T2 com relação às drenagens Brejo do Criador e Córrego do Siri, por exemplo, pode estar associado à ocorrência de estruturas geológicas principais posicionadas nas bordas de maior gradiente topográfico. Em relação ao Brejo do Criador, principal drenagem instalada sobre os tabuleiros na área investigada, observa-se na seção T2 uma tendência de caimento dos blocos dos tabuleiros em sua direção, em ambas as margens, sugerindo um padrão de gráben. Com relação ao Córrego do Siri, observa-se a ocorrência de blocos topográficos com caimento para sentidos opostos, com suas margens apresentando declividades diferentes, sugerindo padrão de hemigrábens.

6. CONCLUSÃO

A atuação de mecanismos neotectônicos na compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região sul do Espírito Santo pode ser discutida a partir da interpretação das seções longitudinais e transversais realizadas na área de estudo.

No que diz respeito às seções longitudinais, foi possível confirmar a variação morfológica existente entre os terrenos do embasamento e os terrenos cenozoicos, destacada pelos desníveis topográficos, em que o embasamento encontra-se com relevo acidentado e maiores cotas topográficas e, à medida que se avança para a região costeira, observa-se depósitos da Formação Barreiras com cotas topográficas abaixo de 100 m, relevo plano e caimento suave para o litoral. Destacam-se setores em que os depósitos da Formação Barreiras encontram-se mais dissecados, na transição para o domínio do embasamento, sugerindo um soerguimento tectônico desses blocos, favorecendo o aumento da dissecação fluvial. Nas seções longitudinais, foram observadas poucas inversões no caimento de blocos dos tabuleiros da Formação Barreiras, porém as inversões que puderam ser verificadas sugerem o controle de estruturas NE-SW

Já nas seções transversais, foi possível caracterizar um padrão muito frequente de blocos com caimentos para sentidos opostos, podendo ser associado à ocorrência de estruturas geológicas de orientação principal NW-SE posicionadas nos limites de maior gradiente topográfico.

Os resultados obtidos confirmam os estudos anteriores realizados por Ribeiro(2010) e West (2017), em que estruturas de direção NE-SW e, principalmente, NW-SE, são associadas a mecanismos neotectônicos(dado o caráter sedimentar da unidade e a sua idade miocênica) responsáveis pela compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras.

7. BIBLIOGRAFIA

- ALVES, J. S. E. 2016. **Faciologia do Grupo Barreiras no Sul do Estado do Espírito Santo**. Alegre (ES). Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde – Departamento de Geologia – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. 69p
- BRÊDA, T. C. 2012. **Análise multiescalar da Formação Barreiras na área emersa da bacia de Campos, entre Búzios e Campos dos Goytacazes (RJ)**. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 112p.
- BRICALLI, L. L. 2011. **Padrões de lineamentos e fraturamento neotectônico no estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil)**. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 221 p.
- CHRISMANN, J. V. V. 2014. **Mapeamento da Formação Barreiras na Região Norte Fluminense, entre os Rios Paraíba do Sul e Itabapoana**. Trabalho Final de Curso (Geologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 49 p.
- HASUI, Y. 1990. 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.
- HATUSHIKA, R. S.; MELLO, C. L. & SILVA, C. G. 2005. Evidências de atuação neotectônica na formação do lago Juparanã-Linhares (ES). In: Congresso da ABEQUA – Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, Guarapari (ES). Anais..., 2005. 17p.

- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L. C.; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. A. 2004. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C.; BRITO NEVES, BB (orgs.). **Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Editora Beca, 203-235 p.
- MELLO, C. L.; RODRIGUES, H. B. & HATUSHIKA, R. S. 2005. Tectônica quaternária e anomalias de drenagem na região centro-norte do Espírito Santo. In: Congresso da ABEQUA – Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, Guarapari (ES). **Anais...**, 2005. 25p.
- MIRANDA, D. J. 2007. **Análise de estruturas rúpteis associadas a deformações neotectônicas na região centro-norte do estado do Espírito Santo**. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 58 p.
- MIRANDA, D. J. 2009. **Tensões e faturamento neotectônico na área emersa da bacia do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 113 p.
- MORAIS, R. M. O. 2007. **Sistemas fluviais terciários na área emersa da bacia do Espírito Santo (formações Barreiras e Rio Doce)**. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 144 p.
- RIBEIRO, C. S. 2010. **Influência da tectônica pós-deposicional na distribuição da Formação Barreiras entre o rio Paraíba do Sul (RJ) e rio Doce (ES)**. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 163 p.

- RICCOMINI, C. SANT'ANNA, L. G., FERRARI, A. L. 2004. Evolução geológica do *Rift Continental do Sudeste do Brasil*. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C.; BRITO NEVES, BB (orgs.). **Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Beca. p. 383-405.
- RODRIGUES, H. B. 2005. **Aspectos Geomorfológicos e Reativação Tectônica Cenozóica na Faixa de Lineamentos Colatina (Espírito Santo)**. Trabalho de Conclusão de Curso(Bacharelado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 52 p.
- SAADI, A. 1993. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, 1(1): 1-15.
- SILVA, S. F.; MACHADO, M. F.; 2014. **Geodiversidade do estado do Espírito Santo. Programa Geologia do Brasil, Levantamento da Geodiversidade**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte. 120p.
- SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. 1999. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Geociências**, 18(2): 461-479.
- VIEIRA, V. S.; MENEZES, R. G. 2015. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais, escala 1:400.000**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte. 289 p.
- WEST, D. C. 2017. **Mapeamento geológico (escala 1:25.000) e modelo tectonossedimentar para a Formação Barreiras no sul do estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 72 p.