

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

RAFAEL STROZI MOURA

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONANTE LITOLÓGICO NA DISTRIBUIÇÃO  
ESPACIAL DE RAVINAS E BOÇOROCAS NA BACIA DE DRENAGEM DO  
CÓRREGO DA CARQUEJA (ITALVA, CAMBUCÍ E SÃO FIDÉLIS – RJ)**

Campos dos Goytacazes  
2019

RAFAEL STROZI MOURA

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONANTE LITOLÓGICO NA DISTRIBUIÇÃO  
ESPACIAL DE RAVINAS E BOÇOROCAS NA BACIA DE DRENAGEM DO  
CÓRREGO DA CARQUEJA (ITALVA, CAMBUCÍ E SÃO FIDÉLIS – RJ)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Geografia pela Universidade Federal Fluminense, Polo Universitário Campos dos Goytacazes, como um dos requisitos necessários para obtenção do grau em Licenciatura em Geografia.

Orientador:  
Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva

Campos dos Goytacazes  
2019

RAFAEL STROZI MOURA

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONANTE LITOLÓGICO NA DISTRIBUIÇÃO  
ESPACIAL DE RAVINAS E BOÇOROCAS NA BACIA DE DRENAGEM DO  
CÓRREGO DA CARQUEJA (ITALVA, CAMBUCÍ E SÃO FIDÉLIS – RJ)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Geografia pela Universidade Federal Fluminense, Polo Universitário Campos dos Goytacazes, como um dos requisitos necessários para obtenção do grau em Licenciatura em Geografia.

Aprovado em      de dezembro de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva. (Orientador) - UFF

---

Profª Drª Maria Carla Barreto Santos Martins - UFF

---

Me. Anadelson Martins Virtuoso - UFF

Campos dos Goytacazes  
2019

Para Márcia e Alice.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente minha mãe, Márcia Strozi, e avó, Alice Moura por tornarem possível esta graduação a partir de seus esforços diários. Jamais me esquecerei da oportunidade de vida a qual me proporcionaram.

Minha família que, apesar da distância, sempre se fez presente.

Aos amigos que também ficaram por lá, minha saudade diária.

Ao amigo e Prof. Thiago, pela paciência e luz na orientação.

Minha companheira e melhor amiga Amanda e sua família, pelo apoio incondicional na graduação e na confecção deste trabalho.

Aos amigos, irmãos e irmãs que a UFF me deu, gratidão pela companhia nestes cinco anos.

Aos amigos Cristian e Caetano pelo pontapé inicial desta graduação.

Aos professores da minha trajetória.

À UFF-Campos, minha casa.

Ao Reuni e seus filhos.

## RESUMO

O desenvolvimento de feições erosivas nas encostas pode ocorrer a partir de fatores que condicionam e influenciam na remoção e transporte de sedimentos, como a erosividade da chuva, erodibilidade do solo considerando a estrutura litológica, vegetação e declividade da encosta, gerando incisões visíveis na paisagem denominadas como ravinas e boçorocas. Tais condições podem prejudicar o produtor rural e a economia local. Desta forma este trabalho busca caracterizar espacialmente a incidência de feições erosivas nos limites da bacia de drenagem, e; avaliar a condicionante litológica como um fator no surgimento e evolução do processo erosivo nesta bacia, buscando contribuir para o entendimento do quadro erosivo na região. A bacia de drenagem do córrego da Carqueja localiza-se na zona rural de três municípios da região norte/noroeste fluminense (Italva, Cambucí, São Fidélis - RJ). A metodologia empregada neste trabalho baseia-se na delimitação da área de estudo, tomando como base a noção de bacia de drenagem para ser possível a identificação de feições erosivas como ravinas e boçorocas e sua posição na encosta, assim como seu estágio de evolução. Compreende também o confronto destas incisões com o mapeamento litológico da área e a visualização temporal de uma das boçorocas. Foi possível observar um grande número de incisões erosivas presentes na paisagem da bacia de drenagem do córrego da Carqueja, reforçando o intenso trabalho erosivo existente na região. A conjugação do mapeamento das feições erosivas e da compartimentação litológica mostra uma presença acentuada de incisões no setor Complexo Rio Negro, sendo então mais suscetível à erosão que outros setores. A análise temporal de imagens de uma boçoroca neste setor mostra que sua evolução em um período de dez anos ocorreu de forma acelerada. O mapeamento de incisões erosivas na bacia de drenagem do córrego da Carqueja e o entendimento do quadro erosivo da região podem contribuir para a gestão territorial da área, além de promover um planejamento para a bacia onde leva em consideração a conservação de características e recursos naturais e o cotidiano de pessoas que vivem economicamente do local, embora haja a necessidade de outros estudos para melhor compreensão destes processos.

**Palavras-chave:** Processo erosivo. Erosão linear. Ravina e Boçoroca. Litologia.

## ABSTRACT

The development of erosive features on the slopes can occur from factors that condition and influence the removal and transport of sediments, such as rainfall erosivity, soil erodibility, considering the lithological structure, vegetation and slope of the slope, and generates visible incisions in the landscape called ravines and gullies. Such conditions may harm the farmer and the local economy. Thus, this study seeks to spatially characterize the incidence of erosive features at the limits of the basin, and to evaluate the lithological conditioning as a factor in the emergence and evolution of the erosive process in the basin, seeking to contribute to the understanding of the erosive picture in the region. The drainage basin of the Carqueja stream is located in the rural area of three municipalities in the north/northwest region of Rio de Janeiro (Italva, Cambucí, São Fidélis - RJ). The methodology used in this study is based on the delimitation of the study area, taking as a basis the notion of the drainage basin in order to be able to identify erosive features such as ravines and gullies and their position on the slope as well, as their stage of evolution. It also includes the confrontation of these incisions with the lithological mapping of the area and the temporal visualization of one of the gullies. It was possible to observe a large number of erosive incisions present in the landscape of the drainage basin of the Carqueja stream, reinforcing the intense erosive work existing in the region. The conjugation of erosive features mapping and lithological compartmentalization shows a marked presence of incisions in the Rio Negro Complex sector, and is therefore more susceptible to erosion than other sectors. The temporal analysis of images of a gully in this sector shows that in a period of ten years its evolution occurred in an accelerated manner. The mapping of erosive incisions in the drainage basin of the Carqueja stream and the understanding of the region erosive picture may contribute to the territorial management, in addition to promoting planning for the basin that takes into account the conservation of natural characteristics and resources and the daily lives of people who live economically of the place, although there is a need for other studies to better understand these processes.

**Keywords:** Erosive process. Linear erosion. Ravine and Gully. Lithology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Fig. 1 Mapa de localização da bacia de drenagem do córrego da Carqueja, f. 16
- Fig. 2 Mapa de localização do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé, f. 17
- Fig. 3 Mapa de unidades geológicas do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé – RJ, f. 18
- Fig. 4 Mapa geomorfológico do baixo curso do rio Muriaé – RJ, f. 21
- Fig. 5 Temperaturas médias e extremas anuais para a cidade de Itaperuna - RJ (1969-2000), f. 23
- Fig. 6 Mapa dos Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia de drenagem do Rio Muriaé-RJ, f. 24
- Quadro 1 Quadro esquemático das atividades humanas e implicações no processo de degradação das terras, f. 26
- Fig. 7 Boçoroca com presença de duto, f. 29
- Fig. 8 Duto no interior de boçoroca, f. 29
- Fig. 9 Boçoroca ativa com paredes íngremes e fundo chato, f. 30
- Fig. 10 Identificação de ravinas e boçorocas em uma encosta da bacia de drenagem do córrego da Carqueja, no baixo Muriaé, f. 33
- Fig. 11 Modelo de evolução de boçorocas, f. 33
- Fig. 12 Mapa de feições erosivas na bacia de drenagem do córrego da Carqueja – RJ, f. 35
- Fig. 13 Boçoroca desconectada, f. 36
- Fig. 14 Boçoroca desconectada, f. 37
- Fig. 15 Boçoroca ativa, f. 38
- Fig. 16 Boçoroca ativa, f. 38
- Fig. 17 Boçoroca estabilizada, f. 39
- Fig. 18 Mapa de feições erosivas da porção ao Norte da bacia, f. 40
- Fig. 19 Boçoroca desconectada estabilizada ao centro. À direita, solo arado na direção da vertente, f. 41
- Fig. 20 Ravinas se formando em solo mal planejado, arado na direção da vertente, f. 41
- Fig. 21 Degrau ou terraço entre os segmentos de uma mesma boçoroca, f. 42
- Fig. 22 Gramíneas no interior de boçoroca e paredes íngremes desprotegidas, f. 43
- Fig. 23 Material fino transportado da região externa para dentro da boçoroca em incisões de ravinamento, f. 43
- Fig. 24 Mapa de conjugação do mapeamento erosivo e litologia, f. 44
- Fig. 25 Gnaisse muito intemperizado interno a uma boçoroca na porção Norte da bacia, no horizonte C do setor Complexo Rio Negro (NP23y1m), f. 47
- Fig. 26 Análise temporal da evolução de uma boçoroca utilizando a ferramenta “imagens históricas do *Google Earth* pro, f. 48

- Fig. 27 Análise temporal da evolução de uma boçoroca utilizando a ferramenta “imagens históricas do *Google Earth* pro, f. 49
- Fig. 28 Análise temporal da evolução de uma boçoroca utilizando a ferramenta “imagens históricas do *Google Earth* pro, f. 50

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Feições erosivas lineares, f. 39

Tabela 2 – Compartimentos litológicos da bacia de drenagem do córrego da Carqueja e frequência de feições erosivas, f.46

Tabela 3 – Setor Complexo Rio Negro (NP23y1m) da bacia de drenagem do córrego da Carqueja e frequência de feições erosivas neste setor, f. 46

## LISTA DE ABREVIATURAS

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
QGis	Quantum Gis
TauDEM	Terrain Analysis Using Elevation Models
.shp	<i>Shapefile</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 Gerais .....	15
2.2 Específicos .....	15
<b>3 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>15</b>
3.1 Bacia de drenagem do córrego da Carqueja .....	15
3.2 Geologia .....	17
3.3 Geomorfologia .....	19
3.4 Clima .....	22
3.5 Uso do solo .....	23
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>25</b>
4.1 O processo erosivo .....	25
4.2 Ravinas e boçorocas .....	27
<b>5 MÉTODOS E TÉCNICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
6.1 Feições erosivas lineares .....	34
6.2 Compartimentação litológica .....	44
6.3 Evolução temporal de boçoroca .....	48
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICE 1 – Mosaico de imagens .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE 2 - Mapas de feições erosiva e conjugação com estrutura litológica</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo erosivo nos solos caracteriza-se pela remoção e transporte de partículas e sedimentos para jusante, e sua evolução depende da ação da água da chuva nos fluxos superficiais e em subsuperfície, podendo em alguns casos gerar incisões lineares como ravinas e boçorocas, tema deste trabalho. Além da erosividade da chuva, outros fatores determinam as taxas erosivas e a evolução de ravinas e boçorocas, como: as propriedades do solo, vegetação, declividade da encosta e uso do solo (GUERRA *et al.*, 2009).

Estes mecanismos são, portanto, responsáveis por atuarem no trabalho erosivo e na evolução de ravinas e boçorocas em diferentes escalas temporais e espaciais (COELHO NETO *et al.*, 2009). Segundo o Mafra (2010), ravinas e boçorocas são incisões que tornam as encostas inoperantes à produção bovina ou de qualquer cultura agrícola, e o quadro é dificilmente revertido. Além disso, a situação deve ser vista como preocupante já que outros componentes do sistema são alterados devido às transformações, como mudanças no regime hídrico e interrupções nos fluxos de rios, por exemplo, podendo resultar em falta de água, recurso extremamente importante para agricultura e pecuária, sendo o produtor rural da região da bacia de drenagem do córrego da Carqueja o maior prejudicado.

A erosão nos solos tem provocado um intenso quadro de degradação físico-química e na perda de fertilidade das terras (MAFRA, 2010), especialmente em áreas de uso intensivo e mal planejado de culturas e práticas pecuárias. Para o cultivo ou produção de gado de corte ou leiteiro, o produtor retira parte ou por completo a vegetação ainda existente sobre o solo para arar a terra ou torná-la uma área para pastagem, levando a um cenário de mudanças bruscas que obrigam o sistema da bacia a reequilibrar-se. Entretanto, segundo a mesma autora, a readaptação às novas condições pode implicar no acarretamento de uma maior vulnerabilidade à erosão (*idem*), já que a energia da água da chuva atinge o solo diretamente. Segundo Guerra *et al.* (1998), o processo acelera quando mais terras são desmatadas para a produção agrícola, deixando os solos desprotegidos de cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do solo.

Além dos desequilíbrios induzidos por atividades antrópicas, aliam-se ainda os desequilíbrios naturais, pois, para Oliveira (2010), “o processo erosivo é resultado dos desequilíbrios naturais ou induzidos pelo homem”, que ocorrem a partir das transformações naturais e antrópicas no sistema. Por isso, o trabalho busca uma análise da evolução do relevo e dos solos baseados na litologia da área de estudo a partir da hipótese de que a estrutura litológica é um importante condicionante para a geração dos processos erosivos na bacia

(COELHO NETO, 2009). Deste modo, a caracterização de ravinas e boçorocas localizadas na bacia de drenagem e como elas estão espacialmente distribuídas são dispositivos que contribuem para planejamentos futuros que dêem maior destaque ao problema da erosão dos solos, além de demonstrar a intensidade do trabalho erosivo. Para tal, foram utilizadas imagens de sensores disponíveis no *Google Earth* pro para a região, sendo possível identificar a existência de diversas incisões erosivas lineares, além do trabalho de campo que corrobora com o imageamento.

Assim, a escolha da área para a caracterização e distribuição de ravinas e boçorocas compreende as regiões norte e noroeste fluminense, historicamente utilizadas de maneira intensiva na produção pecuária e depois de cana-de-açúcar (SILVA, 2019). Atualmente, a partir do crescimento da produção do setor do petróleo na região de Campos dos Goytacazes-RJ e Macaé-RJ, abandonou-se a cultura do açúcar embora ainda seja cultivada em poucas áreas, principalmente na região norte fluminense. Na região noroeste fluminense houve um forte impulso migratório em direção a estes dois pólos, muito em função da falta de emprego e renda, tornando a região ainda mais carente. Economicamente, a região do noroeste fluminense destaca-se no setor agropecuário (CEPERJ, 2019).

Tais informações pressupõe o uso intensivo dos recursos naturais para o desenvolvimento das culturas em um ambiente caracterizado por morros e encostas, sobre uma litologia marcada por rochas metamórficas gnáissicas (CPRM, 2001), tornando então a área ainda mais suscetível à erosão. A utilização dos recursos disponíveis na bacia de drenagem de forma não planejada pode ocasionar desequilíbrios no funcionamento do sistema, além de afetar de diversos modos as populações que dependem da produção agrícola e pecuária na região, somado às perdas de espaço produtivo na propriedade do pequeno produtor que habita nesta área. Como resultado da intensa degradação ambiental em conjunto com os condicionantes naturais do sistema como a litologia, a camada superficial do solo fica desprotegida do contato direto com a água da chuva, gerando fluxos superficiais e subsuperficiais, evoluindo para incisões como ravinas e boçorocas (GUERRA, 2010; OLIVEIRA, 2010; COELHO NETTO, 2009).

A partir disso, surgem as demandas deste trabalho: qual é a incidência de feições erosivas na bacia de drenagem do córrego da Carqueja (Italva, Cambucí, São Fidélis - RJ), e; se o condicionante litológico exerce algum tipo de influência no surgimento e evolução de ravinas e boçorocas.

Por fim, o estudo na região onde a bacia está localizada apresenta fundamental relevância devido aos sérios impactos sócio-ambientais ocasionados naturalmente e/ou pela

ação humana na superfície terrestre, especialmente pela estrutura litológica e pelas atividades agropecuárias que resultam em quadros avançados de erosão que dificilmente são revertidos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Gerais**

O presente trabalho tem como objetivos gerais caracterizar espacialmente a incidência de feições erosivas nos limites da bacia de drenagem do córrego da Carqueja, e; avaliar o condicionante litológico como um fator no surgimento e evolução do processo erosivo na bacia de drenagem do córrego da Carqueja, contribuindo para o entendimento do quadro erosivo na bacia de drenagem no baixo curso do rio Muriaé/baixo rio Paraíba do Sul.

### **2.2 Específicos**

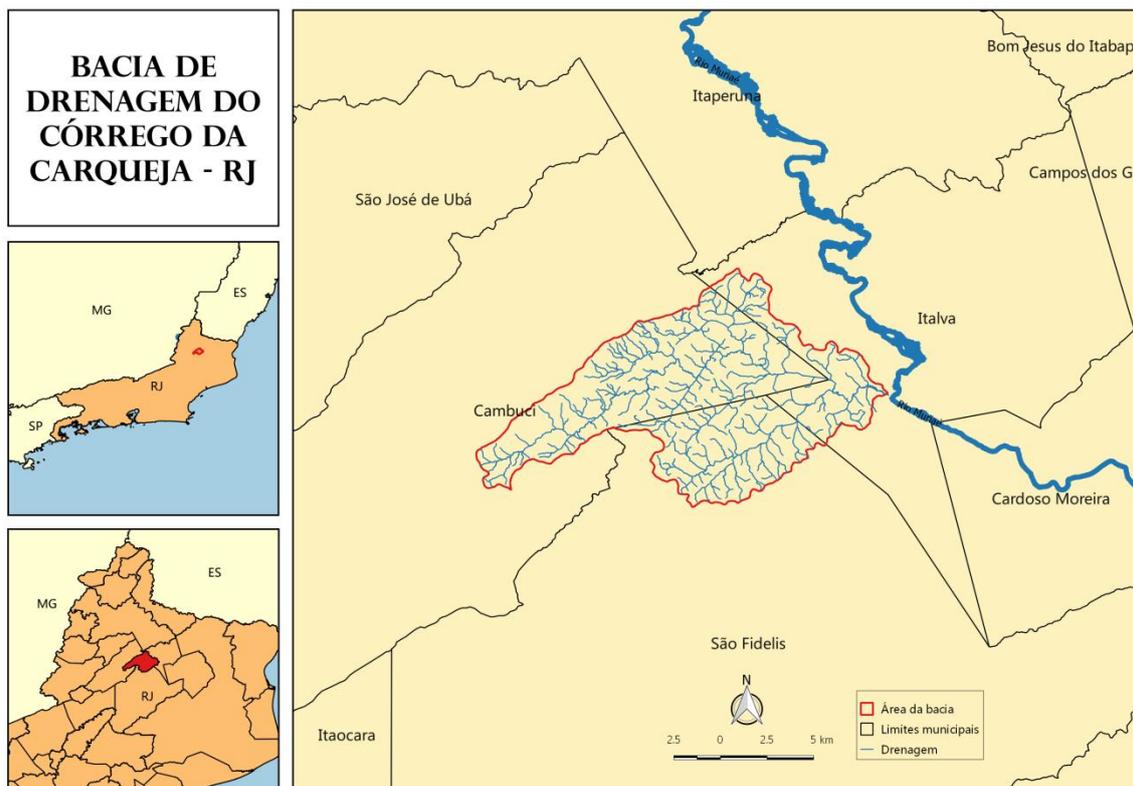
- Classificar as feições erosivas em: i) ravinas; ii) boçorocas conectadas ou desconectadas da rede de drenagem, levando em consideração sua posição na encosta, e; iii) estágio de evolução: ativa ou estabilizada;
- Contabilizar as feições erosivas;
- Indicar a suscetibilidade de cada tipo litológico;
- Avaliar a evolução de uma boçoroca em um período de tempo;
- Validar o método de mapeamento proposto com o *Google Earth* pro.

## **3 ÁREA DE ESTUDO**

### **3.1 Bacia de drenagem do córrego da Carqueja**

A bacia de drenagem do córrego da Carqueja localiza-se no sudeste brasileiro, nas regiões noroeste e norte do Estado do Rio de Janeiro, dentro dos limites municipais de Italva, Cambuci (noroeste fluminense) e São Fidélis (norte fluminense), assim como mostra a figura 1. A bacia compreende uma área total de 147 km<sup>2</sup>.

Figura 1: Mapa de localização da bacia de drenagem do córrego da Carqueja - RJ.

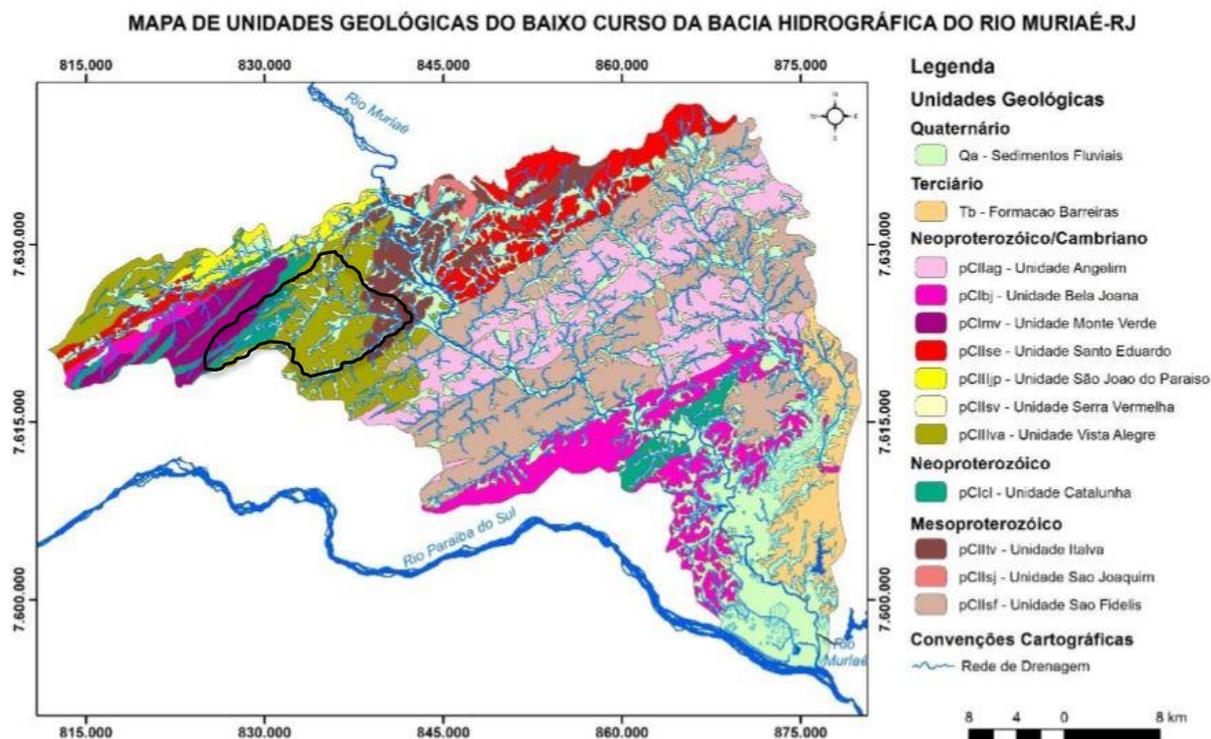


A região que compreende a área de estudo localiza-se na extensão do baixo curso da bacia de drenagem do rio Muriaé, região norte/noroeste fluminense (figura 2). A drenagem flui em direção à margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, à montante da cidade de Campos dos Goytacazes - RJ, e é seu importante tributário. Segundo Amorim *et al.*(2017), a área de escoamento do baixo curso do rio Muriaé corresponde a aproximadamente 1.500 km<sup>2</sup> (520,28 km<sup>2</sup> na região noroeste fluminense, e; 979 km<sup>2</sup> na região norte fluminense).

As sub-bacias do baixo curso do rio Muriaé estão localizadas à noroeste fluminense nos limites dos municípios de Cambuci, Itálva e uma porção do município de Itaperuna; e na região norte fluminense nos municípios de Cardoso Moreira, uma porção de Campos dos Goytacazes e São Fidélis. Campos dos Goytacazes e Itaperuna representam centros regionais (AMORIM *et al* 2017), e os demais municípios como Cambuci, Itálva e São Fidélis que fazem parte da bacia de drenagem do córrego da Carqueja, e ainda Cardoso Moreira são pequenos centros urbanos que têm suas economias ligadas majoritariamente à pecuária (idem).



Figura 3: Mapa de unidades geológicas do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé - RJ.



Fonte: Franco (2017). Modificado.

Durante a orogênese brasileira, um regime de cisalhamento tangencial associado à colisão continental impôs uma estruturação regional de direção NE-SW (CPRM, 2001). As foliações geradas a partir da deformação tangencial exibem dobramentos superpostos, abertos e fechados, com poucos metros a quilômetros e com eixos de direção NE-SW, como nas verificadas nas regiões de Cambuci e Itálva - RJ (idem).

Lima *et al.*, (1981) *apud* CPRM (2001) utilizaram pela primeira vez o termo “Complexo Paraíba do Sul” para designar o conjunto de gnaisses granadíferos e kinzigitos da região costeira, do vale do rio Doce ao Rio de Janeiro. Neste complexo, foram definidas duas faixas principais de ocorrência. A primeira estendendo-se desde a divisa com São Paulo até o Espírito Santo. A segunda, com prolongamentos no sentido de Campos, situa-se na região da Serra do Mar e contém litotipos agrupados na Unidade São Fidélis.

O grupo São Fidélis se apresenta na maior parte da área de ocorrência do Complexo Paraíba do Sul e é constituído por metassedimentos como: granada-biotita, gnaisses quartzo-feldspáticos (CPRM, 2001). Ainda para CPRM (2001) “ao longo da zona de cisalhamento do rio Paraíba do Sul predominam milonitos com estrutura de fluxo bem definida, e os gnaisses são comumente laminados ou bandados”.

O grupo Italva é caracterizado principalmente pela presença de mármore. Na região estão tectonicamente relacionados com granada-biotita-sillimanita gnaisses quartzo-feldspáticos, a quartzo-anfibólio-clinopiroxênio gnaisses (rochas calcissilicáticas) (CPRM, 2001).

O grupo Itaperuna é constituído essencialmente de paraganulitos, rochas calcissilicáticas (às vezes predominantes), fusões quartzo-feldspáticas e, mais raramente, quartzitos e mármore (CPRM, 2001).

Segundo o mapeamento geológico CPRM (2001) na escala 1:400.000 do Estado do Rio de Janeiro, a região de estudo que compreende a bacia de drenagem do córrego da Carqueja faz parte do grupo Italva (MNpi), com metacalcáridolomítico e calcítico, maciço a sacaroida e mármore (ca) de granulação grossa, e do grupo Itaperuna (MNpit), formado por gnaiss quartzo-feldspático aluminoso a granada-biotita-sillimanita.

### 3.3 Geomorfologia

Segundo CPRM (2001), essa unidade morfoescultural representa os terrenos colinosos de baixa a média amplitude de relevo, embutidos entre zonas planálticas ou alinhamentos serranos ao longo do Estado do Rio de Janeiro. Para Almeida (1976) e Asmus & Ferrari (1978) *apud* CPRM (2001), a unidade originou-se pela influência do rebaixamento tectônico a partir da abertura do oceano Atlântico e do soerguimento das cadeias montanhosas das serras do Mar e da Mantiqueira durante o final do Cretáceo e Terciário.

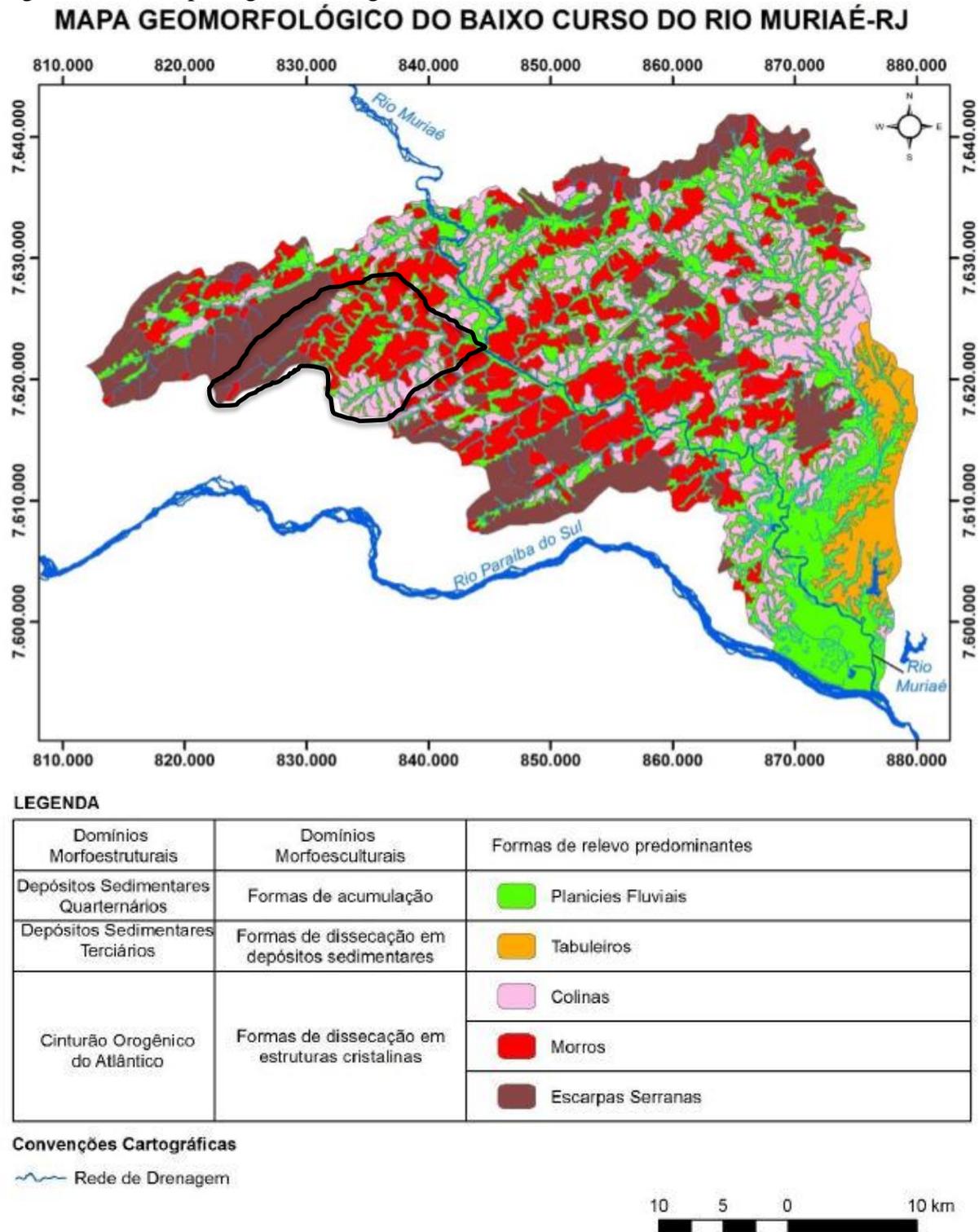
Esta região caracteriza-se por um relevo de colinas, morros e morrotes com vertentes convexo-côncavas de gradiente suave a médio e topos arredondados ou alongados e nivelados (CPRM, 2001). Ab'Saber (1966) *apud* CPRM (2001) classificou a região do médio vale do rio Paraíba do Sul como domínio morfoclimático de “mares de morros”.

As unidades que pertencem a este domínio morfoescultural apresentam sistemas de relevo Domínio Suave Colinoso e Domínio Colinoso, formado por um relevo uniforme de colinas e morros baixos, frequentemente recobertos por colúvios (CPRM, 2001). Ainda para CPRM (2001), a região apresenta uma média densidade de drenagem com padrão dendrítico a treliça e apresentam médio potencial de vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa, devido às amplitudes de relevos baixos. O trabalho ainda chama a atenção para a utilização dos morros e colinas como áreas de pecuária extensiva.

Nas regiões norte e noroeste fluminense onde se localiza o baixo curso do rio Muriaé - RJ, há o predomínio de um relevo marcado por uma grande área colinosa intercalada com

alinhamentos serranos escalonados, predominando a direção WSW-ENE. Há semelhanças morfológicas e estrutural com os alinhamentos identificados no médio vale do rio Paraíba do Sul (CPRM, 2001). Nessa unidade, o relevo é formado por colinas, morrotes e morros baixos (figura 4). É marcante o controle dos lineamentos de direção WSW-ENE, tanto sobre a rede de drenagem das sub-bacias até os canais principais, como também no alinhamento das cristas serranas (CPRM, 2001; FRANCO, 2017).

Figura 4: Mapa geomorfológico do baixo curso do rio Muriaé - RJ.



Fonte: Franco (2017). Modificado.

A partir do mapeamento apresentado na figura 4 realizado por Franco (2017), é possível notar na região que compreende o baixo curso do rio Muriaé - RJ relevos de planícies fluviais e tabuleiros, formados por deposição sedimentar, e por colinas, morros e escarpas serranas, do Cinturão Orogênico do Atlântico.

Os alinhamentos serranos, morros e colinas, segundo CPRM (2001) apresentam alta vulnerabilidade à erosão devido às elevadas amplitudes de relevo e vertentes íngremes, somadas à retirada total da cobertura vegetal. Com a ocupação pela cafeicultura, caracterizou-se um estado de visível degradação ambiental. A região é ocupada atualmente por atividades agrícolas de pastagens (AMORIM *et al.* 2017).

Segundo o mapeamento geomorfológico CPRM (2001) na escala 1:500.000 do Estado do Rio de Janeiro, a área da bacia estudada aponta três tipos de relevo. O primeiro define-se por Domínio Colinoso (zona típica do domínio de "mar de morros"), com relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou alongados com sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência de morrotes alinhados e morros baixos. Densidade de drenagem média com padrão variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Amplitudes topográficas inferiores a 100 metros e gradientes suaves. O segundo define-se por Domínio de Colinas Dissecadas com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados e/ou alongados, Morrotes e Morros dissecados, com vertentes retilíneas e côncavas e topos aguçados ou alinhados com sedimentação de colúvios e alúvios. Densidade de drenagem média a alta com padrão variável (dendrítico a treliça ou retangular) e amplitudes topográficas entre 100 e 200 metros, com gradientes suaves a médios. Por fim, o terceiro aponta um relevo marcado por Alinhamentos Serranos e Degraus Estruturais, com patamares litoestruturais, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas e escarpadas, e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, que se destacam topograficamente do domínio colinoso. A densidade de drenagem é alta com padrão variável (paralelo a dendrítico), predominando amplitudes topográficas entre 300 e 700 metros, com gradientes médios a elevados e ocorrência de colúvios e depósito de tálus, solos rasos e afloramento de rocha.

Ainda como mostra o mapeamento geomorfológico na escala de 1:500.000 do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2001), estas unidades de relevo são classificadas como “relevos de degradação em planaltos dissecados ou superfícies aplainadas”.

### **3.4 Clima**

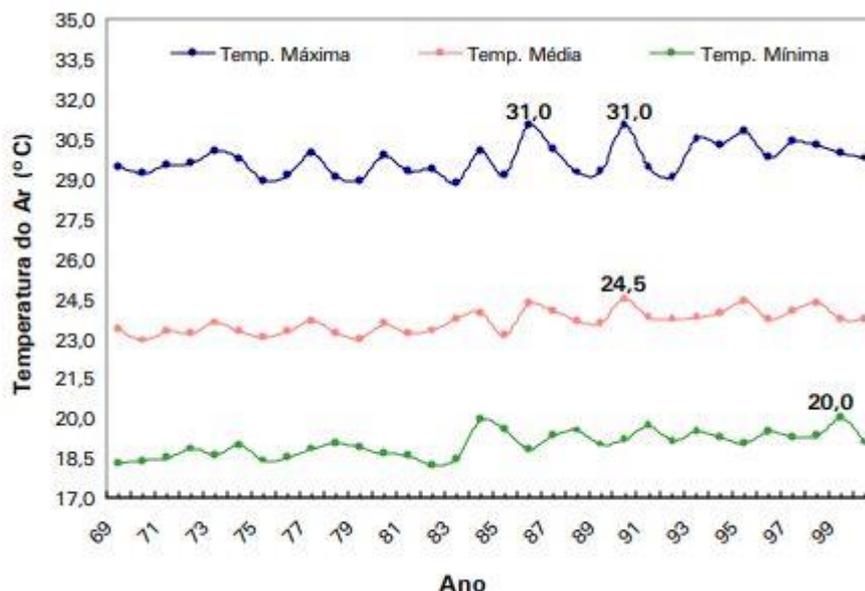
Martorano (2003), na tentativa de caracterizar as condições climáticas da região noroeste fluminense, leva em consideração elementos meteorológicos como a temperatura do ar e a precipitação pluvial com dados disponíveis para as cidades de Itaperuna-RJ e Miracema-RJ, todavia a pesquisa tem como resultado uma média para toda a região

partir dos dados. A cidade de Itaperuna-RJ localiza-se na divisa com Italva-RJ, região da bacia da Carqueja.

Segundo Martorano, (2003) o município de Itaperuna-RJ apresenta um regime pluviométrico médio anual de 1200 mm por ano. A área que compõe a bacia de drenagem do córrego da Carqueja, segundo este mapeamento, localiza-se dentro deste mesmo limite, entre as isoietas 1100mm e 1200mm.

Ainda, considerando os dados do regime térmico de 32 anos para o município de Itaperuna-RJ, o resultado da média anual foi de 23,6°C, com máximas médias de 33,1°C e mínimas de 19,0°C (figura 5). Fevereiro apresentou médias máximas de 33,1°C, sendo o mês mais quente.

Figura 5: Temperaturas médias e extremas anuais para a cidade de Itaperuna - RJ (1969-2000)



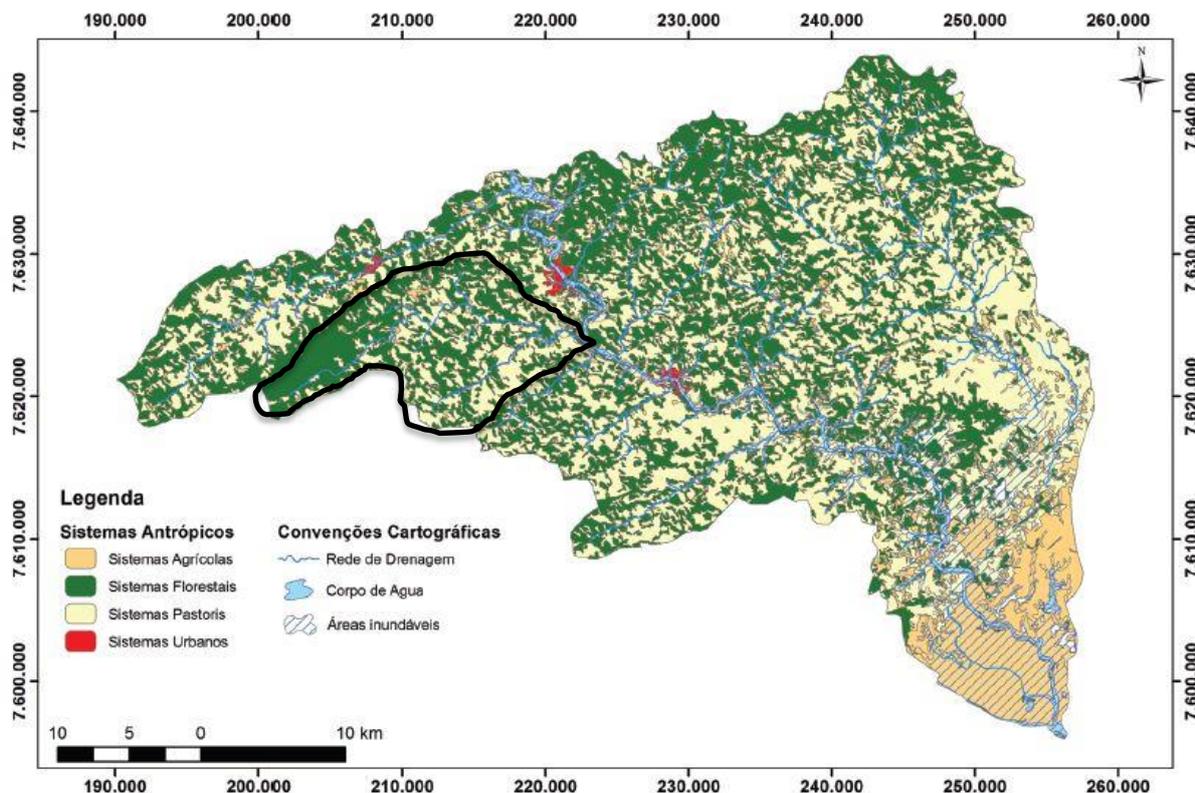
Fonte: Martorano, 2003.

### 3.5 Uso do solo

Para Amorim *et al.* (2017) os solos da área que compreendem os limites da bacia de drenagem do córrego da carqueja pertencem ao grupo PVe – Argissolo Vermelho eutrófico; e PV Ae – Argissolo Vermelho-amarelo eutrófico, encontrados também nos morros do Cinturão Orogênico do Atlântico, sendo de cobertura natural de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, de temperatura quente e ritmo de precipitação com estiagem de 4 a 5 meses do ano.

No mesmo trabalho, Amorim *et al.* (2017) mapearam os sistemas antrópicos que compõem o baixo curso do rio Muriaé (figura 6) separando-os nas seguintes classes: Sistemas Florestais, Sistemas Pastoris, Sistemas Agrícolas e Sistemas Urbanos.

Figura 6: Mapa dos Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia de drenagem do Rio Muriaé-RJ.



Fonte: Amorim *et al.* (2017). Modificado.

A análise do mapeamento apresentado pelos autores sugere uma grande área do baixo curso do rio Muriaé destinada a atividades pertencentes aos Sistemas Florestais e Sistemas Pastoris. Em escala de tamanho predomina a área do Sistema Pastoril (47,7%). Em segundo, o Sistema Florestal (40%), depois o Sistema Agrícola (10,4%), e por fim os Sistemas Urbanos (1%) (AMORIM *et al.* 2017).

A densidade demográfica nas áreas de sistemas pastoris é baixa, ocupando desde planícies fluviais até morros e serras e colinas. Analisando duas cidades que pertencem à área, notou-se que nas cidades de Cardoso Moreira-RJ e Italva-RJ, no ano de 2014, existia um rebanho bovino de aproximadamente 75 mil cabeças de gado (AMORIM *et al.* 2017).

Segundo os autores (idem), esses dois municípios apresentam áreas de pastagem na totalidade de seus limites.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 O processo erosivo

“O ciclo hidrológico é o ponto de partida do processo erosivo” (GUERRA, 2009). É a partir da água da chuva que as partículas do solo podem se desprender, sendo carregadas morro abaixo e por fim depositadas, quando a energia do fluxo de água diminui.

A água da chuva pode cair diretamente sobre o solo quando não houver proteção vegetal, ou ainda, quando houver vegetação, a água pode ser interceptada pela cobertura vegetal antes de atingir o solo. Parte da água interceptada pode ser evaporada de volta à atmosfera, e quando a interceptação atinge seu ponto de saturação, a água escorre pelos troncos e por gotejamento por entre as folhas (GUERRA, 2009; COELHO NETTO, 2009) chegando ao solo.

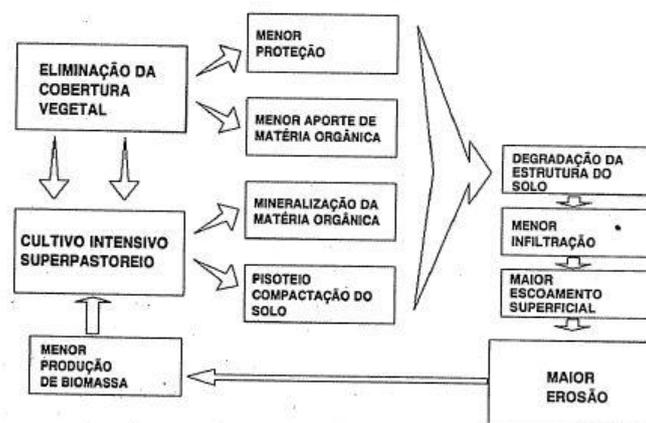
Ao atingir o solo, a água provoca o estágio inicial do processo erosivo a partir da ação do *splash* ou erosão por salpicamento (GUERRA, 2010).

A erosão por salpicamento consiste na ruptura dos agregados do solo, diminuindo-os em partículas menores que podem ser lançadas do seu local de origem e transportadas apenas com o impacto da água no solo. As partículas lançadas com o impacto da água podem preencher os poros do solo, importantes acessos que ajudam na infiltração da água, gerando diminuição da porosidade e aumento das taxas de escoamento (GUERRA, 2010).

A erosão por salpicamento depende da energia cinética da chuva, já que para Guerra (2009, 2010) é esta energia que determina a erosividade levando em consideração as características das gotas de chuva que atingem o solo, seja pela intensidade da chuva, duração, massa, velocidade e tamanho da gota. Guerra (2009) define energia cinética como “a energia devida ao movimento translacional de um corpo” e diz que a “energia cinética da chuva é altamente significativa para a erosão, pois envolve gasto de energia para a ruptura dos agregados e para o *splash* de partículas”. Muitos autores divergem da intensidade mínima de chuva para que haja erosão (Hudson, 1961; Boardman e Robinson; 1985; Morgan, 1980; *apud* Guerra 2010), entretanto Guerra (2010) diz que de qualquer maneira, “quanto maior a energia cinética de uma chuva, maior será a probabilidade em causar a ruptura dos agregados”.

Quando há a ruptura dos agregados, dá-se início ao processo de formação de crostas na parte mais superficial do solo, assim como propõe Guerra (2010). Para este autor, é a partir da diminuição de matéria orgânica no solo que as rupturas dos agregados aumentam, “à medida que os solos são utilizados pela agricultura” ou pecuária, assim como mostra o quadro 1, e este pode ser “um dos primeiros fatores no processo de erosão dos solos” (idem). Este processo ocorre quando as partículas menores resultantes da quebra do agregado fecham os poros existentes no topo do solo.

Quadro 1: Quadro esquemático das atividades humanas e implicações no processo de degradação das terras.



Fonte: Casanellas *et al.* (1994). Desenho: Ventura Ull. *apud* Mafra, 2010.

A formação de crostas na superfície do solo é responsável por diversas mudanças no sistema hidrológico já que o processo de absorção da água pelo solo diminui a partir do momento que a superfície do terreno se torna cada vez mais impenetrável, acumulando água em poças que se ligam umas às outras, iniciando o processo de escoamento ou *runoff*, “aumentando a possibilidade da formação de ravinas” (GUERRA, 2010). Ainda para Guerra (2010), “o principal agente na formação de crostas é o impacto causado pelas gotas de chuva, gerando a ruptura dos agregados e selando a superfície do solo”.

O escoamento superficial é o resultado da interação da água com o solo saturado que, após a formação de crostas e de poças que se interligam, geram o *runoff*, passo importante para o desenvolvimento de ravinas (HORTON, 1945; *apud* GUERRA, 2010), pois Guerra (2010) afirma que as poças, ao se acumular na microtopografia do solo, desce pela encosta através de um lençol, o que pode evoluir para uma ravina.

O escoamento na forma de lençol ou laminar em sua fase inicial, segundo Guerra (2009, 2010) se espalha em várias direções encosta abaixo. Guerra (2010) assegura que este pode ser considerado o primeiro estágio do processo erosivo. Já Horton (1945) *apud* Guerra

(2010) afirma que “a força de cisalhamento imposta por esse fluxo não é suficiente para a erosão, mas à medida que o fluxo aumenta ocorre o cisalhamento das partículas e a erosão começa a ocorrer a partir de uma distância crítica do topo da encosta”. Guerra (2009) diz que na região que compreende o topo da encosta não existe fluxo, formando uma área sem erosão, a não ser a uma distância crítica do topo onde o acúmulo de água se transforma em fluxo laminar, e se eleva gradativamente encosta abaixo aumentando a profundidade do fluxo, canalizando-o e transformando-se em fluxo linear.

O fluxo linear procede ao fluxo laminar, e é o próximo estágio do processo erosivo onde ocorre a concentração do fluxo de água (GUERRA, 2010) que desce pela encosta. Nesta fase o fluxo se concentra em pequenas incisões na encosta aumentando a profundidade do fluxo e diminuindo sua velocidade, assim como mostra Guerra (2010), como “embriões de futuras ravinas”. Para o mesmo autor, “a concentração de sedimentos no interior do fluxo linear faz com que haja um forte atrito entre essas partículas e o fundo dos pequenos canais, causando mais erosão nos canais que estão começando a se formar” (GUERRA, 2010) e, ainda, dentro desses canais, há o depósito de sedimentos como resultado da diminuição da energia do fluxo.

Assim como assinalado pelos autores, é a partir do fluxo linear nas encostas que pequenos sulcos podem desenvolver-se e se transformar em ravinas e boçorocas, que serão definidos no próximo subtópico.

## **4.2 Ravinas e Boçorocas**

Guerra (2009) diz que há quatro estágios para a formação de ravinas. O primeiro estágio é referente ao escoamento superficial difuso, ou seja, que se espalha em várias direções. O segundo estágio refere-se ao escoamento superficial, desta vez concentrado em pontos preferenciais. O terceiro estágio é o de escoamento concentrado em microcanais sem cabeceiras definidas e, por fim, o quarto estágio refere-se ao escoamento concentrado em microcanais com cabeceiras definidas.

O início do desenvolvimento de ravinas no solo se dá a partir de fluxos lineares canalizados formando microrravinas, sendo a ravina “o ponto de partida do processo erosivo linear” (GUERRA 2010). Para o mesmo autor, neste estágio o fluxo de água se concentra em canais bem definidos, o que influencia no aumento da energia da turbulência da corrente já que ainda há formas no interior dessas incisões como degraus, ondulações e rugosidades formadas pelo fluxo linear.

Estas irregularidades podem se ampliar e tornar-se mais instáveis “fazendo com que o fluxo se torne também mais instável” (GUERRA, 2010), o que aumenta a capacidade erosiva no interior das ravinas, carregando sedimentos que serão depositados à jusante. Guerra (2010), diz que “a formação de ravinas é um processo erosivo crítico, frequentemente associado a um rápido aumento na concentração de sedimentos transportados pelo *runoff*”. Oliveira (2010) afirma que “quando fluxos supersaturados são gerados, ravinas podem transportar fragmentos do calibre de blocos”.

Segundo Guerra (2009), o fluxo se torna turbulento por alguns motivos: “aumento da intensidade da chuva; aumento do gradiente da encosta; ou ainda porque a capacidade de armazenamento de água na superfície é excedida”. Guerra (2010) diz que para a formação de ravinas é necessário levar em consideração as “condições locais onde o processo se estabelece” para assim “determinar onde as ravinas se iniciam” e, completando a afirmação deste autor, estas condições “variam de acordo com as propriedades do solo, com as características das encostas, com o uso e manejo da terra e com o tipo de chuva”, e que “na maioria das vezes, as ravinas surgem em áreas agrícolas” e ainda que “o desmatamento e o uso agrícola da terra podem acelerar os processos de formação de ravinas em especial onde chuvas concentradas ocorrem em áreas de solos desprotegidos de cobertura vegetal” disponibilizando material à ser erodido, concordando com Oliveira (2010).

Guerra (2009) afirma que a rede de ravinas não tem relação com a rede de drenagem, entretanto “pode evoluir para um canal de água permanente” que deságua em um rio e, neste estágio, as ravinas já evoluíram para boçorocas.

Diversos autores definem tais processos que atuam na formação de feições conhecidas como ravinas e boçorocas. Coelho Netto (2009) leva em consideração o envolvimento dos fluxos subterrâneos ou por lavagens em túneis ou dutos (*pipes*), ocorrendo solapamento do material acima, com incisão que alcança o nível do lençol freático local, havendo a evolução lateral das paredes ou taludes (figura 7 e 8). Silva (2004) considera que elas sejam uma escavação limitada por paredes verticais e subverticais. Cavaguti (1994) e Canil *et al.* (1995) *apud* Oliveira (2010) definem ravinas como canais criados pela ação do escoamento superficial, enquanto as boçorocas são canais esculpidos a partir do afloramento do lençol freático.

Figura 7: Boçoroca com presença de duto



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 8: Duto no interior de boçoroca



Fonte: Arquivo do autor.

Entretanto, este trabalho concorda com o que Guerra (1998), Oliveira (2010) e Silva (2004) propõem para a diferenciação de ravinas e boçorocas. Para estes autores, prevalece o

caráter dimensional das feições, sendo as ravinas com dimensões de até 50 centímetros de largura e profundidade, e incisões acima de 50 centímetros são denominadas boçorocas. Etimologicamente, o termo boçoroca (*gully*) ou ainda voçoroca ou vossoroca tem origem no termo tupi guarani *ybysoroka*, ou *ybisyroka* (*yby*, "terra" + *sorok*, "rasgo, romper-se") que quer dizer “terra rasgada” (TEIXEIRA *et al.*2008).

Segundo Guerra (2009), as boçorocas possuem paredes laterais íngremes e fundo chato (figura 9), e que em seu interior agem fluxos de água durante eventos chuvosos que contribuem com a erosão e transporte de sedimentos, podendo ainda atingir o nível do lençol freático. Oliveira (2010) diz que “diferentes mecanismos atuam em diferentes escalas no tempo e no espaço, associados a um regime variável de precipitações que contribuem com o processo erosivo ao longo do tempo”, sendo as boçorocas resultado da busca pelo equilíbrio entre disponibilidade e dissipação de energia em sistemas naturais. Oliveira (2010) afirma que a formação deste tipo de incisão se dá a partir de alguns fatores que se associam em áreas sujeitas a mudanças ambientais, como: “aumento da declividade, concentração de fluxos de água e remoção da cobertura vegetal”. Estes mecanismos, segundo Guerra (2009) estão associados à erosão acelerada dos solos.

Figura 9: Boçoroca ativa com paredes íngremes e fundo chato.



Fonte: Arquivo do autor.

“O desmatamento, o uso agrícola da terra, o superpastoreio e as queimadas são responsáveis diretos pelo surgimento de boçorocas, associadas ao tipo de chuva e as propriedades do solo” (GUERRA, 2009). Para este autor, a ação erosiva da água da chuva modifica o interior da incisão, tanto de ravinas e, após a evolução desta feição, também nas boçorocas, aprofundando e alargando-se, colapsando o material das laterais até o topo da encosta. O material erodido é carregado e depositado nos locais mais baixos do relevo, podendo ainda atingir a rede fluvial.

As boçorocas podem originar-se, ainda, a partir de deslizamentos ou escorregamentos de terra nas encostas, quando após o evento, a água da chuva atinge o solo desprotegido formando fluxos lineares, erodindo e transportando sedimentos e formando incisões dentro da cicatriz do deslizamento (GUERRA, 2009). Guerra (2009) afirma ainda que algumas boçorocas “têm sua origem na erosão causada pelo escoamento subsuperficial”, concordando com Coelho Netto (1994).

Ainda para Oliveira (2010), as boçorocas podem ser classificadas de acordo com sua localização na encosta, denominando-se boçorocas conectadas e desconectadas. Elas também podem ser definidas a partir do seu estado atual de evolução como boçorocas ativas e estabilizadas. Esta análise se dá por meio de interpretações em fotografias aéreas ou imagens de satélite, mas a melhor forma de se interpretar tais feições e classificá-las é o reconhecimento em campo.

No que se refere à erosão linear por ravinas e boçorocas, há que se considerar o solo como evolução do substrato geológico da área e do relevo (SALOMÃO, 1994). Na área de estudo, predominam latossolos (EMBRAPA, 2006). Silva *et al.* (1993), afirma que os latossolos são os mais suscetíveis à erosão laminar por apresentam estrutura granular.

Silva *et al.* (2003b) dizem que a geologia atua como um agente importante que condiciona este tipo de processo erosivo, pois, segundo ele, podem atuar significativamente na origem e evolução destas incisões. Beavis (2000) *apud* Silva (2004) afirma que a geologia desempenha importante papel, já que a litologia determina a intensidade da erosão, sua estrutura, localização e orientação.

As características dos minerais e a textura das rochas controla a erosão, já que age no condicionamento do relevo e dos tipos de solos (SILVA 1990; SILVA 2004). “Os solos formados por diferentes litologias apresentam, por sua vez, características distintas em relação a permeabilidade e erodibilidade” (IWASA & PRADINI, 1980; BACELLAR *et al.*, 2001; *apud* SILVA, 2004).

## 5 MÉTODOS E TÉCNICAS

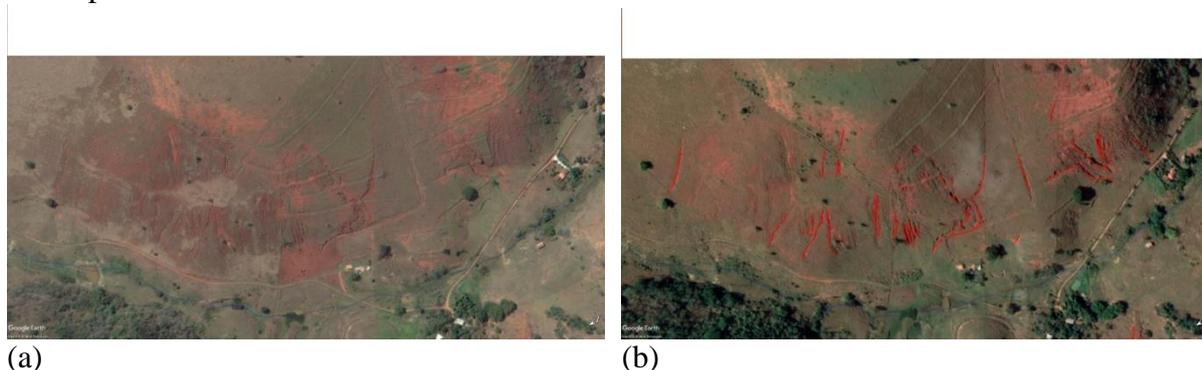
A metodologia empregada neste trabalho baseia-se na delimitação da área de estudo, tomando como base a noção de bacia de drenagem para assim ser possível a identificação de feições erosivas como ravinas e boçorocas como também sua classificação. Compreende também o confronto destas incisões com o mapeamento litológico da área, bem como a visualização temporal de uma das boçorocas.

As atividades do presente trabalho englobam:

a) Vetorização do mapeamento da drenagem e do limite da bacia do córrego da carqueja no baixo rio Muriaé através do MDE (Modelo Digital de Elevação) disponibilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) na sessão do banco de dados geomorfométricos do Brasil (Topodata) para a região norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Para o tratamento do arquivo foi utilizado o programa QGis (Quantum Gis) 2.18.0 em conjunto com o programa TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models), um conjunto de ferramentas correlacionado ao QGis para a construção de análises a partir do MDE, que resultou no arquivo *Shapefile* (.SHP) da delimitação da bacia e da rede de drenagem da área;

b) Identificação de ravinas e boçorocas na bacia de drenagem do córrego da Carqueja utilizando o programa *Google Earth pro* com imagens orbitais do ano de 2016. Optou-se neste trabalho por utilizar as imagens do ano de 2016, pois se considerou o mesmo imageamento para toda a área da bacia, sem cortes ou impossibilidade de visualização do terreno pela nebulosidade. O *Google Earth pro* trabalha com arquivos .shp, sendo possível o lançamento dos arquivos da delimitação da bacia e da rede de drenagem sobre o imageamento do satélite, facilitando a identificação das incisões presentes no terreno. Com a ferramenta “adicionar caminho” no *Google Earth pro*, foi possível demarcar e mapear todas as feições encontradas no terreno, como se pode observar na figura 10;

Figura 10: Identificação de ravinas e boçorocas em uma encosta da bacia de drenagem do córrego da Carqueja, no baixo Muriaé. Na figura 10 (a) é possível observar incisões presentes na encosta, e; na figura 10 (b) o procedimento de “adicionar caminho” no *Google Earth* pro demarcando a presença de tais feições erosivas para posterior mapeamento. Fonte: *Google Earth* pro.

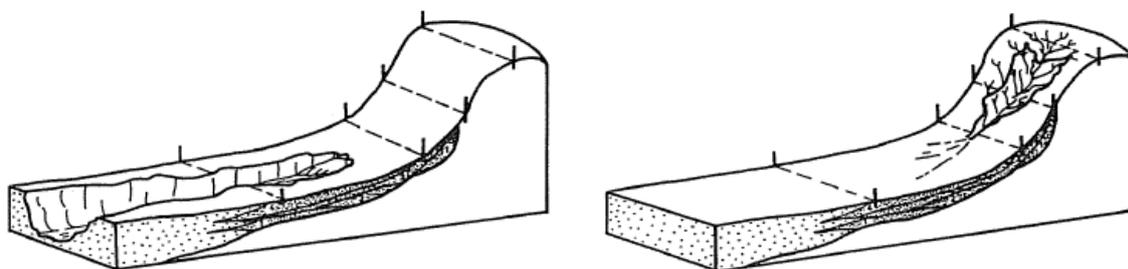


(a) Fonte: *Google Earth* pro. Modificado pelo autor.

(b)

c) Classificação do estado atual das boçorocas onde foi realizado o trabalho visual/interpretativo sobre cada feição erosiva encontrada a partir da imagem de satélite. As ativas são carentes de vegetação e possuem paredes íngremes por vezes sombreadas pelo ângulo da luz solar e, as estabilizadas mostram-se com paredes de inclinação mais suavizadas e com presença de vegetação no seu interior. Também se classificou as boçorocas quanto ao seu grau de evolução na paisagem, sendo conectadas ou desconectadas à rede de drenagem (figura 11);

Figura 11: Modelo de evolução de boçorocas. (a) boçoroca conectada à rede hidrográfica; (b) boçoroca desconectada da rede hidrográfica.



(a) Modificado de Oliveira (2010).

(b)

d) Trabalho de campo para a comparação do mapeamento de feições erosivas na porção que demonstrou ser mais suscetível a estes processos;

e) Utilização do mapeamento litológico para a área que compreende a bacia de drenagem do córrego da Carqueja. As cartas litológicas utilizadas foram as de Itaperuna e São

Fidélis, produzidas na escala de 1:100.000 pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) e disponíveis para download na plataforma do Serviço Geológico do Brasil (GeoSGB). Consiste na delimitação estrutural do substrato rochoso da região utilizado para conjugar com o mapeamento das feições erosivas lineares, e;

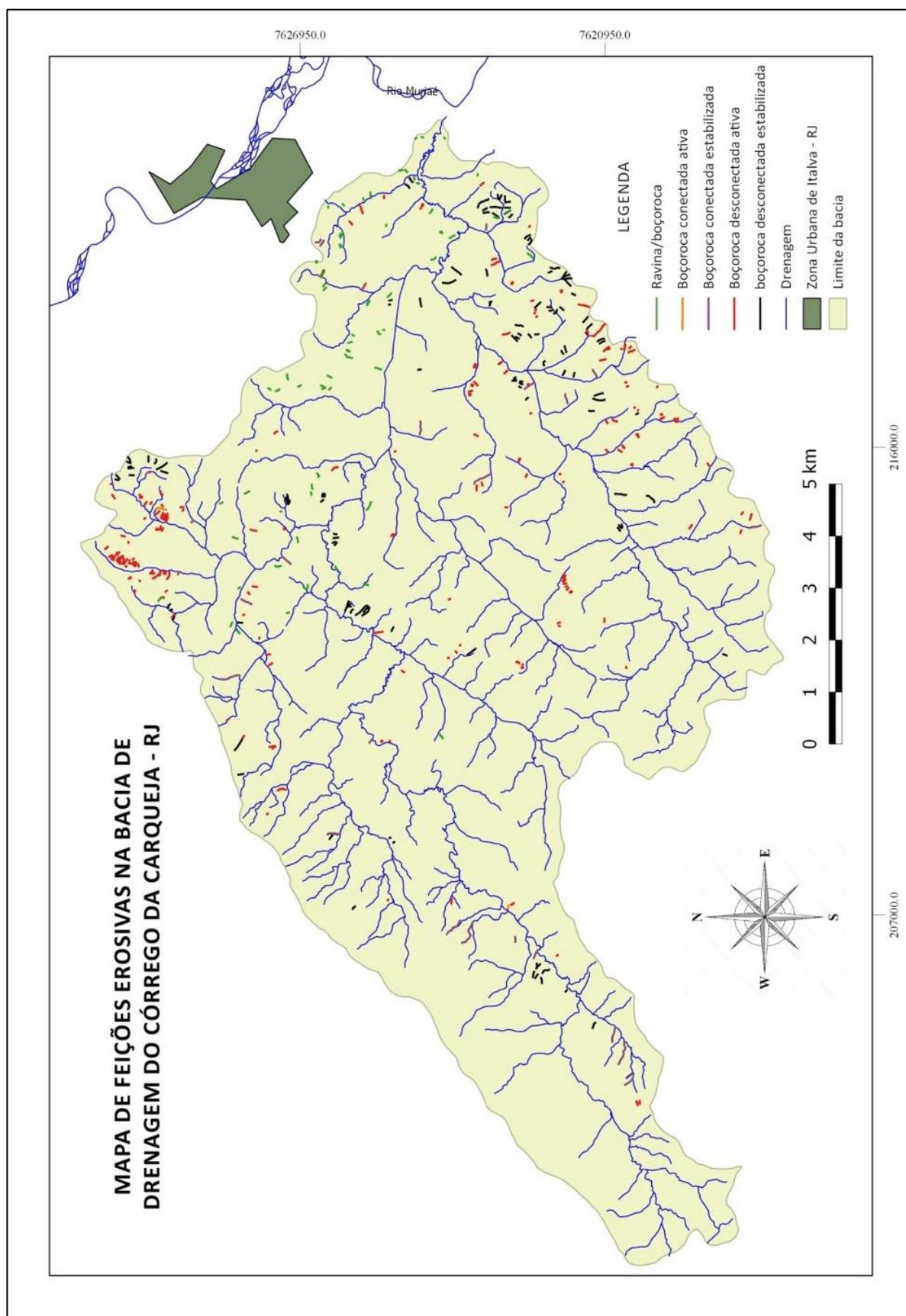
f) Visualização temporal da evolução de uma boçoroca no período de 10 (dez) anos na ferramenta “imagens históricas” disponível no *Google Earth* pro, a partir de um regulador para adquirir as imagens.

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Feições erosivas lineares**

A partir da análise de imagens orbitais no *Google Earth* pro foi possível observar um grande número de incisões erosivas presentes na paisagem da bacia de drenagem do córrego da carqueja, ressaltando o intenso trabalho erosivo na região, principalmente pela quantidade de feições ativas nas encostas, como mostra a figura 12 e apêndice 2.

Figura 12: Mapa de feições erosivas na bacia de drenagem do córrego da Carqueja - RJ.



No geral, foram identificadas 465 feições erosivas na área que compreende a bacia do Carqueja, sendo 77 ravinas/boçorocas (16%), e 388 boçorocas (84%). Quanto ao seu grau de evolução, foi possível estabelecer a partir da interpretação visual que, deste total, 24 (4.4%) são boçorocas conectadas à rede de drenagem e 441 (95.6%) incisões são ravinas/boçorocas desconectadas (figuras 13 e 14). Considerando ainda que ravinas são incisões desconectadas à rede de drenagem não sendo possível a medição de sua dimensão exata, pois a interpretação desta incisão pela imagem de satélite do *Google Earth* pro se torna imprecisa, ou seja, não é possível realizar a análise e medição de feições tão pequenas (largura e profundidade menores que 50cm), sendo portanto consideradas como ravinas/boçorocas (tabela 1).

Figura 13: Boçoroca desconectada



Fonte: Arquivo do autor

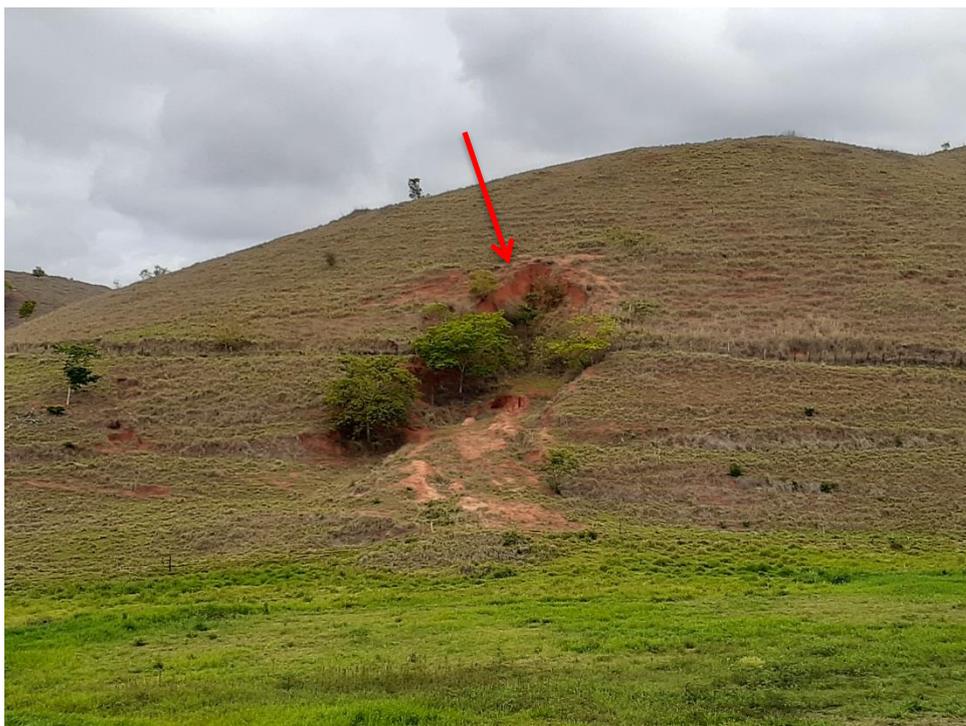
Figura 14: boçoroca desconectada



Fonte: Arquivo do autor

Entre as ravinas/boçorocas desconectadas, 316 foram classificadas como ativas (70%), considerando que as ravinas são incisões ativas na encosta (figura 15 e 16), e 125 (30%) são atualmente estabilizadas (figura 17). Das 24 feições identificadas como boçorocas conectadas (4.4%), 2 são ativas (0.4) e 22 estabilizadas (4%), como mostra a tabela 1.

Figura 15: Boçoroca ativa



Fonte: Arquivo do autor

Figura 16: Boçoroca ativa



Fonte: Arquivo do autor

Figura 17: boçoroca estabilizada



Fonte: Arquivo do autor

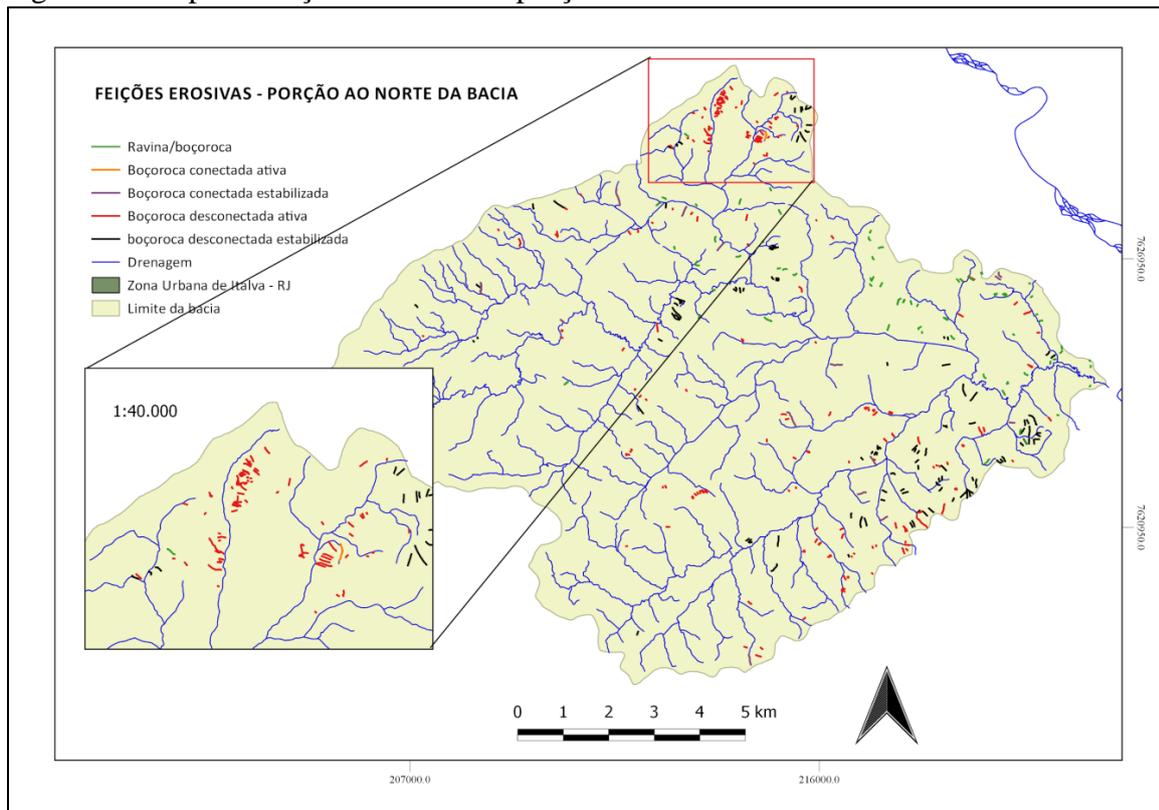
Tabela 1: Feições erosivas lineares.

**Feições erosivas lineares (total: 465)**

Feição	ravina	boç. conec. ativa	boç. conec. estab	boç. desc. ativa	boç. desc. estab
Frequência absoluta	77	2	22	239	125
Frequência relativa (%)	16	0.4	4	53.6	26

Observa-se que o extremo norte da delimitação da bacia é o local onde há mais incisões erosivas próximas umas às outras e ativas (figura 18), demonstrando que a atividade erosiva na região, somado aos usos inadequados do solo contribuem para a degradação ambiental e um intenso trabalho erosivo acelerado.

Figura 18: Mapa de feições erosivas da porção ao norte da bacia.



Na figura 19 nesta mesma região é possível notar que, ao lado de uma boçoroca desconectada estabilizada, a utilização do solo é feita de forma incorreta, já que os sulcos para a preparação do cultivo é realizado do topo descendo a vertente na direção do leito, facilitando o escoamento canalizado e o desenvolvimento de incisões lineares como ravinas e boçorocas, já que o solo está totalmente desprotegido de vegetação. A figura 20 também mostra a falta de planejamento para utilização do solo, deixando-o desprotegido e com a preparação para o cultivo realizado do topo em direção ao leito. Notam-se pequenos sulcos nas duas imagens.

Figura 19: Boçoroca desconectada estabilizada ao centro. À direita, solo arado na direção da vertente.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 20: Ravinas se formando em solo mal planejado, arado na direção da vertente.



Fonte: Arquivo do autor.

No trabalho de campo foi possível notar que o desenvolvimento das boçorocas segue à montante nas encostas com a presença de degraus ou terraços dividindo-as em segmentos (figura 21).

Figura 21: Degrau ou terraço entre os segmentos de uma mesma boçoroca.



Fonte: Arquivo do autor.

É possível notar também em alguns casos que o interior das boçorocas possui vegetação rasteira como gramínea (figura 22), entretanto as paredes íngremes das encostas continuam a atuar oferecendo material a ser erodido pela ação da chuva e do escoamento superficial nas paredes, como também do fluxo exterior da boçoroca que transporta sedimentos para seu interior criando novas incisões nas paredes das ravinas (figura 23). Nesta última imagem (figura 23) é possível visualizar o material fino erodido do solo no exterior da boçoroca que é transportado para seu interior por meio de ravinas desenvolvidas nas paredes do interior da boçoroca.

Figura 22: Gramíneas no interior de boçoroca e paredes íngremes desprotegidas.



Fonte: Arquivo do autor.

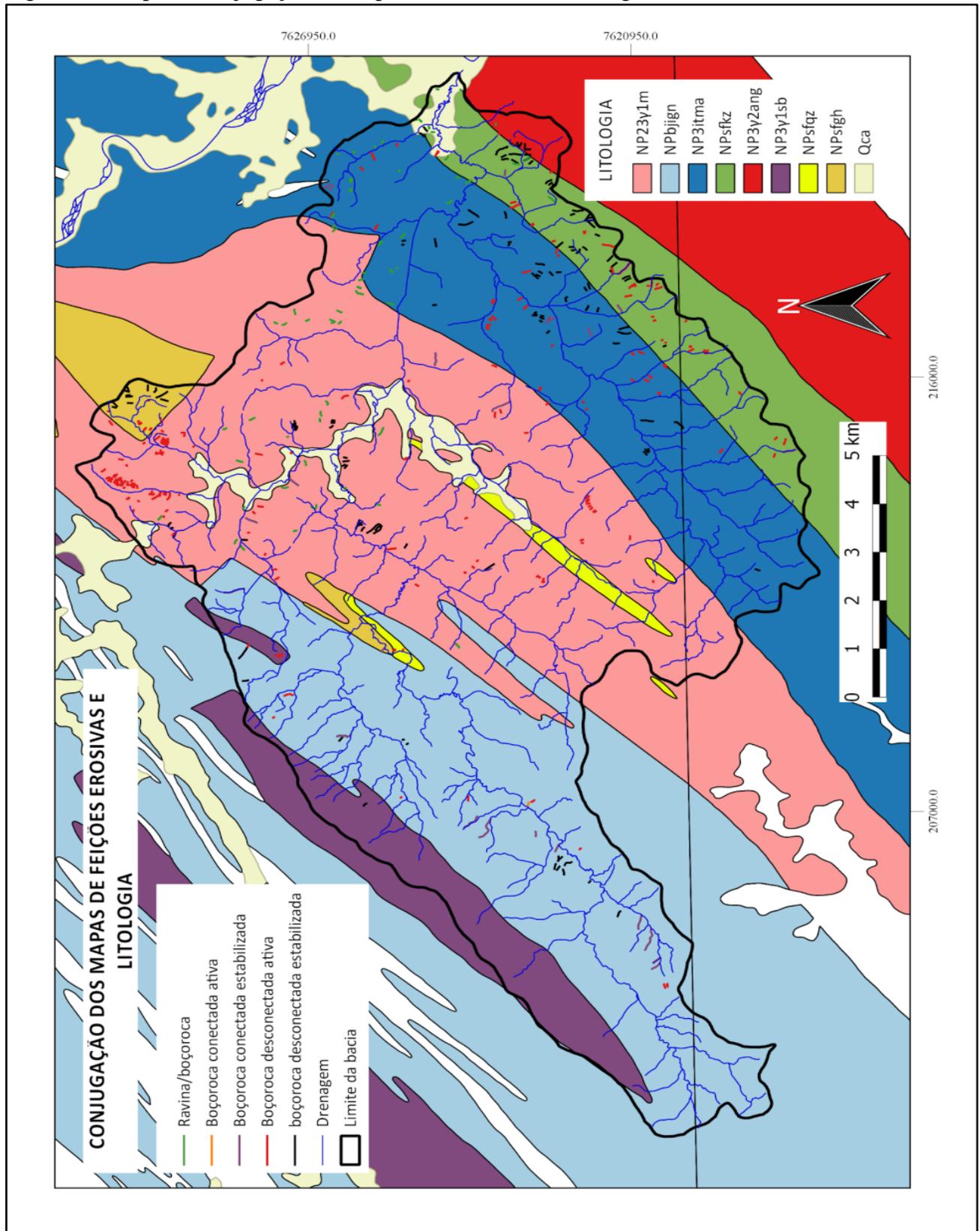
Figura 23: Material fino transportado da região externa para dentro da boçoroca em incisões de ravinamento.



Fonte: Arquivo do autor.

## 6.2 Compartimentação litológica

Figura 24: Mapa de conjugação do mapeamento erosivo e litologia



Fonte: Duarte *et al.* (2009). Modificado.

**NP23y1m** (Complexo Rio Negro) - complexo plutônico de composição variada, gnaissificado, constituído de hornblenda-biotita gnaisses migmatíticos de composição tonalítica a granítica e rochas dioríticas; **NP3y1sb** (Complexo Serra da Bolívia) - complexo plutônico, frequentemente gnaissificado, de composição variada (ortognaisses e/ou ortogranulitosdioríticos, tonalíticos, quartzo-dioríticos, tonalíticos, quartzo-dioríticos e charnockíticos, com intercalações de hornblendagabronoritos); **NPsfkz** e **NPsfqz** (Grupo São Fidélis) - (cordierita)-(grafita)-(sillimanita)-granada-biotita gnaisse kinzigítico com intercalações de quartzito, sillimanita-feldspato-muscovita quartzito (qz), rochas calcissilicáticas e anfibolitos; **NP3itma** (Grupo Itálva) - Unidade Macuco: sequência metavulcanos-sedimentar constituída de anfibólio-biotita gnaisse a biotita gnaisse leucocrático (ma), com intercalações de anfibolitos finos (an), localmente com cpx, sillimanita-biotita gnaisse, rochas calcissilicáticas, mármore calcítico a dolomítico ricos em grafita e rochas metaultramáficas; **NPsfgh** (Grupo São Fidélis) - (granada)-biotita gnaisses bandados migmatíticos, com bandas e/ou lentes centimétricas a decimétricas de rochas calcissilicáticas e anfibolitos; **NPbjign** (Grupo Bom Jesus do Itabapoana) - sequência metavulcanossedimentar em facies anfibólito alto a granulito, constituída de (ortopiroxênio)-granada-biotita gnaisse com intercalações de sillimanita-granada-biotita gnaisse, biotita gnaisse, anfibólito (an), rocha calcissilicática, gondito (go), rocha metaultramáfica e mármore predominantemente dolomítico (m); **NP3y2ang** (Suíte Angelim) - granitos a tonalitos com granada, médios a grossos, inequigranulares, em geral gnaissificados, e comumente migmatíticos. Tem enclaves de anfibólito, biotita-granada gnaisse e rocha calcissilicática; **Qca** - (Depósito Colúvio-Aluvionar) - depósitos aluvionares recentes (areias com intercalações de argila, cascalho e restos de matéria orgânica).

A figura 24 e apêndice 2 mostram a estrutura litológica da região que compreende os limites da bacia de drenagem do córrego da Carqueja e seu entorno, sendo possível correlacionar o aparecimento e evolução de feições erosivas em maior quantidade na porção do Complexo Rio Negro (NP23y1m), contabilizando um total absoluto de 222 incisões erosivas, ou seja, 47,6% do total das incisões erosivas desta bacia se encontram neste compartimento litológico, como mostra a tabela 2. Deste total, 182 (83,6%) são incisões ativas, contabilizando ravinas e boçorocas desconectadas e boçorocas desconectadas ativas (tabela 3).

Tabela 2: Compartimentos litológicos da bacia de drenagem do córrego da Carqueja e frequência de feições erosivas.

**Litologia** (total de feições: 465)

Compart. Litológica	NP3y1sb   NPsfkz   NP3itma   NPsfgh   NPbjign   NP23y1m   NPsfqz   QCA							
Frequência absoluta	5	65	105	20	36	222	3	9
Frequência relativa (%)	1	13.9	23	4.3	7.7	47.6	0.6	1.9

**NP3y1sb** (Complexo Serra da Bolívia); **NPsfkz** (Grupo São Fidélis); **NP3itma** (Grupo Italva); **NPsfgh** (Grupo São Fidélis); **NPbjign** (Grupo Bom Jesus do Itabapoana); **NP23y1m** (Complexo Rio Negro); **NPsfqz** (Grupo São Fidélis); **QCA** (Depósito Colúvio-Aluvionar). Duarte *et al.* (2009).

Tabela 3: Setor Complexo Rio Negro (NP23y1m) da bacia de drenagem do córrego da carqueja e frequência de feições erosivas no setor.

**Setor Complexo Rio Negro (NP23y1m)** (total: 218)

Feições	ravina   boç. conec. ativa   boç. conec. estab   boç. desc. ativa   boç. desc. estab				
Frequência absoluta	39	1	5	142	31
Frequência relativa (%)	17.8	0.4	2.2	65.4	14.2

Na figura 25 é possível verificar a estrutura litológica muito intemperizada no setor Complexo Rio Negro (NP23y1m) no horizonte C do solo, mostrando que a facilidade à erodibilidade do solo na encosta é alta já que a evolução da estrutura Matriz o torna suscetível à erosão.

Figura 25: Gnaiss muito intemperizado interno a uma boçoroca na porção Norte da bacia, no horizonte C do setor Complexo Rio Negro (NP23y1m).



Fonte: Arquivo do autor.

Estruturas gnaissificadas encontradas neste setor, assim como a presença de estratificações, foliações e xistosidade são fatores que influenciam a erosão. (FERNANDES, 2011). É o que afirma também Tupinamba *et al.* (2012) sobre a alta susceptibilidade do gnaiss à erosão. Para Silva *et al.* (2003a) a litologia gerada por intenso metamorfismo com estrutura granular, corresponde aos granitos, ortognaisses e migmatitos, ricas em quartzo, feldspato e mica, menos resistentes à erosão.

A alta taxa de erosão no setor Complexo Rio Negro (NP23y1m) pode estar relacionada com a evolução do solo junto a características herdadas da rocha matriz naquela área, que o torna mais suscetível ao trabalho erosivo, diferente de outras áreas mais resistentes. Ainda para Silva *et al.* (2003a), alguns materiais apresentam baixa resistência ao intemperismo por sua estrutura granular, o que facilita a atuação do processo erosivo podendo resultar em incisões lineares nas encostas.

Por outro lado, o setor Complexo Serra da Bolívia (NP3y1sb) apresenta pouca incidência de incisões (tabela 2) por se tratar de uma região rochosa com pouco solo nas encostas, se mostrando também mais resistente ao intemperismo.

Além disso, a região é caracterizada por Argissolos que tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à sua relação textural, afetando as taxas de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais (EMBRAPA, 2006).

### 6.3 Evolução temporal de boçoroca

Na mesma área aproximada na figura 18 é possível acompanhar a partir das imagens de satélite disponíveis na ferramenta “imagens históricas” no *Google Earth* pro, a evolução de uma feição erosiva em um período de 17 (dezesete) anos. Sem a possibilidade de medições no local para o acompanhamento da evolução desta incisão dentro do referido período, a comparação das imagens deixa muito bem definido seu desenvolvimento na encosta. Na figura 26(a) e apêndice 1, do ano de 2001 nota-se uma pequena incisão, já identificada como uma boçoroca, presente na encosta. É possível considerar também a presença de vegetação por meio de algumas árvores e gramíneas. Novamente o satélite faz o imageamento desta área 10 (dez) anos depois, em 2011 (figura 26b; apêndice 1)), mostrando uma grande evolução da incisão seguindo à montante da encosta, além de outras pequenas incisões que surgiram ao redor.

Figura 26: análise temporal da evolução de uma boçoroca utilizando a ferramenta “imagens históricas do *Google Earth* pro. (a) imagem do dia 29/12/2001; (b) imagem do dia 10/07/2011. Fonte: *Google Earth* pro.



(a) Fonte: *Google Earth* pro. Modificado.

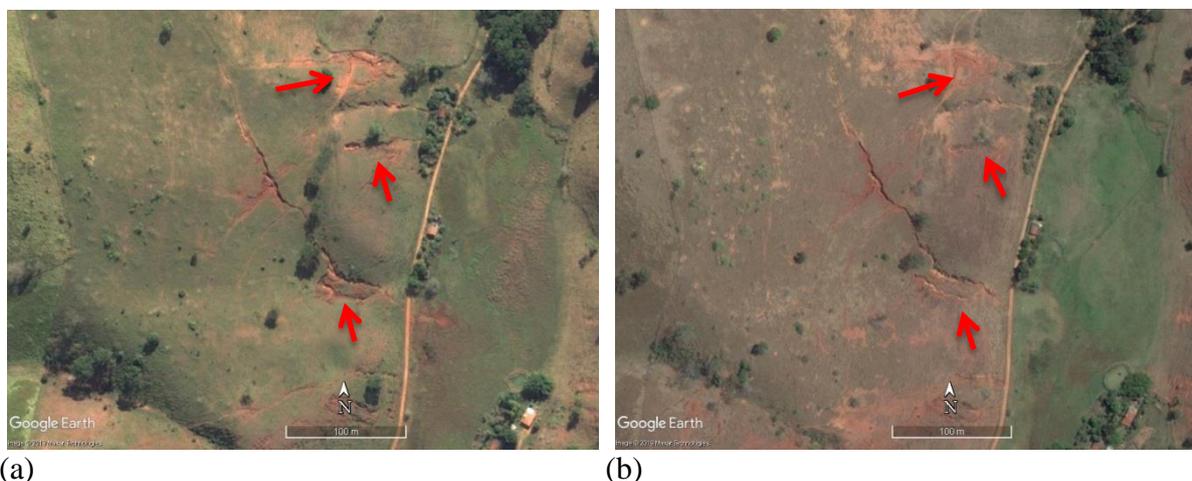
(b)

Observa-se que em um período de 10 anos a incisão que havia à montante da encosta no ano de 2001 se uniu com a incisão que estava se formando à jusante, transformando-se em

uma única incisão. Outras incisões se desenvolveram na área neste período que não são visualizadas na imagem de 2001, como as três feições localizadas ao norte da imagem, e uma paralela à maior incisão que se formou no setor mais baixo da encosta. Também na parte superior da imagem verifica-se uma diminuição da vegetação mais densa e em alguns locais verifica-se a presença de solo exposto à ação da chuva.

Outro aspecto que chama atenção é a comparação da imagem capturada no ano de 2011 com a posterior, do ano de 2016 (figura 27b; apêndice 1). A imagem do ano 2016 mostra que, aparentemente, houve uma diminuição na dimensão de todas as incisões que aparecem na imagem de 2011 (figura 27a; apêndice 1), principalmente nas que se localizam na parte superior da imagem. A hipótese para este caso é que neste lapso de cinco anos houve tentativas antrópicas de reversão evolutiva das feições.

Figura 27: análise temporal da evolução de uma boçoroca utilizando a ferramenta “imagens históricas” do *Google Earth* pro. (a) imagem do dia 10/07/2011; (b) imagem do dia 05/09/2016.



Fonte: *Google Earth* pro. Modificado.

Entretanto, na comparação da imagem do ano de 2016 com a mais recente para esta área da bacia do ano de 2018, revela que o processo erosivo continua atuando, promovendo a contínua evolução das feições, assim como mostra a figura 28(a) e figura 28(b) e apêndice 1. É possível observar analisando as sombras resultantes da luz solar nas imagens que, no ano de 2016, há a presença de sombreamento nos objetos presentes na paisagem como árvores e também no interior da maior feição da encosta, entretanto essas sombras não são visíveis nas feições localizadas na área superior da imagem, como são visualizadas nas imagens dos anos de 2011 e 2018, o que reforça a hipótese de tentativa de conter o avanço erosivo.

Deste modo, o fator litológico pode agir nesta área como um agente que contribui para a evolução da feição, pois a estrutura do solo e as características da rocha matriz tornam-se muito suscetíveis ao processo se não há proteção vegetal.

Figura 28: análise temporal da evolução de uma boçoroca utilizando a ferramenta “imagens históricas” do *Google Earth* pro. (a) imagem do dia 05/09/2016; (b) imagem do dia 26/07/2018.



(a) Fonte: *Google Earth* pro. Modificado.

A boçoroca que mais se destaca na imagem conta com aproximadamente 230 metros, segundo a ferramenta “régua” do *Google Earth* pro.

Para facilitar a análise da evolução temporal das boçorocas nesta região, as quatro imagens estão dispostas no apêndice 1 deste trabalho.

## 7 CONCLUSÕES

O mapeamento de caracterização de feições erosivas na bacia de drenagem do córrego da Carqueja contribuiu para a verificação da sua incidência espacial, assim como mostrou o elevado grau do quadro erosivo, principalmente no extremo norte dos limites da bacia, sendo em sua maioria boçorocas com grau de evolução ativo, alcançando assim o primeiro objetivo proposto na pesquisa. O mapeamento e caracterização das incisões possibilitou a conjugação com o mapeamento litológico e mostrou que alguns setores podem ser mais suscetíveis ao processo erosivo linear do que outros pela grande e baixa incidência de feições, devido ao grau de resistência de certos minerais ao processo erosivo do que outros, já que o solo naquela região carrega características da rocha matriz, alcançando assim o segundo objetivo principal. Tais resultados poderão ser utilizados como forma de

planejamentos futuros para a área, por parte dos produtores rurais e suas famílias, como do poder público responsável pelo desenvolvimento econômico e social de tal área.

Além disso, outros objetivos secundários foram alcançados, como a classificação de cada uma das feições localizadas, sendo ravinas e boçorocas desconectadas e conectadas à rede de drenagem, e seu estado atual de evolução, ou seja, se são incisões ativas ou estabilizadas. A contagem das incisões mostrou que no interior da bacia há um intenso trabalho erosivo, principalmente por processos que estão em atividade, em sua maioria.

Foi possível observar a partir da litologia da bacia que a incidência de ravinas e boçorocas é muito maior em uma área do que nas outras, especialmente por feições ativas. O setor que mostrou ser o mais incidente de incisões erosivas nas encostas foi o do Complexo Rio Negro (NP23y1m), seguindo pelo Grupo Italva (NP3itma). Os setores menos incidentes foram o Complexo Serra da Bolívia (NP3y1sb) e Grupo São Fidélis (NPsfqz). Mesmo tratando-se de áreas compostas por rochas metamórficas gnáissicas, há na bacia diferenciações de matérias mais ou menos resistentes entre litologias na bacia de drenagem. Em um setor específico da bacia, ao norte, é possível observar que o número de feições ativas presentes acima deste substrato rochoso é muito maior do que em qualquer outra área.

Notam-se também as possibilidades acerca da utilização de imagens de satélite adquiridas no *Google Earth* pro, já que a resolução das imagens para este tipo de análise espacial requer uma aproximação mais detalhada do terreno, e mostrou ser uma ferramenta que pode contribuir para estudos sobre erosão.

Assim, este trabalho pode ser útil não apenas para os estudos erosivos da área, mas também como contribuição para o entendimento do quadro erosivo na bacia, e como demonstração da importância do conhecimento acerca da ação erosiva no solo e suas consequências. O solo deveria ser melhor utilizado, pois, além de resultar em recursos econômicos para os produtores rurais e da sobrevivência humana, é um componente extremamente importante da biosfera, já que os vegetais, animais e o homem são altamente dependentes dele. Além disso, o quadro erosivo da bacia do baixo rio Muriaé deve ser amplamente estudado por pesquisadores interessados e preocupados com a degradação ambiental e com o futuro da sociedade oferecendo subsídios para proteção dos solos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. de. The system of continental rifts bordering the Santos Basin. An. Acad. Bras. Ciências, 48 (supl.). 1976. p. 15-26.

AMORIM, R.; REIS, C.; FERREIRA, C. Mapeamento dos Geossistemas e dos Sistemas Antrópicos como Subsídios de Áreas com Riscos a Inundações e Alagamentos no Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do rio Muriaé (Rio de Janeiro – Brasil). Territorium (Coimbra), 2017.

ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região Sudeste do Brasil. In: PETROBRAS. Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil (Série Projeto REMAC, 4), Rio de Janeiro, p. 75-88.

CEPERJ. Regiões do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ceperj.rj.gov.br/Conteudo.asp?ident=81>> Acesso em 10 de set. de 2019.

COELHO NETO, Ana L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/ Antônio José Teixeira, et al. (Org.). - 9ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 2009.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. SILVA, L. C. da; CUNHA, H. C. S. Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro (org.) – Brasília: CPRM. 2ª edição revista em 2001.

DUARTE, Beatriz Paschoal *et al.* Mapa geológico CPRM – Folha Itaperuna SF-24-V-C-I UERJ, 2009.

EBERT, H. Pesquisa na parte sudeste de Minas Gerais e Polígono das Secas. Rio de Janeiro, 1955.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

FERNADES, Jozélia Assunção. Estudo da erodibilidade de solos e rochas de uma voçoroca em São Valentim – RS. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS. 2011. 127 f.

FRANCO, C. C. M. Mapeamento Geomorfológico na escala 1:50.000 do baixo curso da bacia de drenagem do Rio Muriaé no Estado do Rio de Janeiro. XVII Simpósio de Geografia física aplicada. I congresso nacional de Geografia física. Instituto de Geociências - UNICAMP. Campinas, 2017. pág 5836-5846.

GUERRA, Antônio José Teixeira. A. J. T., BOTELHO, R.G.M. Erosão dos solos. In: Geomorfologia do Brasil. Orgs. S.B. Cunha e A.J.T. Guerra. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998. 177-233.

GUERRA, Antônio José Teixeira. Processos erosivos nas encostas. In. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/ Antônio José Teixeira, et al. (Org.). - 9ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 2009.

GUERRA, Antônio José Teixeira. O início do processo erosivo. In. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações/ Antônio José Teixeira Guerra, *et al.* (Org.). - 6ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

HEILBRON, M. O segmento central da faixa Ribeira: síntese geológica e ensaio de evolução geotectônica. Departamento de Geologia/Geofísica, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Tese (Livre Docência)1995. 110 p.

LAMEGO, A.R. O maciço do Itatiaia e regiões circundantes. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 1936. p. 1-93. (Boletim 88).

MAFRA, Neusa Maria Costa. Erosão e planificação de uso do solo. In. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações/ Antônio José Teixeira Guerra, *et al.* (Org.). - 6ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

MARTORANO, L. G. et al. Aspectos climáticos do noroeste fluminense - RJ. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003.

MORAES, REGO L.F. Contribuição ao estudo das formações pré-devonianas de São Paulo. São Paulo, Instituto de Astronomia e Geofísica. 1933.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e prevenção de áreas de risco de erosão por voçorocas. In. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações/ Antônio José Teixeira Guerra, *et al.* (Org.). - 6ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

PRADO, R.B.; DANTAS, M.E; FIDALGO, E.C.C.; GONÇALVES, A.O.; SILVEIRA, M.M.L.; GUIMARÃES, P.V.; FERRAZ, R.P.D.; MANSUR, K.L., DOURADO, H.V.F. Diagnóstico do meio físico da Bacia Hidrográfica do rio Muriaé. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 2005.

ROSIER, G. F. A. Secção de geologia – Estado do Rio de Janeiro. In: BRASIL. DNPM/DGM. Relatório Annual do Director – Anno de 1951. Rio de Janeiro: DNPM. 1952, p. 28-30.

SALOMÃO, F.X.T. Processos erosivos lineares em Bauru(SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. São Paulo. 200p.( Dissertação de Doutorado, Depto. Geografia – FFLCH/USP). 1994.

SILVA, A. C.; LIMA, J. M.; CURI, N. Relação entre voçorocas usos da terra, solos e materiais de origem na região de Lavras (MG) Ver. Bras. Ci. Solo, Campinas, 17. P. 459-464. 1993.

SILVA, L.T. Orientação estrutural de anfiteatros e sub-bacias de drenagem afogadas – região de Bananal – SP/RJ. Monografia, Depto. de Geografia – IGEO/UFRJ. 79p. 1990.

SILVA, R. P. P. da. A usina pureza de açúcar e álcool de São Fidélis - RJ: A resistência do passado na era do petróleo. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Geografia) - Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências da sociedade e desenvolvimento regional, Campos dos Goytacazes, 2019.

SILVA, T. P. *et al.* A influência de aspectos geológicos na erosão linear - médio-baixo vale do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ). Geosul, Florianópolis, v. 18, n. 36, p 131-150, jul./dez. 2003a.

SILVA, T. P. Estudo de condicionantes da distribuição espacial de ravinas e voçorocas no médio baixo vale do ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ). Monografia de graduação. IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 44p. 2003b.

SILVA, T. P.; MOURA, J. R. S.; SALGADO, C. M. Estudo da relação entre a orientação de feições erosivas lineares e características geológicas na bacia do Córrego da Cachoeira. Município de Paty do Alferes. 10º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Rio de Janeiro, RJ. 2003.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. De; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1º Ed., 3ª reimpressão, 2008.

TUPINAMBA, Miguel; TEIXEIRA, Nilson; HEILBRON, Monica. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozóico e o Paleozóico Inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 35 – 2/ 2012 – p. 140-151.

## APÊNDICE 1 – Mosaico de imagens

Mosaico de imagens (figuras 26, 27 e 28) disponibilizadas na ferramenta “imagens históricas” do *Google Earth* pro da análise evolutiva-temporal de boçorocas em uma encosta localizada na região de maior incidência de incisões erosivas na bacia de drenagem do córrego da Carqueja - RJ. (a) imagem do ano de 2001 (dia 29/12/2001); (b) imagem do ano de 2011 (dia 10/07/2011); (c) imagem do ano de 2016 (dia 05/09/2016); (d) imagem do ano de 2018 (dia 26/07/2018).



(a)



(b)



(c)

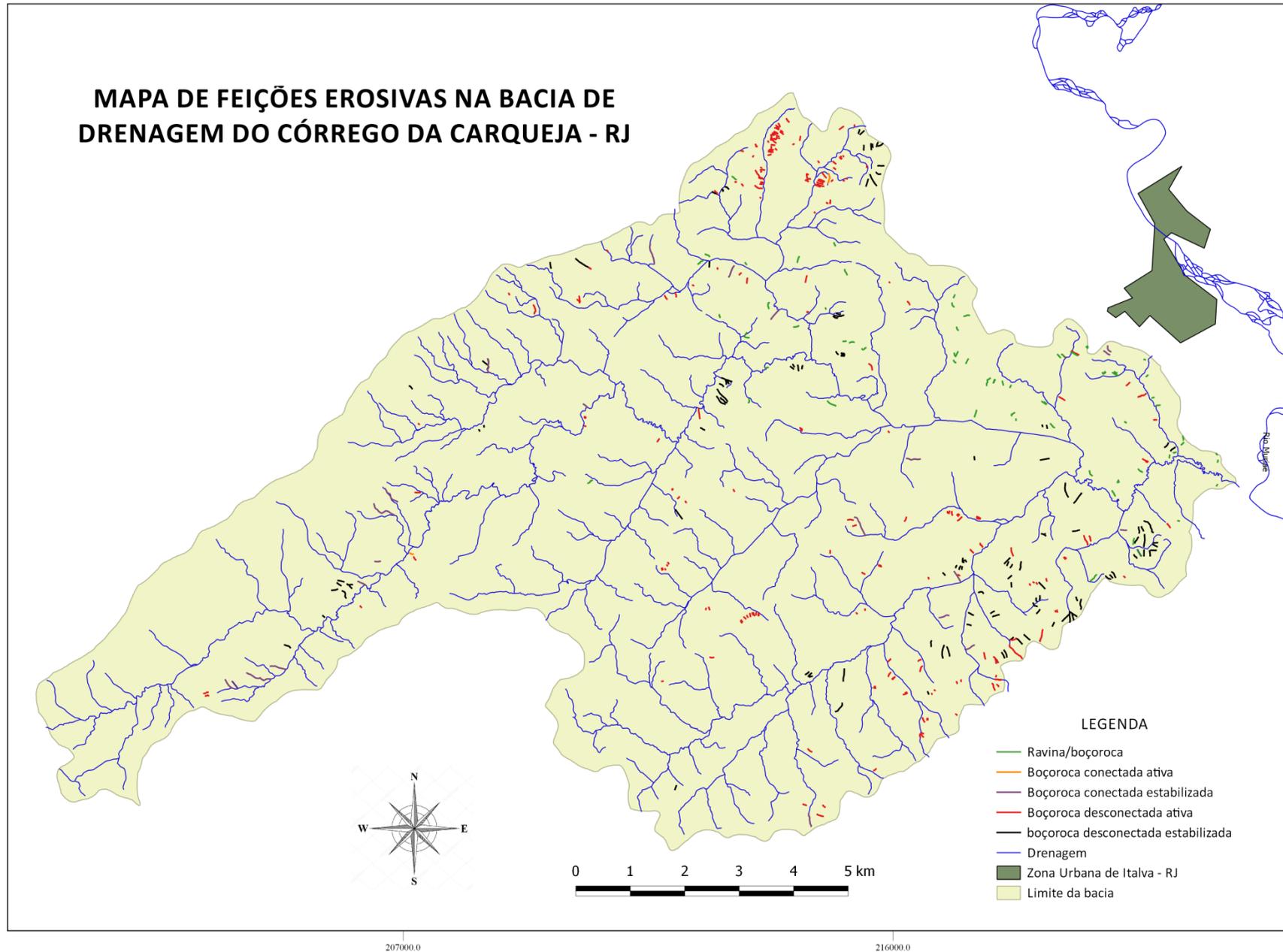


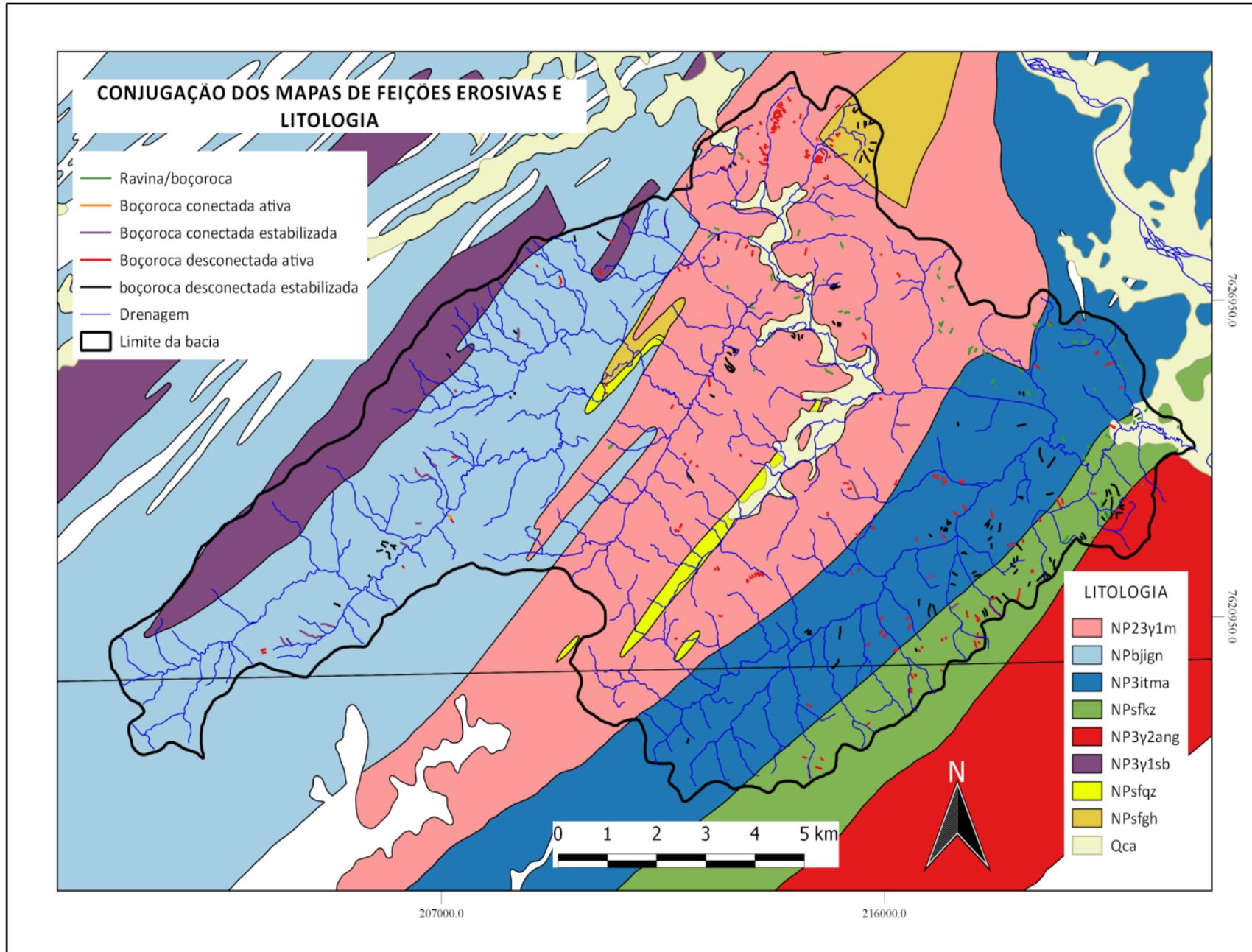
(d)

Fonte: *Google Earth* pro. Modificado

**APÊNDICE 2 – Mapas de feições erosiva (figura 12) e conjugação com estrutura litológica (figura 24).**

## MAPA DE FEIÇÕES EROSIVAS NA BACIA DE DRENAGEM DO CÓRREGO DA CARQUEJA - RJ





Fonte: Duarte *et al.* (2009). Modificado.

**NP23y1m** (Complexo Rio Negro) - complexo plutônico de composição variada, gnaissificado, constituído de hornblenda-biotita gnaisses migmatíticos de composição tonalítica a granítica e rochas dioríticas; **NP3y1sb** (Complexo Serra da Bolívia) - complexo plutônico, frequentemente gnaissificado, de composição variada (ortognaisses e/ou ortogranulitosdioríticos, tonalíticos, quartzo-dioríticos, tonalíticos, quartzo-dioríticos e charnockíticos, com intercalações de hornblendagabronoritos); **NPsfkz** e **NPsfqz** (Grupo São Fidélis) - (cordierita)-(grafita)-(sillimanita)-granada-biotita gnaisse kinzigítico com intercalações de quartzito, sillimanita-feldspato-muscovita quartzito (qz), rochas calcissilicáticas e anfibolitos; **NP3itma** (Grupo Itálva) - Unidade Macuco: sequência metavulcanosedimentar constituída de anfibólito-biotita gnaisse a biotita gnaisse leucocrático (ma), com intercalações de anfibolitos finos (an), localmente com cpx, sillimanita-biotita gnaisse, rochas calcissilicáticas, mármore calcítico a dolomítico ricos em grafita e rochas metaultramáficas; **NPsfgh** (Grupo São Fidélis) - (granada)-biotita gnaisses bandados migmatíticos, com bandas e/ou lentes centimétricas a decimétricas de rochas calcissilicáticas e anfibolitos; **NPbjgn** (Grupo Bom Jesus do Itabapoana) - sequência metavulcanosedimentar em facies anfibólito alto a granulito, constituída de (ortopiroxênio)-granada-biotita gnaisse com intercalações de sillimanita-granada-biotita gnaisse, biotita gnaisse, anfibólito (an), rocha calcissilicática, gondito (go), rocha metaultramáfica e mármore predominantemente dolomítico (m); **NP3y2ang** (Suíte Angelim) - granitos a tonalitos com granada, médios a grossos, inequigranulares, em geral gnaissificados, e comumente migmatíticos. Tem enclaves de anfibólito, biotita-granada gnaisse e rocha calcissilicática; **Qca** - (Depósito Colúvio-Aluvionar) - depósitos aluvionares recentes (areias com intercalações de argila, cascalho e restos de matéria orgânica).