



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Instituto de Geografia

Pablo Jordão da Silva

**Análise multiescalar da distribuição espacial de cicatrizes erosivas
aceleradas na Bacia do Rio Sacra Família (RJ)**

Rio de Janeiro

2018

Pablo Jordão da Silva

Análise multiescalar da distribuição espacial de cicatrizes erosivas aceleradas na Bacia do Rio Sacra Família (RJ)

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão e Estruturação do Espaço Geográfico.

Orientadora: Prof.^a Dra. Marta Foeppe Ribeiro

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S586 Silva, Pablo Jordão da.
Análise multiescalar da distribuição espacial de cicatrizes erosivas
aceleradas na Bacia do Rio Sacra Família (RJ) / Pablo Jordão da Silva. –
2018.
149 f.: il.

Orientadora: Marta Foepel Ribeiro.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Instituto de Geografia.

1. Geografia física – Sacra Família, Rio, Bacia (RJ) – Teses. 2.
Geoprocessamento – Mendes (RJ) – Teses. 3. Espaços urbanos – Rio de
Janeiro (RJ) – Teses. 4. Solo - Erosão – Mendes (RJ) – Teses. 5.
Voçorocas – Sacra Família, Rio, Bacia (RJ) – Teses. I. Ribeiro, Marta
Foepel. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de
Geografia. III. Título.

CDU 911.2(815.3)

Bibliotecário Responsável: Fernanda Lobo / CRB-7:5265

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Pablo Jordão da Silva

Análise multiescalar da distribuição espacial de cicatrizes erosivas aceleradas na Bacia do Rio Sacra Família (RJ)

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão e Estruturação do Espaço Geográfico.

Aprovada em 30 de agosto de 2018.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Marta Foeppel Ribeiro (Orientadora)

Instituto de Geografia – UERJ

Prof. Dr. Alexander Josef Sá Tobias da Costa

Instituto de Geografia – UERJ

Prof. Dr. José Antônio Sena do Nascimento

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Rio de Janeiro

2018

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que sempre me inspiram, me apoiam e são meu porto seguro.

Sem vocês não teria sentido fazer isso. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Muitas são as mãos que ajudaram na elaboração desse trabalho. Tentarei aqui em algumas linhas agradecer a todos e todas que de forma direta ou indireta percorreram essa trajetória.

O primeiro agradecimento a Deus. Sempre presente nos pensamentos, nas ações, em muitos momentos frente às incertezas, Ele nunca deixou de se fazer presente através de muitas pessoas. Em momentos de reflexão sempre me lembrava da importância de continuar caminhando ainda que tentasse parar.

À UERJ por me possibilitar e me formar um profissional consciente e crítico. Tenho muito orgulho de ser aluno dessa casa e agradeço pelo retorno e por poder apresentar meu trabalho no âmbito do mestrado. Continuamos resistindo. Resistir é nosso mantra!

Agradeço à orientação da professora e amiga Dra. Marta Foeppel Ribeiro que prontamente aceitou a proposta e muito contribuiu para a realização desse trabalho com suas críticas muito valiosas e com certeza fundamentais para o êxito dessa dissertação. Muitos desafios e a promessa foi cumprida: estou defendendo.

Gratidão ao professor Dr. Alexander Josef Sá Tobias da Costa pelas conversas sempre preocupadas com a valoração da pesquisa e da contribuição social que podemos oferecer mediante nossas reflexões. Grandes oportunidades são construídas quando acreditam

Obrigado ao professor Dr. José Antônio Sena do Nascimento pelo aceite e pela participação nas discussões do trabalho. Certamente serão muito valiosas suas contribuições.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia/UERJ, aos professores do Instituto de Geografia/UERJ em especial, os professores Leandro, Vivian, Antonio e André pelas conversas e sugestões para aprimorar essa dissertação. Aos servidores técnico-administrativos que puderam me auxiliar com seus conhecimentos, apoio e dedicação meu muito obrigado.

Aos meus amigos da turma do mestrado: Aline, Ana Cristina, Sheila e João Pedro. Não tenho palavras para expressar tanto companheirismo que só quem resiste junto com a UERJ é capaz de vivenciar. Vocês são guerreiras e guerreiro, e cada uma com sua história, certamente tem um pedaço nesse trabalho desenvolvido. Resistimos e apresentamos nossos trabalhos! Ao Wilson pela ajuda no Geoprocessamento e pelas conversas sempre desafiadoras

Aos que estão sempre comigo de alguma forma. Os de ontem, os de hoje e os de amanhã. São pessoas como vocês que não deixam a gente desanimar mesmo quando tudo

parece estar perdido. A vocês minha eterna gratidão por ter a possibilidade de contar com vocês na minha vida.

Aos amigos, amigas, irmãs e irmãos que convivem comigo cotidianamente, pelas orações, pelo apoio e por sempre manifestarem a presença do Sagrado durante os momentos da vida. Trago todos e todas no coração.

Eis aqui alguns dos nomes: Carlos, Marcos, Marcelo, Pedro Ivo, prof. Cláudia, Flora, Jessica, Lilian, Fabiana, Anna, Elton, Marcela, Luiz Fernando, Alcimare, Vladimir, Isabela, Lilia.. e tantos outros e outras que estarão sempre no meu coração e na minha vida dada a importância que possuem. Pelas conversas, pelas risadas, pelos 'rolês', pelos almoços, pelos jantares, pelas viagens, pelos sonhos divididos, pelas angustias diluídas.

Gratidão é uma palavra que contempla todos os que participam e que de alguma forma tiveram contato com esse trabalho. Se trata de um reconhecimento de uma ligação que atravessa o simples registro em algumas palavras. Muito obrigado.

São os geógrafos que cuidam das relações entre homens, comunidades, sociedades e o meio ambiente em que esses componentes básicos do planeta, junto com a vida vegetal e animal, têm o seu habitat. [...] estou interessado na participação a favor do meu país, do meu povo e dos carentes, que estão mais próximos de mim, representantes de multidões que estão abaixo da linha da pobreza.

Aziz Nacib Ab'Saber

RESUMO

SILVA, Pablo Jordão da. *Análise multiescalar da distribuição espacial de cicatrizes erosivas aceleradas na Bacia do Rio Sacra Família (RJ)*. 2018. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Esta dissertação teve como objeto de estudo as cicatrizes erosivas aceleradas - ravinas e voçorocas – presentes no entorno dos núcleos urbanos da bacia do rio Sacra Família. O objetivo dessa pesquisa foi analisar, a partir de diferentes escalas, a distribuição espacial dessas cicatrizes e identificar os condicionantes ambientais relacionados ao seu desencadeamento. Por meio do uso do Geoprocessamento, foram elaborados mapas temáticos dos possíveis condicionantes físicos, de uso do solo e cobertura vegetal, capazes de contribuir para a origem de ravinas e de voçorocas na área de estudo. O uso de sistemas de informação geográfica também viabilizou a realização de análise multicritério para geração de mapa temático de fragilidade ambiental, além de plotagens de coordenadas espaciais, de definição de áreas e influência (*buffers*), de planimetrias e outras funções. Como resultado, foram identificados como fatores condicionantes das cicatrizes erosivas a declividade, o forte controle da drenagem, os lineamentos estruturais e a litologia do substrato rochoso e os solos associados -latossolos e argissolos. A ação antrópica está relacionada com a presença das ravinas e voçorocas próximas aos núcleos urbanos, sobretudo no município de Mendes, áreas que sofreram extenso desmatamento para dar lugar às construções, às vias de circulação, às áreas de mineração, entre outros usos. Também foram mapeadas as Áreas de Preservação Permanente e as faixas de proteção marginal dos rios, o que permitiu constatar que muitas cicatrizes localizam-se em áreas que deveriam estar destinadas à preservação ambiental.

Palavras-chave: Análise multicritério. Geoprocessamento. Cicatrizes erosivas.

ABSTRACT

SILVA, Pablo Jordão da. *Multiscale analysis of the spatial distribution of accelerated erosive scars in the Sacra Família river basin(RJ)*. 2018. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

This dissertation had as object of study the accelerated erosive scars - ravines and gullies - present in the surroundings of the urban nuclei of the Sacra Família river basin. The objective of this research was to analyze, from different scales, the spatial distribution of these scars and to identify the environmental determinants related to their triggering. Through the use of Geoprocessing, thematic maps of possible physical, soil use and vegetation cover factors were elaborated, capable of contributing to the origin of ravines and gullies in the study area. The use of geographic information systems also enabled multicriteria analysis to generate a thematic map of environmental fragility, as well as plots of spatial coordinates, definition of areas and influence (buffers), planimetry and other functions. As a result, slope erosion, strong drainage control, structural lineaments and lithology of the rocky substratum and associated soils -latosols and argisols- were identified as conditioning factors of erosive scars. The anthropic action is related to the presence of ravines and gullies near the urban centers, especially in the municipality of Mendes, areas that underwent extensive deforestation to give way to buildings, roads, mining areas, among other uses. The Permanent Preservation Areas and the marginal protection strips of the rivers were also mapped, which showed that many scars are located in areas that should be destined for environmental preservation

Keywords: Multicriteria Analysis. Geoprocessing. Erosive scars.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	A hierarquia do AHP.....	38
Figura 2 –	Área de Preservação Permanente	41
Figura 3 –	Localização da área de estudo.....	44
Figura 4 –	Cicatrices erosivas em áreas urbanas.....	45
Figura 5 –	Cicatrices erosivas em áreas rurais.....	45
Figura 6 –	Municípios de Mendes e Barra do Pirai e processos erosivos acelerados.....	52
Figura 7 –	Trilhas do Gado.....	58
Figura 8 –	Tela com o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres	65
Figura 9 –	Tela com os códigos dos desastres.....	66
Figura 10 –	Satélite Sentinel-2.....	69
Figura 11 –	Mosaico de articulação das imagens Sentinel-2.....	70
Figura 12 –	Mosaico para download das imagens SRTM.....	71
Figura 13 –	Representação gráfica de uma hierarquia no AHP.....	78
Figura 14 –	Segunda etapa com os indicadores AHP a partir da matriz de comparação pareada.....	81
Figura 15 –	Lixo jogado diretamente no rio Sacra Família.....	90
Figura 16 –	Cicatriz erosiva – voçoroca junto a RJ 133.....	110
Figura 17 –	Cicatriz erosiva exposta e o uso da encosta para exploração mineral – extração de saibro.....	111
Figura 18 –	Voçorocas no alto das encostas.....	112
Figura 19 –	Voçorocas no alto das encostas	113
Figura 20 –	Muro de escola construído sobre a planície de inundação.....	114
Figura 21 –	Muro de escola erguido sobre o leito do rio Sacra Família.....	115
Figura 22 –	Voçoroca em estágio avançado.....	118
Figura 23 –	Voçoroca em encosta.....	118
Figura 24 –	Voçoroca no alto de encosta.....	120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	População urbana, rural e total - Mendes.....	50
Gráfico 2 –	População urbana, rural e total de Engenheiro Paulo de Frontin.....	51
Gráfico 3 –	Classes do mapa da rede de abastecimento de água.....	86
Gráfico 4 –	Classes do mapa do acesso à rede de esgoto.....	88
Gráfico 5 –	Classes do mapa de cobertura de coleta de lixo.....	90
Gráfico 6 –	Classes do mapa de nível de instrução.....	92
Gráfico 7 –	Classes do mapa de renda	94
Gráfico 8 –	Classes do mapa com o número de pessoas idosas.....	96
Gráfico 9 –	Classes do mapa de fragilidade ambiental.....	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese das ocorrências registradas junto ao Ministério da Integração Nacional.....	67
Quadro 2 – Dados secundários levantados e baixados.....	74
Quadro 3 – Nomenclatura, identificação e composição dos mapas de saneamento....	77
Quadro 4 – Nomenclatura, identificação e composição dos mapas de escolaridade e renda.....	77
Quadro 5 – Matriz de comparação pareada preenchida	81

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 –	Cicatrices erosivas encontradas na bacia do rio Sacra Família.....	47
Mapa 2 –	Cicatrices erosivas e acesso a água na bacia do rio Sacra Família.....	87
Mapa 3 –	Cicatrices erosivas e acesso à rede de esgotos na bacia hidrográfica.....	89
Mapa 4 –	Cicatrices erosivas e o atendimento de coleta de lixo dos domicílios na bacia do rio Sacra Família.....	91
Mapa 5 –	Cicatrices erosivas e alfabetizados na bacia do rio Sacra Família.....	93
Mapa 6 –	Cicatrices erosivas e renda na bacia do rio Sacra Família.....	95
Mapa 7 –	Cicatrices erosivas e pessoas idosas na bacia do rio Sacra Família.....	97
Mapa 8 –	Cicatrices erosivas e geomorfologia da bacia do rio Sacra Família.....	99
Mapa 9 –	Cicatrices erosivas e geologia da bacia do rio Sacra Família.....	101
Mapa 10 –	Cicatrices erosivas e solos da bacia do rio Sacra Família.....	103
Mapa 11 –	Cicatrices erosivas e declividade na bacia do rio Sacra Família.....	105
Mapa 12 –	Cicatrices erosivas e fragilidade ambiental na bacia do rio Sacra Família..	108
Mapa 13 –	Cicatrices erosivas e os registros feitos em campo e ocorrência junto a Secretaria Nacional de Defesa Civil.....	116
Mapa 14 –	Cicatrices erosivas e as vias de circulação na bacia do rio Sacra Família...	119
Mapa 15 –	Cicatrices erosivas e cobertura vegetal da bacia do rio Sacra Família.....	121
Mapa 16 –	Cicatrices erosivas e áreas de preservação ambiental – nascentes e topos de morro na bacia do rio Sacra Família.....	123
Mapa 17 –	Área 1 – Morsing – APP e FPM junto às cicatrices erosivas.....	125
Mapa 18 –	Área 1 Morsing - Cicatrices erosivas diferentes coberturas da vegetação...	127
Mapa 19 –	Área 1 – Morsing – Faixas de domínio nas vias públicas junto as cicatrices erosivas na bacia do rio Sacra Família.....	128
Mapa 20 –	Área 2 – Mendes (Centro) – APP e FPM junto às cicatrices erosivas.....	130
Mapa 21 –	Área 2 – Mendes (Centro) – Cicatrices erosivas em diferentes coberturas da vegetação.....	131
Mapa 22 –	Área 2 – Faixas de domínio vias publicas junto às cicatrices.....	132
Mapa 23 –	Área 3-Vila Mariana – APP e FPM junto às cicatrices.....	134
Mapa 24 –	Área 3- Cicatrices erosivas em diferentes coberturas vegetação.....	135
Mapa 25 –	Área 3- Faixa de domínio nas vias públicas junto às cicatrices.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes do mapa de declividade a partir do grau de inclinação das encostas.....	72
Tabela 2 – Classes do mapa de hipsometria a partir da altitude.....	73
Tabela 3 – Classes de fragilidade a partir do grau de inclinação das encostas.....	79
Tabela 4 – Classes com os graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal.....	80
Tabela 5 – Classes de fragilidade em relação aos solos.....	80
Tabela 6 – Graus de importância de acordo com o método de comparação linear comparada (WLC).....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytical Hierarchic Process</i>
APP	Área de Preservação Permanente
CCMN	Centro Ciências Matemática e da Natureza
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastres
COPPE	Coordenação Pós-Graduação Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DRM	Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FPM	Faixa de Proteção Marginal
GM	Gabinete Ministerial
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAGEPRO	Laboratório de Geoprocessamento
MI	Ministério da Integração Nacional
PMSB	Plano Municipal Saneamento Básico
SERLA	Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – Estado do Rio de Janeiro
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
WLC	<i>Weighted Linear Combination</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

BR- Rodovias federais

RJ- Rodovias estaduais

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	19
1	OBJETIVOS	21
1.1	Geral	21
1.2	Específicos	21
2	REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL	25
2.1	Processos erosivos acelerados	25
2.2	Fragilidade ambiental	28
2.3	Os conceitos de risco e vulnerabilidade relacionados à abordagem da fragilidade ambiental	31
2.4	Análise espacial integrada e análise multicritério	35
2.5	Aspectos normativos quanto ao uso do solo: áreas de preservação permanente	40
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	43
3.1	Características da área de estudo	46
3.1.1	<u>Histórico de ocupação</u>	48
3.1.1.1	Mendes.....	49
3.1.1.2	Engenheiro Paulo de Frontin.....	50
3.1.2	<u>Condicionantes físicos</u>	52
3.1.2.1	Geologia.....	53
3.1.2.1.1	Unidade Arcádia Areal.....	54
3.1.2.1.2	Fácies Conservatória.....	54
3.1.2.1.3	Complexo Paraíba do Sul.....	55
3.1.2.1.4	Suíte Rio Turvo.....	55
3.1.2.1.5	Complexo Quirino.....	55
3.1.2.1.6	Depósitos aluvionares.....	56
3.1.2.2	Geomorfologia.....	56
3.1.2.3	Declividade.....	57
3.1.2.4	Altitude.....	57
3.1.2.5	Solos.....	57
3.1.2.6	Uso e ocupação.....	58

3.1.2.7	Clima.....	59
3.1.3	<u>Aspectos socioeconômicos</u>	59
3.1.3.1	Acesso à rede de água	60
3.1.3.2	Acesso à rede de esgoto	61
3.1.3.3	Coleta de lixo	61
3.1.3.4	Idosos	61
4	METODOLOGIA	62
4.1	Levantamento dos dados e das informações espaciais e não espaciais	62
4.1.1	<u>Levantamento bibliográfico</u>	62
4.2	Laboratório	63
4.2.1	<u>Levantamento dos dados</u>	63
4.2.2	<u>Sistema Integrado de Informações sobre Desastres</u>	64
4.2.3	<u>Procedimentos realizados por meio do geoprocessamento</u>	67
4.2.3.1	Extração de imagens de Satélite.....	68
4.2.3.2	Modelo digital de elevação e mapas derivados.....	70
4.2.3.3	Elaboração de mapeamentos temáticos a partir da interpretação visual e automática(classificação supervisionada).....	73
4.2.4	<u>Análise multicritério</u>	78
4.3	Etapa de campo	82
4.3.1	<u>Identificação em campo das cicatrizes erosivas</u>	82
4.3.2	<u>Visitas às defesas civis dos municípios</u>	83
5	RESULTADOS	85
5.1	Aspectos socioeconômicos da população residente em áreas com cicatrizes erosivas no seu entorno	85
5.1.1	<u>Saneamento ambiental</u>	85
5.1.2	<u>Escolaridade</u>	92
5.1.3	<u>Renda</u>	94
5.1.4	<u>Idosos</u>	96
5.2	Aspectos ambientais e cicatrizes erosivas	98
5.2.1	<u>Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa geomorfológico da bacia do rio Sacra Família</u>	98
5.2.2	<u>Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa geológico da bacia do rio Sacra Família</u>	100

5.2.3	<u>Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa pedológico da bacia do rio Sacra Família.....</u>	102
5.2.4	<u>Declividade.....</u>	104
5.2.5	<u>Fragilidade ambiental.....</u>	106
5.2.6	<u>Mapeamento gerado a partir do campo.....</u>	109
5.2.7	<u>Vias de circulação.....</u>	117
5.2.8	<u>Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa de uso do solo e cobertura vegetal da bacia do rio Sacra Família.....</u>	120
5.2.9	<u>Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa das Áreas de Proteção Permanente da bacia do rio Sacra Família.....</u>	122
5.3	Avaliação ambiental integrada das cicatrizes erosivas junto à limitações de uso.....	124
5.3.1	<u>Área 1 - Morsing.....</u>	124
5.3.2	<u>Área 2 – Mendes (Centro).....</u>	129
5.3.3	<u>Área 3 – Vila Mariana.....</u>	133
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	137
	REFERÊNCIAS	141

INTRODUÇÃO

As intervenções e os objetos instalados pela sociedade nos ecossistemas merecem atenção quanto a reflexão sobre os impactos ambientais causados pela ação do ser humano sobre a natureza. Atualmente, são muitas as notícias que apresentam a urgência de inserir na agenda da sociedade a questão ambiental.

Durante os séculos XVIII e XIX, o campo foi visto como lugar estável (a respeito da dinâmica natural do meio físico) e a cidade, como o local das grandes catástrofes. Ao atualizarmos a leitura sobre o meio urbano hoje, no caso brasileiro, sabemos que, em muitos municípios inseridos em bacias hidrográficas pelo país, é complexa a delimitação do marco que estabelece o contato entre o campo e a cidade. Por isso, é importante ter em vista o planejamento do uso e a ocupação do solo. A respeito disso, urge a necessidade de reforçar o debate acerca dos instrumentos normativos e que regulam a ocupação do solo.

Outro aspecto a ser considerado diz respeito às mudanças na paisagem. A concentração de feições erosivas (como as ravinas e as voçorocas) em áreas urbanas podem se configurar como risco em algumas cidades brasileiras e por isso há a urgência de um planejamento voltado para o uso e ocupação do solo que mitigue o grau de exposição da população aos riscos ambientais frente ao surgimento dessas cicatrizes.

Entre os impactos ambientais, os processos erosivos acelerados merecem atenção, pois podem representar desequilíbrios no ambiente devido à ação antrópica. Face aos diferentes usos do solo ao longo do processo histórico de ocupação, é possível encontrar muitas áreas em diferentes estágios de degradação por força da mudança dos padrões que orientam a relação da população com o meio em que vive.

Destarte, a qualidade de vida da população - por sua vez está diretamente vinculada ao uso sustentável dos recursos naturais - e o entendimento da fragilidade ambiental é de fundamental importância. Essas informações apontam para o entendimento do grau do impacto das atividades humanas nos componentes naturais e que evidenciam assim a fragilidade dos ambientes por meio de suas condicionantes físicas. No que se refere à vulnerabilidade e para esta pesquisa, é utilizado o conceito proposto por Hogan (2004) onde apresenta o entendimento de que para a Geografia, a vulnerabilidade assume a categoria de lugar e pode ser compreendida a partir do grau de capacidade de resposta e de habilidade de adaptação (ajuste) aos eventos naturais.

Embora recentes, as geotecnologias podem auxiliar no processo de caracterização das áreas com cicatrizes erosivas aceleradas, diminuindo o tempo na elaboração de mapas que permitam a compreensão dos fatores condicionantes e do grau de impacto dessas cicatrizes e os impeditivos para a ocupação de algumas áreas em função da exposição ao surgimento dessas cicatrizes na paisagem. Portanto, rotinas computacionais que apontem para a análise espacial são relevantes no sentido de poder viabilizar uma integração maior entre os dados com o objetivo de estabelecer as correspondências espaciais.

A análise espacial pode se utilizar de vários critérios para representar um dado fenômeno que ocorre no espaço geográfico. Por essa razão, alguns Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) foram construídos com o objetivo de reunir, através de mapas temáticos digitais, as informações acerca do ambiente físico (declividade, hipsometria, clima, dentre outras). Essas informações, por sua vez, subsidiam os sistemas de apoio à decisão através de uma integração lógica entre os dados presentes em diagnósticos possíveis a partir das operações conhecidas como álgebra dos mapas de acordo com Ferreira (2014).

Entretanto, a diferença entre métodos se constitui um desafio na escolha da ferramenta que melhor representa essa integração. Portanto, os critérios constituem fundamental relevância para a compreensão dos pesos das variáveis nas análises geoespaciais, tendo em vista que sinalizam para a relevância de determinados condicionantes na evolução dos processos, que nesta dissertação estarão assentados na identificação das cicatrizes erosivas.

A hipótese para o trabalho é que, além dos condicionantes físicos, os quais respondem em parte pela fragilidade ambiental, há uma correlação espacial positiva entre as cicatrizes erosivas e os aspectos socioeconômicos da população que reside na bacia hidrográfica. Por isso se faz necessário apresentar os objetivos (geral e específicos) do presente trabalho.

1 OBJETIVO

1.1 Geral

Analisar, em diferentes escalas espaciais, a distribuição espacial de cicatrizes erosivas aceleradas (ravinas e voçorocas) no entorno dos núcleos urbanos da bacia do rio Sacra Família.

1.2 Específicos

Os três principais são:

- a) Identificar por meio de mapeamentos temáticos, os possíveis fatores ambientais condicionantes do desencadeamento de cicatrizes erosivas aceleradas;
- b) Relacionar a distribuição espacial das áreas de preservação permanente e sua proximidade com a localização das cicatrizes erosivas;
- c) Analisar, em escala de detalhe, os elementos da paisagem adjacentes às cicatrizes erosivas.

A avaliação ambiental integrada, mesmo em escala abrangente, pode indicar porções do espaço que apresentem maior grau de fragilidade ambiental e que possam ser mais susceptíveis a processos erosivos acelerados.

O conhecimento dos desastres naturais é de fundamental importância para uma política de redução de riscos. Entre os desastres naturais que compõem o grupo geológico está a erosão, que do tipo continental, pode ser classificada em laminar, ravinas ou voçorocas.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, elaborado a partir de análise dos registros de ocorrência feitos pelas defesas civis e correspondente ao período de 1991 a 2012, entre os fenômenos naturais mais registrados no país estão: as inundações, as enchentes, os escorregamentos de solos e/ou rochas e as tempestades.

A bacia escolhida para o presente estudo está inserida em uma das principais bacias da região Sudeste: a do rio Paraíba do Sul. As águas do rio Sacra Família deságuam no rio Pirai, afluente à margem direita do rio Paraíba do Sul. A importância dessa bacia escolhida é significativa, visto que abrange quatro municípios, porém atravessa integralmente dois: Mendes e Engenheiro Paulo de Frontin. Entre os usos de suas águas está o do abastecimento humano para as populações envolvidas. No alto curso do rio Sacra Família, as cicatrizes erosivas apresentam pouca expressão, o que pode indicar certo grau de estabilização e uma maior preservação da cobertura vegetal. Do médio para o baixo curso do rio é possível visualizar a intensificação dos processos erosivos e a maior quantidade de cicatrizes erosivas mapeadas e identificadas, se comparadas a outras áreas da bacia do rio Sacra Família. Cabe destacar que do médio para o baixo curso, se encontra o processo de ocupação urbana e onde estão concentradas as populações do município de Mendes e alguns bairros da periferia do município de Barra do Pirai.

Em visita às prefeituras municipais, de Mendes e de Engenheiro Paulo de Frontin, os técnicos apontaram a inexistência de um monitoramento dos processos erosivos acelerados. Por sua vez, os registros de erosão continental das ravinas ou voçorocas não foram encontrados nos registros feitos pelas defesas civis.

No Estado do Rio de Janeiro foram registradas 153 ocorrências de movimento de massa, ao passo que as enxurradas tiveram 251 registros entre os anos de 1991 e 2012 em 54 municípios fluminenses, de acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – volume Rio de Janeiro. Essas ocorrências são muito comuns no período do verão e os municípios de Engenheiro Paulo de Frontin e Mendes aparecem nas estatísticas oficiais com 01 e 02 registros, respectivamente. Se partirmos da premissa de que no verão as chuvas ocorrem de maneira intensa, surge uma preocupação com as populações que instalaram suas residências próximas às encostas, devido aos processos erosivos que marcam a paisagem da bacia hidrográfica estudada e o grau de exposição aos perigos associados à dinâmica geomorfológica. Por sua vez, a ocupação desordenada e a expansão da malha urbana em algumas áreas consideradas críticas do ponto de vista do processo erosivo, podem acentuar a vulnerabilidade da população residente em função dos usos indiscriminados do solo. Face a esses usos e em razão da fragilidade ambiental apresentada na área de estudo podem ocorrer prejuízos econômicos, sociais e perdas humanas. Esses prejuízos podem ser mitigados se forem desenvolvidas políticas públicas alinhadas ao racional uso e a ocupação do solo.

Os limites entre a área urbana e a área rural se constituem como fundamentais para a orientação das políticas de planejamento do uso e parcelamento do solo. No interior da bacia

do rio Sacra Família temos áreas com padrões consideráveis de urbanização, a exemplo do único distrito do município de Mendes, e outras com sítios, fazendas, que constituem caracterização de áreas rurais. A integração de dados oriundos dessas áreas consideradas rurais é complexa, visto que as áreas urbanas, possuem uma maior sistematização no Censo Demográfico do IBGE quanto ao aspecto socioeconômico.

As ações antrópicas sobre o ambiente podem trazer impactos na dinâmica dos processos naturais. A partir dessa premissa, o estudo se volta para a compreensão do impacto causado por essas ações, o que pode fragilizar o ambiente e potencializar o desencadeamento de cicatrizes erosivas aceleradas.

Em solos tropicais, a compreensão do processo erosivo pode ajudar a identificar as áreas onde a ação efetiva na gestão, quanto ao uso do solo, deve acontecer por parte do poder público. Entre as cicatrizes erosivas aceleradas estão as ravinas e as voçorocas. A ravina é formada “a partir de erosão superficial, com a linha de água apresentando grandes declives, canal profundo, estreito e longo”, de acordo com Vieira (1978). Uma ravina pode evoluir para uma voçoroca, quando essa segunda também apresentar além da erosão superficial, a erosão subterrânea, com tendências tanto para o alargamento quanto para o aprofundamento. Portanto, as voçorocas, podem representar um estágio de uma ravina que possivelmente evoluiu no tocante à atuação dos processos: erosão superficial e subsuperficial.

Na área de estudo, ravinas e voçorocas foram desencadeadas no médio curso da bacia do rio Sacra Família e por se tratar de um processo progressivo, que demanda elevados custos para sua recuperação, acabam por socializar os prejuízos para a população residente nas proximidades dessas feições.

Cumprir destacar a carência de estudos e investigações na bacia do rio Sacra Família que possam favorecer a identificação de perigos e contribuições para um melhor planejamento do uso e ocupação do solo. As prefeituras municipais não possuem informações detalhadas sobre a ocorrência desses processos, bem como desconhecem suas causas.

Os sistemas de informações geográficas se destacam pela habilidade que possuem de agregar informações e permitir uma análise espacial integrada, a qual possibilita uma visualização cartográfica das questões ambientais. Tal fato pode orientar os municípios na formulação de políticas públicas que visem mitigar o perigo e conseqüentemente, os danos associados à ocorrência de processos erosivos acelerados.

Fatores como a coleta de lixo, os equipamentos públicos, as vias de transporte, bem como as condições socioeconômicas são imprescindíveis para uma análise mais integrada da bacia hidrográfica, porque são condicionantes que influenciam a relação da população com

esses processos erosivos acelerados. Todavia, a integração dos dados que poderão gerar novas informações acerca de uma área estudada é um desafio para a pesquisa aplicada. Dentro de uma perspectiva holística, a ciência geográfica tem muito a contribuir com o uso das tecnologias operadas por meio dos Sistemas de Informação Geográficas (SIGs).

O tema é relevante devido à escassez de pesquisas na área de estudo que possibilitem a integração dos dados espacializados que viabilize o seu entendimento por parte do gestor público. Por essa razão, os estudos que contribuam para o uso das geotecnologias também fomentam reflexões importantes sobre os métodos e os critérios de escolha de algumas técnicas na elaboração da informação e que se traduz na visualização cartográfica, que é a resposta final a que se pretende chegar.

A dissertação está organizada em cinco partes. O primeiro capítulo trata da apresentação geral com a introdução, os objetivos (geral e específicos), a hipótese e a justificativa para o presente estudo.

O segundo capítulo apresenta a revisão na literatura científica de alguns conceitos que orientam o presente estudo, a saber: processos erosivos acelerados, fragilidade ambiental, riscos e vulnerabilidades, análise espacial integrada e análise multicritério via método AHP.

No terceiro capítulo é caracterizada a área de estudo escolhida para a realização dessa pesquisa.

A seguir, no quarto capítulo, o caminho metodológico que norteou as análises e o trabalho estão descritos.

Os resultados são apresentados no quinto capítulo e são mostrados os mapas temáticos gerados para a presente pesquisa, além do mapa de fragilidade ambiental elaborado a partir do método do processo analítico hierárquico.

Por fim, as considerações finais e indicações de pesquisa são contempladas ao final para futuros temas a serem desenvolvidos.

2 BASES TEÓRICO-CONCEITUAIS

Os conceitos que orientam a presente pesquisa e que permitiram a construção do caminho metodológico são melhor descritos nesse capítulo. Os conceitos são apresentados por meio de tópicos, começando pelos processos erosivos acelerados e passando pelo entendimento do conceito de fragilidade ambiental, a qual pode ser expressa por meio do uso de dados oriundos da modelagem do terreno combinado com o uso das geotecnologias. Deste modo, o processamento desses dados pode apontar as áreas onde há risco de ocupação e a situação de vulnerabilidade em que a população pode se encontrar.

2.1 Processos erosivos acelerados

As relações das sociedades humanas com o meio físico podem ser bem apresentadas pela Geografia. Ross (2011) nos recorda que uma pesquisa ambiental se volta para um entendimento do processo em sua totalidade. Por essa razão, o autor nos apresenta a elaboração do diagnóstico e uma abordagem geográfica que considera o passado, o presente e o futuro através da elaboração de cenários. Destaca a importância do planejamento por um viés que considera o desenvolvimento social e econômico como algo mais amplo e que deve envolver a natureza com suas potencialidades mas, sobretudo, com suas fragilidades.

No campo da Geomorfologia, muitos são os estudos que visam compreender a ocorrência e os fatores que controlam os processos erosivos acelerados. Como resultado desses processos estão as ravinas e as voçorocas, identificadas na área de estudo.

Guerra (1991) ao discorrer sobre a formação das ravinas salienta que muitas características têm sido associadas à sua formação. Entretanto, o autor destaca que a ravina pode ser considerada a partir do resultado do acúmulo de água devido à resistência dos minerais e, possivelmente, relacionada aos divisores de água. Em seu artigo, o autor enumera que, embora existam pesquisas em laboratório, em campo ou misto; é um desafio determinar o local exato da ocorrência de uma ravina.

A erosão dos solos é um processo estudado quanto às características intrínsecas aos solos brasileiros e os aspectos que os formaram podem auxiliar na compreensão desses processos. Segundo Guerra (2011), a caracterização das áreas críticas quanto à incidência de

processos erosivos demanda a compreensão de suscetibilidade. De acordo com o autor, a suscetibilidade aciona elementos a serem considerados, a saber:

- a) diferentes classes de solo;
- b) tropicalidade dos climas;
- c) tipos de clima;
- d) tipo de cobertura vegetal;
- e) forma;
- f) declividade e comprimento das encostas;
- g) uso e manejo inadequado do solo.

No referido trabalho é destacado o quanto o uso e manejo inadequado acentuam os processos de erosão e o aceleram.

É importante destacar que em áreas úmidas, o processo erosivo prevalece sobre o processo de deposição. Resende (2014) recorda que a ravina vem da palavra *rava* e pode significar escavação provocada pela enxurrada, barranco. Outra definição para ravina de acordo com o autor trata a ravina como uma pequena depressão estreita e profunda (sendo menor que um cânion e maior que um sulco). O processo de ravinamento é apresentado como algo comum aos mares de morros do Sudeste brasileiro. O mesmo aponta que em ravinas anfiteátricas podem ser instaladas, voçorocas.

Para Guerra (2011), a voçoroca é uma escavação ou rasgão do solo ou de rocha decomposta, ocasionado pela erosão do lençol de escoamento superficial. Aponta que as voçorocas podem ser formadas também pelo escoamento subsuperficial.

Segundo Vieira (1978), a boçoroca¹ é:

apresentada como uma forma de relevo gerada por um conjunto de processos morfogenéticos, subordinado a fatores climáticos e antrópicos, como à dimensão, à forma e ao estágio evolutivo em que se encontra esta forma erosiva. Sua forma é quem comanda a geometria da rede de drenagem que ela contém [...] é uma forma de erosão típica de áreas desequilibradas, onde houve a mudança de um dos componentes do quadro natural, rompendo a cadeia formada por elementos que se encontravam em equilíbrio.

Lepsch (2011) avança na caracterização da voçoroca ao identificar suas causas. Segundo o autor, a erosão hídrica se dá em três tipos:

¹ Segundo Vieira (1978, p. 9): “o vocabulário oficial em vigor no Brasil autoriza empregar duas formas variantes dessa palavra, que tem pronúncias diferentes [...] a forma mais corrente é com **B** inicial, conforme tivemos ocasião de constatar durante a pesquisa bibliográfica sobre o assunto (Pichler, 1953; Ab’Saber, 1968b; Furlani, 1969). [...] Achamos conveniente empregar a letra **B** como início, entretanto, nada impede que se use a forma ‘voçoroca’.”

- a) erosão laminar;
- b) em sulcos; e
- c) em voçorocas.

Nas voçorocas, o escoamento das águas superficiais e subsuperficiais resultam em ‘rasgos’ disseminados nas encostas. Esse tipo de erosão indica a destruição total de áreas agrícolas e por vezes, também de áreas urbanas. Entre os fatores que causam a evolução dos sulcos para voçorocas estão: aradura, semeadura e cultivo alinhados no sentido ‘morro abaixo’, facilitando o direcionamento das enxurradas. A análise da localização das cicatrizes pode identificar como fatores, animais caminhando repetidamente em uma mesma direção muito inclinada além da abertura de estradas rurais mal planejadas e antigas valas que delimitavam os territórios de fazendas, como causas na formação de voçorocas.

O estudo dos processos erosivos pode apontar para uma integração entre informações das condições ambientais. Nakashima (2001) procedeu uma análise ambiental integrada a partir das relações entre os elementos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, uso da terra/vegetação e os processos erosivos. Em seu trabalho foram realizadas análises laboratoriais, experimentos em campo com vistas a construir a carta de fragilidade ambiental. Para realizar o estudo da Fragilidade Ambiental elaborou diferentes mapas temáticos e assim pôde estabelecer graus de fragilidade na relação solo-relevo considerando aí os processos erosivos que foram testados em campo, com o uso do penetrômetro e do infiltrômetro.

Em seção dedicada à erosão pluvial, Torres (2012) apresenta a ravina e, posteriormente, a voçoroca como processos ligados ao escoamento superficial em sintonia com o que a comunidade acadêmica vem consolidando. Entretanto, o autor discorre sobre a formação das ravinas e das voçorocas, marcando neste segundo, um estágio avançado e comprometedor de áreas agricultáveis. De acordo com o mesmo, o aprofundamento e a ramificação das ravinas podem dar origem a focos erosivos de maior monta. Quando isso acontece formam-se as voçorocas, pois a erosão pode alcançar o lençol freático e conseqüentemente, seu nível de base local, passando a evoluir lateralmente. Esse fator pode tornar as áreas mais frágeis ainda comprometendo a expansão de áreas urbanas bem como se constituindo como áreas de risco.

2.2 Fragilidade ambiental

A fragilidade ambiental é a susceptibilidade do ambiente de sofrer intervenções, ou de ser alterado. Quando é quebrado o estado de equilíbrio dinâmico, o sistema pode entrar em colapso, passando para uma situação de risco conforme Schiavo et al (2016). Esse conceito está ligado à Teoria dos Sistemas e de acordo Morato et al (2003), os estudos de fragilidade ambiental “têm por objetivo identificar unidades ambientais com características comuns em termos de vulnerabilidades aos processos erosivos”.

Vitte e Santos (1999) apud Morato et al (2003) partem do significado dos termos fragilidade e meio ambiente para chegar ao conceito de fragilidade ambiental. Assim, o termo fragilidade do meio pode aparecer como ambiente de risco, ou risco ambiental, o qual define-se como perigo ou possibilidade de perigo ou perda, que estão vinculadas à percepção humana da dinâmica da natureza.

A fragilidade ambiental pode ser compreendida a partir das intervenções humanas no ambiente natural. Ross (2009) discorre a respeito dessa relação apontando para a necessidade de se estabelecer uma pesquisa voltada para o entendimento da dinâmica natural sem as intervenções humanas.

Ab'Saber (1994) apud Ross (2009) aponta a necessidade de entendimento do espaço total, onde visa analisar a implantação de empreendimentos modificadores de remanescentes e introduz a paisagem como o suporte ecológico e bioecológico modificado por obras e atividades humana.

O método proposto por Ross (1994) considera as informações referentes à declividade, tipo de solo e precipitação, além dos dados acerca do uso da terra e da cobertura vegetal. Esses dados são tidos como fundamentais para a geração de um mapa-síntese, o qual, por sua vez apresenta os diferentes graus de fragilidade ambiental, possíveis a partir da avaliação integrada desses dados.

Crepani (2001) desenvolveu uma metodologia para verificar a fragilidade, que o autor considera como vulnerabilidade natural à perda de solo. Usando do conceito de ecodinâmica proposto por Tricart (1977), a proposta é de uma reinterpretação dos dados temáticos com o uso de imagens de satélite e de escalas de valores relativos e empíricos das unidades da paisagem de acordo com a relação morfogênese/pedogênese.

Sporl (2001) aplicou e comparou três diferentes modelos de análise para a fragilidade ambiental e apontou a diferença entre eles nos seus resultados. Os modelos propostos se

ancoraram nas Unidades Ecodinâmicas e o peso das variáveis é quem definiu os graus de classificação da fragilidade, segundo a autora.

Já Santos (2002) aplica em seus estudos a ligação entre a fragilidade ambiental e a vulnerabilidade da sociedade, este último (conceito de vulnerabilidade) apresentado em seção posterior. Ao usar como recorte espacial a cidade de Fortaleza, o autor consegue identificar que a ocorrência de eventos extremos não é necessária visto que o uso inadequado do solo e a instalação de residências em áreas de fragilidade ambiental alta já deflagram um risco vivenciado.

No capítulo sobre a Erosão dos solos no Brasil, Guerra e Mendonça (2007) consideram a fragilidade como um elemento importante para o entendimento dos impactos ambientais provenientes de processos erosivos junto a outros condicionantes. A partir de um exemplo na cidade de São Luis, os autores mencionam que ao combinar outras variáveis, a possibilidade de intensificar a atuação dos processos erosivos é maior, causando assim dificuldades na recuperação dessas áreas.

Os estudos sobre fragilidade constam de um levantamento de dados básico. Por essa razão, Ross (2012) propõe a concepção teórica e técnica para a formulação e elaboração da carta geomorfológica e a carta genética do relevo. Segundo o autor, isso auxilia exemplificando através de uma aplicação como deve ser analisado o relevo.

A análise da fragilidade ambiental vem se constituindo como um dos principais documentos para a realização de um ordenamento ambiental territorial segundo Oliveira (2012). Em seu trabalho, a fragilidade pode ser entendida como a suscetibilidade do ambiente em sofrer qualquer tipo de dano e associado a fatores de desequilíbrio de ordem tanto natural quanto antropogênica. Os autores destacam a agilidade que a resposta através de um mapa de fragilidade pode oferecer no processo de tomada de decisão.

O grau de proteção que a cobertura vegetal proporciona a determinadas áreas foi o que buscou caracterizar Tamanini (2008). Com o objetivo de mostrar a fragilidade emergente, a autora destaca que a contribuição e o uso das tecnologias no tratamento de estudos ambientais demonstra a eficiência e a agilidade nas aplicações de metodologias com enfoque espacial.

De acordo com Fagundes (2013), a comparação entre metodologias que visam caracterizar a fragilidade ambiental (proposta por Ross) e a suscetibilidade à perda de solo (proposta por Crepani) revelam a necessidade de se pensar a escala de trabalho das variáveis temáticas com que se trabalha. Seu trabalho compara o mapa de fragilidade, elaborado através da metodologia proposta por Ross (1994), e o mapa de vulnerabilidade à perda de solo, através da metodologia proposta por Crepani (2001).

Com o uso de técnicas de geoprocessamento para a caracterização da fragilidade potencial e da fragilidade emergente, seguindo a metodologia proposta por Ross (1994), Batista et al (2013) indentificaram que o uso e a ocupação determinaram as classes média e alta para boa parte da bacia estudada. Dois usos principais se destacam nesse contexto: a expansão urbana e a agropecuária. Os autores destacam que a metodologia possibilitou compreender de forma satisfatória a fragilidade potencial e a fragilidade emergente.

Follman et al (2018) selecionaram as variáveis a partir da elaboração de um mapa conceitual e, posteriormente fizeram a caracterização da fragilidade ambiental. O objetivo do trabalho foi identificar os elementos que influenciam na fragilidade ambiental a partir da atividade suinícola. Isso foi possível através da adoção de um método quali-quantitativo que reuniu os principais indicadores (que influenciam o suporte do ambiente) possibilitando assim, a construção de um mapa de fragilidade ambiental.

A compartimentação do meio físico foi o caminho adotado por Cavalheiro et al (2002). Através da combinação das características (litologia, solo, relevo e vegetação) os autores afirmam que foi possível identificar a capacidade de uso da terra bem como a potencial ocorrência de processos erosivos. Junto aos compartimentos, os autores pontuaram que foi possível determinaram o conhecimento e o entendimento “das características e processos atuantes em cada compartimento e a viabilidade de recuperação nesses”.

Sakamoto et al (2015) avaliaram a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Alto Rio Coxim (BAC), usando lógica fuzzy implementado em um Sistema de Informação Geográfica para propor um modelo de ordenamento físico-territorial. O uso da lógica *fuzzy* possibilitou um modelo diagnóstico que evidenciou um aumento da fragilidade ambiental ligada à atividade pecuária e propuseram algumas recomendações a partir desse estudo.

A relação entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social é um tema abordado por Santos (2015). Ao considerar a fragilidade ambiental, o autor destaca a importância da definição dos níveis hierárquicos de fragilidade que, por sua vez, orienta um conjunto de fatores que determinam a capacidade de resiliência do ambiente, exigindo que os conhecimentos sejam avaliados de forma integrada. Na perspectiva do risco, o conceito de vulnerabilidade social é apresentado pelo autor como “um limiar de ruptura, a possibilidade de sofrer perturbações derivadas de fenômenos e intervenções que podem ter sido originadas para além dos limites territoriais do sistema afetado”.

2.3 Os conceitos de risco e vulnerabilidade relacionados à abordagem da fragilidade ambiental

O conceito de vulnerabilidade para os geógrafos é entendido como uma “simbiótica na relação sociedade-natureza”, de acordo com Marandola (2004). O autor destaca que para a Demografia, a vulnerabilidade é entendida na perspectiva do componente socioeconômico. No âmbito da discussão conceitual, a vulnerabilidade pode ser compreendida a partir do “grau de capacidade de resposta e de habilidade de adaptação” frente a ocorrência de perigos.

Almeida (2010) apresentou em sua tese uma metodologia para mensurar as vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos usando como recorte espacial a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza. Os resultados revelaram que há tendência de haver coincidência entre a ocupação dos espaços mais expostos aos processos naturais perigosos (como inundação) pela população mais vulnerável.

A vulnerabilidade está diretamente relacionada às noções de estabilidade e sensibilidade. Segundo Christofolletti (1999), a vulnerabilidade “define o nível em que a mudança climática pode prejudicar ou destruir um sistema”. O entendimento da vulnerabilidade segundo o autor passa pela dependência da sensibilidade do sistema e pela resiliência frente às novas condições reinantes. A análise da vulnerabilidade é imprescindível na configuração social do risco. Elementos como a grandeza dos prejuízos econômicos e o número potencial de vítimas frente aos impactos ambientais são dimensionados nesse entendimento de vulnerabilidade.

Na mesma perspectiva, Tavares (2007) em estudo relacionado às mudanças climáticas aponta que “a vulnerabilidade pode indicar o quanto existe de inabilidade para lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas e depende da sensibilidade e da capacidade de adaptação dos sistemas”. No mesmo trabalho, o autor salienta a diferença entre a vulnerabilidade do sistema físico e a vulnerabilidade do sistema socioeconômico. Quanto ao sistema socioeconômico, a vulnerabilidade pode ser configurada a partir “da tecnologia, da educação, da informação, da infraestrutura, da capacidade de gerenciamento e da riqueza disponível”. Compara dois países: Holanda e Bangladesh destacando que para o segundo, a inexistência de recursos econômicos “tornam o país extremamente vulnerável às catástrofes provenientes, por exemplo, de furacões e enchentes”.

O conceito de desastre está associado à vulnerabilidade das populações expostas ao perigo como nos salienta Quarantelli (1998) apud Almeida (2011):

um desastre é um evento concentrado no tempo e no espaço, no qual uma comunidade experimenta severo perigo e destruição de seus serviços essenciais, acompanhado por dispersão humana, perdas materiais e ambientais, que frequentemente excedem a capacidade dessa comunidade em lidar com as consequências do desastre sem assistência externa.

A vulnerabilidade das áreas urbanizadas frente aos azares naturais (terremotos, maremotos, ciclones e tufões, enchentes, secas e deslizamentos) é uma perspectiva do campo da Geomorfologia no tocante ao planejamento do uso do solo urbano. Para Christofolletti (2013), a vulnerabilidade “se encontra relacionada com as condições socioeconômicas das populações”. O entendimento da vulnerabilidade dos grupamentos humanos, na perspectiva do autor, será possível dado que avaliar os riscos é considerar que a morfologia e a tipologia dos canais se modificam e se metamorfoseiam.

A definição de vulnerabilidade está ligada à de risco. Segundo Brundl (2010), a vulnerabilidade é um importante fator para a estimativa do risco. O termo é sempre relatado como consequência de um desastre natural ou um evento e é definido de diversas maneiras. Geralmente, a vulnerabilidade “é considerada como uma função de uma determinada intensidade de um processo, expressando o grau esperado de um elemento do risco”².

Na Geografia, o conceito de risco é atualmente encontrado em muitos trabalhos. Isso revela a importância dos estudos que contribuem para uma caracterização dos riscos vividos, visto que esse é assumido em função dos perigos vividos pela população. No geral, o conceito de risco pode ser associado a probabilidade de ocorrência.

O perigo tem sido considerado na Geografia como azar natural. Segundo Christofolletti (1999), o perigo tem sido abordado nessa perspectiva, pois tem ajudado a identificar as vulnerabilidades que o ambiente apresenta; bem como oferecido a delimitação real de áreas propensas a incidência de risco. Esse viés tende a apresentar o azar natural, que aqui denominamos perigo, como eventos que ocorrem na interface entre os ocorridos nos sistemas ambientais e os usuários dos sistemas socioeconômicos. Assim, os eventos naturais passam a se denominar azar natural (ou perigo) na medida em que acarretam prejuízos e mortes aos seres humanos.

O entendimento do perigo instalado e vivido pelas populações, que conotarão um risco face a convivência com este começa a aparecer no Brasil através da Geografia da Percepção, que se estabelecendo como escola do pensamento vai trazer para a análise da organização espacial uma abordagem cujo “o conhecimento do mundo físico é tanto perceptivo como

² “Vulnerability is considered as a function of a given intensity of a process, expressing the expected degree of loss for an element at risk”

representativo” conforme nos apresenta a geógrafa Livia de Oliveira (1977). Por isso, o entendimento do risco passa pela percepção do perigo. Segundo a autora, a percepção geográfica ajudou às distintas tomadas de decisão em diferentes cenários e contextos.

Cumprido recordar que a relação entre o indivíduo e o perigo, desde as sociedades primitivas sempre foi presente, no cotidiano das populações. Igualmente, isso tem sido emanado frente ao que alguns autores na Sociologia costumam chamar de “reflexividade da modernidade”. Então, as ameaças e os perigos são vistos como um reflexo de uma sociedade industrial que, tendo em vista o controle dos ambientes naturais; estabeleceu suas próprias formas sobre o espaço geográfico, impactando e degradando o ambiente e produzindo um desordenamento na dinâmica natural dos elementos físicos que conferiam à paisagem, características únicas. Além disso, o perigo pode ser considerado como o que se apresenta no espaço natural a priori, visto que é um fenômeno que constitui a paisagem do local (MARANDOLA JR & HOGAN:2007).

Giddens (1991) aponta que o perigo existe em circunstâncias de risco. Nessa perspectiva os estudos indicarão o perigo como postulado para o entendimento do risco apresentado no espaço geográfico. A ocorrência dos fenômenos naturais, segundo ele, está intimamente ligada à mensuração dos possíveis riscos que determinados espaços apresentam. Assim, os estudos geográficos ressaltam a importância das variáveis, risco e vulnerabilidade, na busca pelo entendimento dos perigos a serem enfrentados pelas populações que estão sujeitas aos riscos.

Os perigos eminentemente presentes no espaço geográfico representam uma dinâmica ligada à ocorrência dos sistemas naturais. Em outras palavras, o perigo é o fenômeno natural estritamente compreensível sob a ótica sistêmica da natureza. É pertinente então vislumbrar o conceito de risco, visto que está ligado ao de perigo.

O risco tem sido tratado por geógrafos que visam minimizar os perigos que se apresentam para as populações que habitam o espaço geográfico que as mesmas incidem. Os estudos de caso apontam o desenvolvimento do conceito de risco como a probabilidade da ocorrência de perigo e tangenciam caminhos para a discussão de planejamento e ordenação territorial.

O risco é definido como a percepção do perigo, da catástrofe possível (VEYRET:2007). No tocante à geografia, o risco vem sendo trabalhado na abordagem ambiental, quando realiza estudos voltados à caracterização do perigo; que é percebido pela sociedade como risco. Para Veyret (2007), o risco e a percepção que se tem dele não podem ser construídos sem levar em consideração: o contexto histórico em que foram produzidos e,

principalmente, as relações com o espaço geográfico, os modos de ocupação do território e as relações sociais características do recorte temporal a ser analisado.

Veyret (2007, p. 26) nos diz que o entendimento do risco, ou a percepção do perigo, deve considerar “o contexto histórico que o produziu e, especialmente, as relações com o espaço geográfico, os modos de ocupação do território e as relações sociais características da época”. Por isso, a compreensão do risco no espaço geográfico vai variar de acordo com a época e com a cultura. Portanto, para uma discussão sobre o risco foi importante diferenciar risco de perigo. Foi identificado o que representa a confiança, a crença, a segurança, a fortuna e a sorte. Estas concepções ajudaram a diferenciar o perigo do risco, e assim, permitiram uma análise do espaço geográfico e sua relação com o risco.

Na abordagem que considera os fenômenos naturais para o entendimento do perigo percebido, Veyret (2007) apresenta a noção de risco atrelada a uma discussão que envolve a percepção e a gestão social do risco sob uma perspectiva espacial. Para tal estudo, os riscos foram caracterizados como: ambientais, industriais e tecnológicos, econômicos, geopolíticos e sociais. Os riscos ambientais estão profundamente relacionados aos sentimentos, percepção e capacidade de suporte de uma determinada população e/ou indivíduo frente a um processo físico. Apesar da discussão travada quanto ao uso do termo “risco natural”, entende-se que esses riscos são ligados aos perigos e que têm causas físicas que escapam à intervenção humana. Não descartando, porém os riscos naturais ocasionados ou agravados pela intervenção humana, Veyret vai citar ainda alguns exemplos de fenômenos que acontecem quando da indevida ocupação do território. Os exemplos de erosão de solos, erosão e o processo de desertificação elucidam as práticas sociais que foram adotadas na ocupação do território, imprimindo sobre um determinado espaço um agravante no tocante ao risco terminantemente presente.

É possível perceber a importância da preservação ambiental no tocante à gestão do risco presente em significativa porcentagem das cidades brasileiras. Nesse momento, trazem-se para o debate, os atores que de forma incipiente e insatisfatória têm participado das discussões que permeiam sua vivência, seu cotidiano. Assim, é possível direcionar o olhar para uma releitura da percepção ambiental que retoma a discussão homem/ambiente e que evidencia o principal instrumento de análise: a observação (Dolfuss, 1972).

O risco considera a percepção dos perigos vivenciados pela população que em determinado espaço geográfico se instala e que estabelece critérios de gestão em função da probabilidade de ocorrência de perigos.

2.4 Análise ambiental integrada e Análise Multicritério – AHP

O método AHP foi escolhido para elaborar o mapa de fragilidade ambiental e utilizado nesta dissertação. A análise multicritério, e nesse caso a AHP, é uma teoria com base matemática que verifica a consistência entre os critérios (julgamentos) e a avaliação entre a importância relativa entre os critérios utilizados. Contudo, esse método compõe a análise multicritério que por sua vez está associado à análise geoespacial.

A análise geoespacial encontra suas origens no interior da ciência geográfica. Hagget (1969) apud Ferreira (2013) apresenta a evolução da análise geoespacial pelas diversas escolas do pensamento geográfico. Apresenta a orientação da análise geoespacial de acordo com as escolas e destaca: a diferenciação espacial (escola corológica), a paisagem (escola da paisagem), a ecologia (escola ecológica) e a variável espacial (escola locacional).

Essa análise geoespacial, de acordo com Ferreira (2013), vai encontrar suas sementes na escola locacional da Geografia. Segundo o autor, a análise geoespacial reúne um conjunto de métodos e técnicas quantitativos que acionam a organização das informações geográficas em um determinado tempo. Devido à complexidade das respostas às indagações acerca dos fenômenos que ocorrem no espaço geográfico, muitas técnicas são transformadas em linguagem computacional e reunidas em seguida através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Isso significou uma popularização da análise geoespacial realizada em computadores, que atualmente é apresentada pelo termo geoprocessamento. O autor destaca ainda a necessidade de se compreender a análise geoespacial, pois essa é quem baseia a série de algoritmos residentes em um SIG.

“A espacialidade é característica inerente aos sistemas ambientais” (Christofolletti, 1999). O autor destaca a relevância de se pensar a distinção entre análise de dados espaciais e análise espacial. Como análise espacial, o autor destaca que as distâncias entre os locais e os eventos é o fator chave para se compreender a relação entre eles. A análise espacial remonta ao “desenvolvimento da quantificação em Geografia e da ciência regional, quando os estudos buscaram destacar as características dos padrões espaciais”.

Anselin e Getis (1993) apud Christofolletti (1999), aponta a modelagem dos sistemas ambientais como algo mais abrangente no tocante à análise espacial. Esse processo engloba a obtenção e análise dos dados georreferenciados que absorvem as técnicas geoestatísticas, se ligando ao uso e interpretação da documentação e conectada ao sensoriamento remoto. Destaca ainda a orientação dos sistemas de informação geográfica que se ajustam às quatro

operações básicas: entrada de dados, armazenagem/manejo de banco de dados, análise de dados e apresentação dos resultados.

Com base em pesquisas desenvolvidas a partir da modelagem, o conhecimento e o uso da informação topográfica tem sido recorrente na representação de variáveis complexas, como o relevo, a título de exemplo. Então, pode-se afirmar que representação das curvas de nível e dos pontos contados em diferentes resoluções e distribuições constitui uma ‘modelagem’ do relevo.

A complexidade de informações que pode sugerir o entendimento de um processo natural demanda uma simplificação da realidade. Desta forma, a representação de um fenômeno no espaço geográfico não se resume somente em uma representação através de um único sistema de informação.

Por isso, o processo de modelagem é uma ferramenta importante para decompor o mundo real em sistemas simplificados tendo em vista que se busca uma visão geral acerca de determinadas características essenciais de um dado domínio. Contudo, a abstração pode ser definida uma vez que a escolha por certas características é feita tendo em vista que elas representam o que se busca investigar (Miranda, 2015).

De acordo com Ferreira (2014), até recentemente a análise entre diversas informações da realidade era dificultosa uma vez que as informações estavam descritas em documentos impressos.

A análise espacial também foi considerada por Câmara (1998). Segundo ele, o geoprocessamento tem por objetivo “fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as interrelações entre diferentes fenômenos”. O geoprocessamento, como salientam os autores, apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, onde o conhecimento é adquirido localmente. O tratamento das informações geográficas contidas nos mapas, sobretudo a partir do século XX e após a evolução dos computadores, possibilitou uma maior aproximação e integração entre “várias disciplinas relacionadas com a identificação, o registro e a apresentação dos fenômenos geográficos”. O geoprocessamento se ocupa em determinar e apresentar os mecanismos de interrelação entre os fenômenos geográficos e esses padrões de interrelação podem assumir diferentes formas: correlação espacial, correlação temática, correlação temporal e correlação topológica.

No que é denominado ‘sistema de geoprocessamento’, Câmara (1998) salienta ainda que os dados possuem poucas simetrias e regularidades que possam ser reproduzidas. Os

dados em geoprocessamento sempre são georreferenciados e na maioria dos casos estão em uma projeção cartográfica, o que pode impor certa distorção relativa às coordenadas geográficas. Os dados em geoprocessamento possuem atributos, o que cria a necessidade de consultar, atualizar e manusear um banco de dados espaciais. Os componentes relacionados a um SIG, se relacionam de forma hierárquica.

A integração de dados oriundos de fontes diferentes pode trazer algumas preocupações para os usuários de SIG. D'Alge (2001) aponta a importância da projeção cartográfica e do datum planimétrico e, portanto, o cuidado com o sistema de referência utilizado. Erros identificados quando da integração dos dados costumam aparecer e por essa razão, o usuário pode ter que recorrer “à função de ajuste de linhas de modo a garantir consistência topológica”. Dentre outras questões, o autor destaca um procedimento fundamental por parte do usuário de SIG: a análise dos seus dados antes da alimentação do universo digital.

Diversas técnicas podem ser empregadas no geoprocessamento visando subsidiar a análise geoespacial. Uma das técnicas utilizadas é a análise hierárquica de processos, conhecida como AHP. Essa técnica advém da necessidade de tomada de decisões para problemas complexos. Surge na década de 1970 através dos métodos de apoio ou auxílio multicritério à decisão. Seu objetivo segundo Gomes (2004) esses métodos:

têm um caráter científico e, ao mesmo tempo, subjetivo, trazendo consigo a capacidade de agregar, de maneira ampla, todas as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com a finalidade de possibilitar a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões. Esses métodos valem-se de um enfoque diferenciado dos problemas e passam a atuar sob a forma de auxílio à decisão, envolvendo não somente uma representação multidimensional dos problemas, mas também uma série de características bem definidas em relação à sua metodologia.

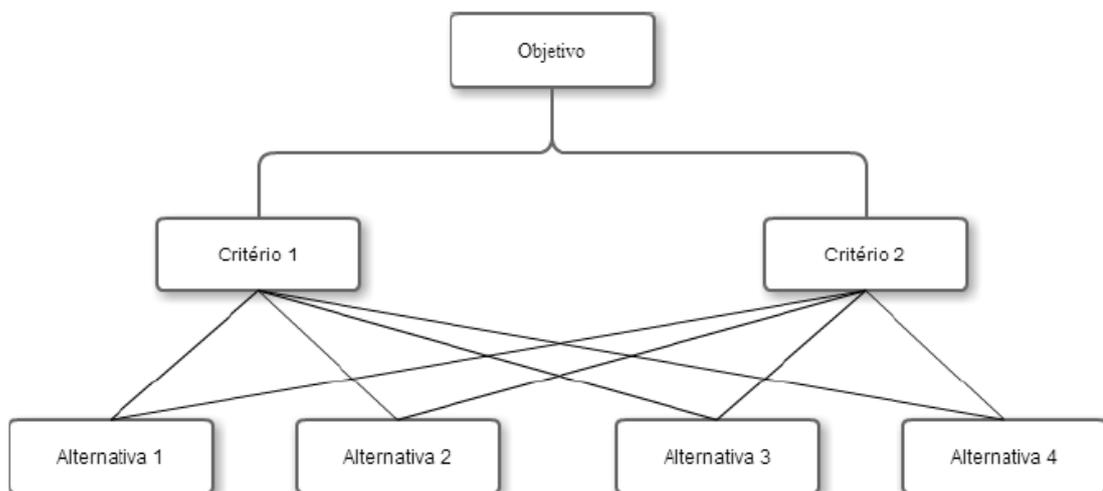
Saaty (1980) apud Gomes (2004) apresentou o problema de decisão dividido em níveis hierárquicos, facilitando assim, sua compreensão e avaliação. A metodologia proposta por Saaty consiste na atribuição de pesos distintos entre os critérios comparados, permitindo assim, uma álgebra entre os mapas envolvidos.

Baptista (2009) usou o método de processo hierárquico (AHP) em seu trabalho desenvolvido no município de Nova Friburgo. A autora utilizou o método AHP visando o caracterizar a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais e auxiliar quanto à prevenção. Através de uma análise qualitativa dos elementos do meio físico, essa técnica de apoio na tomada de decisão contou com a definição de pesos para os critérios adotados (de acordo com os graus de importância). Os cenários finais foram gerados a partir da análise multicritério com o objetivo de dar suporte à tomada de decisão.

Em seu trabalho intitulado “Análise geomorfológica da suscetibilidade a deslizamentos na Folha Paulista – Região Metropolitana do Recife”, Junior (2015) usa a análise da AHP através da atribuição de pesos aos critérios, que foram os mapas temáticos: pedológico, curvatura, uso e ocupação da terra, geológico e declividade. Nesta pesquisa, os critérios propostos por Saaty (2008) foram os mapas temáticos (geológico, pedológico, curvatura, uso e ocupação da terra e declividade). O método AHP utilizado para elaborar o mapa de suscetibilidade “forneceu resultados confiáveis, pois foi ratificado perante a análise dos pontos que se enquadraram nas classificações já encontradas no mapeamento” (JUNIOR, 2015, p. 9).

A importância do uso da AHP nos estudos ambientais devido à associação com os sistemas de informação geográfica é destacada por Barbosa (2015). Seu trabalho propôs mitigar a subjetividade da técnica através da aplicação das redes neurais artificiais, com o objetivo de apontar na ponderação inicial proposta pelo método AHP, os pesos dados pelos especialistas. O método hierárquico (AHP) está expresso na figura 1.

Figura 1 - A hierarquia do AHP



Fonte: Barbosa, 2015.

O processo analítico hierárquico é uma maneira racional de combinar os dados frente a uma tomada de decisão. Câmara (2001) nos aponta a importância de se trabalhar o modelo proposto por Saaty (1992) que se baseia em uma comparação pareada. Na prática segundo o autor, os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois a dois, e um critério de importância relativa é atribuído entre esses dois.

Moraes (2012) estudou, a partir da classificação resultante, o emprego do AHP visando mapear áreas suscetíveis a deslizamento no município de Angra dos Reis. Através da

integração de diferentes mapas já produzidos e ao entender a necessidade de integração, a autora identificou áreas onde há maior probabilidade de ocorrência.

Raffo (2012) aponta para o papel dos mapas em avaliações multicritérios. O autor faz uma revisão sobre o processo analítico hierárquico aplicado à Geografia e apresenta uma breve revisão do estado do arte e cita alguns softwares para serem trabalhados.

Miranda (2015) aponta que na análise multicritério, a definição do próprio critério a ser utilizado pode ser feito segundo duas escalas: a direta (sem uso de manipulação ou fórmulas) ou indireta (qualitativo/padronizado). Ancorado na escala de pesos atribuídas por Saaty (1992), o autor apresenta que o método AHP tem uma variação entre 9 pesos.

A análise multicritério está presente no trabalho de Ribeiro (2013) que identificou os locais com maior risco de ocorrência de movimentos de massa como um dos critérios para propor áreas para compor a zona de amortecimento do Parque Estadual da Pedra Branca, no município do Rio de Janeiro. Por meio de combinações dos diferentes planos de informação foi possível identificar os condicionantes físicos, de saneamento ambiental, de uso do solo e cobertura vegetal caracterizando fatores do meio físico e de intervenção antrópica que são capazes de condicionar a ocorrência de movimentos de massa. Como procedimento metodológico usou o geoprocessamento e editou mapas temáticos para execução das análises apresentadas em seu estudo. A análise multicritério possibilitou a avaliação ambiental do risco de ocorrência de movimentos de massa. Foi usado o SAGA (desenvolvido pelo Lageop – Universidade Federal do Rio de Janeiro), e a partir do método Delphi foi possível caracterizar o risco de ocorrência do movimento de massa.

Com o objetivo de mapear as áreas suscetíveis a escorregamentos na parte continental do município de Angra dos Reis, Moraes (2012) utilizou o método AHP em sua análise para identificar as áreas com suscetibilidade a escorregamentos. Foram considerados critérios na análise (através da distribuição de pesos): declividade, geomorfologia, pedologia e uso do solo. A autora destaca ainda que o método AHP é a estruturação hierárquica do modelo onde são identificadas quatro funções: estruturação hierárquica, comparação paritária dos elementos em cada nível do sistema, princípio de priorização e por fim, sintetização de prioridades.

Voogd (1983) apud Carmo (2017) define a Combinação Linear Ponderada como o método onde os fatores são padronizados de acordo com uma escala numérica, recebem pesos e são combinados por meio de média ponderada. O resultado é um mapa de prioridades que pode ser compartimentado em classes temáticas.

A combinação linear ponderada é um processo de estimativa através da determinação de valores desconhecidos em pontos desconhecidos. Segundo Miranda (2015), os pesos levam em consideração a distância às amostras vizinhas. Por essa razão o processo consiste, segundo o autor, em multiplicar cada mapa por um peso, somar todos os produtos e normalizar pela soma dos pesos. Nesse tipo de combinação, o pesquisador expressa de maneira diferenciada as variáveis estudadas, atribuindo pesos aos mapas. Estes mapas possuem classes múltiplas cada um com sua importância própria. O método para a análise via combinação linear ponderada obedece a 3 etapas: inserção dos parâmetros/*layers* (1ª etapa), preenchimento da matriz de comparação (2ª etapa) e a combinação linear ponderada (3ª etapa).

2.5 Aspectos normativos quanto ao uso do solo: áreas de preservação permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são amplamente discutidas sobretudo em áreas urbanas devido à sua complexa delimitação. Essas áreas surgiram no Código Florestal de 1965 (Lei 4771/1965) conforme nos apontou Corrêa (2016). A autora destaca que as primeiras referências de aumento das dimensões/metragens foram em 1989. Seu trabalho destaca as considerações sobre a redução da dimensão/ampliação de Áreas de Preservação Permanente de Faixa Marginal de curso d'água em três áreas do rio Paraíba do Sul.

As Áreas de Preservação Permanente estão contempladas no novo Código Florestal brasileiro e são definidas como aquelas “cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” artigo 3º, inciso II, da Lei 12 651, de 25 de maio de 2012 que instaurou o novo Código Florestal (Brasil, 2012).

São três, os tipos de Áreas de Preservação Permanente considerados nessa dissertação: os topos de morro, as nascentes e as faixas de proteção marginal de rios. Skorupa (2003) apud Corrêa (2016) destacam que a preservação dessas áreas é muito importante para os aspectos físicos e para a preservação da vegetação.

A identificação das áreas de preservação permanentes auxiliam os municípios na tomada de decisão quanto à regulação e uso do solo. São áreas onde pode ocorrer o reflorestamento e, garantir assim, um equilíbrio na vertente ao controlar a ação erosiva e o movimento de massa.

A partir do Código Florestal brasileiro disposto no artigo 3º, inciso II, da Lei 12651, de 25 de maio de 2012, a Área de Preservação Permanente é definida como:

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 2012)

Para a delimitação da Área de Preservação Permanente, o Código Florestal apresenta em seu artigo 4º, incisos I, IV, V:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (...)

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (...)

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação; (BRASIL, 2012).

Na figura 2, temos presente as Áreas de Preservação Permanente (APP) contempladas no Código Florestal através da Lei 12651 de 25 de maio de 2012.

Figura 2 - Áreas de Preservação Permanente



Fonte: Instituto EcoBrasil. Disponível em: <http://www.ecobrasil.org.br>. Acesso em: 15 ago. 2018.

Outro aspecto da legislação, quanto a restrições de ocupação, dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano. Essa lei promulgada em 19 de dezembro de 1979, disciplina o

uso do solo urbano. De acordo com essa lei em seu artigo 4º, compete ao Poder Público, a delimitação de faixa *non aedificandi*. Ainda no artigo 4º, inciso III, os loteamentos devem respeitar o requisito exposto

ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica. (BRASIL, 1979).

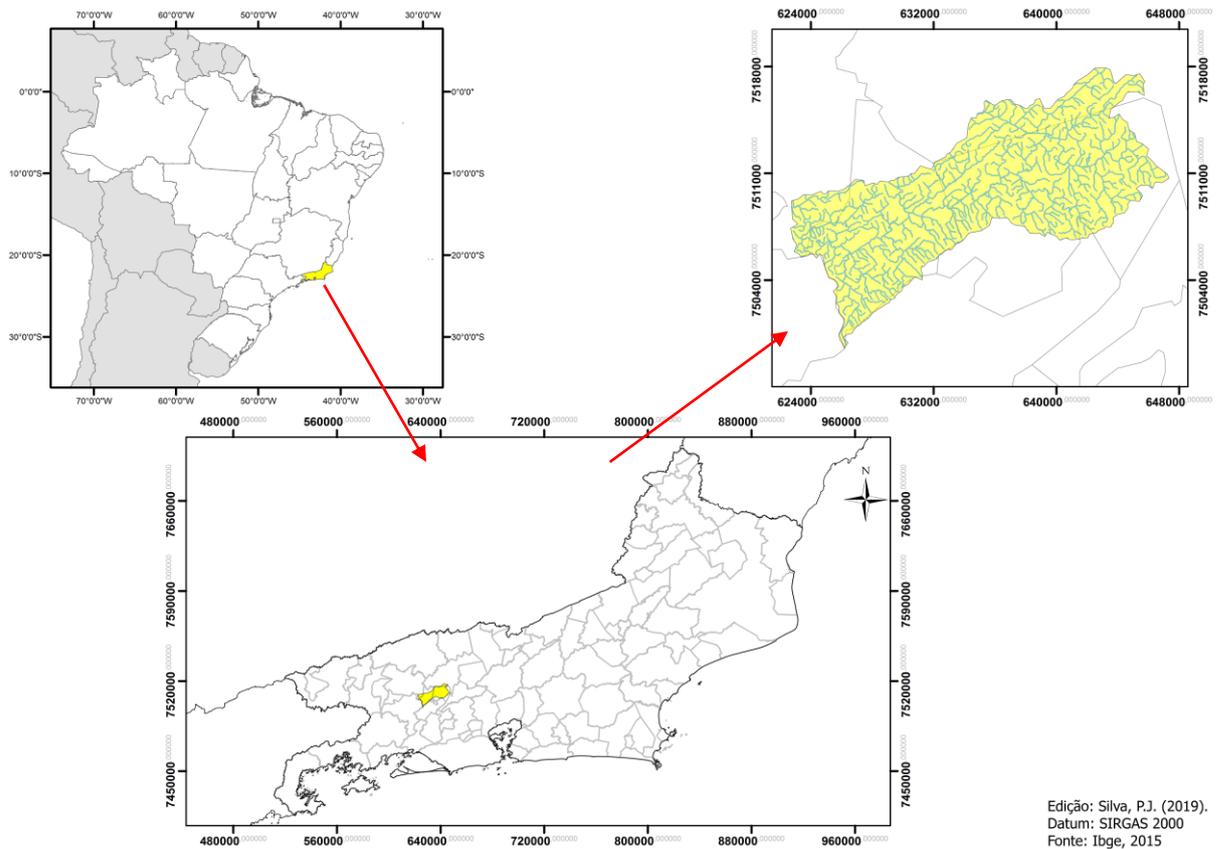
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A problemática observada na bacia hidrográfica está associada às cicatrizes erosivas que estão evidentes na paisagem. Se trata de uma área com a presença de ravinas e voçorocas, vegetação rasteira, exploração mineral, pisoteio de animais e falta de cobertura vegetal. Além disso, as cicatrizes erosivas se encontram próximas aos núcleos urbanos do médio para o baixo curso do rio Sacra Família.

Diversos fatores podem explicar a ocorrência das cicatrizes erosivas, dentre eles, o corte do talude para a construção de estradas. A área escolhida para a realização da pesquisa é a bacia do rio Sacra Família. É uma bacia hidrográfica em cuja porção do médio curso foram identificadas diversas ravinas e voçorocas. O entendimento da dinâmica socioespacial da bacia e sua relação com as áreas urbanas e rurais pode contribuir para o entendimento dos tipos de uso do solo que podem ser feitos em função da fragilidade ambiental de determinadas áreas da bacia. Entretanto, existe uma dificuldade em se definir áreas urbanas e áreas rurais. As áreas urbanas foram classificadas como os núcleos onde os serviços públicos são prestados diretamente (acesso à rede geral de água, coleta de lixo, acesso a rede de esgotos, dentre outros). Essas áreas são reguladas pelos planos diretores dos municípios envolvidos.

A bacia do rio Sacra Família engloba parcialmente os municípios de Barra do Piraí, Mendes, Engenheiro Paulo de Frontin e Vassouras. Está inserida sua maioria na região de Governo Centro-Sul do Estado do Rio de Janeiro (figura 3). No seu alto curso, nas proximidades dos limites do município de Engenheiro Paulo de Frontin com Vassouras, as cicatrizes erosivas estão menos presentes se comparadas a outras áreas da bacia. No médio e no baixo curso, já no município de Mendes, as cicatrizes erosivas estão mais evidentes na paisagem e com maior concentração. Essa área se trata da centralidade do município e é a Sede do município (área urbanizada).

Figura 3 – Localização da área de estudo



Fonte: Ibge, 2015.

No caso específico do município de Mendes, onde temos apenas um distrito-Sede, ele em sua totalidade está classificado como área urbana. Em compensação, outras áreas estão classificadas como rurais. São áreas onde o acesso é mais limitado e a ocupação é mais controlada. Também há um atendimento pouco expressivo (se comparado à área urbana) quanto à oferta de serviços públicos.

As cicatrizes erosivas aparecem tanto nas áreas urbanas (figura 4) como nas rurais (figura 5), mas na área urbana é possível que elas apareçam com maior intensidade devido ao fator antrópico que impõe mudanças na paisagem. E justamente sobre as áreas urbanas existe uma regulamentação mais específica e definida quanto ao Plano Diretor.

Figura 4 - Cicatrizes erosivas em áreas urbanas



Fonte: Google Earth Pro, 2018. Acesso em 15 de maio de 2018.

É necessário destacar que são poucos os estudos do recorte espacial escolhido e, por essa razão, houve uma organização e sistematização de dados que estão expressos através de um conjunto de mapas temáticos.

Figura 5 - Cicatrizes erosivas em áreas rurais



Fonte: Google Earth Pro, 2018. Acesso em 15 de maio de 2018.

3.1 Características da área de estudo

O rio Sacra Família é afluente principal do rio Piraí e seu exutório está a jusante do reservatório de Santana (no município de Piraí). Essa bacia hidrográfica drena cerca de 177 km² de área e segundo estudos realizados pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente (LABHID/COPPE/UFRJ), o rio Sacra Família pode contribuir com vazões da ordem de 133 m³ por segundo, na ocorrência de cheias com período de retorno de 20 anos.

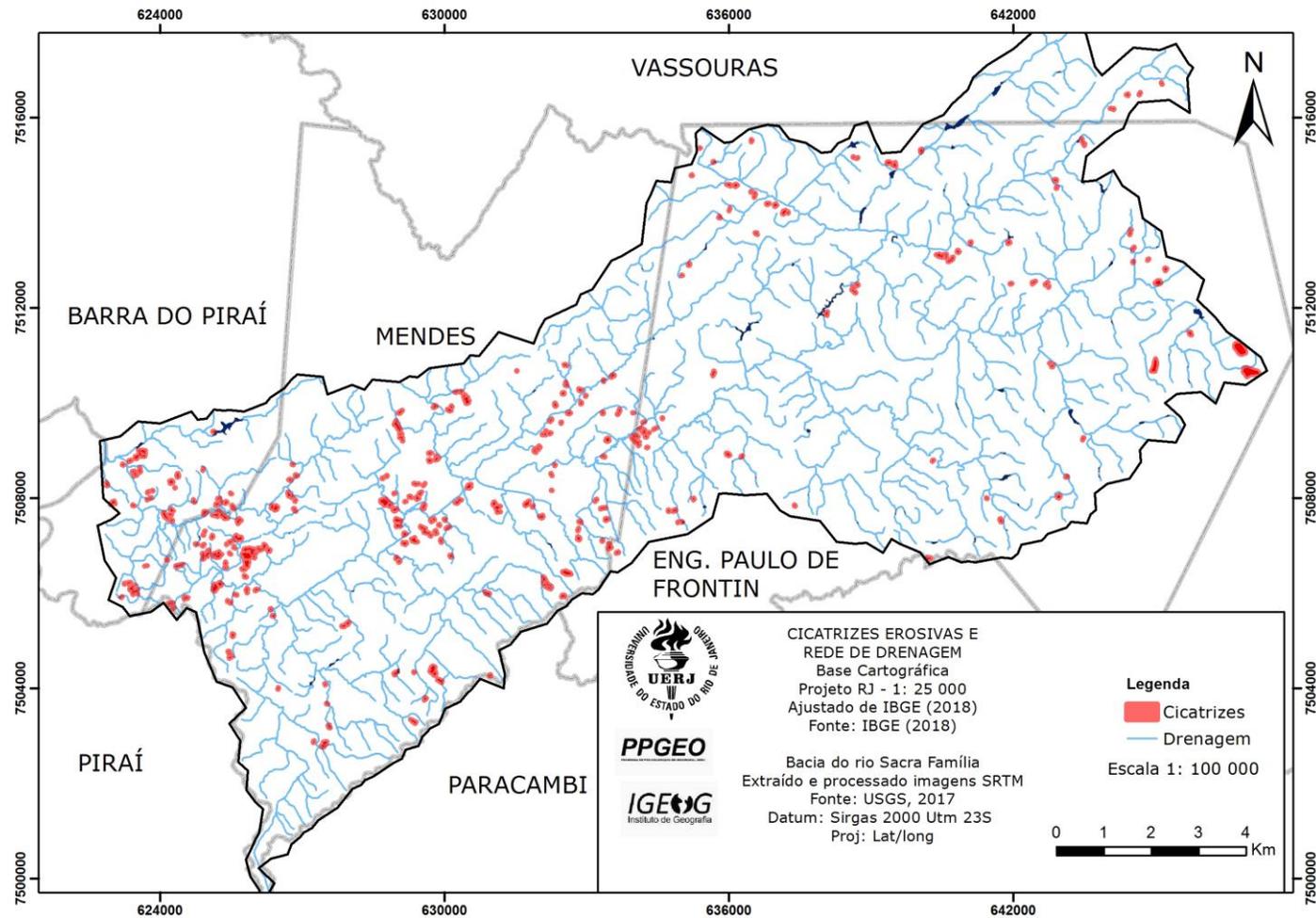
Esse rio é de extrema relevância para o que passa a jusante da barragem de Santana (que represa as águas do rio Piraí) e que continua seguindo seu curso até desaguar no rio Paraíba do Sul.

Ocorre que historicamente e por ocasião da instalação da barragem de Santana, as várzeas do rio Piraí ficaram expostas e por essa razão, aconteceu uma ocupação desordenada, que acabou se configurando como risco de inundação vivido pela população, a qual, ao longo dos anos, ocupou as margens do rio Piraí por conta da instalação do sistema de transposição de bacias do rio Paraíba do Sul para o rio Piraí.

Hoje, a dinâmica do rio Piraí, a jusante da barragem de Santana está diretamente associada às águas do rio Sacra Família visto que é seu principal afluente à margem direita. A dinâmica hidrológica da bacia do rio Sacra Família necessita de monitoramento e medidas de alerta às populações caso ocorra um evento de precipitação extremo. Cumpre salientar que o abastecimento de água para consumo humano também se torna uma das preocupações para as populações dos municípios envolvidos visto que a captação de águas para tratamento é feita no rio Sacra Família tanto no município de Mendes como no município de Barra do Piraí, onde ocorreu uma ocupação desordenada.

As altitudes da bacia do rio Sacra Família variam. São registrados os valores de 410 m (Mendes), 363 m (Barra do Piraí) e 395 m (Engenheiro Paulo de Frontin).

Mapa 1 – Cicatrizes erosivas encontradas na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018.

3.1.1 Histórico de ocupação

O processo de ocupação da bacia hidrográfica do Sacra Família remonta o século XVIII quando essa área era uma “economia de passagem”. Essa economia de passagem revelou dois momentos: o trânsito das tropas e a exploração agrícola dos solos (Sanchez, 1990). Em seu trabalho intitulado “Sertão e fazenda: ocupação e transformação da Serra Fluminense entre 1750 e 1820”, o entendimento do processo de ocupação se dá na função que essa porção do território fluminense desenvolve em três momentos: economia de passagem, exploração agrícola e posteriormente, café.

Esse último aspecto dialoga com o atual grau de degradação dos solos de algumas porções da bacia que tiveram sua cobertura vegetal removida em função do plantio do café. Essa atividade alterou a paisagem econômica e social radicalmente na área estudada e chama a atenção para dois aspectos, segundo o autor: a expropriação dos espaços (possibilitada através da abertura de caminhos em direção a Minas Gerais) e a concentração social da propriedade em função da expansão cafeeira.

São municípios que também alçaram a condição de vila e posteriormente, cidade nos tempos do Brasil Império. Portanto, as futuras cidades de: Vassouras, Engenheiro Paulo de Frontin, Mendes e Barra do Piraí e, foram de certo modo, gestadas pelas elites locais e constituídas a partir do ciclo do ouro e posteriormente, do café. Após a queda do café, esses municípios viveram um surto industrial e após esse processo de perda das indústrias, as atividades voltaram-se para a pecuária, o turismo e o setor de comércio e serviços. Conforme nos aponta Marafon (2011), essa região onde se localizam esses municípios é uma das mais pobres do estado do Rio de Janeiro se comparada às demais regiões de governo. É pouco dinâmica e com participação no PIB estadual bem reduzida. Entretanto, o setor de serviços ligado ao turismo tem transformado o meio rural de forma significativa com a refuncionalização das antigas fazendas de café do século XIX e isso tem atraído muitos turistas para esses municípios, além de se constituir importante fonte de recursos financeiros para os mesmos.

Com duas principais rotas rodoviárias, essa Região de governo atualmente conta com fácil acesso aos grandes centros metropolitanos a partir da BR-040 (que liga o Rio de Janeiro a Juiz de Fora) e da BR-393 (que liga essas cidades com o restante do Estado do Rio de Janeiro e ainda, com a megalópole paulista via Rodovia Presidente Dutra). Além disso, a

malha ferroviária representa uma importante função de centro comercial entre o Rio de Janeiro e Minas Gerais e está interligando essas cidades.

Marafon (2005, p. 64) lembra o início da ocupação ligado ao “seu desbravamento em fins do século XVII com a descoberta do ‘caminho novo’ e que encurtava as distâncias entre as lavras de ouro mineiras e a Guanabara”.

Em função da fácil acessibilidade, a Região sofreu um processo de urbanização impulsionado pela instalação das indústrias, e pelo recente desmembramento territorial, visto que essas mesmas prefeituras visam aumentar sua área urbana para fins de arrecadação tributária.

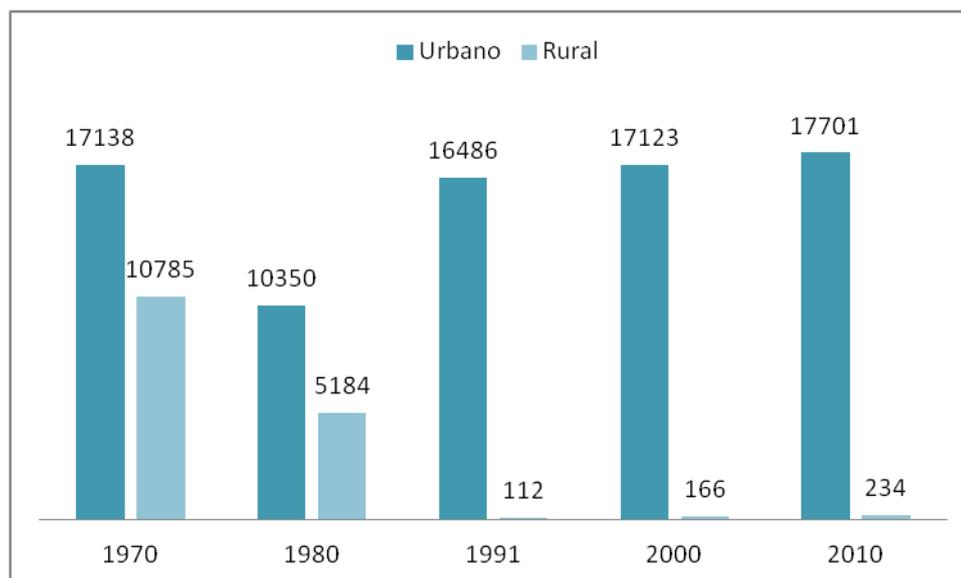
O processo de ocupação da então Freguesia de Sacra Família (que abrangia parcialmente o território da bacia hidrográfica) foi impulsionado pela exploração agrícola em pequenas propriedades, baseadas na policultura voltada para o mercado interno de acordo com Franco (1974) apud Sanches (1990). Portanto, se faz necessária uma breve caracterização do histórico de dois municípios que possuem maior parte de seus territórios inseridos na bacia do rio Sacra Família.

3.1.1.1 Mendes

O município de Mendes é formado apenas pelo distrito-Sede e está inserido na Região de Governo do Centro-Sul Fluminense. Sua localização apresenta altitude de 410 metros e está no alto da Serra do Mar. Mendes se situa acerca de 97,8 quilômetros da cidade do Rio de Janeiro.

Esse município apresenta elevada densidade demográfica em comparação com os demais municípios inseridos na área da bacia do rio Sacra Família. Segundo os dados de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sua população total é da ordem de 17940 habitantes (Censo Demográfico, 2010) e a evolução demográfica está representado no gráfico 1.

Gráfico 1 - População urbana e rural residente em Mendes



Fonte: Censo Demográfico IBGE (1970, 1980, 1991, 2000, 2010)

Os dados apresentam uma discreta elevação da sua população urbana, o que pode apontar uma necessidade de ter uma atenção mais detalhada sobre o uso e a ocupação do solo. Ao observar a figura acima, é possível notar que o crescimento da população rural também permite ser explicado no decorrer das décadas em que o Censo Demográfico fora realizado. É possível notar um tímido crescimento da população rural sobretudo a partir do Censo de 1991. Contudo, é expressiva a parcela da população que está localizada em área urbana em comparação com a população em área rural.

3.1.1.2 Engenheiro Paulo de Frontin

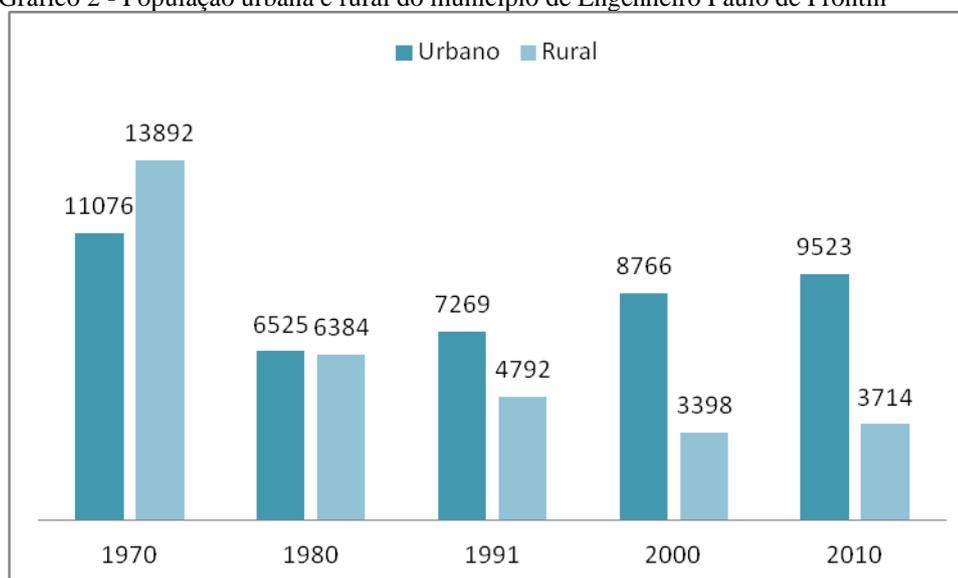
O município de Engenheiro Paulo de Frontin concentra grande parte das cabeceiras de drenagem que destinam suas águas para formar o rio Sacra Família. Possui uma parcela da cobertura vegetal original. A cidade teve seu início no fim do século XIX, com a construção da Estrada de Ferro Central do Brasil. Essa construção marcou significativamente o cotidiano do município, pois fora aberto um túnel com 2245 metros de extensão ligando Paulo de Frontin ao município de Mendes. Cumpre destacar que o Engenheiro Paulo de Frontin, além de ser o responsável pela construção do Túnel 12 (que conecta os municípios de Mendes e Paulo de Frontin), também fora o responsável pelo abastecimento de água na cidade do Rio de

Janeiro em um período de seca. A economia atual do município aposta na atividade turística e são poucas, as demandas por recursos hídricos uma vez que o município apresenta colinas com significativas declividades e uma área de florestas estratégica para a preservação das cabeceiras do rio Guandu. Todavia, suas terras ocupadas pelos indígenas tamoios antes do século XVI, atualmente apresenta sua população basicamente em área urbana segundo o IBGE (Censo Demográfico, 2010).

A origem do município de Paulo de Frontin está estabelecida a partir de duas grandes mudanças com relação à economia brasileira: com relação à busca por um Caminho Novo para as Minas Gerais e, posteriormente à decadência do ciclo do café, o surto industrial que aproveitou as ferrovias e a proximidade deste município com a cidade do Rio de Janeiro (Marafon, 2005).

De acordo com o gráfico 2, podemos perceber que a população rural decresceu ao longo das décadas analisadas. A concentração da população em áreas rurais diminuiu vertiginosamente segundo o Censo de 2000 e apresentou uma ligeira elevação segundo o Censo de 2010. Isso pode indicar dois fatores: de um lado, a urbanização das áreas rurais pode ter ocorrido e/ou de outro, a população rural pode ter migrado para as áreas urbanas.

Gráfico 2 - População urbana e rural do município de Engenheiro Paulo de Frontin



Fonte: IBGE (Censo demográfico 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010)

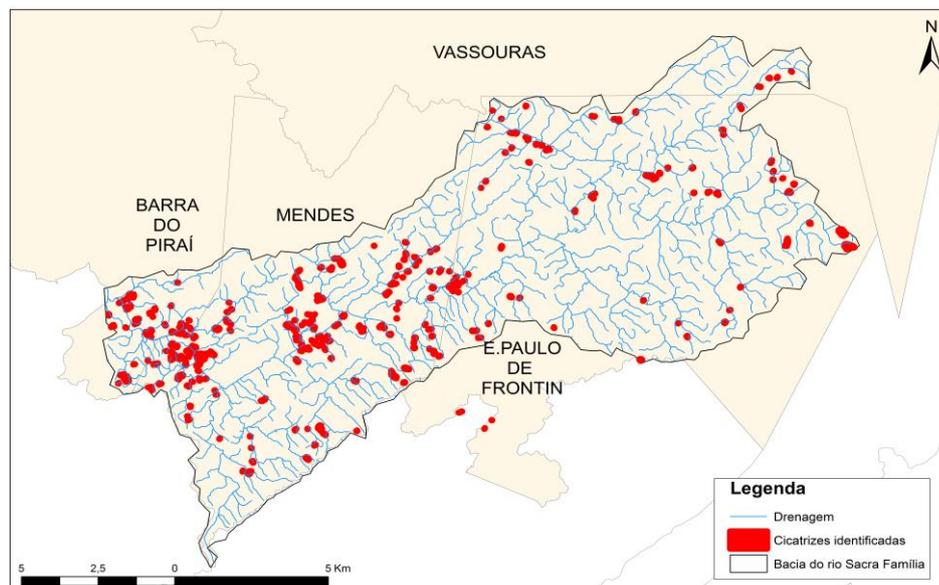
O município de Engenheiro Paulo de Frontin concentra cabeceiras de drenagem de dois rios: o Sacra Família (que segue seu curso até o rio Pirai, no sentido leste-oeste) e o Santana (que tem a jusante do seu curso como principal contribuinte do rio Guandu). A preocupação com o uso e ocupação do solo além de oferecer importante elemento na

prevenção de riscos ambientais (inundações, secas, dentre outros) como é o caso do rio Sacra Família, também sinaliza para a necessidade de preservação imediata das cabeceiras de drenagem de outro rio importante: o rio Santana que, por conseguinte, formará o rio Guandu e possibilitará a oferta de água para a Região Metropolitana Fluminense. O princípio de escassez também pode ser considerado tendo em vista que grande parte do território frontinense está coberto por florestas e por áreas caracterizadas como rurais. A consolidação da urbanização para o médio e baixo curso pode estar relacionada ao processo erosivo acelerado e sua intensidade na paisagem.

3.1.2 Condicionantes físicos

A área que compreende a região mais explorada no ‘ciclo do café’ recebe o atestado de mais crítica quanto à ocorrência de processos erosivos em toda a bacia do rio Paraíba do Sul, de acordo com SERLA (2002). Os campos e pastagens compõem grande parte da paisagem que engloba a bacia do rio Sacra Família, segundo estudos realizados por esses autores. Os municípios de Mendes e Barra do Piraí aparecem como os que apresentam as situações mais graves quanto ao conjunto dos problemas de erosão em área urbana conforme a figura 6.

Figura 6 - Municípios de Mendes e Barra do Piraí e os processos erosivos acelerados



Fonte: IBGE, 2015.

3.1.2.1 Geologia

O desencadeamento das cicatrizes erosivas tem relação com a Geologia. A estrutura geológica é um fator determinante do ponto de vista estrutural para a ocorrência dessas na paisagem. Associado a isso temos as falhas, diques e empurrões que condicionam as drenagens e exercem um controle sobre a atuação desses processos. Conforme destaca Beavis (2000) apud Silva et al (2003), “a litologia determina a intensidade de erosão na paisagem e a estrutura geológica, sua localização e orientação”. Dessa maneira, as informações referentes a estrutura geológica da bacia do rio Sacra Família foram obtidas no mapa geológico do estado do Rio de Janeiro, escala 1: 400 000, fruto de uma parceria entre o CPRM e a UERJ. A escolha por essas informações se deve ao fato de que elas são uma atualização das articulações já feitas por outros órgãos na execução dos mapas geológicos em outras escalas: é o caso do DRM, que produziu a título de exemplo, diversos mapas em escalas diferentes conforme Eirado et al (2016).

De acordo com Pires (2000), essa área foi fortemente seccionada por zonas de cisalhamento e empurrões com vergência para NW e invadido por maciços alcalinos terciários. O mapa com a geologia da bacia aponta as evidências e o controle estrutural exercidos na área através dos diques, empurrões e falhas.

Do ponto de vista geológico, de acordo com Guerra (2011), os diques podem servir para datar a idade de certos terrenos mas para os geomorfólogos é muito importante na erosão diferencial. Os diques aparecem fortemente na fácies Conservatória. Isso significa que as estruturas de rocha podem apresentar um encaixe dessa intrusão, o que pode revelar que as rochas ao redor podem ser mais tenras em relação às demais ao seu redor (resultando no afloramento do dique através de uma calha alongada).

Conforme salienta Embrapa (2018), os “contatos geológicos, diques ou até mesmo bandas internas à rocha de composição diferente são suficientes para acelerar, impedir ou desviar a propagação de uma voçoroca”.

As falhas e empurrões representam a fratura de rochas e a elas se adaptam os principais cursos de água que drenam a região (Mafra, 1984). Esse fenômeno pode ser observado em várias escalas e está diretamente relacionado com o regime geotectônico que ocorreu ou ainda se desenvolve. As falhas promovem variações bruscas na litologia e acabam por refletir no relevo. Portanto, a configuração do terreno será afetada em maior ou menor grau, determinado pela influencia quase sempre indireta e provocada por processos erosivos

na área afetada como nos salienta Penha (2013). Estudos posteriores podem indicar se há uma relação evidente entre os processos erosivos acelerados e o substrato geológico da bacia do rio Sacra Família. Uma análise espacial através do mapa parece tornar evidente essa relação.

Na bacia do rio Sacra Família se destacam: a unidade Arcádia Areal, as fácies Conservatória, os Depósitos Aluvionares, o complexo Paraíba do Sul, o complexo Quirino e a suíte Rio Turvo. As unidades são brevemente descritas a seguir.

3.1.2.1.1 Unidade Arcádia Areal

É uma área que aflora em uma extensa faixa NE-SW desde a região de Itaocara (a norte), Duas Barras, Areal, Arcádia até Angra dos Reis (no litoral sul fluminense) e que tem uma forte influência e controle por parte das zonas de cisalhamento. Os quartzitos feldspáticos e rochas metaultramáficas são comuns nesta unidade, conforme Eirado (2016). Essas zonas de cisalhamento se devem ao fato de apresentarem uma deformação mais intensa do ponto de vista do metamorfismo de alto grau, o que levou à geração de zonas de rochas meloníticas de alta temperatura com intensa recristalização estática segundo Almeida (2000) apud Eirado et al (2016). Nessa área, sua atitude subvertical dominante favoreceu o desenvolvimento da rede de drenagem e apresenta entre suas unidades litológicas principais: granada-biotita gnaiss bandado com rochas calcissilicáticas e quartzito de acordo com os estudos de Eirado et al (2016).

3.1.2.1.2 Fácies Conservatória

A Unidade Conservatória ocorre normalmente intercalada tectonicamente com os ortogranulitos paleoproterozoicos do Complexo Juiz de Fora, sendo frequente o *fabric* milonítico, como a presença de gnaisses fitados. Esta unidade engloba biotita gnaisses bandados quartzo-feldspáticos e gnaisses de derivação pelítica a semipelítica, ricos em biotita, granada e sillimanita, com abundantes intercalações métricas a centimétricas de quartzitos puros ou impuros, e mais localmente, de rochas manganesíferas (gonditos), rochas calcissilicáticas e anfibolitos e de acordo com Eirado et al (2016), é constituída por dois

conjuntos litológicos principais: a) Biotita gnaïsse bandado (NPrpbgn) com intercalações de quartzitos puros a impuros, sillimanita-granada-biotita gnaïsse e lentes de rochas calcissilicáticas e anfibolitos e b) Uma sequência estratificada composta por sillimanita-granada-biotita gnaïsse com intercalações de quartzitos impuros, rochas calcissilicáticas, anfibolitos e gonditos.

3.1.2.1.3 Complexo Paraíba do Sul

Esse complexo representa um conjunto litológico variado que ocorre no vale do rio Paraíba do Sul e suas rochas afloram no sentido NE-SW. São rochas do tipo biotita-gnaïsse biotita gnaïsses bandados e sillimanita-granadabiotita gnaïsses, com intercalações de mármore calcíticos e dolomíticos, rochas calcissilicáticas, gonditos, anfibolitos e quartzitos (metacherts - Almeida et al., 1993; Eirado et al., 2006; Heilbron et al., 2007) apud Eirado (2016).

3.1.2.1.4 Suíte Rio Turvo

A Suíte Rio Turvo é representada por ortognaïsses cujo modo de ocorrência são corpos lenticulares de diversas dimensões intrudidos em gnaïsses dos Grupos Andrelândia e Raposas. São granada-biotita gnaïsses de granulometria grossa, foliação descontínua marcada por agregados de biotita envolvendo megacristais arredondados de feldspato potássico de acordo com Eirado (2016).

3.1.2.1.5 Complexo Quirino

Segundo Eirado (2016), “alguns autores retomaram o mapeamento da região centro sul fluminense e reinterpretaram esta associação como sendo constituída por ortognaïsses (Heilbron, 1993), com idades U/Pb paleoproterozoicas (Machado et al., 1996; Valladares, 1996), introduzindo então o termo Complexo Quirino. Compreende biotita-hornblenda

gnaisse leucocrático a mesocrático, de granulometria média a grossa, sem bandamento composicional, porém marcadamente foliados, de composição tonalítica a granítica, com enclaves de rochas ultramáficas, máficas e calcissilicáticas (tremolíticas).

3.1.2.1.6 Depósitos aluvionares

São áreas onde estão os depósitos aluviais recentes e resultantes dos processos de erosão/transporte e deposição a partir de áreas fontes diversas. Concentram importantes jazidas de depósitos minerais tais como areias, argilas e turfas, conforme Eirald (2016).

3.1.2.2 Geomorfologia

As cicatrizes erosivas aparecem próximas às colinas, seguidas de morros, serras isoladas e serras escarpadas. As colinas estão presentes em grande parte da paisagem e nelas se encontra também a presença das cicatrizes erosivas. A denominação mares de morros tem seu aspecto local associado às colinas suaves com a presença de processos erosivos difusos: erosão laminar e processos erosivos lineares. De acordo com Lamego (1963), a paisagem na região de Barra do Piraí e adjacências é marcada pela presença do afloramento de gnaisse do tipo granítico. Segundo o autor, a região é marcada por um ciclo antigo de erosão que deixou testemunhos nas colinas baixas e na forma das ‘meias laranjas’.

As colinas segundo Guerra (2011) são “formas intermediárias, compostas e complexas [...] comumente aparentadas as montanhas, diferindo apenas no fato de estarem isoladas umas das outras e, com baixas altitudes”. Como são formas de erosão nesse caso é importante analisar a localização dessas cicatrizes erosivas junto às residências da população pois a intensificação da erosão pode ocorrer em função desse contato.

3.1.2.3 Declividade

A declividade na bacia do rio Sacra Família apresenta a classe forte-ondulado como a mais representativa. O grau de inclinação da reta que liga dois pontos e que os une, apresenta curvas de nível cerradas e está na ordem de 20 a 45%.

Em segundo aspecto está a classe Ondulado que apresenta entre 8 e 20% de inclinação. A declividade da bacia demonstra a dificuldade em se encontrar terrenos planos. A grande maioria dos fundos de vale estão com as inclinações bem próximas de suas margens.

3.1.2.4 Altitude

Na bacia do rio Sacra Família, a altitude apresenta uma variação maior na casa dos 500 a 600 metros. Isso revela que o terreno não apresenta grandes elevações. Entretanto, a representação da altitude feita a partir do modelo digital produzido com base nas imagens SRTM, revela que a classe não apresenta elevadas altitudes. Isso significa que as áreas mais baixas não marcam a paisagem da bacia. Contudo, a interpretação visual da localização das cicatrizes erosivas combinada com a análise das classes que compõem o mapa revelam que são nas áreas mais baixas da bacia (300 a 500 metros) que se localizam, de forma mais concentrada, as cicatrizes erosivas.

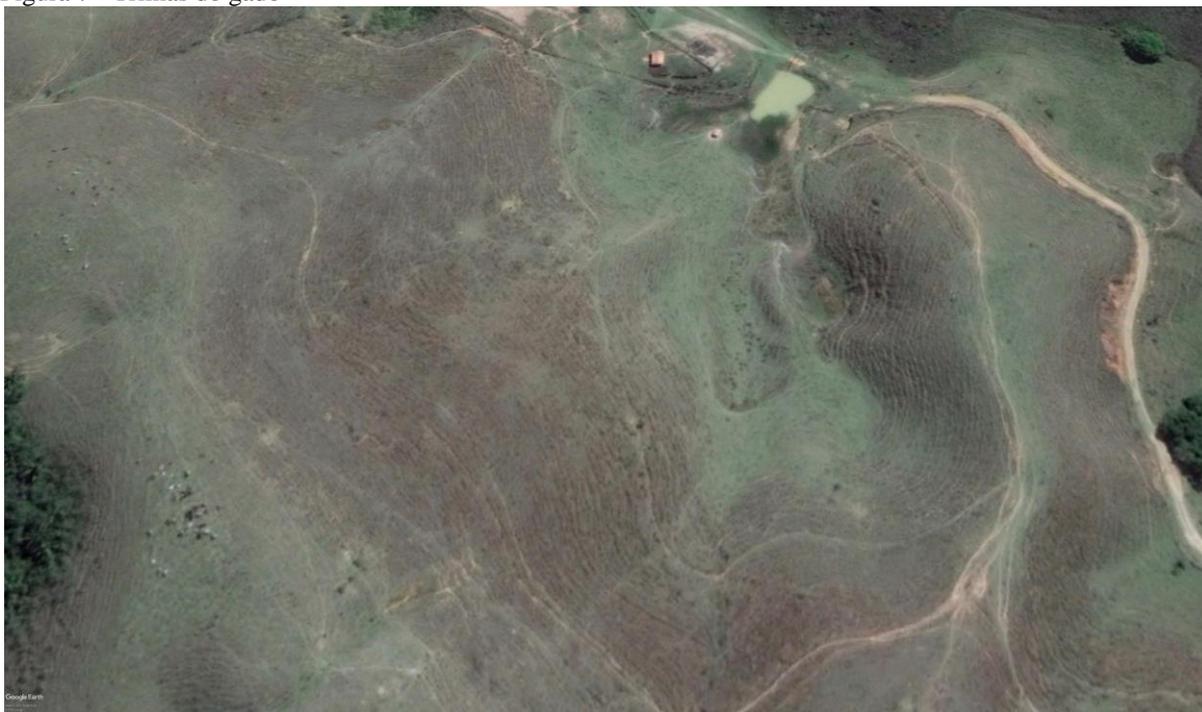
3.1.2.5 Solos

Os solos que predominam na bacia do rio Sacra Família são os argissolos e os latossolos. Os latossolos assumem a representatividade maior na bacia e são solos que apresentam um estágio avançado de intemperização e são solos que possuem minerais mais resistentes ao intemperismo. Entretanto, as atividades humanas são distintas dentre os tipos de solo. No caso dos latossolos, as lavouras perenes estão entre as atividades desenvolvidas. Já nos argissolos, a agricultura semi-intensiva é a mais relevante das atividades nesse tipo de

solo e na bacia em questão. A criação de animais favorece o pisoteio e conseqüentemente a compactação da camada superficial do solo.

O pisoteio contínuo do gado diminui a porosidade e compromete a infiltração e a permeabilidade dos solos. A formação de trilhas de gado, como ilustrado na figura 7, pode favorecer a concentração dos fluxos superficiais de escoamento, interferindo diretamente e impactando os horizontes superficiais dos solos.

Figura 7 - Trilhas do gado



Fonte: Google Earth Pro, 2018. Acesso em 15 de maio de 2018.

3.1.2.6 Uso e ocupação do solo

Serla (1997) nos aponta que diversos usos foram feitos e que causaram a erosão: quanto ao rural – pecuária e agricultura; quanto a mineração para construção civil (areia, argila, saibro, entre outros); quanto às estradas (cortes, taludes, movimento de terra); uso urbano (arruamentos, loteamentos). A bacia do rio Sacra Família apresenta como classes de uso segundo dados do IBGE (2017): áreas do tipo floresta, campos, macega, além da própria área urbana. As restrições legais quanto à ocupação de áreas de proteção permanente (APP) e o uso e parcelamento do solo urbano são importantes instrumentos a serem considerados no tocante ao uso e para fins de um planejamento racional da ocupação humana. Pela bacia

hidrográfica temos cinco rodovias estaduais que atravessam seu território além dos caminhos traçados (trilhas e pequenos atalhos) em função de algumas fazendas que se encontram nas localidades. A ocupação urbana está mais concentrada ao longo do médio e do baixo cursos, onde as cicatrizes erosivas aparecem e estão mais evidentes na paisagem. Por essa razão é necessário destacar essas áreas para melhor identificar os possíveis impactos da ação humana sobre o ambiente e verificar se é possível estabelecer uma relação com o surgimento das cicatrizes erosivas na paisagem.

3.1.2.7 Clima

O clima da área de estudo apresenta uma temperatura em média entre 15° e 18° em pelo menos um mês. Pertence ao tipo tropical úmido e seu período seco pode durar de 1 a 2 meses. O clima de acordo com Nimer (1979) apud Mafra (1984) a área de estudo apresenta clima tropical do tipo quente, subquente e mesotérmico brando.

De acordo com Mafra (1984), o clima é fundamental na análise dos processos erosivos encontrando nas precipitações, o seu principal agente. A média de precipitações segundo a autora é de 1214,5 mm por ano a partir de uma série histórica do período de 1931 a 1970. As médias mensais para essa histórica, segundo a autora, revelaram que os períodos mais chuvosos estão entre janeiro a março e outubro a dezembro. Os dados se referem a estação de Vassouras (que está mais próxima da área de estudo).

3.1.3 Aspectos socioeconômicos

A população que reside próxima às cicatrizes erosivas é quem sofrerá com os impactos ambientais oriundos desses processos. Através do avanço das cicatrizes erosivas, muitas áreas precisarão ter um controle mais efetivo do poder público, ou mesmo serão inutilizadas por conta do avanço das cicatrizes erosivas. Por essa razão os dados do censo demográfico do IBGE foram utilizados com o objetivo de traçar um perfil da população exposta à essas cicatrizes erosivas. Foram elaborados mapas que permitem um diagnóstico do perfil dessa população e para isso foi utilizado o setor censitário como unidade para análise dos dados

relacionados à população. Para os aspectos socioeconômicos dos municípios (Barra do Piraí, Mendes e Engenheiro Paulo de Frontin) foram considerados: o acesso às redes de água e esgoto, renda, faixa etária e coleta de lixo. Esses mapas apresentam um pouco da realidade socioeconômica na qual a população residente está inserida.

3.1.3.1 Acesso à rede de água

Após consulta aos Planos Municipais de Saneamento Básico dos municípios envolvidos, foi possível notar que a rede de abastecimento municipal de água fornece poucas informações acerca da qualidade da água oferecida. Outro aspecto relevante foi quanto à confusão na gestão que muitas vezes fica a cargo de outros órgãos externos aos municípios. A título de exemplo, pode ser colocada a análise da água por uma determinada agência estadual e a dificuldade no investimento para a melhora junto ao sistema de abastecimento, que é administrado pela prefeitura. A relação entre as vilas e povoados junto à proximidade de fontes ou da drenagem está colocada desde o início da ocupação urbana. Nos casos específicos do município de Mendes e de Engenheiro Paulo de Frontin não há atividade exercida quanto à regulação e fiscalização dos serviços prestados e que visam atender as suas populações. Foram destacados esses dois municípios por grande parte do território deles estar inseridos na bacia do rio Sacra Família. Outro elemento presente no Plano Municipal e que não está colocado é quando os mesmos revelam que: “não existem instrumentos e mecanismos para promover a participação social na gestão dos serviços de saneamento” (PMSB, 2016).

A ausência de uma secretaria que cuide da drenagem urbana, as ações executadas sem um plano específico, da falta de planejamento podem dificultar no acompanhamento das taxas de impermeabilização, das estruturas das microdrenagens e conseqüentemente do recurso hídrico. Não há ainda, como destacam os PMSB's, qualquer sinalização indicando algum perímetro de proteção sanitária junto aos mananciais.

3.1.3.2 Acesso à rede de esgoto

O acesso à rede geral de esgotos pelos domicílios que estão na área urbana da bacia é limitado. Isso pode revelar o baixo investimento no tratamento do esgoto em áreas com necessidade de maior cuidado no tocante ao surgimento de cicatrizes.

3.1.3.3 Coleta de lixo

Próximo de onde as cicatrizes erosivas estão mais concentradas (baixo curso do rio) por muito tempo foi utilizada uma área para a deposição de lixo. O mesmo só foi fechado face à exigência da legislação ambiental que encerrou as atividades do chamado 'lixão' no município de Mendes.

3.1.3.4 Idosos

Um dado importante deve ser destacado em relação à população é a sua faixa etária. Pessoas com a faixa etária superior aos 65 anos podem ter dificuldade de estabelecer residência em função da renda, por exemplo. Se trata de uma população que apresenta uma especial atenção quanto à proximidade com as cicatrizes erosivas por apresentar restrições de ordem econômica e em alguns casos, até de mobilidade física.

Ao considerar os aspectos ambientais e os aspectos socioeconômicos, o objetivo deste capítulo foi caracterizar a área de estudo. A avaliação integrada pode ajudar para compreender a localização das cicatrizes erosivas aceleradas e os fatores que as desencadeiam. Sendo assim, faz-se necessário elucidar os procedimentos e as fontes utilizadas para o referido trabalho.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentadas as fontes de dados e os procedimentos metodológicos adotados, os quais foram estruturados em três etapas: gabinete, laboratório e trabalho de campo. O item 1 vai tratar do levantamento de dados e da pesquisa de gabinete. Já o item 2 trata dos procedimentos em laboratório e por fim, o item 3 descreve a etapa de campo estabelecida para o trabalho.

4.1 Levantamento dos dados e das informações espaciais e não espaciais

A primeira etapa dessa pesquisa consistiu em levantar os dados espaciais e não espaciais com vistas a organizá-los e a processá-los posteriormente. Os procedimentos realizados foram: o levantamento bibliográfico e a coleta das informações acerca da realidade da bacia do rio Sacra Família e que foram produzidos por diversos órgãos e instituições.

4.1.1 Levantamento bibliográfico

Essa etapa buscou reunir os conceitos, explicitar melhor o método e reunir os estudos já realizados sobre a bacia do rio Sacra Família. A visita e o levantamento bibliográfico foram realizados em bibliotecas setoriais (Instituto de Geografia/UERJ, biblioteca do CCMN/UFRJ, biblioteca do PPGG/UFRJ, biblioteca de Geociências/UFF, dentre outras) e virtuais acerca das referências relacionadas às seguintes temáticas:

- a) Risco, perigo e vulnerabilidade: o propósito foi identificar os artigos ou textos trabalhos que usaram esses conceitos com a finalidade de compreender os diferentes percursos metodológicos adotados.
- b) Aspectos relativos às características de uso do solo e dos condicionantes físicos da área de estudo: geologia, relevo, solos, clima e vegetação

- c) Processos de erosão acelerada – ravinamentos e voçorocamentos: buscou-se definir esses processos, compreender os fatores condicionantes apresentados nos artigos ou textos de trabalhos desenvolvidos nessa área.
- d) Geoprocessamento aplicado a análises espaciais: visou reunir as informações recolhidas em estado bruto ou já processadas para obter mapas onde o geoprocessamento assume o papel de ferramenta necessária e antecessora à análise. Essa pesquisa usou os critérios da declividade, dos solos e do uso do solo para orientar a análise multicritério.

4.2 Laboratório

Nesta etapa, os procedimentos e as fontes de informação serão utilizados para os dados que serão gerados. As informações de diversos órgãos e sobre a área de estudo darão o encaminhamento necessário para o levantamento da realidade visando compreender a relação entre o desencadeamento das cicatrizes erosivas e a ação humana. As atividades em laboratório consistiram no ajuste das informações disponibilizadas em variadas escalas com o intuito de adequá-las (quanto à representação espacial) e para melhor visualização. O mapeamento permite a análise espacial além de permitir a organização de um banco de dados sobre a bacia hidrográfica.

4.2.1 Levantamento dos dados

Nessa etapa foi realizada a coleta de dados. Os registros das ocorrências de desastres naturais nas Defesas Cívicas em cada município também orientaram essa etapa da pesquisa. Foram consultadas e reunidas as ocorrências registradas junto ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, gerido pelo Ministério da Integração Nacional e que possuíam alguma relação com os eventos naturais (desabamento de encostas, voçoroca, ravina, inundação, enxurrada, deslizamento e tempestade) ocorridos nesses municípios. Como o objetivo da pesquisa era a identificação das cicatrizes erosivas nos municípios inseridos, foi importante notar como eram classificados os desastres naturais na área de estudo e se essa

identificação e o registro estavam inventariados nesse sistema integrado de forma a classificar no grupo geológico, que abarca entre eles o subtipo erosão, as ravinas e as voçorocas presentes na paisagem. Foram elencados outros processos relacionados à instabilidade de encosta e a mobilização de massa segundo o Cobrade³: deslizamento, desmoronamento, enxurrada, entre outros, como é possível perceber no quadro 1. Como foram identificados esses registros, cabe um detalhamento do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.

4.2.2 Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres foi originalmente concebido a partir de um projeto para o planejamento nacional para a Gestão dos Riscos, em cooperação técnica entre o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/UFSC) e o Ministério da Integração Nacional, por meio da Secretaria Nacional de Defesa Civil. O sistema entrou em operação com o objetivo de informatizar os procedimentos para reconhecimento de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública, bem como do processo de transferência de recursos federais para Estados ou Municípios afetados por desastres.

Os procedimentos para o reconhecimento anteriormente mencionado se faz através da alimentação do Sistema Integrado com as informações do FIDE e da DMATE. O preenchimento do Formulário de Informações do Desastre - FIDE inclui: a identificação (população e receitas municipais), a tipificação (código do desastre segundo o COBRADE), a data de ocorrência, a área afetada (tipo de ocupação, seleção das áreas afetadas, descrição das áreas afetadas), a causa/efeito do desastre (descrição), os danos humanos, materiais ou ambientais, os prejuízos econômicos públicos e privados e por fim, os dados da instituição informante.

O preenchimento da Declaração Municipal de Atuação Emergencial – DMATE inclui: a caracterização de situação de emergência ou calamidade pública, as informações relevantes sobre o desastre, as informações sobre a capacidade gerencial do município, as medidas e as ações em curso (recursos humanos e institucionais, recursos materiais e recursos financeiros).

³ COBRADE – Condificação Brasileira de Desastres.

A partir de 2012, através da Portaria do Ministério da Integração Nacional GM nº 526, o uso do sistema se tornou obrigatório e os agentes de Defesa Civil precisam alimentar a base de dados com informações sobre a ocorrência de desastres. Por essa razão, foi realizada uma consulta nesse sistema com o objetivo de reunir as informações sobre as ocorrências registradas nas Defesas Civas, conforme identificamos na figura 8 a seguir.

Figura 8 – Tela com o Sistema Integrado de Informações sobre desastres

The screenshot displays the S2iD web interface. At the top, there is a navigation bar with links like 'Serviços', 'Simplifique!', 'Participe', 'Acesso à Informação', 'Legislação', and 'Canais'. Below this is a search section titled 'Arquivo Digital' with a 'Busca' form. The form includes input fields for 'Data Inicial' and 'Data Final', dropdown menus for 'Tipo de documento' (set to 'Todos') and 'Estado' (set to 'Todos'), and a 'Município' dropdown. A 'Pesquisar' button is located to the right of the search form. Below the search form is a table with the following data:

Data do Evento	Código/Município	Estado	Documento	Evento	Arquivo	Abrir
02/03/2016	1301852 / Iranduba	Amazonas	Fide	Erosão Continental - Ravinas	AM-F-1301852-11432-201...	

Fonte: Sistema Integrado de Informações sobre desastres. Disponível em: <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/>. Acesso em 18 de fevereiro de 2018.

Os dados registrados estão em formato digital e permitem a localização das ocorrências em cada município por meio da descrição nos relatórios que constam do desastre registrado. Os dados não possuem coordenadas espaciais. Entretanto, a informação contida nos relatórios é a do logradouro e da numeração, e por essa razão, foi possível localizar esses eventos registrados no sistema. Por sua vez, os eventos ocorridos apresentam uma codificação própria (COBRADE) e seus formulários detalham melhor os danos ocorridos e o que originou a causa e seus efeitos.

Figura 9 – Tela com os Códigos dos Desastres

CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE)					
CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
1. NATURAL	1. GEOLÓGICO	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
		3. Movimento de massa	1. Quedas, Tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
				2. Lascas	1.1.3.1.2
				3. Matacões	1.1.3.1.3
				4. Lajes	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1
			3. Corridos de Massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
				2. Rocha/Detrito	1.1.3.3.2
		4. Subsídências e colapsos	0	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão Costeira/Marinha	0	1.1.4.1.0
			2. Erosão de Margem Fluvial	0	1.1.4.2.0
	3. Erosão Continental		1. Laminar	1.1.4.3.1	
			2. Ravinas	1.1.4.3.2	
			3. Boçorocas	1.1.4.3.3	
	2. HIDROLÓGICO		1. Inundações	0	1.2.1.0.0
		2. Enxurradas	0	1.2.2.0.0	
		3. Alagamentos	0	1.2.3.0.0	
		1. Sistemas de Grande Escala/Escala Regional	1. Ciclones	1. Ventos Costeiros (Mobilidade de Dunas)	1.3.1.1.1

Fonte: Codificação Brasileira de Desastres. Disponível em:
http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file. Acesso em 18 de fevereiro de 2018.

A partir das fichas com as informações sobre as ocorrências descritas se fez necessário uma reorganização dos dados para serem inseridos em planilha eletrônica, viabilizando o seu georreferenciamento na bacia hidrográfica do rio Sacra Família.

No quadro 1, as ocorrências registradas pelas Defesa Cívicas foram separadas de acordo com as fichas em formato digital e disponíveis no S2id. Foram reunidos os registros dos municípios de Mendes e de Engenheiro Paulo de Frontin por concentrarem extensa área da bacia do rio Sacra Família. De acordo com a COBRADE, os eventos naturais têm em seu grupo (geológico, de acordo com a classificação proposta no documento conforme figura 9) as seguintes subdivisões: movimento de massa, erosão, emissão vulcânica e terremoto. Nos registros, não foram contempladas as cicatrizes erosivas. Isso chama a atenção para o fato de que não houve um inventário dessas cicatrizes erosivas e, possivelmente, esses registros limitam a tomada de decisão quanto às ações para mitigar o surgimento de novas cicatrizes no interior da bacia do rio Sacra Família.

Quadro 1 – Síntese das ocorrências registradas junto ao Ministério da Integração Nacional

Data do evento	Classificação junto ao S2id	Município
23/12/2001	Desabamento de encostas	Mendes
28/01/2003	Enxurradas ou inundações	Mendes
15/01/2013	Deslizamento	Mendes
17/01/2013	Deslizamento	Mendes
18/01/2013	Deslizamento	Mendes
18/03/2013	Deslizamento	Mendes
20/03/2013	Deslizamento	Mendes
27/04/2013	Deslizamento	Mendes
25/09/2013	Deslizamento	Mendes
21/10/2013	Deslizamento	Mendes
09/02/2013	Alagamentos	Mendes
12/09/2013	Tempestade Local/Convectiva Vendaval	Mendes
28/09/2013	Incêndio Florestal	Mendes
29/01/2003	Enxurradas ou inundações	Eng Paulo de Frontin
25/12/2001	Deslizamento	Eng Paulo de Frontin
TOTAL		15 registros

Fonte: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, 2015.

4.2.3 Procedimentos realizados por meio do geoprocessamento

Os procedimentos realizados por meio do geoprocessamento foram:

- a) A extração das imagens de satélite;
- b) Os modelos digitais de elevação e os mapas derivados;
- c) A elaboração de mapas temáticos a partir da interpretação visual e automática (com a classificação supervisionada);
- d) Elaboração de mapas temáticos a partir dos dados censitários; e
- e) Análise multicritério.

Esses procedimentos foram executados no LAGEPRO - Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geografia/UERJ e contou com a operação do Excel (pacote Office da Microsoft), Arcgis versão 10.1 e o Quantum GIS versão 2.14.7

4.2.3.1 Extração das imagens de satélite

Imagens do Google Earth

Para uma interpretação visual de extremo detalhe, as imagens de satélite de alta resolução do Google Earth versão Pro foram usadas para construção do mapa com as cicatrizes erosivas. De acordo com Lopes (2009), as imagens extraídas do Google Earth Pro apresentam uma versão profissional que reúne ferramentas importantes e pensadas para esse programa, dentre as quais o autor destaca: qualidade na impressão e rapidez na conexão com o banco de dados (o que agiliza a utilização).

As imagens do Google Earth Pro apresentam uma alta resolução espacial em uma matriz de 4800 X 3020 pixels e isso garante um maior detalhamento das cicatrizes erosivas e uma possibilidade de melhor interpretação visual. Por apresentarem alta resolução, possibilitaram a identificação visual das categorias espaciais sem que necessitasse de um computador com elevada capacidade de memória.

Imagens de Satélite Sentinel-2

O Sentinel-2 é um satélite multiespectral e compõe o Programa GMES, administrado pela Comunidade Europeia e a Agência Espacial Europeia. Através desse satélite são realizadas coletas de dados sobre a vegetação, solos e umidade e isso favorece a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo. O radar de visada lateral contido nesse satélite provê faixas de 100 km de largura com uma resolução espacial de 30m. Algumas aplicações e estudos, como o de uso e cobertura do solo, por exemplo, são favorecidos por essas imagens.

Para a caracterização do uso e ocupação do solo, as imagens do satélite Sentinel-2 foram baixadas no dia 15 de julho de 2017. As imagens estão disponíveis gratuitamente para download e sem necessidade de cadastro prévio no site <http://sentinel-s2-l1c.s3-website-eu-central-1.amazonaws.com/#tiles>.

Figura 10 – Satélite Sentinel-2

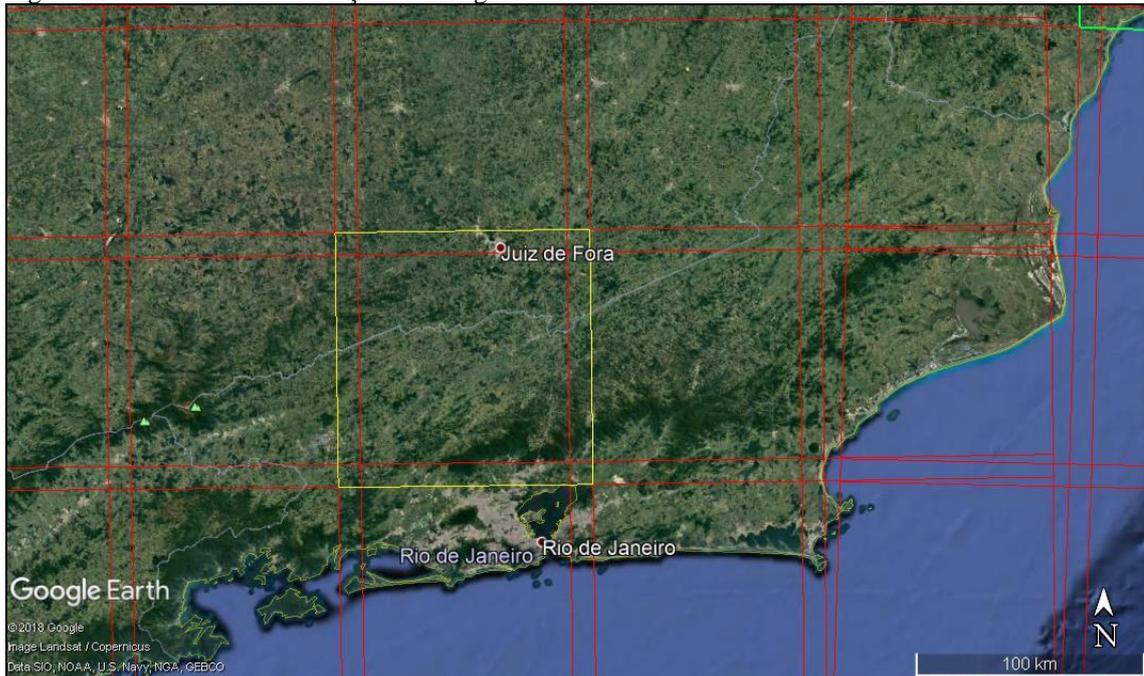


Fonte: ESA, 2017

Para a criação do mapa de uso e ocupação do solo foi utilizado o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin – SCP* do software QGIS versão 2.14, por meio do foi possível realizar à classificação semi-automática de uma imagem do satélite Sentinel – 2. Para Silva e Sano (2016), a classificação semi-automática ou supervisionada é uma técnica de processamento de imagem que permite a identificação de atributos em uma imagem, de acordo com as suas assinaturas espectrais. Os critérios que orientaram a classificação foram baseados no supervisionamento, onde o operador estabelece categorias através da identificação de elementos na paisagem. Dessa forma, a classificação nos gerou o mapa de uso e ocupação do solo.

A imagem do satélite Sentinel-2 foi baixada a partir de um mosaico. No quadrante destacado na imagem a seguir, o destaque é feito para a área onde se localiza a área de estudo e que recebe a identificação 23KPR.

Figura 11 – Mosaico de articulação das imagens Sentinel-2



Fonte: Google Earth Pro, 2017.

4.2.3.2 Modelo digital de elevação e mapas derivados

O termo modelo digital de terreno (MDT) se origina das pesquisas pioneiras realizadas. Isso veio a mudar com a implantação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e desta forma, para o presente trabalho, os dados sobre a geomorfologia da bacia e as altitudes podem ser integrados e analisados a partir do georreferenciamento das informações e da representação digital da bacia hidrográfica estudada. Além disso, a modelagem do terreno tem por finalidade o mapeamento das condições topográficas para entendimento dos fatores condicionantes dos processos que contribuíram para o desencadeamento das cicatrizes erosivas.

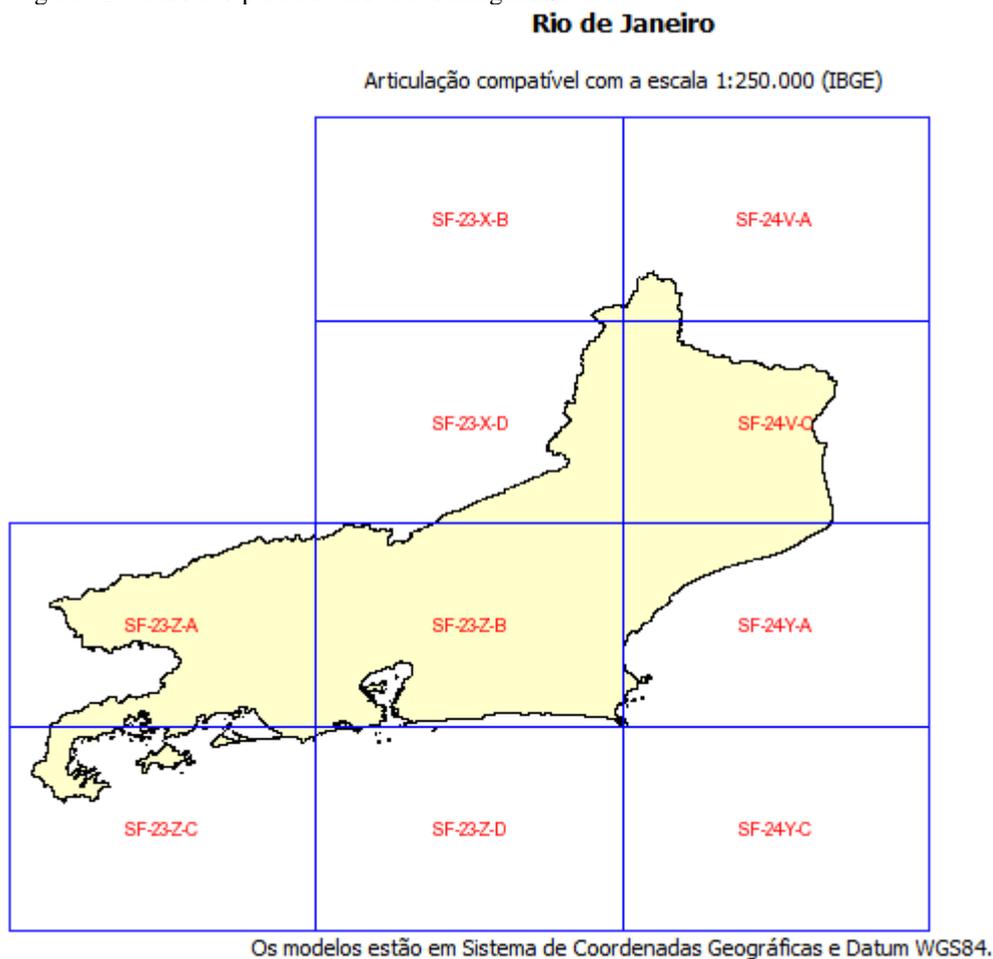
Foram baixadas imagens da missão SRTM⁴ por meio do sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no dia 20 de agosto de 2017 e a partir da localização do quadrante onde a bacia hidrográfica está inserida, foram processadas as informações a partir da rotina que será detalhada.

As imagens SRTM divulgadas pela Embrapa apresentam formato geotiff (16 bits), resolução espacial de 90 metros, altitude em metros e datum WGS-84. De acordo com

⁴ A missão SRTM foi executada pela Agência Espacial Americana (NASA) usando a nave *Endeavour*. Usando a técnica da interferometria, que corresponde às respostas espectrais na faixa de micro-ondas, foi possível obter as informações sobre a estrutura tridimensional dos alvos da imagem, no caso, o relevo. Os estudos com SRTM vêm sendo amplamente empregados no mapeamento geomorfológico em larga escala.

Embrapa (2018), “os Modelos Digitais de Elevação foram gerados por interferometria de radar. Neste processo, o sinal emitido é recebido por duas antenas separadas por uma distância fixa (60 m), permitindo assim o cálculo da elevação da superfície, com uma acurácia vertical absoluta de 16 metros (90% confiança)”. O quadrante referente ao recorte espacial é o identificado como SF-23-Z-B e apresenta articulação com a escala 1: 250 000 do IBGE.

Figura 12 – Mosaico para download das imagens SRTM



Fonte: Extraído de <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/rj/rj.htm> em 15 de fevereiro de 2018.

O software usado para delimitação automática da bacia do rio Sacra Família foi o Arcgis versão 10.1. Os passos para a delimitação da bacia hidrográfica foram os seguintes:

- a) Comando *fill sinks* – para verificar a consistência da drenagem;
- b) Comando *flow direction* – que indica a direção do fluxo;
- c) *Flow accumulation*;
- d) *Stream definition* – indicação do número de células;
- e) *Stream segmentation*;

- f) *Catchment grid delineation*;
- g) *Catchment polygon processing*;
- h) *Drainage line processing*.

Esses passos permitiram a geração dos arquivos vetoriais com as drenagens e a bacia delimitada.

A partir da delimitação da bacia, foi carregada no software Arcgis Versão 10.1, a imagem SRTM com o objetivo de elaborar o mapa de declividade e hipsometria. O mapa de declividade foi elaborado a partir da ferramenta 3D *Analyst*. A partir da ferramenta 3D *Analyst* foram usados os comandos: *surface analysis* e *slope*. Após a elaboração do mapa de declividade foi realizada uma formatação no tocante às classes. Por essa razão, foi adotada a escala segundo Embrapa (1979), conforme podemos ver no quadro a seguir.

Tabela 1 – Classes do mapa de declividade a partir do grau de inclinação das encostas

Declividade	Relevo
0 a 3%	Plano
3 a 8%	Suave Ondulado
8 a 20%	Ondulado
20 a 45%	Forte Ondulado
45 a 75%	Montanhoso
Acima de 75%	Montanhoso

Fonte: Embrapa, 1979

O mapa hipsométrico foi elaborado a partir dos valores que constam no modelo digital de elevação e para a sua classificação foram estabelecidas seis classes. A variação foi estabelecida a cada 100 metros de altitude para melhor caracterizar as áreas com o relevo movimentado na bacia do rio Sacra Família. A adoção de 100 metros de elevação foi adotada em função dos diferentes valores que estão compreendidos no intervalo de 300 a 900 metros.

Tabela 2 – Classes do mapa de hipsometria a partir dos valores das altitudes extraídas do modelo digital

Classes	Valores
1	300 a 400 metros
2	400 a 500 metros
3	500 a 600 metros
4	600 a 700 metros
5	700 a 800 metros
6	800 a 900 metros

Fonte: O autor, 2018

4.2.3.3 Elaboração de mapeamentos temáticos a partir das interpretações visual e automática (classificação supervisionada)

Interpretação visual das imagens do Google Earth Pro

As cicatrizes erosivas foram vetorizadas, de acordo com a escala da bacia do rio Sacra Família. Para cada cicatriz erosiva acelerada foi traçada uma área de influência de 100 metros considerando-se que as áreas ao longo de um *buffer* de 100 metros correspondem a áreas mais frágeis do ponto de vista do meio físico segundo critérios adotados por Costa (2002). A escolha do valor do *buffer* (100m) está ligada ao tamanho da bacia e à necessidade de um dimensionamento espacial acerca das terras afetadas pela ocorrência dos processos erosivos que estão presentes na paisagem em forma de cicatrizes.

A identificação das cicatrizes erosivas foi realizada com base na imagem extraída do Google Earth Pro, por apresentar alta resolução e não comprometer a interpretação visual das cicatrizes erosivas expressas na paisagem. Foram identificadas 300 cicatrizes e a disposição delas se encontra de forma concentrada no médio para baixo curso, mais próximo ao exutório da bacia do rio Sacra Família.

Levantamento de dados espaciais secundários

Nessa etapa foram realizadas pesquisas nos sites das instituições responsáveis pelos dados secundários. A principal fonte de informação em nível secundário utilizada para esse trabalho provém de um projeto desenvolvido pela CPRM denominado “Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações” e desenvolvidos na escala 1: 25 000 para todas as Unidades da Federação. Os dados foram extraídos dessa instituição via *download* e a seguir, foram carregados no formato *shape* e em seguida, recortados de acordo com os limites naturais da bacia. Esses dados foram organizados e deram suporte à elaboração de mapas que foram ajustados a partir das informações que extraídas dos órgãos, e que constam no quadro 2, dos seguintes temas: geologia, pedologia e geomorfologia.

Quadro 2 – Dados secundários levantados e baixados

TEMA	ESCALA	ÓRGÃO	FORMATO	FONTE
APP – Nascentes	1: 25000	IBGE/SEA	shape	MPRJ em mapas
APP – Topo de Morro	1: 50000	IBGE/INEA	shape	MPRJ em mapas
Drenagem	1: 25000	IBGE	shape	Sítio do IBGE / Projeto RJ
Atividades econômicas	1: 25000	IBGE	shape	Sítio do IBGE/ Projeto RJ
Geologia	1: 400 000 ⁵	CPRM	shape	Sítio da CPRM
Geomorfologia	1: 50 000	CPRM	shape	Sítio da CPRM
Solos	1: 100 000	Embrapa ajustado por INEA	shape	Sítio do Inea
Cobertura Vegetal	1: 25 000	IBGE	shape	Sítio do IBGE/ Projeto RJ
Vias de Circulação	1: 25 000	IBGE	shape	Sítio do IBGE/Projeto RJ

Fonte: O autor, 2018.

⁵ A adoção por essa escala foi feita pelo fato de apresentar maior detalhamento e informações acerca da área em estudo.

Elaboração de mapas temáticos a partir dos dados censitários

Os mapas temáticos produzidos com base no censo demográfico foram elaborados com o objetivo de mostrar as variáveis distribuídas por setor e que vão revelar o perfil da população que reside próxima às cicatrizes erosivas. O setor censitário é uma unidade territorial que agrega informações de natureza espacial e reúne um conjunto de residências. Os dados estão contidos em um arquivo denominado “Agregado de setores censitários”, que apresenta um conjunto de tabelas separado por cada Unidade da Federação. Para o caso em questão, foi selecionado o conjunto de número 33 que se refere ao Estado do Rio de Janeiro. Esse arquivo é composto de muitas tabelas que apresentam diversas variáveis que foram selecionadas e processadas para os setores censitários que estão no interior da bacia. Como cada arquivo apresenta um conjunto de informações acerca dos municípios fluminenses e, no caso em questão, a primeira validação foi feita para identificar que setores estão presentes no interior da bacia do rio Sacra Família, foram identificados 63 setores censitários em seu interior e em cinco municípios fluminenses: Engenheiro Paulo de Frontin, Mendes, Piraí, Barra do Piraí e Vassouras.

As variáveis do censo demográfico foram selecionadas e apresentadas por meio de dos mapas temáticos. A seguir, foi realizado o processo de normalização de variáveis do IBGE a fim de que o mesmo representasse no mapa a informação em relação ao total de domicílios de cada setor censitário. As tabulações que foram feitas obedeceram a uma construção de uma variável específica para representar o percentual que representa a situação dos domicílios no conjunto de domicílios daquele respectivo setor censitário. As operações matemáticas para o processo de normalização das variáveis estão expressas no quadro 1.

Os mapas temáticos tratam da vulnerabilidade social e através do perfil da população expresso em cada setor censitário, a análise espacial é possível através da identificação da população que reside nas áreas com cicatrizes erosivas. Esses mapas representam a distribuição espacial dos setores censitários conforme a quantidade de domicílios ligados às redes gerais de água e de esgoto, bem como com acesso à coleta de lixo. Além disso, revelam a distribuição da população nos setores censitários conforme o grau de instrução. A análise espacial integrada desses mapas contribuirá para o entendimento do arranjo espacial da vulnerabilidade da população residente na bacia do rio Sacra Família. O objetivo da elaboração desses mapas temáticos é compreender as condições socioeconômicas da população. As variáveis presentes no Censo Demográfico de 2010 estão separadas por temas para facilitar o entendimento da realidade social na qual a população vive.

- a) Saneamento: domicílios ligados à rede geral de água, ligados a rede geral de esgoto e com lixo coletado. Os valores foram padronizados no intervalo de 0,01 a 1 (onde 0,01 corresponde a 1% e 1,0 corresponde a 100%). A numeração zero representa o setor censitário que não está ligado às redes de água e/ou esgoto ou que não tem coleta de lixo.
- b) Renda: nesse bloco estão os responsáveis pelos domicílios que recebem um valor menor ou igual a dois salários mínimos. O valor de referência é do ano de 2010. O salário mínimo em 2010 tinha o valor de quinhentos e dez reais (R\$ 510,00). Os valores foram padronizados no intervalo de 0,01 a 1 (onde 0,01 corresponde a 1% e 1,0 correspondendo a 100%).
- c) Escolaridade: nesse bloco estão as pessoas alfabetizadas⁶ com idade igual ou superior a 5 anos. Os valores foram padronizados no intervalo de 0,01 a 1 (onde 0,01 corresponde a 1% e 1,0 correspondendo a 100%). O valor 0,0 está relacionado às pessoas que nunca ingressaram em escolas, podendo até mesmo ser analfabetas.

Os quadros 3 e 4 apresentam os blocos temáticos que constituíram a informação extraída do arquivo do censo demográfico de 2010 e que foram processados (de acordo com a divisão apresentada na coluna composição). Esse dado posterior possibilitou a elaboração dos mapas temáticos.

⁶ Alfabetizado é aquele capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conheça. Analfabeto é a pessoa que aprendeu a ler e a escrever mas que devido ao processo de alfabetização não consolidado, assina só o próprio nome segundo o IBGE.

Quadro 3 – Nomenclatura, identificação e composição dos mapas de saneamento

TEMA	DESCRIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	COMPOSIÇÃO
SANEAMENTO AMBIENTAL	ÁGUA	Domicílios particulares permanentes ligados à rede geral de água	Total de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral/total de domicílios particulares permanentes
	ESGOTO	Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	Total de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial /total de domicílios particulares permanentes
	LIXO	Domicílios particulares permanentes com lixo coletado	Total de domicílios particulares permanentes com lixo coletado/total de domicílios particulares permanentes

Fonte: Censo Demográfico do IBGE, 2010

Quadro 4 – Nomenclatura, identificação e composição dos mapas de escolaridade e renda

BLOCO TEMÁTICO	DESCRIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	COMPOSIÇÃO
ESCOLARIDADE	ALFABETIZADO	Pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade	Total de pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade/total de pessoas residentes em domicílios particulares permanentes
RENDA	RENDA	Chefes responsáveis com renda menor ou igual a 2 salários mínimos	Chefes com renda menor ou igual a 2 SM/total de responsáveis por domicílios particulares permanentes
IDOSOS	IDOSO	Pessoas com 65 ou mais anos de idade	Pessoas com 65 ou mais anos de idade/total de pessoas residentes nos domicílios particulares permanentes.

Fonte: Censo Demográfico do IBGE, 2010

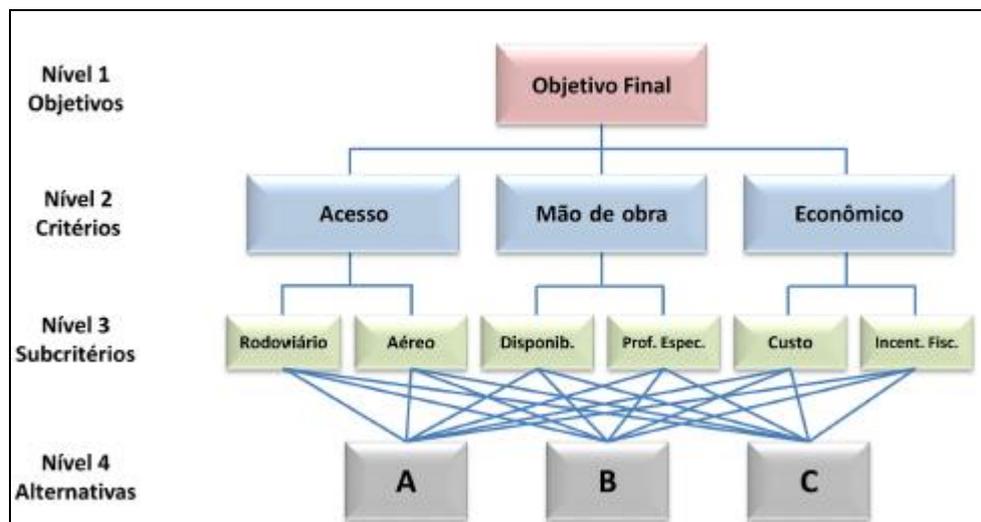
Após elaboração dos mapas temáticos e a partir do Censo, foi utilizado o programa SAGA do Laboratório de Geoprocessamento da UFRJ com o intuito de ter em dados a

planimetria do mapa. O interesse é obter o peso daquela variável no conjunto de cada mapa e de acordo com as respectivas classes.

4.2.4 Análise multicritério

O trabalho com análise multicritério exige a definição de três tipos de dados de acordo com Miranda (2015): valores dos critérios, pesos e a função de busca. Para a construção de um método, Briozo (2015) salienta a necessidade de seguir três passos: decomposição do problema em critérios, análise paritária entre os critérios através de escala numérica, síntese das prioridades por meio dos autovetores. A hierarquia é adotada quando se pretende resolver um problema por meio do método AHP conforme expresso na figura 13: no nível 1 está o objetivo final, no nível 2 estão os critérios, no nível 3 estão os subcritérios e no nível 4, as alternativas. Os valores do critério segundo esse autor representam o grau com que uma alternativa se relaciona a um certo critério na avaliação multicritério. É necessária a atribuição de uma importância relativa ou prioridade de cada critério em relação aos outros. Por essa razão, os cuidados na elaboração de uma análise multicritério ajudam a verificar as correspondências espaciais entre as variáveis. Foi feito uso da AHP no Qgis versão 2.14.7 através do plugin *EasyAHP*.

Figura 13 - Representação gráfica de uma hierarquia no AHP



Fonte: Briozo, 2015

Os planos de informação para a análise multicritério foram: solos, declividade e cobertura vegetal e que constituíram os critérios para subsidiar o processo da avaliação da fragilidade ambiental. Os critérios por sua vez estavam associados a cada plano de informação através da criação de uma coluna denominada ‘peso’, onde foram atribuídos os valores de acordo com as tabelas a seguir.

A adoção pelo método AHP direcionou a construção do mapa de fragilidade ambiental e, assim, a identificação das áreas de maior fragilidade. Esse método auxilia na tomada de decisão pelo fato do critério ser estabelecido pelo usuário e, portanto, contribuir com as decisões. No caso desta dissertação, embora de forma generalizada, a informação contida nos mapas e dessa forma, os critérios permitiram a identificação das áreas de maior fragilidade e as áreas de menor fragilidade.

A metodologia proposta por Ross (1994) orientou a atribuição das notas com vistas a caracterizar o mapa de fragilidade ambiental da bacia do rio Sacra Família. Por essa razão, os pesos foram atribuídos a cada classe de acordo com o uso e acompanhando a referência desse autor. Assim, os mapas temáticos puderam receber notas de acordo com a escala de 1 (muito fraco) a 5 (muito forte). A atribuição das notas foi feita a partir da relação e através de comparação e identificação de classes comuns ao estudo desenvolvido por Ross (1994).

As tabelas 3, 4 e 5 apresentam as notas de acordo com a comparação feita das classes com o trabalho de Ross (1994). Não foram feitas consultas aos especialistas por se tratar de uma metodologia que já apresentava as notas e pesos de acordo com as classes dos mapas temáticos gerados (declividade, cobertura vegetal e solos) e que tinham como objetivo, apontar as áreas de maior fragilidade ambiental.

Tabela 3 – Classes de fragilidade a partir do grau de inclinação das encostas

Declividade	Relevo	Notas	Classe
0 a 3%	Plano	2	Fraca
3 a 8%	Suave Ondulado	3	Média
8 a 20%	Ondulado	4	Forte
20 a 45%	Forte Ondulado	5	Muito forte
45 a 75%	Montanhoso	5	Muito forte
Acima de 75%	Montanhoso	5	Muito forte

Fonte: Adaptada pelo autor, 2018 a partir de Ross (1994).

Tabela 4 – Classes com os graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal

Uso da terra	Notas	Classe
Floresta	1	Muito alta
Vegetação secundária em estágio inicial	2	Alta
Pastagem	3	Média
Agricultura	4	Baixa
Ocupação Urbana	5	Muito baixa a nula

Fonte: Adaptada pelo autor, 2018 a partir de Ross, 1994.

Tabela 5 – Classes de fragilidade em relação aos solos

Solos	Notas	Classes
Latossolos Vermelho-Amarelos	3	Média
Argissolos Vermelho-Amarelos	4	Forte
Área Urbana	1	Baixa

Fonte: Adaptada pelo autor, 2018 a partir de Ross, 1994.

Conversão dos mapas temáticos para o formato matricial

Nessa etapa, os mapas temáticos (declividade, solos e uso/cobertura) foram convertidos para o formato raster. Os mapas estavam em formato vetorial e em seguida foram padronizados com resolução espacial de 30 metros (com o objetivo de padronizar as informações) e de forma a atribuir a cada pixel, os fatores (pesos/notas). Para isso foi acionado o comando do menu *Raster* e, depois, *Converter Vetor para Raster*. Esse procedimento foi necessário para subsidiar a execução do complemento *Easy AHP*. O complemento *Easy AHP*, segundo o software Qgis versão 2.14.7, se dirige aos tomadores de decisão que trabalham diretamente na adequação para o uso dos solos, agricultura, gestão dos desastres e os recursos naturais. Por essa razão esse complemento foi escolhido: por possibilitar um resultado que apresenta a análise espacial através das várias etapas que serão descritas no item 3.2.6.2. Os pesos atribuídos obedeceram à classificação proposta por Ross (1994) que desenvolveu uma proposta de análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados em sintonia com a teoria geral dos sistemas.

Quadro 5 - Matriz de comparação pareada preenchida

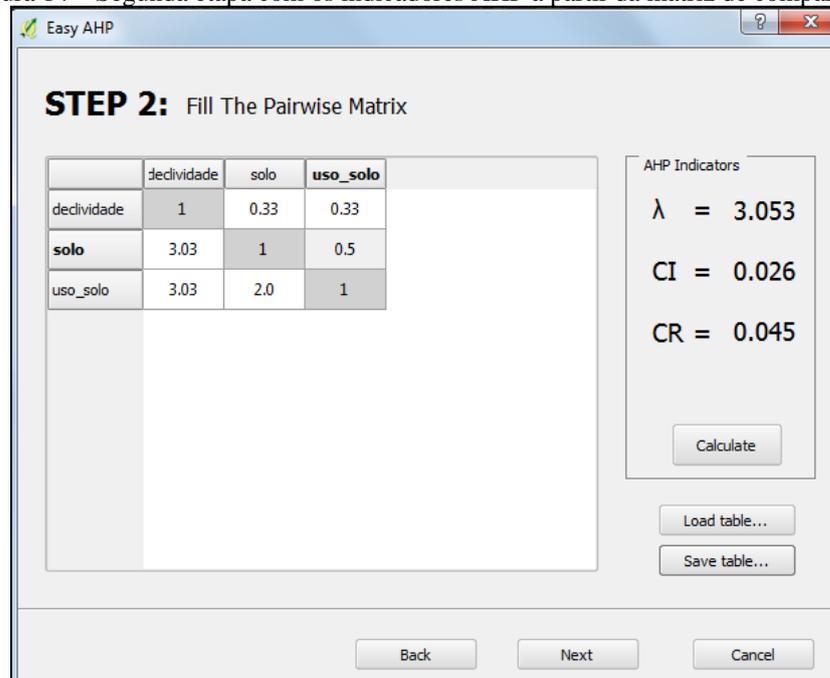
	Declividade	Solo	Uso do Solo
Declividade	1	0,33	0,33
Solo	3,03	1	0,5
Uso do solo	3,03	2,0	1

Fonte: Mazione, 2016

Ainda na segunda etapa é necessário averiguar se os pesos atribuídos tornam a matriz de comparação consistente. O indicador para tal verificação é o índice de consistência que verifica qual a consistência entre as comparações feitas. Segundo Saaty (1992), a razão de consistência é calculada e precisa apresentar um valor inferior a 0,1. Caso isso não ocorra é preciso que a matriz seja novamente preenchida com outros valores pois pode estar comprometida com os valores atribuídos pelo julgador.

A razão de consistência (CR) é o resultado da divisão do índice de consistência (IC) pelo índice aleatório (IR). Como é possível observar na figura 14, a razão de consistência apresentou o valor 0,045, sendo assim isso confere à matriz uma consistência por estar abaixo de 0,2. Briozo (2015) destaca que em casos que apresentem uma razão de consistência maior a 0,20, o julgamento do avaliador deve ser revisto.

Figura 14 – Segunda etapa com os indicadores AHP a partir da matriz de comparação pareada



Fonte: O autor, 2018.

A terceira e última etapa foi a escolha do local onde será salvo o mapa de fragilidade ambiental e os pesos obtidos através do método de comparação linear ponderada (WLC). De acordo com esse método, as variáveis foram ordenadas e hierarquizadas segundo a sua ordem de importância e expressos na tabela 6. Através da média ponderada, as variáveis foram comparadas e padronizadas de acordo com uma escala numérica variando de 0 a 1 e assim possibilitando a verificação da ordem de importância das variáveis frente a área estudada. Desse modo, é possível identificar conforme os dados da tabela 6, os pesos atribuídos às variáveis (por meio de média ponderada) em função da comparação entre elas. Segundo a comparação linear, o mapa de uso do solo tem maior importância, seguido dos solos e da declividade.

Tabela 6 – Graus de importância de acordo com o método de comparação linear comparada (WLC) - continua

	Pesos
Declividade	0,14
Solos	0,34
Uso do solo	0,52

Fonte: O autor, 2018.

4.3 Etapa de campo

Essa etapa contou com duas frentes de atuação: uma primeira, voltada ao levantamento das cicatrizes erosivas em campo através de registro fotográfico e pontos via GPS e uma segunda, que se constituiu em visitas às Defesas Civas Municipais das prefeituras envolvidas: Mendes e Engenheiro Paulo de Frontin

4.3.1 Identificação em campo das cicatrizes erosivas

A coleta dos pontos georreferenciados das cicatrizes erosivas se fez por meio de um trabalho de campo percorrendo toda a bacia hidrográfica e através de registro. O trabalho de campo foi realizado entre os dias 26 e 27 de agosto de 2017, nos municípios de Engenheiro

Paulo de Frontin, Mendes, Barra do Pirai e Vassouras. A marcação dos pontos se sucedeu ao registro fotográfico das cicatrizes erosivas e permitiu a localização das cicatrizes erosivas além de servirem para a identificação vetorial anteriormente feita das cicatrizes erosivas através da imagem georreferenciada.

Os pontos levantados em campo, utilizando-se o GPS, modelo Garmin eTrek do Laboratório de Geoprocessamento/LAGEPRO-UERJ também consiste uma etapa importante na elaboração do mapa de identificação das cicatrizes erosivas. Por meio da plotagem desses pontos junto ao mapa de cicatrizes, foram visualizados os acessos possíveis a áreas que apresentavam processos acelerados de ravinamento ou voçorocamento, bem como feito o registro fotográfico de tais cicatrizes erosivas.

4.3.2 Visita às Defesas Civas Municipais

Foi realizada a visita aos órgãos públicos municipais e federais para obtenção de dados, entrevistas ou esclarecimentos. Foram feitos contatos com as Defesas Civas municipais e também visitas e entrevistas com os agentes públicos desses municípios nos meses de setembro e outubro de 2017.

O objetivo dessas visitas foi conhecer um pouco mais da dinâmica utilizada na classificação dos desastres naturais ou quando da ocorrência de processos naturais. O uso do sistema de informações dos desastres naturais é feito. Contudo, cabe destacar que as prefeituras não dispõem de dados organizados e de livre acesso aos cidadãos. Em conversas com os agentes públicos, foram feitas algumas perguntas sobre os encaminhamentos dados a algumas situações, como no caso, o que deveria ser feito no caso de terras com processo avançado de degradação e com a presença de cicatrizes erosivas.

Foram solicitados dados a respeito das ocorrências de chuva nos municípios e estes não dispõem de dados por força da mudança na gestão municipal. As políticas públicas ou as orientações seguem a estrutura do chefe da pasta e houve relatos de que os dados não ficaram na própria prefeitura. Por outro lado, a visita aos agentes revelou a necessidade de um melhor corpo técnico, pois para os técnicos não foi muito simples a identificação de alguns processos naturais e, nesse caso, as cicatrizes erosivas. A visita aos órgãos públicos estabeleceu um primeiro contato com o poder público, responsável pela formulação e efetivação das políticas públicas voltadas a um planejamento do uso e ocupação do solo urbano.

Na visita à Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Mendes, os desmatamentos (por conta da instalação da cultura do café – final do século XVIII e início do século XIX) e as queimadas foram os principais motivos apontados para a remoção da cobertura vegetal. Os técnicos acreditam que nos últimos 30 anos, as ravinas e voçorocas apareceram com mais intensidade nas encostas. A visita à Secretaria buscou identificar como o município de Mendes (que apresenta mais expressiva quantidade de cicatrizes erosivas em sua paisagem) vem acompanhando e identificando o resultado desses processos nas encostas. O monitoramento do estado de degradação ambiental e as medidas tomadas para mitigar esse quadro também foram objeto de entrevistas com os técnicos afim de averiguar os projetos e as políticas públicas que possam existir na área em estudo.

A fiscalização das áreas de preservação permanente, de cobertura vegetal e as faixas de proteção marginal também é de responsabilidade da Prefeitura Municipal através da lei complementar nº 140 de 08 de dezembro de 2011 e que estabelece as normas para cooperação entre a União, os Estados e os Municípios e relativa à proteção das áreas naturais, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição e à preservação das florestas.

Entretanto, as faixas de domínio são estabelecidas pela lei do parcelamento e uso do solo, sendo de responsabilidade da municipalidade e constando no Plano Diretor de cada município. Essas áreas não devem constar no código de posturas municipal por já possuírem um uso destinado às funções das rodovias. Por essa razão, o Departamento Estadual de Estradas e Rodagens (DER-RJ) tem elaborado as restrições de acordo com a legislação e sem sobrepor a regulamentação à municipalidade para as estradas estaduais. No caso das estradas estaduais, a regulamentação se apresenta somente para o traçado dos novos trajetos no âmbito estadual. Como as estradas na bacia do rio Sacra Família foram abertas anteriormente à criação da Fundação DER-RJ, esse controle ficou a cargo da municipalidade e então foram feitas consultas a técnicos do DER-RJ para averiguar os valores necessários para a construção das estradas e a delimitação das faixas de domínio e a faixa *non aedificandi*.

Sobre a faixa *non aedificandi*, os municípios de Mendes e Engenheiro Paulo de Frontin, não dispõem de um plano diretor municipal que delimite as faixas e, portanto, sendo usada para esse trabalho a referência dos valores que constam na legislação conforme foi colocada no capítulo teórico.

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos. Para melhor sistematizar a apresentação das discussões, o capítulo foi separado em quatro grandes blocos: a) aspectos socioeconômicos da população residente em áreas com cicatrizes erosivas e no seu entorno; b) distribuição espacial da fragilidade ambiental e a relação com a localização das cicatrizes erosivas e c) restrições à ocupação nas faixas de domínio e sua correlata faixa não edificante, nas áreas de proteção permanente e d) papel da cobertura vegetal em relação às cicatrizes erosivas.

5.1 Aspectos socioeconômicos da população residente em áreas com cicatrizes erosivas e no seu entorno

Para representar os aspectos socioeconômicos foram elaborados mapas temáticos com o objetivo de apresentar, a partir dos dados do Censo Demográfico, a atual organização espacial dessas variáveis. Por essa razão foram separados os seguintes temas: acesso à água, esgoto e coleta de lixo, caracterizando a condição de saneamento ambiental dos domicílios, escolaridade (chefes responsáveis alfabetizados), renda (chefes responsáveis com renda menor ou igual a 2 salários mínimos), idade (chefes responsáveis com 65 anos ou mais de idade). As análises e os gráficos apresentados foram obtidos através de realização de planimetria com auxílio do programa SAGA/UFRJ com o objetivo de ter um relatório detalhado da representação de cada classe no conjunto de cada mapa temático.

5.1.1 Saneamento ambiental

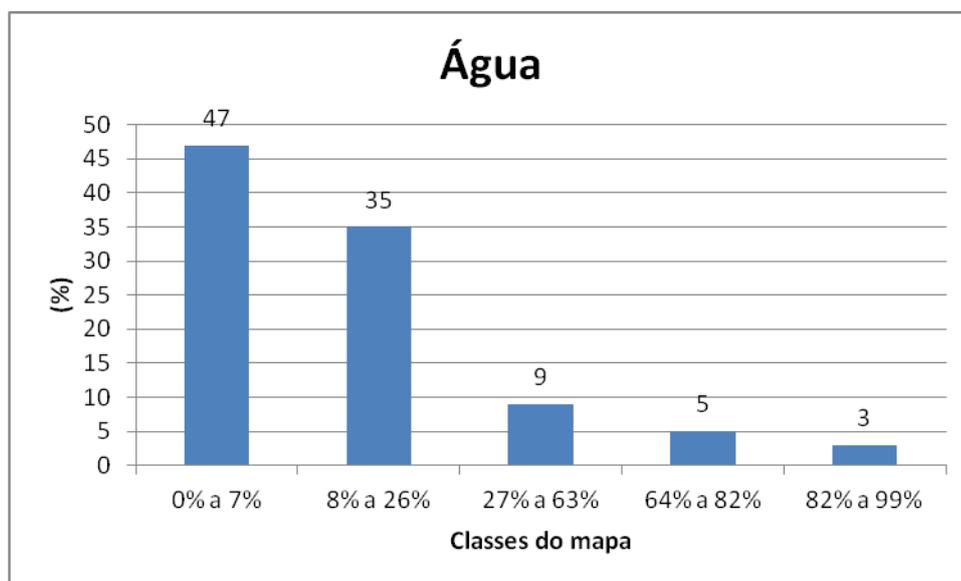
Nesta seção serão apresentados os mapas de acesso à rede geral de água, à rede geral de esgoto e à coleta de lixo. São componentes importantes para compreender a distribuição espacial das condições de saneamento ambiental dos domicílios localizados em áreas com cicatrizes erosivas e no seu entorno. A respeito desse aspecto e para fins de manutenção

(preventiva ou corretiva) da rede geral de água e de esgotos, podem ser realizadas obras e intervenções, que junto à forte concentração de cicatrizes erosivas podem potencializar a ação erosiva sobre a área. Isso requer por parte do Poder Público uma maior atenção às áreas com determinado estágio de degradação deflagrado pelas cicatrizes erosivas. No aspecto da coleta de lixo, essas cicatrizes erosivas podem se tornar o receptáculo de lançamento de resíduos, o que pode contaminar os solos não sendo oferecido o destino adequado ao tratamento do lixo.

A planimetria executada aponta os valores e a importância de cada classe no contexto da bacia do rio Sacra Família. De acordo com a planimetria elaborada através do uso do software Saga UFRJ e representada no gráfico 3, a classe de 0% a 7% dos domicílios ligados ao sistema de abastecimento de água aparece como mais expressiva no mapa. O percentual de representação dos setores censitários nessa classe é da ordem de 47%. Em segundo lugar, temos a classe que apresenta o intervalo entre 8% e 26% dos domicílios ligados à rede geral de água respondendo com um total de 35% dos domicílios da bacia hidrográfica.

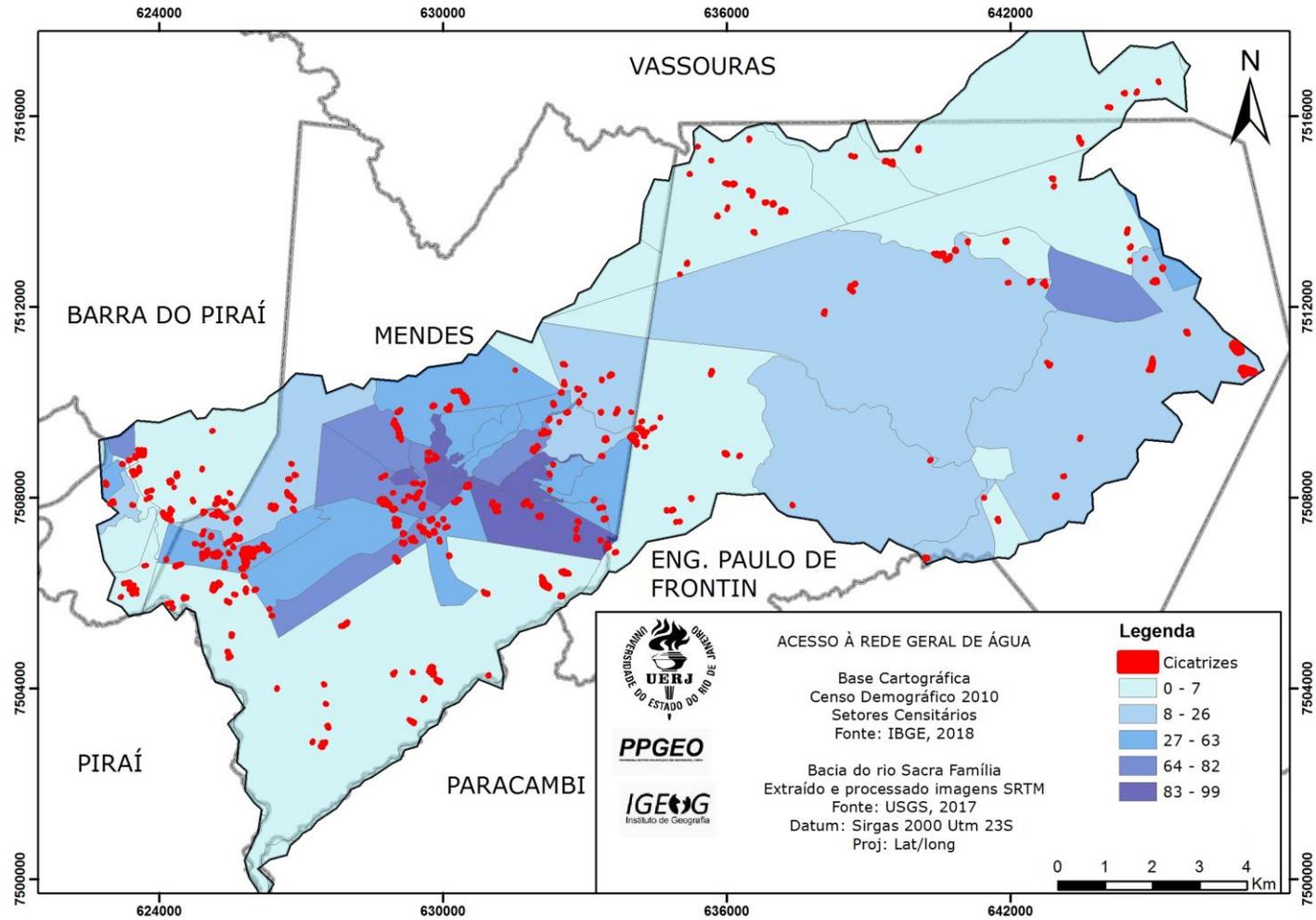
Por meio da mapa 2, é possível identificar que os setores censitários que apresentam os mais baixos valores estão provavelmente em área rural ou a ocupação de casas esparsas. Partindo dessa premissa é possível, que os domicílios desses setores com valores baixos, dependam de nascentes ou outros trechos de um rio no terreno. Entretanto, é possível notar que no centro do município de Mendes boa parte está coberta com abastecimento de água oriundo da rede municipal de água. Justamente aí estão áreas identificadas como de forte fragilidade ambiental

Gráfico 3 - Classes do mapa da rede de abastecimento de água



Fonte: O autor, 2018.

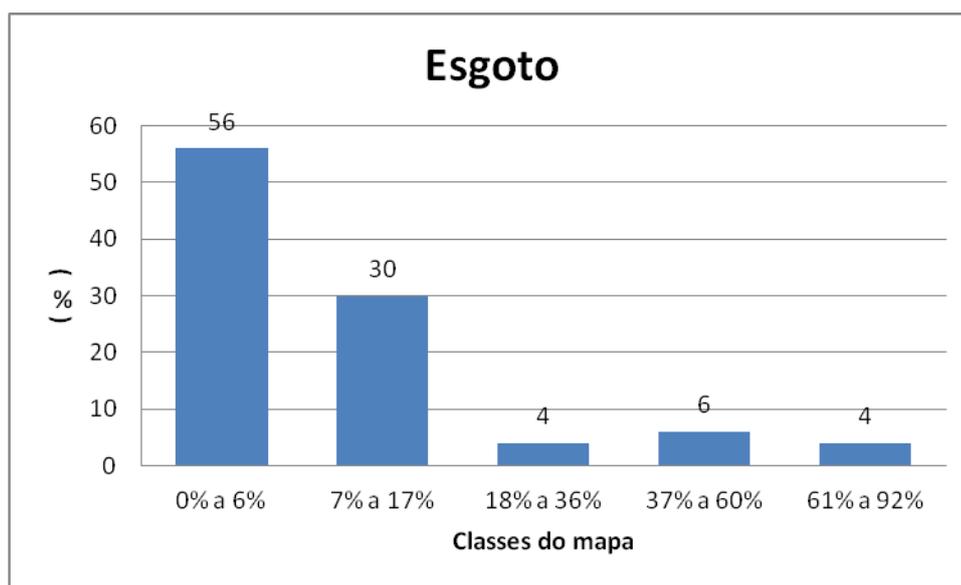
Mapa 2 - Cicatrizes erosivas e acesso à água na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

A rede de esgotos também apresenta alta representação nas primeiras classes, o que significa que até 17% dos domicílios inseridos na bacia do rio Sacra Família é que possuem alguma ligação com a rede de esgotos. Em campo foi possível observar que os esgotos eram lançados *in natura*, o que pode comprometer a qualidade das águas do rio Sacra Família.

Gráfico 4 - Classes do mapa do acesso à rede de esgoto

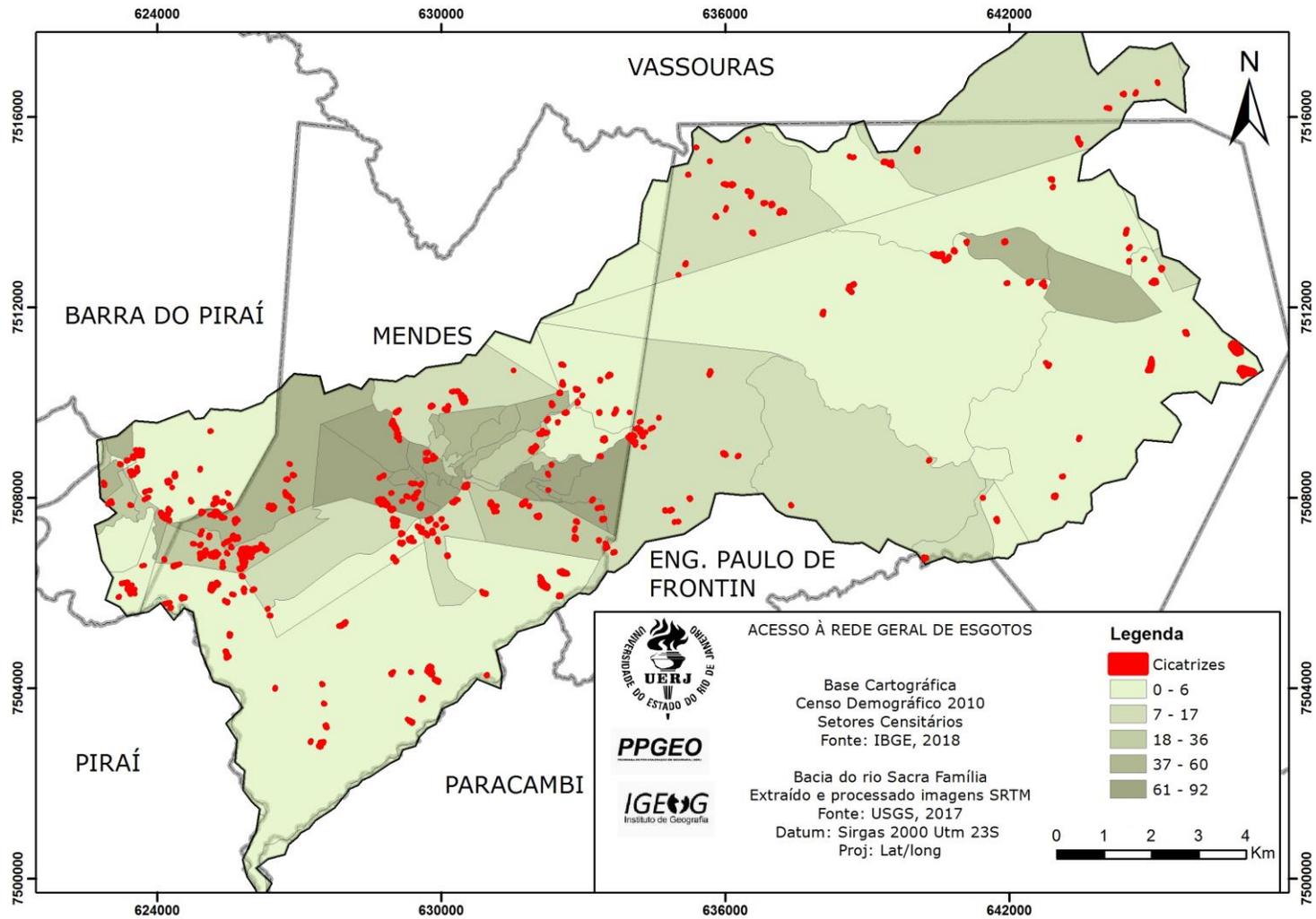


Fonte: O autor, 2018.

De acordo com os Planos Municipais de Saneamento Básico dos municípios de Engenheiro Paulo de Frontin e Mendes (onde estão a maioria das cicatrizes erosivas), os mesmos afirmam não haver controle de qualidade da água tratada e disponibilizada pelos sistemas de abastecimento ao consumo humano. Por outro lado, se não há cobertura da rede de esgotos, o mesmo acaba sendo lançado diretamente no solo, gerando valas negras e podendo contribuir para o desencadeamento de cicatrizes erosivas lineares e para a propagação de doenças.

No mapa 3, os setores censitários que apresentam maior quantidade de domicílios ligados à rede geral de esgoto se concentram no centro do município de Mendes. Entretanto, muitas áreas, sobretudo rurais também possuem a presença de cicatrizes erosivas e pouca cobertura por parte da rede de esgotos, como é possível perceber no limite entre os municípios de Mendes e Barra do Piraí. Ou seja, para além dos esgotos lançados *in natura* ao rio Sacra Família, estão ainda os sedimentos oriundos das cicatrizes erosivas: fatores que podem contribuir para o assoreamento do rio.

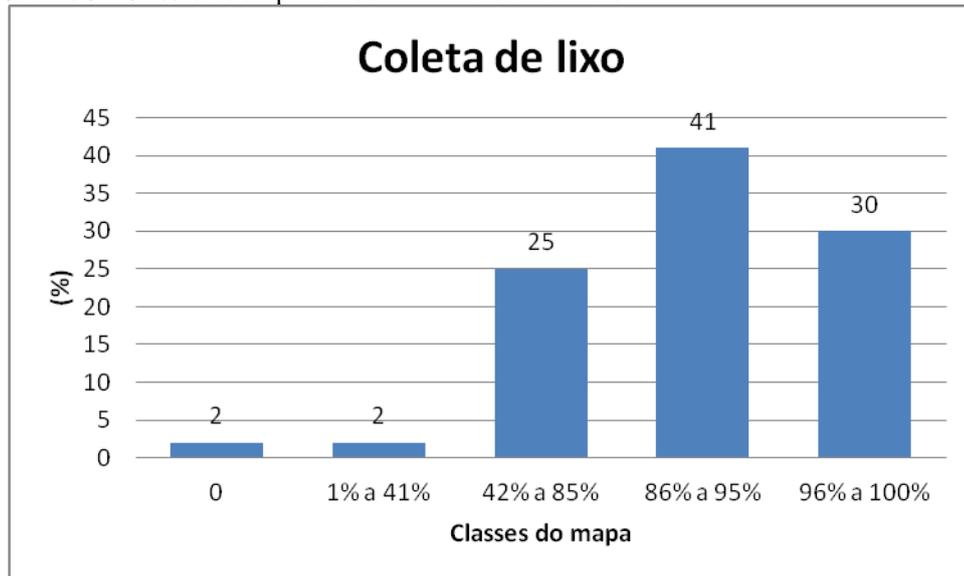
Mapa 3 - Cicatrizes erosivas e acesso a rede de esgotos na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

A coleta de lixo alcança boa expressão em relação ao total dos domicílios da bacia do rio Sacra Família. De acordo com o gráfico, a grande parte dos domicílios está representada nas maiores classes de cobertura do serviço de coleta de lixo. Entretanto, no trabalho em campo foi possível perceber o despejo de lixo diretamente no rio Sacra Família, fato que apareceu evidente no baixo curso, conforme a figura 15.

Gráfico 5 - Classes do mapa de cobertura de coleta de lixo



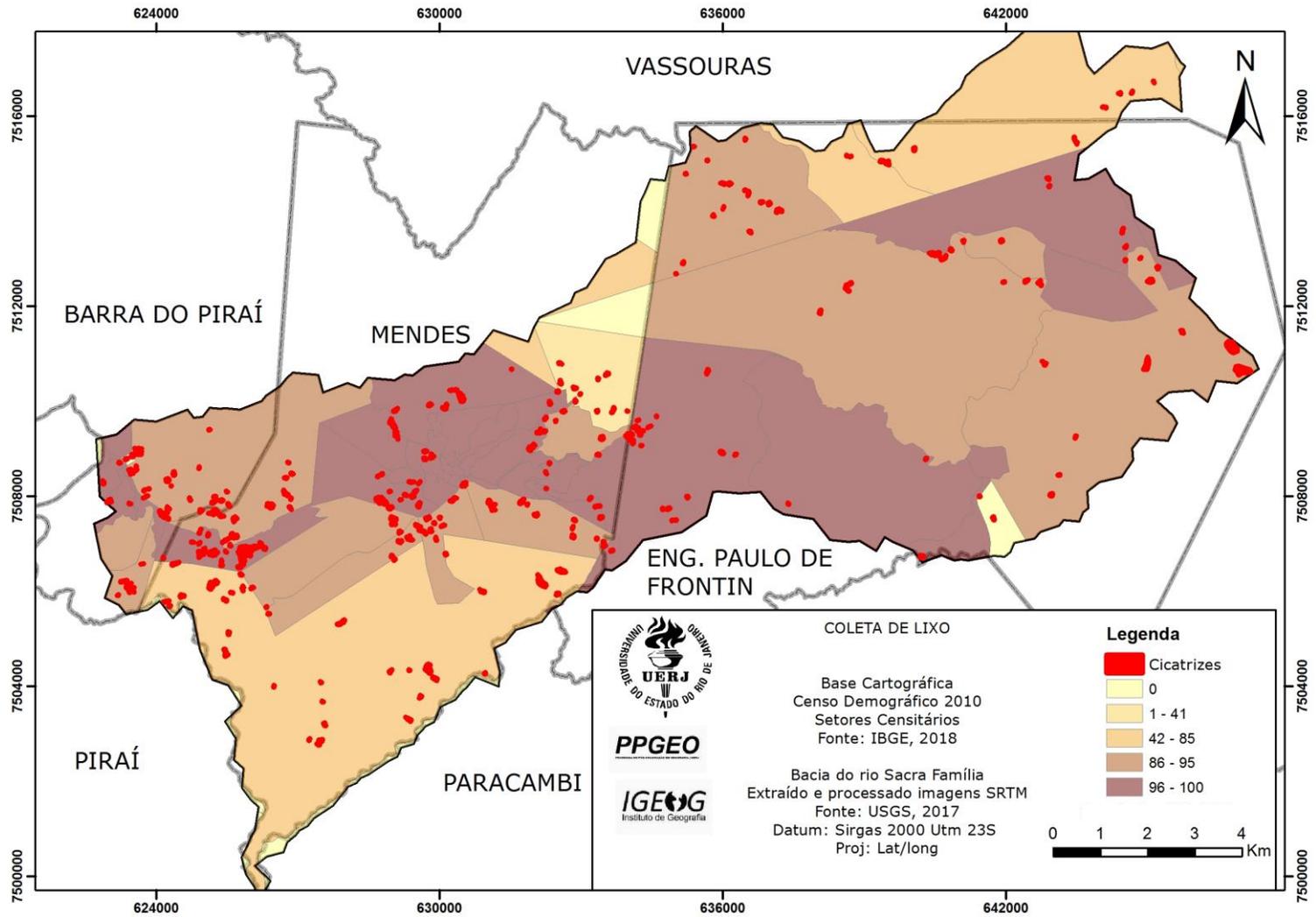
Fonte: O autor, 2018.

Figura 15 - Lixo jogado diretamente no rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018.

Mapa 4 - Cicatrizes erosivas e o atendimento de coleta de lixo dos domicílios na bacia do rio Sacra Família

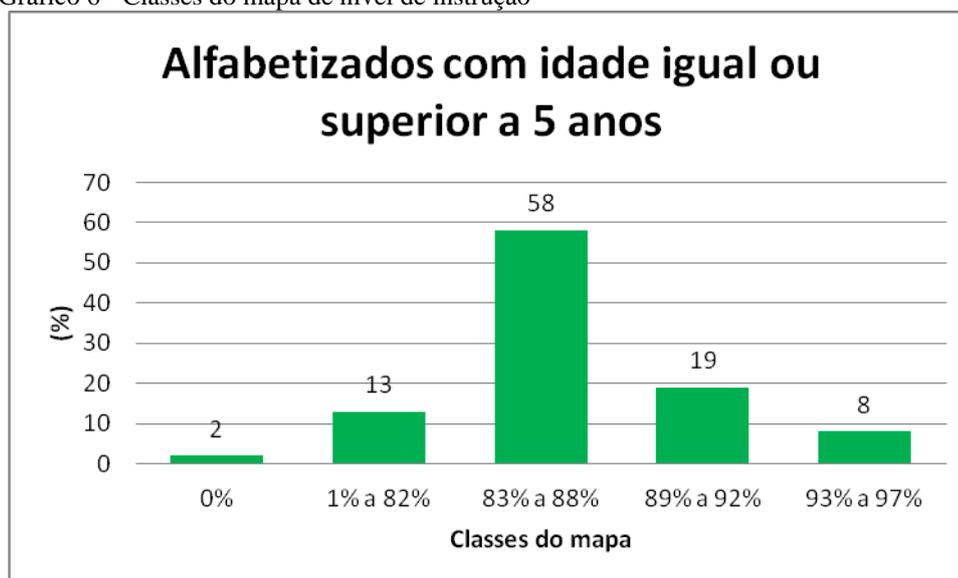


Fonte: O autor, 2018

5.1.2 Escolaridade

No aspecto da escolaridade, são considerados alfabetizados os responsáveis por domicílio que possuem as habilidades de ler e escrever um simples bilhete no idioma que conhecem. Em 58% dos domicílios temos o intervalo de 83 a 88% dos responsáveis já alfabetizados. No mapa 5 é possível perceber que nas áreas onde estão as cicatrizes erosivas de forma mais concentrada são encontrados maiores percentuais de população alfabetizada. Ou seja, a ocorrência de processos do tipo ravinas e voçorocas é possível de ser identificado na paisagem. Contudo, as áreas onde as cicatrizes erosivas aparecem com maior evidência estão com os baixos percentuais de escolarização.

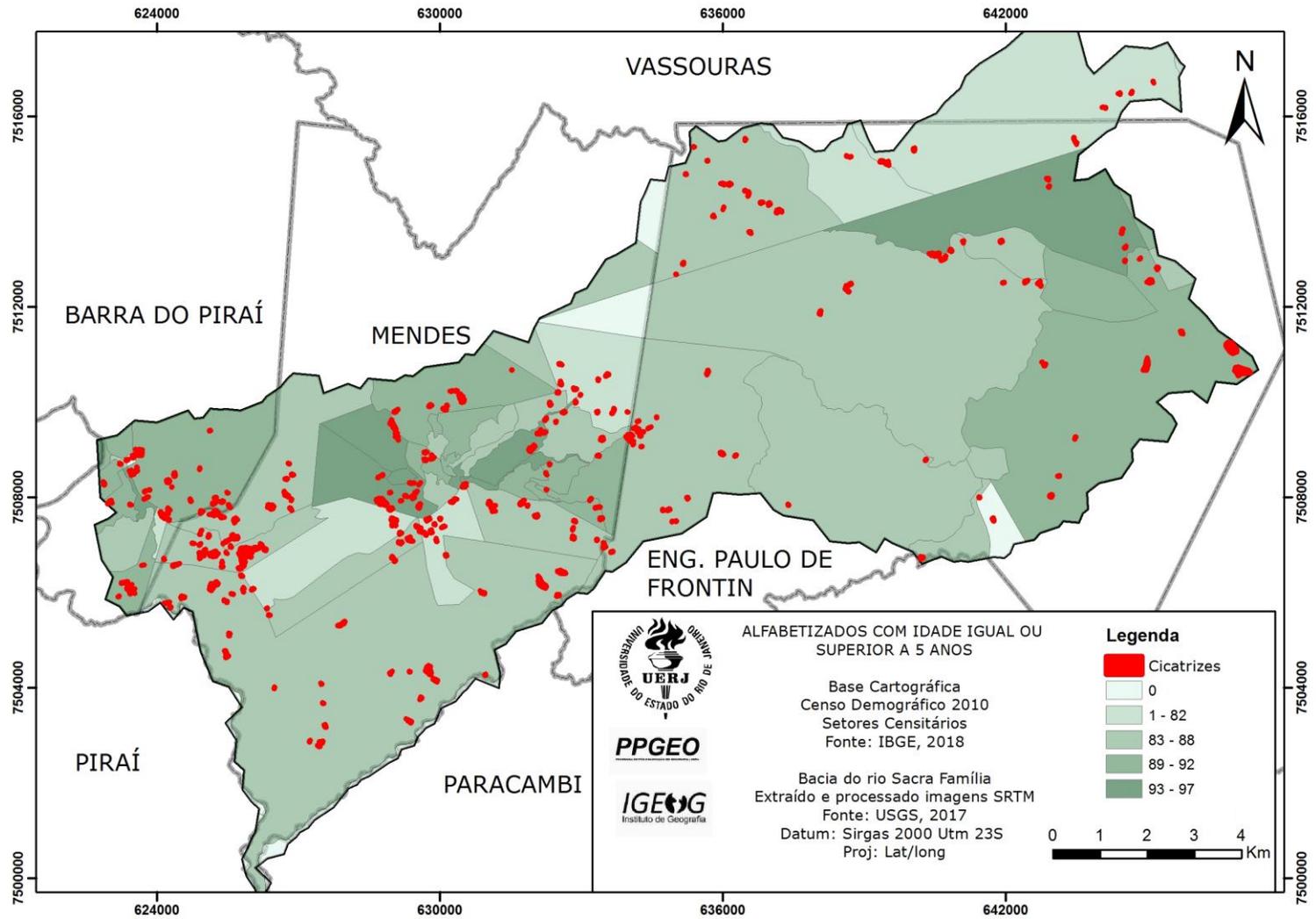
Gráfico 6 - Classes do mapa de nível de instrução



Fonte: O autor, 2018.

Conforme nos apresenta o gráfico 6, em 42% dos setores censitários, a escolaridade apresenta valores inferiores a classe 3 (de 83 a 88% de alfabetizados). Um detalhe chama atenção nas duas primeiras classes pois representam 15% dos que foram parcialmente alfabetizados. Isso significa que um trabalho de educação ambiental pode ser desenvolvido com essa população e articulado ao planejamento dos municípios é possível que os hábitos possam ser modificados em relação à conservação do ambiente. É necessário atentar que embora 42% dos setores representem o restante da amostra, 15% ainda é um desafio a ser superado em vista de alcançar a integralidade de pessoas alfabetizadas e residentes na bacia do rio Sacra Família.

Mapa 5 - Cicatrizes erosivas e responsáveis alfabetizados na bacia do rio Sacra Família

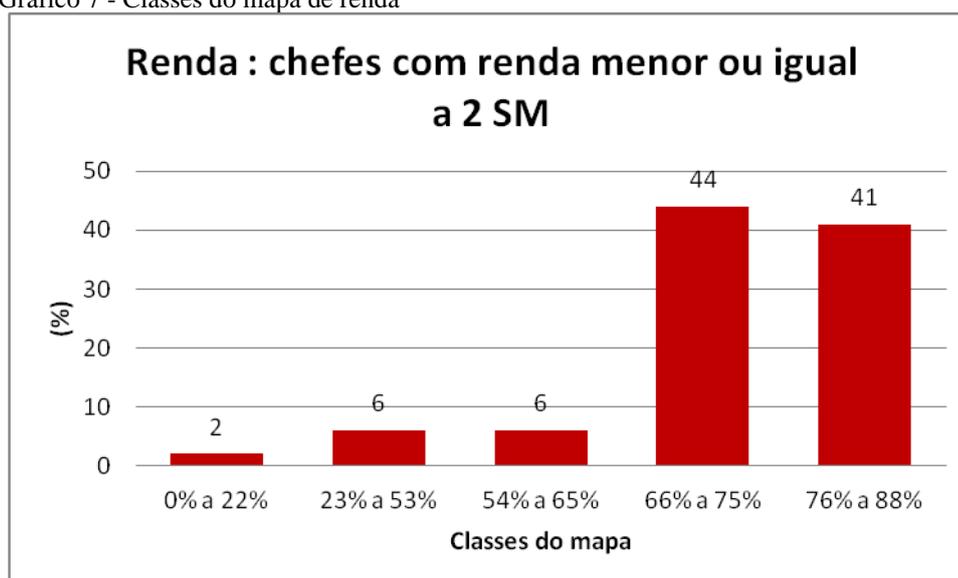


Fonte: O autor, 2018

5.1.3 Renda

No mapa temático renda foi possível observar grande parte dos domicílios (no intervalo entre 70 e 88% do total de domicílios de cada setor) com responsáveis ganhando uma renda menor ou igual a dois salários mínimos. À época da realização do Censo Demográfico, o salário mínimo era de 510 reais, o que pode indicar que a população que vive na maioria dos domicílios possui baixa renda frente à representação nas classes apresentadas. Não obstante, grande parte dos domicílios estão expressos nas classes com intervalo de 66% a 88%. Isso significa dizer, ao observarmos o mapa 6, que boa parte dos responsáveis que ganham até dois salários mínimos estão próximos às cicatrizes erosivas através das últimas classes (com a tonalidade mais forte).

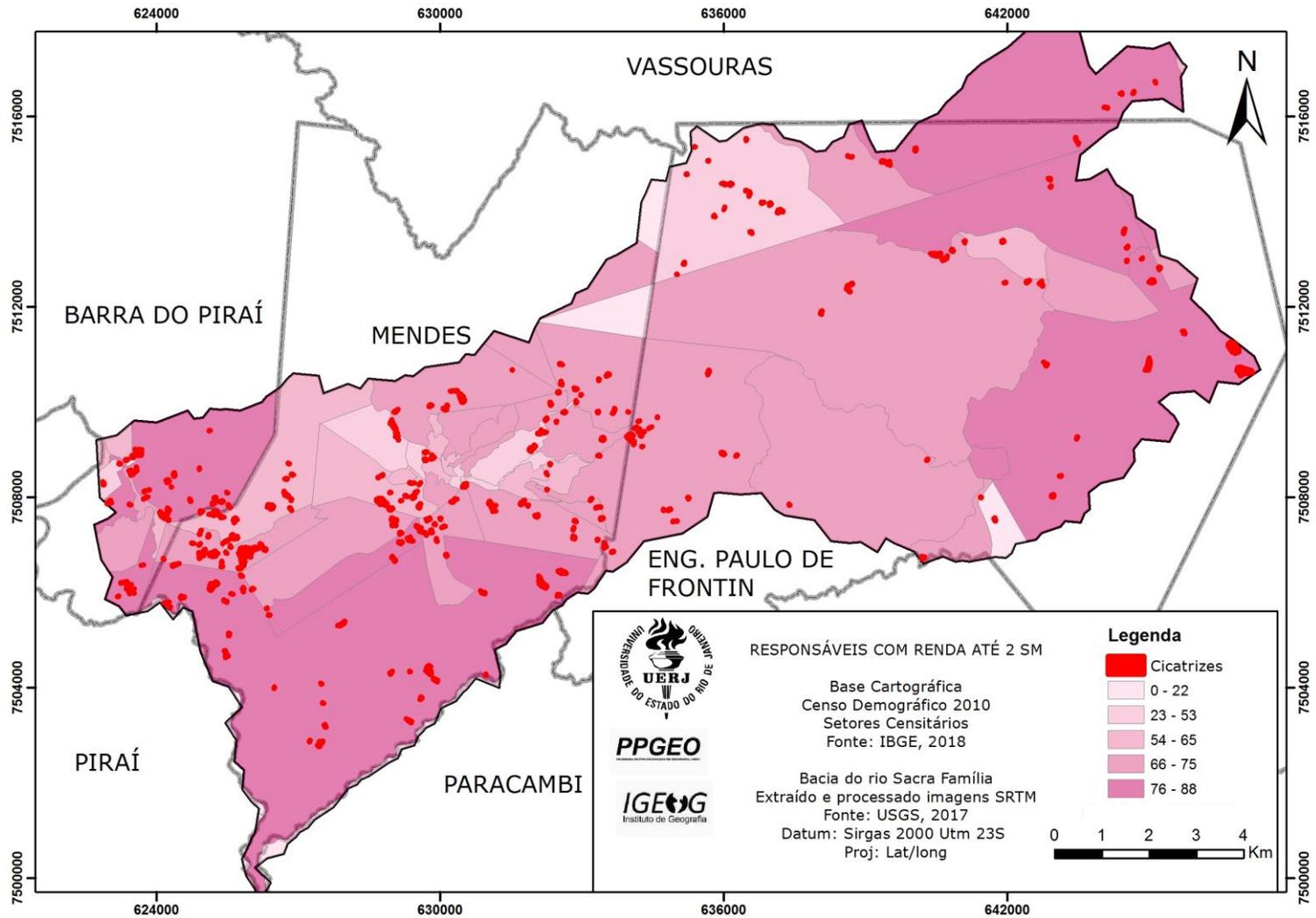
Gráfico 7 - Classes do mapa de renda



Fonte: O autor, 2018.

Quanto à relação entre renda e a localização junto às cicatrizes erosivas, as ações do Poder Público deveriam priorizar políticas públicas focadas na localização dessas famílias que possuem suas casas instaladas próximas a ravinas e voçorocas por representarem um grau de perda de solo e estarem expostas a um estágio avançado de degradação de terras muitas das vezes. Para além disso, o uso da terra poderia ser feito por essas famílias de baixa renda caso sua própria renda estivesse comprometida em função das práticas de agricultura de subsistência. Por outro lado, o Poder Público deveria dispor de políticas públicas com essas populações em vista da mitigação da exposição às cicatrizes erosivas.

Mapa 6 - Cicatrizes erosivas e renda dos responsáveis pelos domicílios na bacia do rio Sacra Família

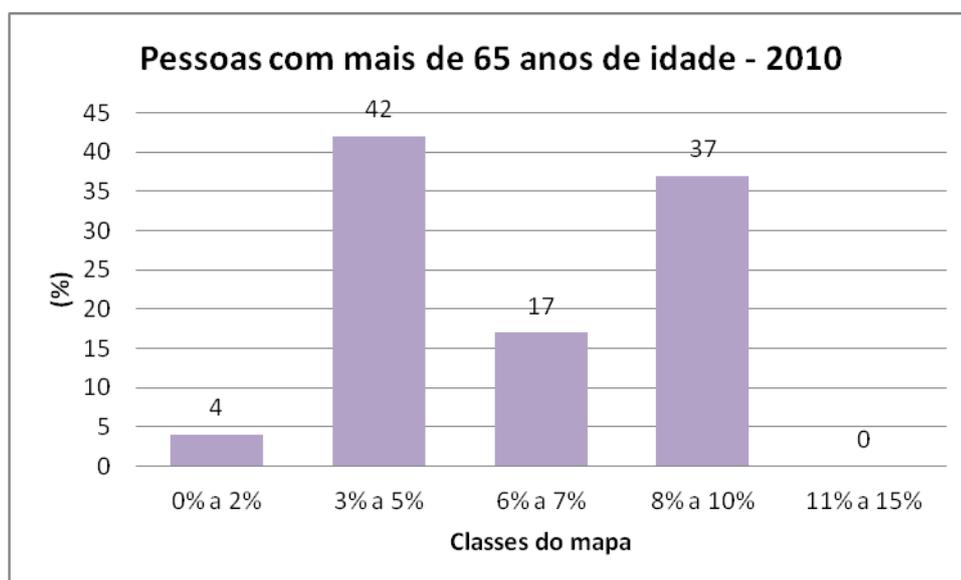


Fonte: O autor, 2018

5.1.4 Idosos

Uma questão importante quanto à ocorrência de cicatrizes erosivas é a quantidade de pessoas idosas e que estão próximas a essas áreas. Ao analisar o mapa das pessoas com mais de 65 anos de idade, por serem consideradas mais vulneráveis, é possível perceber que possuem uma pequena expressão no conjunto de domicílios da bacia visto que se destacam em duas classes (0 a 2 e 3 a 5). Na prática, os idosos representam de 1 a 6% da população que reside nos domicílios particulares permanentes da bacia do rio Sacra Família. Ao considerar essa questão é importante que se faça um monitoramento dessas cicatrizes erosivas afim de que não possam comprometer suas moradas. Entretanto, o mapa 7 nos mostra a localização da população com mais de 65 anos e que está concentrada nas classes mais elevadas (11 a 15) e, portanto, próximas das cicatrizes erosivas.

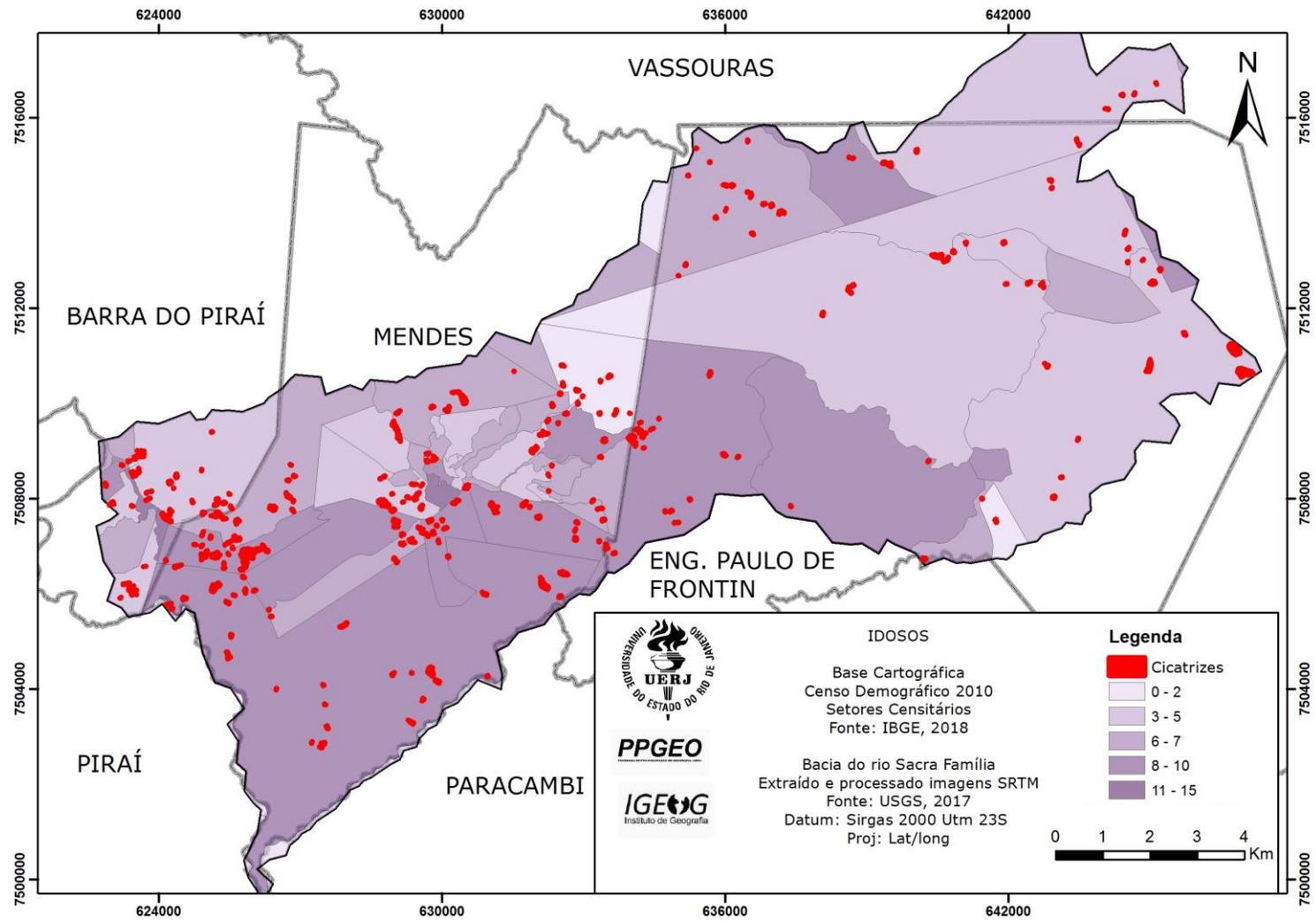
Gráfico 8 - Classes do mapa com o número de pessoas idosas



Fonte: O autor, 2018.

Mesmo em situação de limitação na locomoção, os idosos estão compreendidos entre as classes intermediárias (3 a 10%) de toda a amostra. Isso significa que existe uma população a ser considerada e que está próxima das cicatrizes erosivas conforme o mapa 7 nos aponta. Para essas populações é necessário desenvolver um programa de habitação face a proximidade de suas residências junto às cicatrizes erosivas, no caso delas oferecerem algum tipo de perigo às suas vidas.

Mapa 7 - Cicatrizes erosivas e pessoas idosas na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

5.2 Aspectos ambientais e cicatrizes erosivas

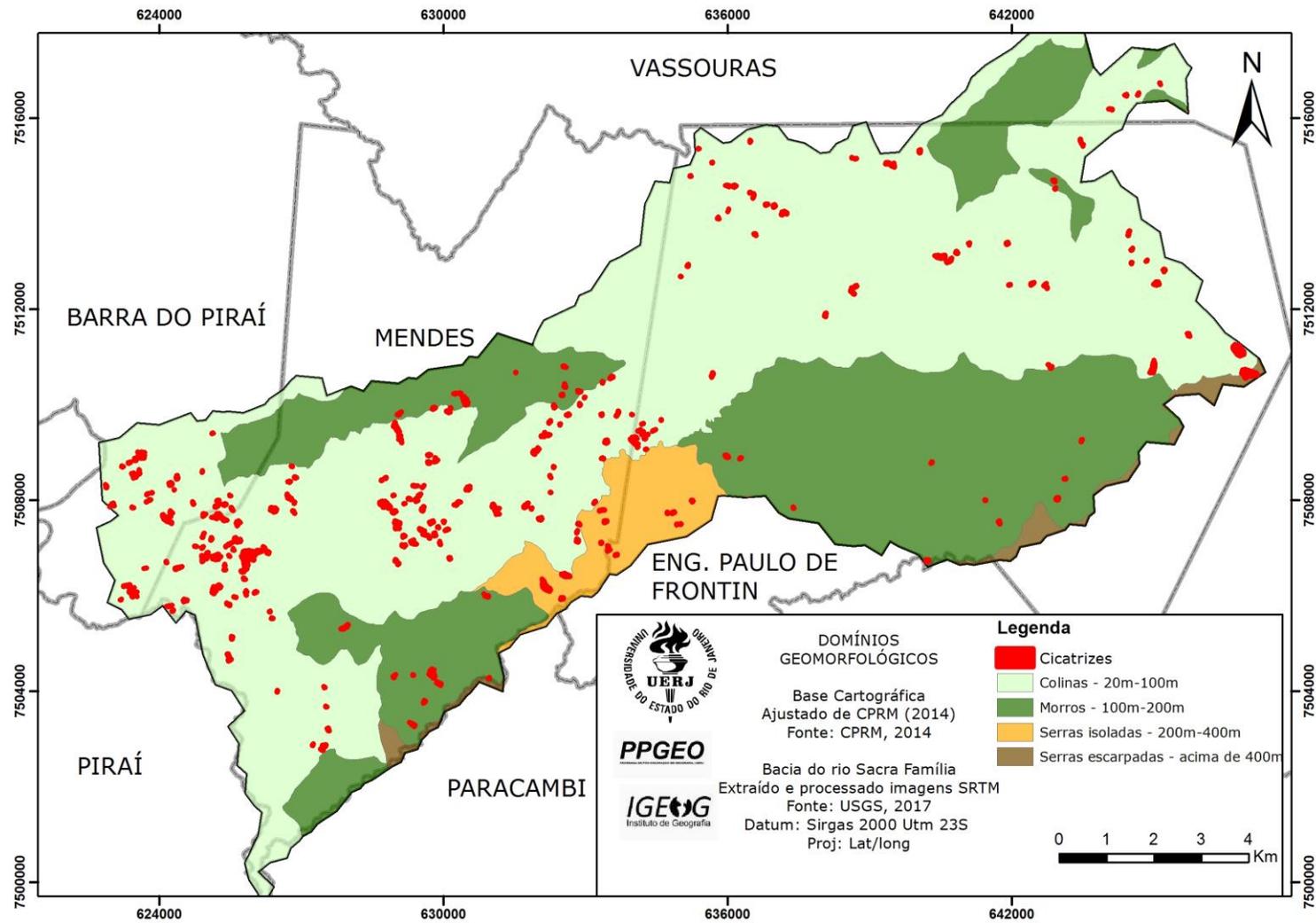
Nos aspectos ambientais, a identificação dos condicionantes físicos é essencial para o entendimento da distribuição espacial das cicatrizes erosivas aceleradas. Os mapas temáticos foram organizados por grandes temas: geomorfologia, geologia, solos, declividade, fragilidade ambiental, vias de circulação, áreas de preservação e cobertura vegetal.

Após os mapas apresentados e a partir de três áreas (Morsing, Mendes e Vila Mariana) serão apontados os seguintes aspectos de acordo com a legislação brasileira: a faixa de proteção marginal, as áreas de preservação ambiental, as faixas de domínio junto às áreas não edificantes, e por fim, a cobertura vegetal nas áreas onde as cicatrizes erosivas aparecem de forma mais próximas às residências.

5.2.1 Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa geomorfológico da bacia do rio Sacra Família

A geomorfologia da bacia do rio Sacra Família é formada em sua maioria por colinas. Entretanto encontramos formações do tipo morros, serras isoladas e serras escarpadas. As colinas conforme Guerra (2011) são “comumente aparentadas às montanhas se diferindo apenas da distancia uma das outreas e com baixas altitudes. Constitui em geral uma forma de relevo derivada”. Os morros contituem montes poucos elevados. Todavia, o entendimento da dinâmica geomorfológica dessas formas pode ser visualizado através dos sinais de instabilidade que se apresentam através das cicatrizes erosivas na paisagem. Mafra (1984) estudou o município de Engenheiro Paulo de Frontin, e destaca que a área apresenta “feições geomorfológicas de complexos de rampa (relacionadas ao nível de colinas de baixo gradiente), que se articulam no fundo dos vales com rampas longitudinais pouco dissecadas”. Em seu trabalho, a autora destaca a extensão das voçorocas, que revelam um avanço delas nos pontos de incidência e incorporação de novas áreas erodidas.

Mapa 8 - Cicatrizes erosivas e geomorfologia da bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

O mapa 8 revela que as cicatrizes erosivas estão em áreas de colinas que apresentam a faixa de 20m a 100m. Por serem áreas de certa declividade, a ausência de cobertura vegetal e o pisoteio de gado são fatores que potencializam a ocorrência de fluxos superficiais, que acabam por desencadear sulcos e que podem evoluir para ravinas e voçorocas.

5.2.2 Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa geológico da bacia do rio Sacra Família

As unidades geológicas que se destacam são: a unidade Arcádia Areal, as fácies Conservatória, os Depósitos Aluvionares, o complexo Paraíba do Sul, o complexo Quirino e a suíte Rio Turvo, de acordo com o mapa 9.

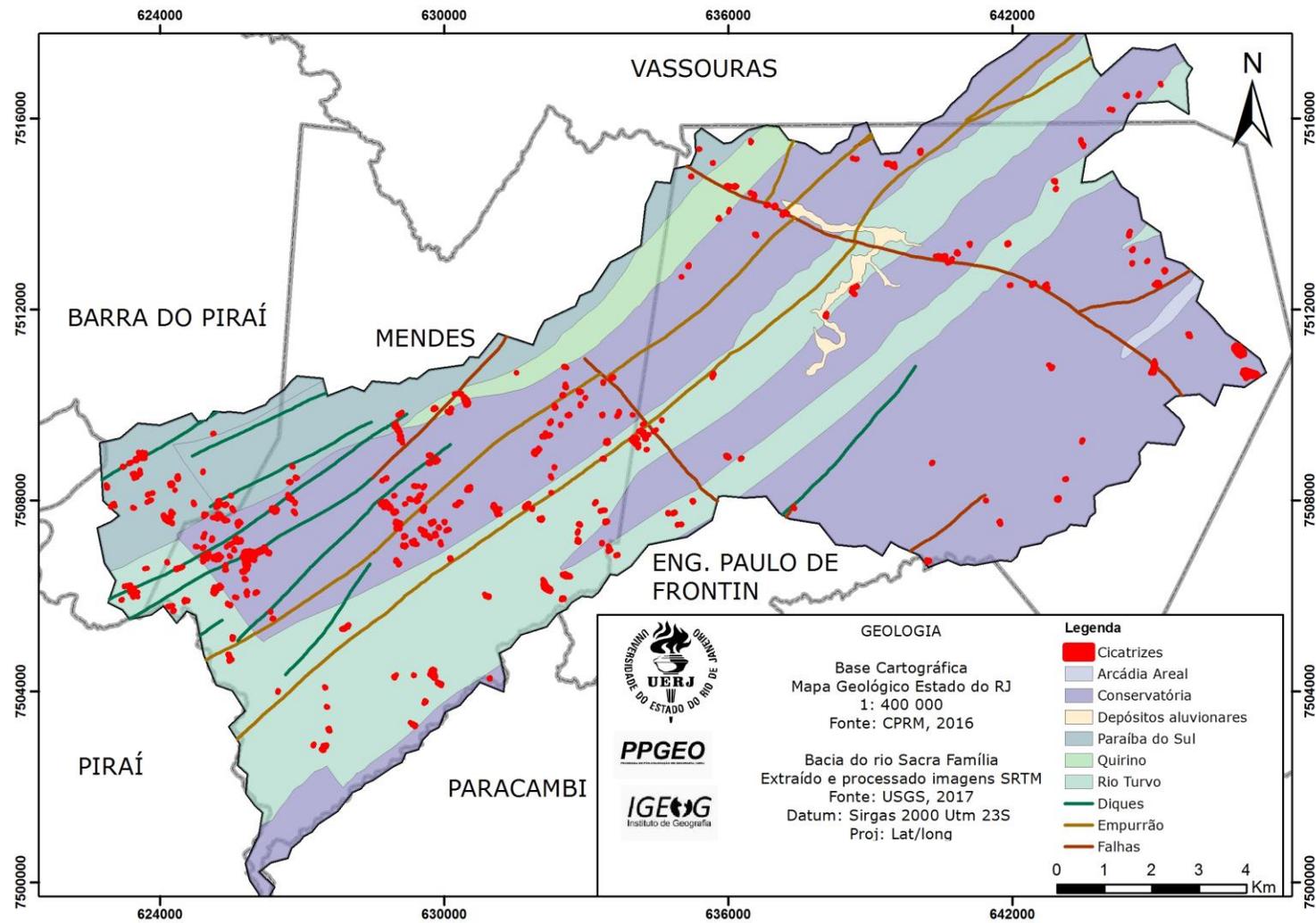
A área de estudo se situa na faixa de dobramentos do ciclo brasileiro do Atlântico brasileiro e remonta várias idades ao longo do Pré-Cambriano. São terrenos antigos e muito desgastados pelas várias fases erosivas ocorridas. Se trata de uma faixa com grande complexidade litológica e estrutural, com prevalência de rochas metamórficas de diferentes tipos e idades, como os gnaisses, migmatitos, quartzitos, micaxistos, filitos e em segundo lugar, as intrusivas, como os granitos e os sienitos (Ross, 2011).

Por essa razão e ao observar o mapa 9 é possível perceber a localização das cicatrizes erosivas nas proximidades ou na área de contato entre as falhas, diques e empurrões. Com rochas de embasamento mais antigo, as áreas onde se encontram as cicatrizes erosivas podem apresentar menor resistência ao intemperismo.

Esse fator de localização na área de contato ou nas proximidades de empurrões, diques ou falhas; pode indicar um forte controle estrutural por parte do embasamento geológico e pode estar diretamente relacionado ao desenvolvimento das cicatrizes erosivas. Entretanto é possível que isso seja averiguado em estudos posteriores com mapeamento detalhado do solo e da geologia da bacia do rio Sacra Família.

As cicatrizes erosivas aceleradas estão localizadas e próximas a lineamentos estruturais ou no cruzamento entre eles.

Mapa 9 - Cicatrizes erosivas e geologia da bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

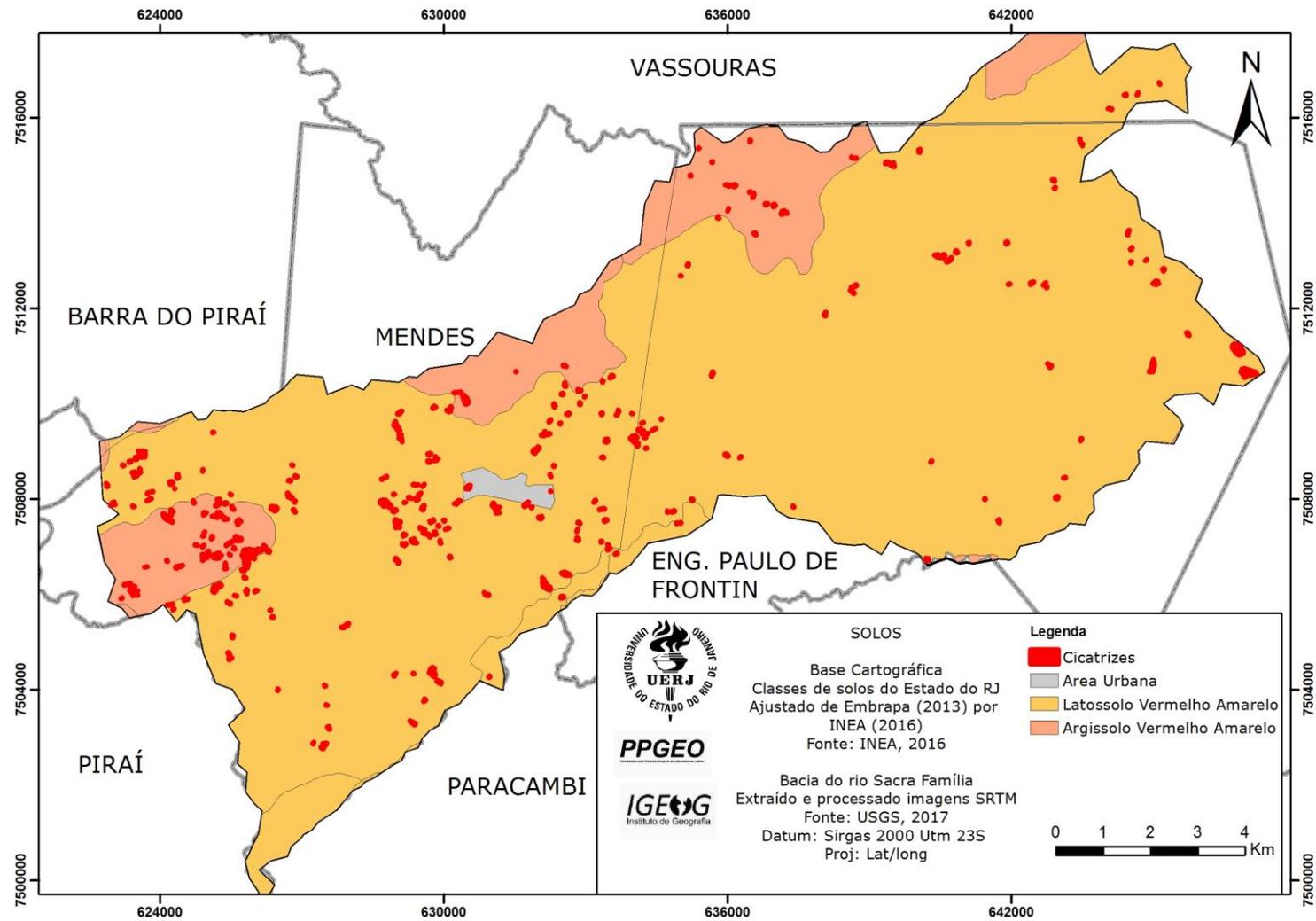
5.2.3 Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa pedológico da bacia do rio Sacra Família

O mapa de solos foi ajustado a partir da compilação do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Foram identificados os problemas locais na bacia do rio Sacra Família quanto ao uso e a conservação dos solos de acordo com Palmieri & Larach (2012).

Os solos encontrados são os argissolos e os latossolos. Os latossolos predominam em grande parte do território brasileiro, mas se encontram comumente em áreas da Mata Atlântica, hoje substituída por pastagens e reflorestamentos de eucáplitos segundo Lepsch (2011). São solos desenvolvidos a partir de granitos, gnaisses e xistos. São muito intemperizados e se desenvolvem em marcantes e prolongadas condições ambientais. Apresentam horizonte A pouco espesso com transição difusa para B muito espesso, com consistência muito friável, alta porosidade e a maior parte resulta de condições especiais relacionadas às composições de seus materiais de origem não removidos pelos processos de glaciação do Quaternário. Estão em áreas onde há intensa movimentação pela bioturbação e com poucos processos pedogenéticos, que os levam a uma maior diferenciação. O intenso e duradouro intemperismo causa aos latossolos a pobreza de nutrientes para vegetais (Lepsch, 2011) e por essa razão, algumas atitudes de recomposição da cobertura vegetal (plantio de mudas nativas da Mata Atlântica realizado pela Prefeitura Municipal de Mendes em 2010) podem ser explicadas por não terem sido bem sucedidas nas áreas onde aparecem as cicatrizes erosivas com maior evidência.

Os argissolos também são solos bastante intemperizados. Contudo, apresentam o horizonte B com argila, ao contrário dos latossolos. Quando eles são associados aos latossolos, em geral estão em posições do relevo mais declivosas. A vegetação típica encontrada nos argissolos é a floresta. Entretanto, a maioria dos argissolos é pobre em nutrientes. Embrapa (2018) destaca que os latossolos vermelho-amarelos com textura média além de mais pobres são mais suscetíveis à erosão. Os argissolos vermelho-amarelos também são mais suscetíveis à erosão e, em áreas de relevo ondulado, recomendam a preservação da flora e da fauna. Portanto, a bacia do rio Sacra Família apresenta uma suscetibilidade à erosão em função das potencialidades e sobretudo das limitações de uso em função dos seus solos.

Mapa 10 - Cicatrizes erosivas e solos da bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

O mapa 10 revela que grande parte das cicatrizes erosivas aceleradas estão localizadas em área classificada como latossolo. Isso revela que a origem das ravinas e voçorocas em áreas com latossolo pode estar associada às atividades humanas, que além de induzir essa ocorrência, torna a área passível de investigação por meio do horizonte C, que pode ser altamente erodível.

5.2.4 Declividade

A declividade é considerada relevante no estudo das cicatrizes erosivas pelo fato de que “interfere de maneira direta no escoamento superficial, sendo função inversa da infiltração da água no solo, ou seja, quanto maior a declividade menor a taxa de infiltração” conforme os trabalhos de Kurowski (1962); Cunha (1991) *apud* Embrapa (2018).

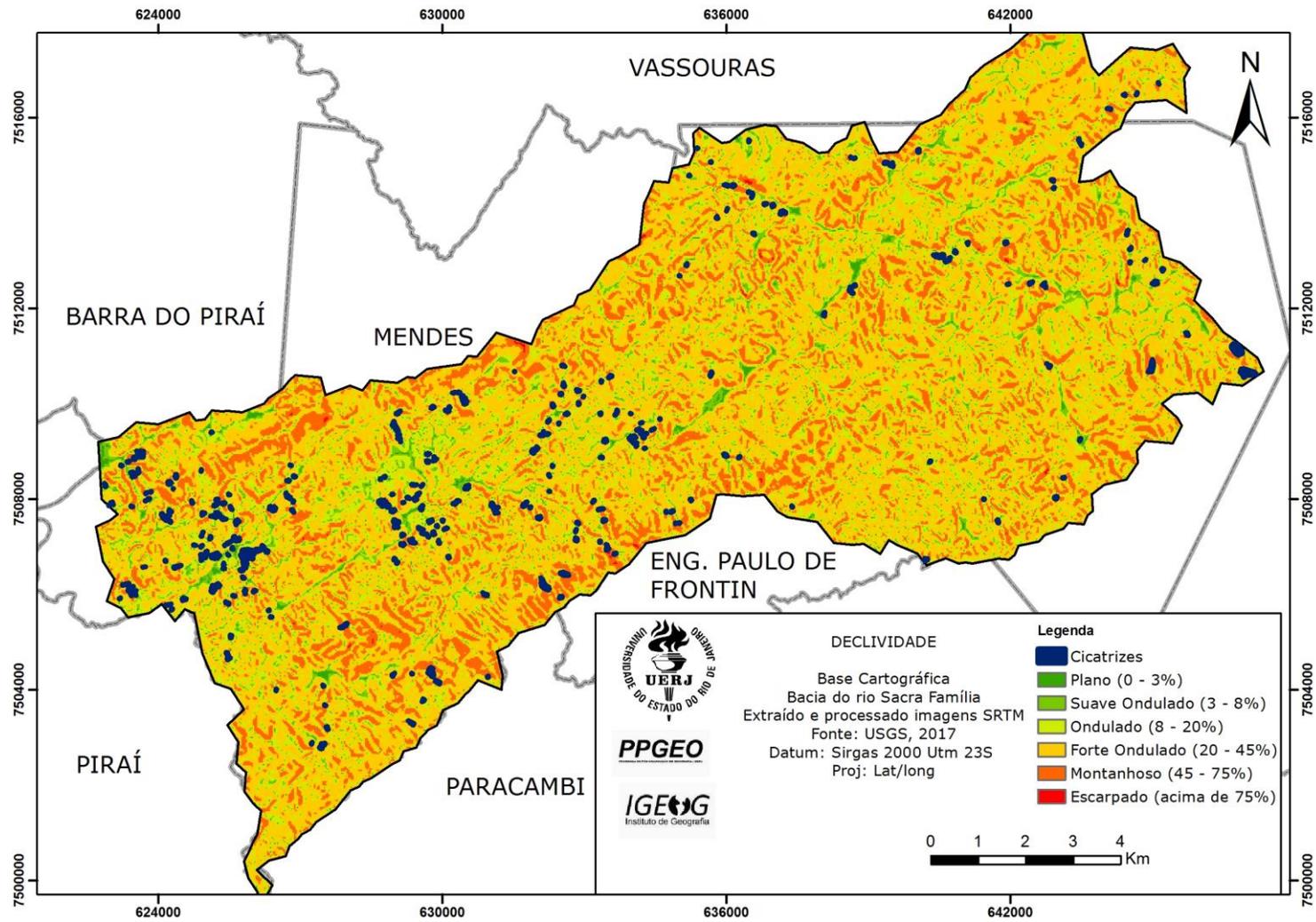
Vieira (1978) destaca que o fator topográfico mais importante no estudo e evolução das voçorocas é a declividade, pois quanto maior a inclinação da vertente, maior será a quantidade de água a escoar superficialmente, acelerando assim, os processos erosivos.

Sendo assim, o mapa de declividade foi gerado com o intuito para entender segundo o método de classificação da Embrapa (1979), se existia uma relação entre as cicatrizes erosivas e o grau de inclinação das encostas. É possível notar através do mapa 11 que as cicatrizes erosivas estão agregadas próximas às áreas caracterizadas como suave ondulado a plano, o que pode indicar que parte dos sedimentos das encostas estarão migrando para as partes planas da bacia. Por outro lado, o mapa de declividades mostra as áreas onde há restrição para determinados usos em função das limitações quanto à ocupação humana.

O mapa de declividade revela ainda as áreas onde o processo de erosão pode atuar com mais força em função de inclinação das suas vertentes. Por isso, é importante perceber como as formas de relevo podem se relacionar com o uso da terra.

A ausência de áreas planas e o relevo que obedece às classes de forte ondulado a montanhoso faz refletir sobre os impactos ambientais gerados a partir da ação antrópica na bacia do rio Sacra Família. Por essa razão, a identificação das áreas com maior fragilidade ambiental se concentrou em associar a declividade, os solos e o uso do solo.

Mapa 11 - Cicatrizes erosivas e declividade na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

5.2.5 Fragilidade ambiental

O mapa de fragilidade ambiental revela as áreas onde a ocorrência de cicatrizes erosivas pode se intensificar. Após a integração entre os mapas de declividade, uso e ocupação do solo e de solos, foram identificadas as áreas onde as cicatrizes erosivas estão, de modo a obedecer a uma escala que aponta 4 classes: fraca, média, forte e muito forte a partir da metodologia empregada por Ross (1994).

As classes mais significativas de acordo com o gráfico 9 são a média e a muito forte. Esse resultado foi verificado em campo com a concentração de cicatrizes erosivas em áreas onde a fragilidade foi declarada como muito forte.

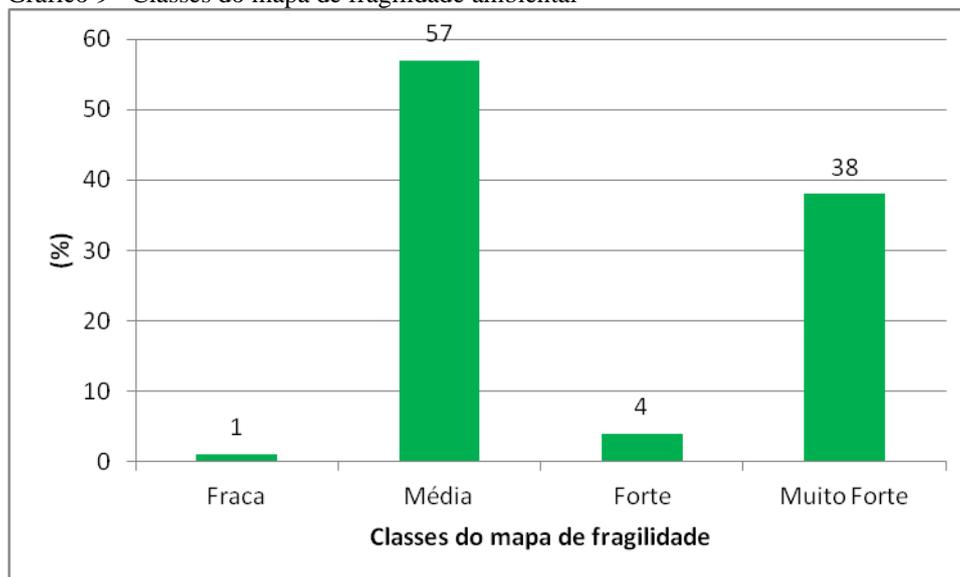
Contudo, a classe média apresenta um destaque secundário em relação à classe muito forte pelo fato de estar em áreas da bacia que não possuem densidade populacional ou aglomerados urbanos. Ao comparar os mapas do registro de cicatrizes erosivas, as mesmas estão localizadas próximas ou dentro das áreas caracterizadas como de muito forte fragilidade ambiental. É provável que as áreas onde a classe foi classificada como média, ainda com a cobertura vegetal consiga conter o avanço das cicatrizes erosivas.

As áreas classificadas como de fraca fragilidade apresentam um número pouco expressivo de cicatrizes no mapa da fragilidade ambiental. Isso pode ter relação com o fato de que a bacia do rio Sacra Família apresenta grande fragilidade em relação aos processos erosivos que formam essas cicatrizes.

Uma investigação mais profunda acerca da realidade dos solos e o entendimento das potencialidades e limitações dos mesmos são ferramentas importante para o gestor público no processo de tomada de decisão.

O mapa da fragilidade ambiental apresenta as classes média e muito forte predominantemente. No caso da bacia do rio Sacra Família, a preservação da cobertura vegetal (que no caso alcança a classe mais representativa quanto ao uso e ocupação do solo) é de vital importância para não potencializar os condicionantes ambientais negativamente e que estão nas áreas classificadas como fragilidade média.

Gráfico 9 - Classes do mapa de fragilidade ambiental



Fonte: O autor, 2018.

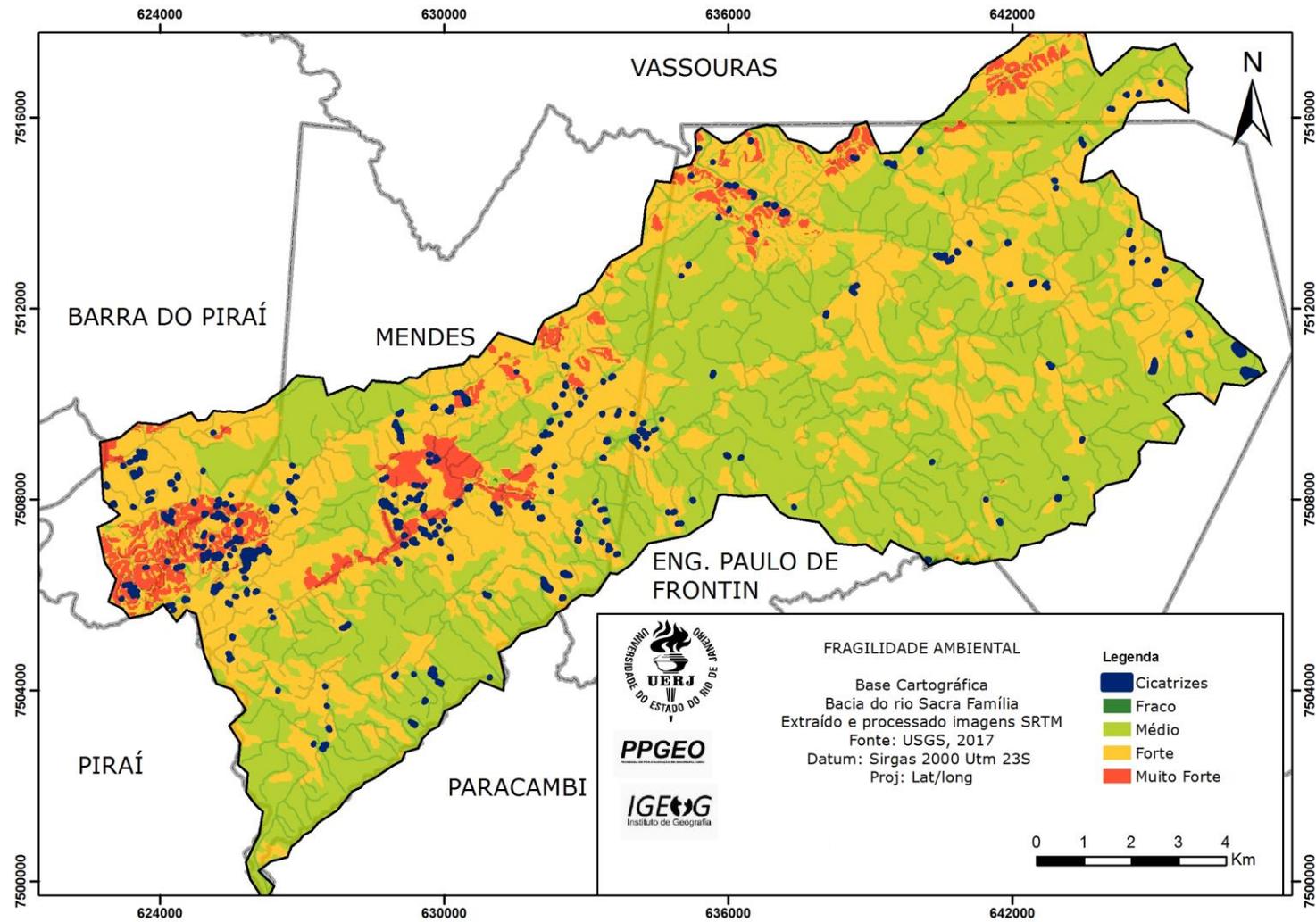
As áreas com a classe de fraca fragilidade quase não estão presentes no mapa de fragilidade ambiental. Isso pode ter relação com o fato de que a bacia do rio Sacra Família apresenta grande fragilidade em relação aos processos que formam essas cicatrizes erosivas.

Uma investigação mais profunda acerca da realidade dos solos e o entendimento das potencialidades e limitações dos mesmos são ferramentas importante para o gestor público no processo de tomada de decisão.

O mapa da fragilidade ambiental apresenta as classes média e muito forte. No caso da bacia do rio Sacra Família, a preservação da cobertura vegetal (que no caso alcança a classe mais representativa quanto ao uso e ocupação do solo) é de vital importância para não potencializar os condicionantes ambientais negativamente e que estão nas áreas classificadas como fragilidade média.

O mapa de fragilidade ambiental evidencia que um número expressivo de cicatrizes erosivas está concentrado nas áreas da bacia classificadas como fragilidade ambiental forte ou muito forte.

Mapa 12 - Cicatrizes erosivas e fragilidade ambiental na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

5.2.6 Mapeamento gerado a partir do campo

O trabalho de campo foi essencial para a averiguação da ocorrência das cicatrizes erosivas na paisagem. Foi possível mapear as cicatrizes erosivas através de imagens e por meio de pontos, as ocorrências registradas pela Defesa Civil Municipal de Mendes. De acordo com o mapa 13, a concentração das cicatrizes erosivas identificadas através de fotos e com pontos via GPS está no sentido leste-oeste, do médio para o baixo curso do rio Sacra Família. Não obstante, os registros históricos coletados no Sistema de Informações sobre Desastres Naturais também foram espacializados a partir da referência com os logradouros e a numeração de cada ocorrência registrada. Há uma correspondência entre os pontos dos registros das ocorrências (feito pela Defesa Civil no município de Mendes) e os pontos de registros feitos em campo. Os registros dos demais municípios não possuíam ocorrências no interior da bacia do rio Sacra Família. Por essa razão eles não estão discriminados no mapa.

Na identificação em campo, uma expressiva quantidade de cicatrizes erosivas apresentam estágio acelerado de desenvolvimento. Entretanto, diversas são as causas possíveis para a intensificação dos processos que geraram essas cicatrizes ao longo da bacia do rio Sacra Família. Ao realizar o trabalho de campo, foi possível identificar a ação antrópica em alguns pontos que podem ter algum tipo de relação com a gradação do processo como por exemplo, o corte de estradas, a remoção da cobertura vegetal, dentre outros.

Um aspecto a ser considerado são as aberturas de estradas. Elas desestabilizam os taludes intensificando a ação da chuva sobre o solo através da lixiviação. Foram identificadas cicatrizes erosivas às margens de estradas que conectam os bairros dos municípios. A título de exemplo é possível perceber a figura 16, onde a cicatriz erosiva do tipo voçoroca aparece junto a estrada Morsing – Barra do Pirai (RJ-133).

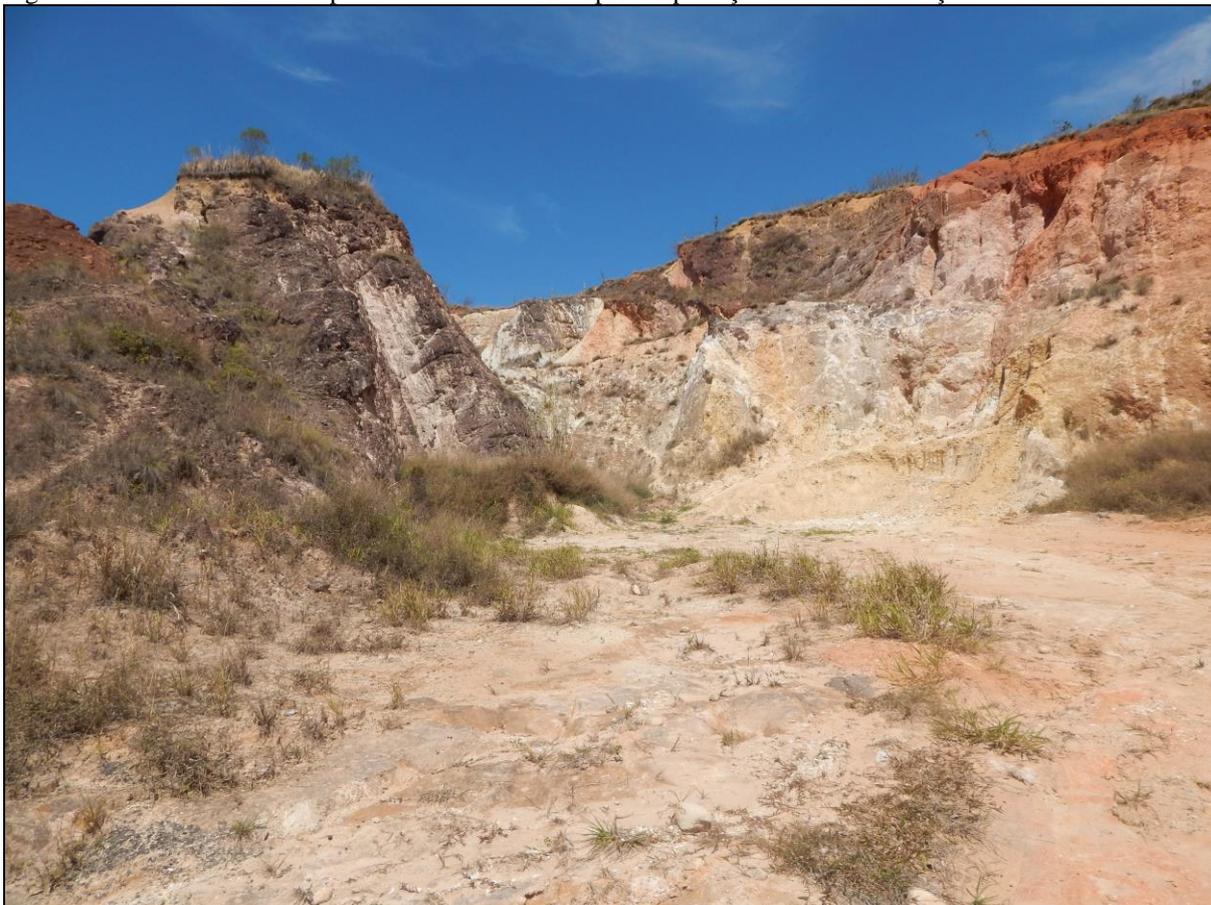
Figura 16 - Cicatriz erosiva - voçoroca junto à RJ-133



Fonte: O autor, 2018

Em algumas áreas, as cicatrizes erosivas servem para a exploração mineral. Na figura 16 é possível notar a presença de uma saibreira que pode ter sido usada para construção civil. Os minerais eram extraídos daí: as encostas podem ter sido exploradas para a extração de saibro e a extração de argila para a confecção de tijolos, como podemos perceber na figura 17.

Figura 17 - Cicatriz erosiva exposta e o uso da encosta para exploração mineral – extração de saibro



Fonte: O autor, 2018.

A análise da proximidade das casas pode indicar uma exposição a perigos com relação ao escoamento do material em direção ao fundo de vale.

É possível perceber a proximidade de algumas cicatrizes erosivas das casas. Conforme as figuras 18 e 19 revelam, algumas residências estão bem próximas às cicatrizes erosivas. Essas casas podem ter comprometimento estrutural se forem atingidas pelo avanço do processo de voçorocamento.

Figura 18 - Voçorocas no alto das encostas



Fonte: O autor, 2018.

Quanto ao aspecto do valor da terra cabe pensar na degradação ambiental presente nessas áreas, o que pode tornar esses solos improdutivos e sem qualquer tipo de recuperação.

Figura 19 - Voçorocas no alto das encostas



Fonte: O autor, 2018

Um aspecto relevante é a proximidade das cicatrizes erosivas e junto a elas, a ocupação da planície de inundação imediata. Existem áreas onde a várzea foi tomada por construções de equipamentos públicos (quadra poliesportiva conforme a figura 21, dentre outros). Nas figuras 20 e 21, é possível perceber o quanto as intervenções antrópicas avançam rumo ao leito do rio. A escola atualmente se encontra desativada e já sofreu várias reformas por força do muro que caiu no período de fortes chuvas. Se encontram localizadas na faixa marginal de proteção do rio, em áreas indevidas, segundo o Código Florestal.

Figura 20 - Muro de escola construído sobre a planície de inundação



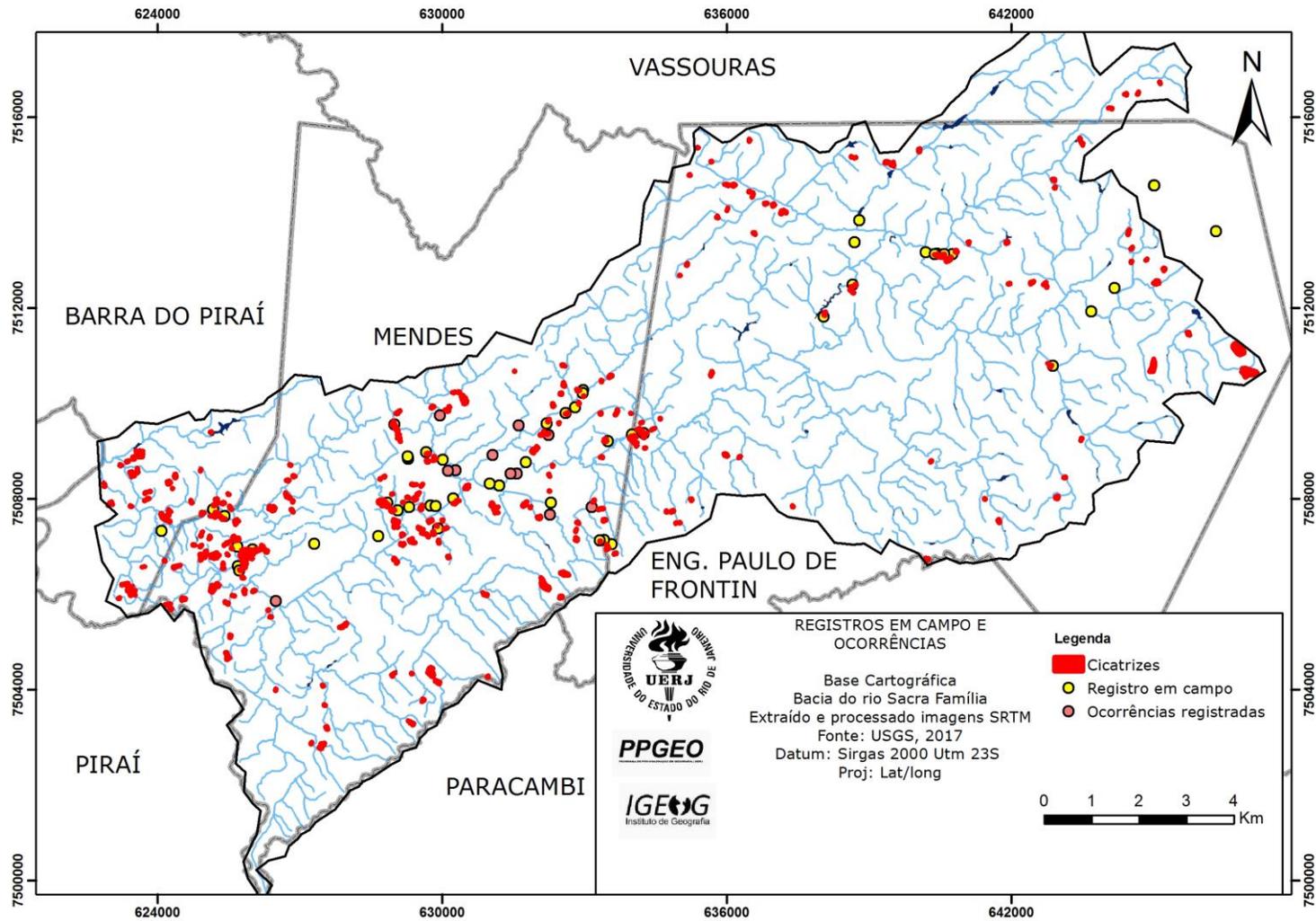
Fonte: O autor, 2018.

Figura 21 - Muro da escola erguido sobre o leito do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018.

Mapa 13 - Cicatrizes erosivas e os registros feitos em campo e ocorrência junto a Secretaria Nacional de Defesa Civil



Fonte: O autor, 2018

5.2.7 Vias de circulação

As vias de circulação se não forem projetadas adequadamente podem se tornar um fator que potencializa a atuação dos processos erosivos. Lepsch (2011) destaca que as estradas mal planejadas (vicinais ou internas à propriedade agrícola) podem ser a causa de graves erosões.

O corte do talude e a conseqüente terraplanagem do terreno são alguns dos exemplos dos impactos sob o ponto de vista geomorfológico e provocam incisões erosivas do tipo voçorocas como destacou Silva (2014).

A bacia do rio Sacra Família possui cinco rodovias estaduais em seu território: RJ 121, RJ 129, RJ 127, RJ 133 e RJ 145. A construção e a manutenção das estradas estaduais é de responsabilidade da Fundação Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Rio de Janeiro – DER/RJ. Ocorre que as principais vias remontam o período histórico de ocupação mesmo antes da criação do DER/RJ (pós fusão dos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro). Cumpre destacar que o município de Mendes precisa de novas vias para articular melhor os bairros e adequando suas vias à demanda de tráfego que ocorre e que está atualmente incompatível em função do tipo de uso (cargas pesadas em perímetro urbano) e do volume de veículos (tráfego).

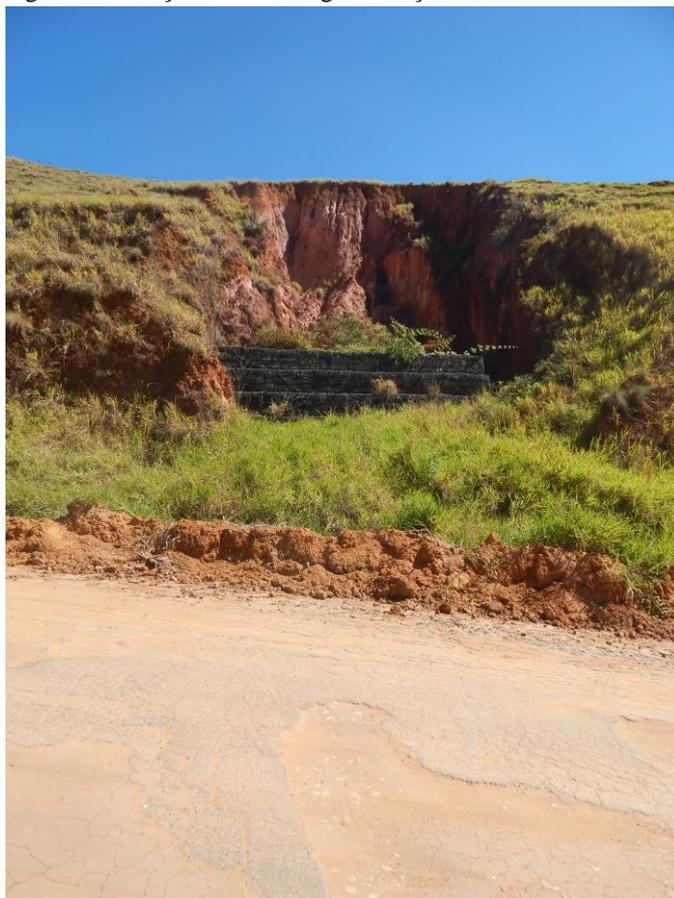
Após elaborar o mapa 14 foi identificado que muitas cicatrizes erosivas estão nas proximidades das vias de circulação. Isso significa que os cortes para abertura dessas vias podem ter relação direta com o desencadeamento de voçorocas.

As figuras 22 e 23 revelam as cicatrizes erosivas próximas às estradas e boa parte delas podem estar localizadas na faixa de domínio⁷ da rodovia ou em área *non aedificandi*⁸, que a depender do seu uso pode ser de até 15 metros distante das áreas de acostamento.

⁷ Faixa de domínio segundo Santos (2011) são “as áreas de terras determinadas legalmente por decreto de Utilidade Pública para uso do órgão concessionário sendo ou não desapropriadas, cujos limites foram estabelecidos em conformidade com a necessidade prevista no projeto de engenharia medidas da linha imaginária central do empreendimento em alinhamento ortogonal para cada lado do mesmo”.

⁸ As Áreas *Non Aedificandi*, diferentemente das Faixas de Domínio, são as faixas de terra com largura de 15 (quinze) metros, contados a partir da linha que define a faixa de domínio do empreendimento. Estas áreas foram estabelecidas pela Lei Federal para Parcelamento do Solo n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, ratificada pela Lei Estadual n.º 6.063, de 24 de maio de 1982.

Figura 22 - Voçoroca em estágio avançado



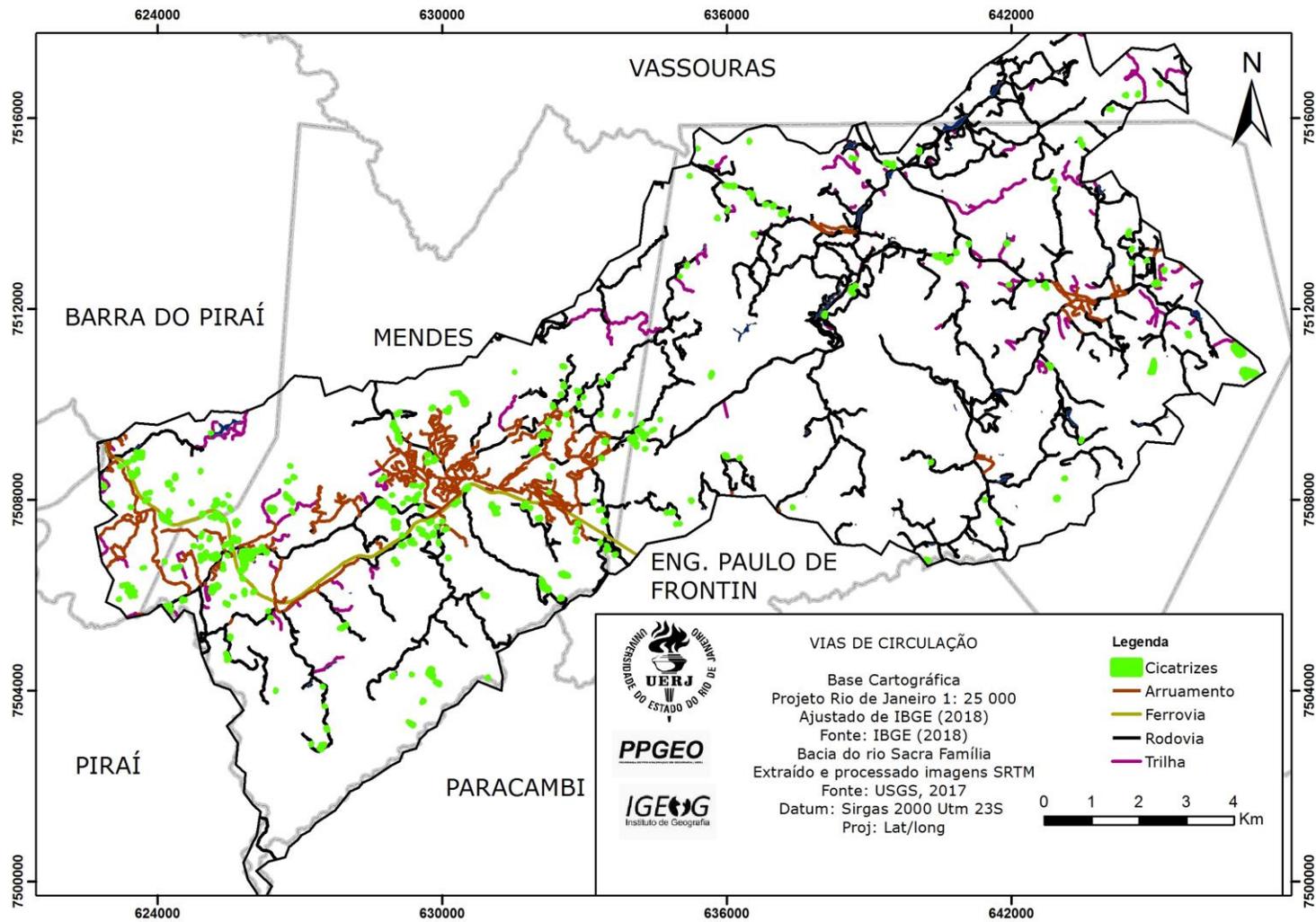
Fonte: O autor, 2018.

Figura 23 - Voçoroca em encosta



Fonte: O autor, 2018.

Mapa 14 - Cicatrizes erosivas e vias de circulação na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

5.2.8 Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa de uso do solo e cobertura vegetal da bacia do rio Sacra Família

O mapa de uso e ocupação do solo revela que a classe representativa é a de floresta e em seguida, a de pastagem. Entretanto e de acordo com o mapa 15, as cicatrizes erosivas estão presentes de forma significativa na classe que apresenta a pastagem como tipo de uso. É importante destacar que as áreas de proteção ambiental precisam estar estabelecidas no entorno das áreas edificadas onde ocorreram as maiores modificações.

Entretanto, algumas cicatrizes erosivas se concentram em áreas urbanas e em meio a cobertura do tipo pastagem. Dois tipos de impacto podem estar associado: o desmatamento e a consequente ação das queimadas sobre a região. Esse último aspecto foi citado em entrevista com os técnicos da prefeitura municipal de Mendes como frequente na área em razão de uma prática cultural que remonta os períodos iniciais de ocupação humana na área.

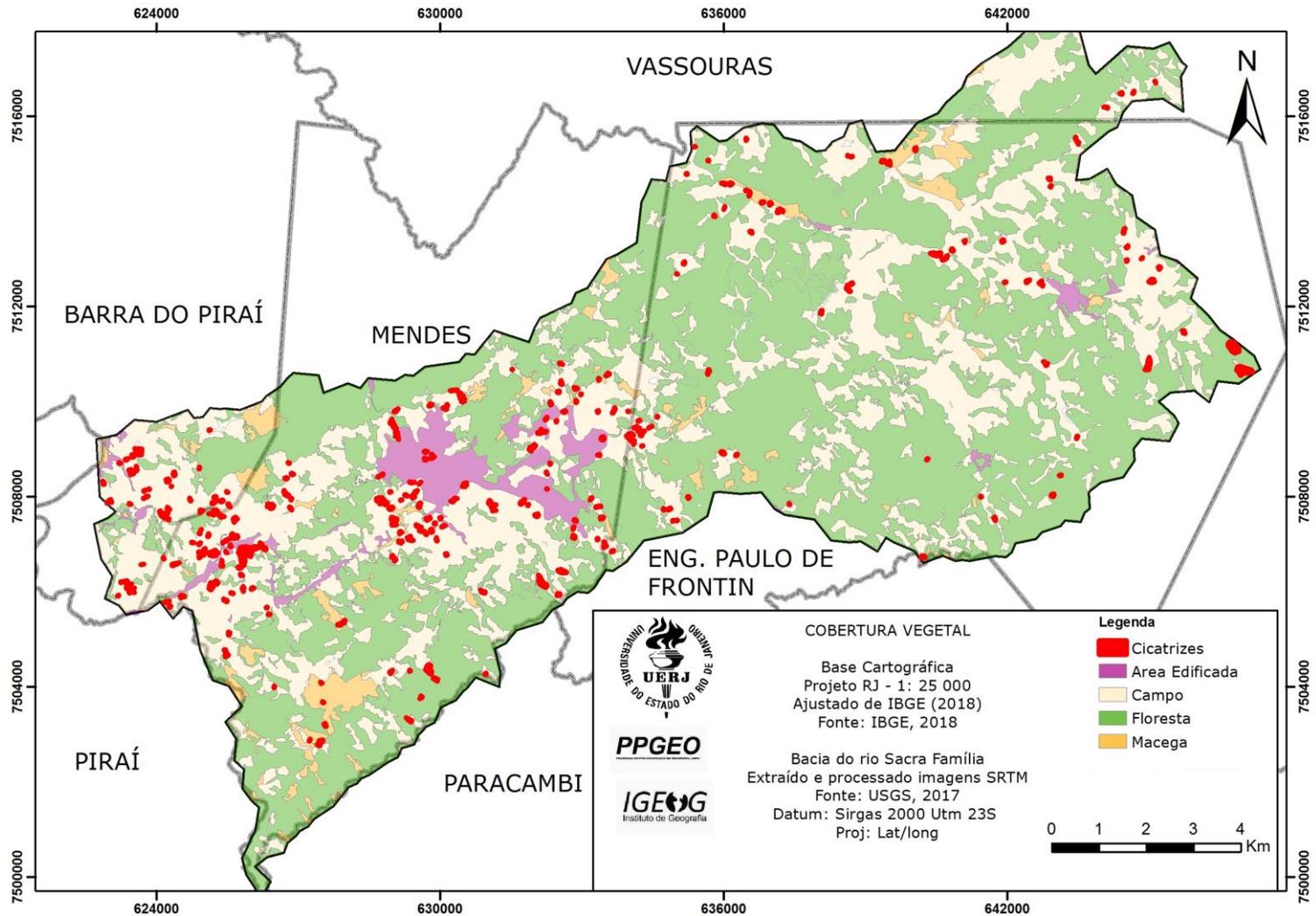
Não há um monitoramento efetivo das cicatrizes erosivas por parte da prefeitura municipal de Mendes (que é o município onde se concentram a maioria das cicatrizes). O atual estado de degradação ambiental, segundo os técnicos, está associado à remoção da cobertura vegetal. Segundo esses técnicos, pelo fato de serem solos mais maduros, qualquer grau de exposição à ação do intemperismo desagrega facilmente os grãos causando potencialização da ação erosiva.

Figura 24 - Voçoroca no alto da encosta



Fonte: O autor, 2018

Mapa 15 - Cicatrizes erosivas e cobertura vegetal da bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

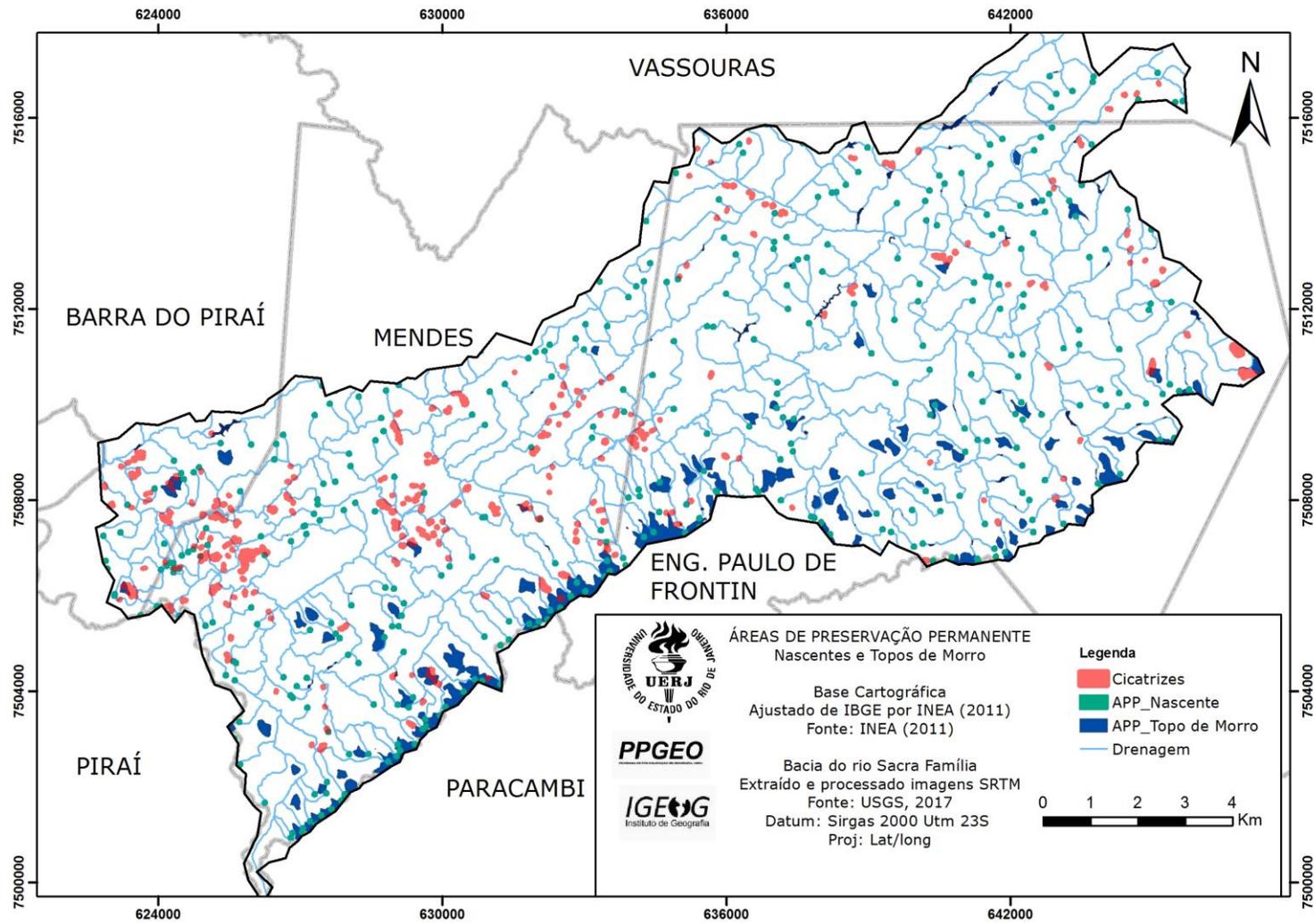
5.2.9 Sobreposição da distribuição espacial das cicatrizes erosivas com o mapa de Áreas de Preservação Permanente da bacia do rio Sacra Família

Foram identificadas 396 nascentes e 87 áreas de topo de morro. Esses números refletem a importância e a necessidade de se estabelecerem políticas públicas voltada para a conservação e preservação dessas áreas que deveriam estar protegidas. Os técnicos da prefeitura do município de Mendes destacaram que as cabeceiras de drenagem atualmente não possuem proteção municipal. Por parte da Secretaria do Meio Ambiente são oferecidas mudas nativas para o proprietário que desejar conservar a nascente em sua propriedade.

A faixa de proteção marginal também está contemplada na legislação ambiental brasileira. É uma área que fica às margens dos rios e garante a operação dos sistemas fluviais e lacustres, segundo Inea (2010). A delimitação das áreas foi realizada e consta nas áreas destacadas em seções posteriores. Entretanto, muitos dos domicílios se encontram próximos a essas drenagens e por sua vez, esses mesmos domicílios podem estar próximos às cicatrizes erosivas. Sobretudo em algumas localidades da bacia do rio Sacra Família, onde é possível perceber que construções não deveriam ter sido erguidas por essas áreas serem uma área *non aedificandi*.

De acordo com o mapa 16, as cicatrizes erosivas se encontram próximas às nascentes ou às dissecações fluviais. Isso significa que os fluxos de água podem estar conectados às ravinas e voçorocas, tornando a área mais sensível às queimadas e aos pisoteios de gado.

Mapa 16 - Cicatrizes erosivas e áreas de preservação ambiental (nascentes e topos de morro) na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

5.3 Avaliação ambiental integrada das cicatrizes erosivas junto à limitações de uso

A análise integrada nesta seção visa identificar três elementos com relação à bacia hidrográfica e onde aparecem muitas cicatrizes erosivas de forma concentrada: as vias de circulação, as áreas que deveriam estar protegidas e a cobertura vegetal de cada área.

Sobre as vias de circulação temos a restrição quanto ao uso da faixa de domínio, que é estabelecida por lei, de acordo com regulamentação. No caso da bacia hidrográfica, foi gerado um mapa com *buffers* que correspondem a 45 metros pelo fato de este valor contemplar tanto a faixa de domínio como a faixa *non aedificandi*. Como resultado, as áreas são uma ampliação do detalhe e que visa relacionar a presença de cicatrizes erosivas junto a essas áreas que por lei possuem um uso específico.

Com relação à faixa de proteção marginal e as áreas de preservação permanente, a identificação dessas faixas junto às cicatrizes erosivas pode revelar a intensificação do processo erosivo em função da ação antropogênica.

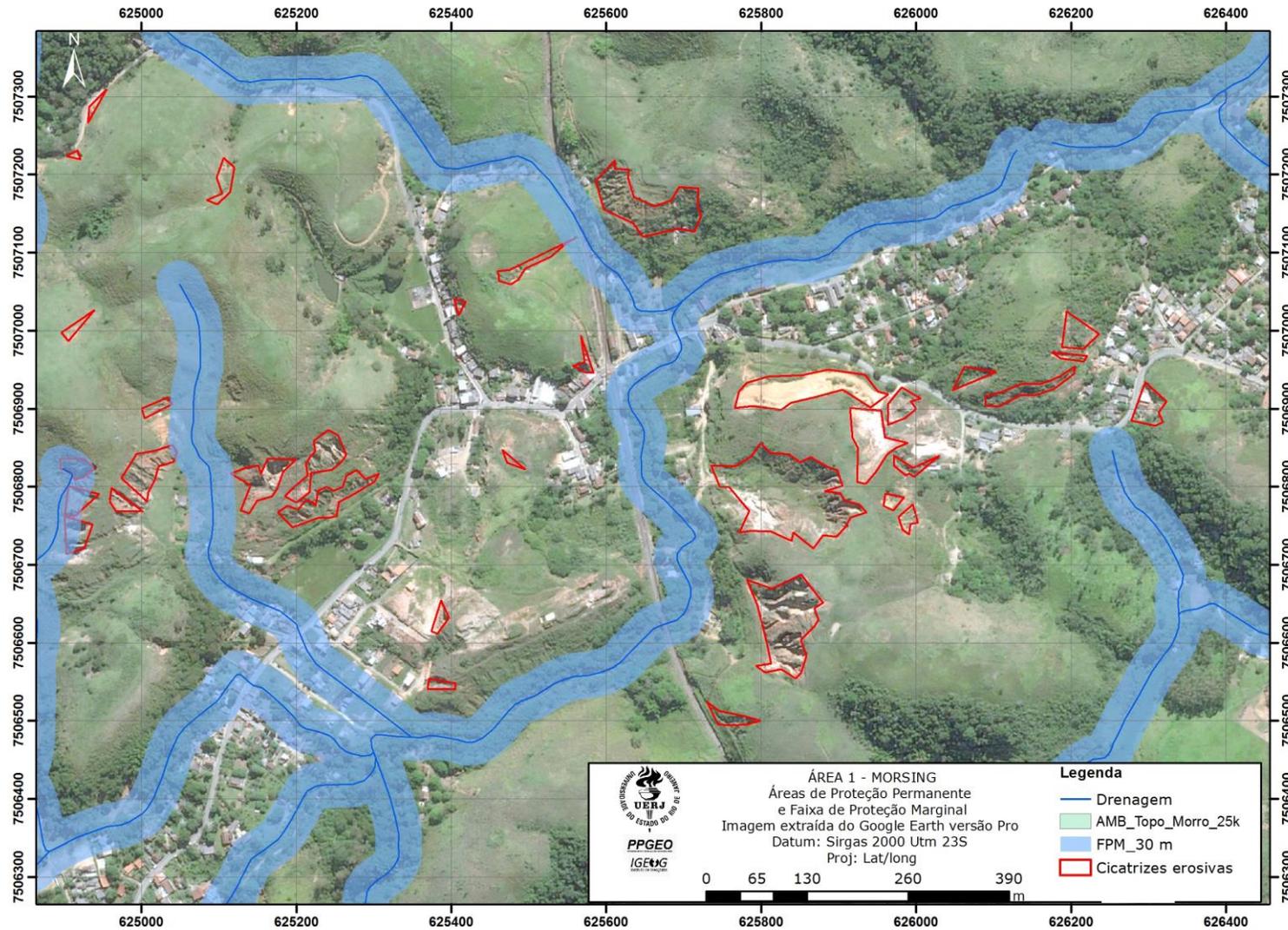
A cobertura vegetal é um indicador importante para compreender os processos físicos que desencadeiam as cicatrizes na paisagem. Nesse sentido, analisar o tipo de cobertura vegetal e o consequente uso pode ajudar a entender que relações podem ser feitas junto aos impactos da chuva sobre o solo em função da sua cobertura.

As localidades escolhidas estão situadas no município de Mendes por esse concentrar maior conjunto de cicatrizes erosivas mapeadas a saber: Morsing, Centro e Vila Mariana. Essas áreas serão analisadas em tópicos relacionados aos temas: ambiental (legislação), cobertura vegetal e vias de circulação e estão organizadas em mapas.

5.3.1 Área 1 - Morsing

A localidade de Morsing é a área com mais ocorrência de cicatrizes erosivas. Muito embora seja possível perceber as cicatrizes erosivas bem próximas à drenagem, a localização delas não faz relação com as faixa de proteção marginal. Nessa área não há topo de morro mas há um número elevado de domicílios na faixa de proteção marginal.

Mapa 17 - Área 1 – Morsing – APP e FPM junto as cicatrizes erosivas



Fonte: O autor, 2018

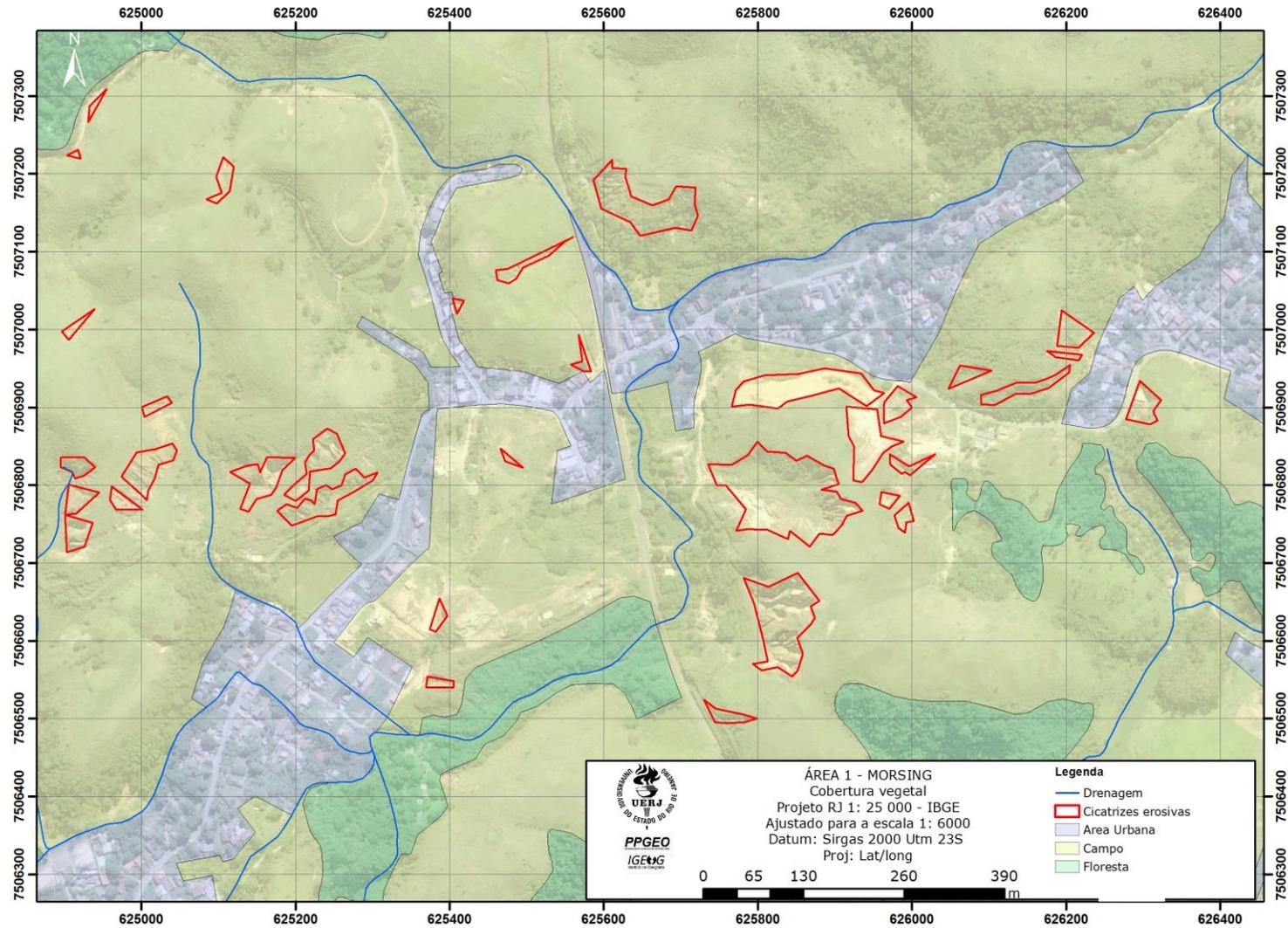
Quanto à questão da cobertura vegetal, presente no mapa 18, é possível notar que as cicatrizes erosivas estão localizadas em áreas classificadas como pastagem. Esse fator aponta para a necessidade de recompor a vegetação em áreas que apresentam solo desnudado e preservar a vegetação ainda presente na área em estudo.

A respeito das vias de circulação, presente no mapa 19, as cicatrizes erosivas estão bem próximas a elas. Isso significa que o traçado dessas rodovias precisa ser revisto e sobretudo a faixa *non aedificandi*. O DER/RJ é quem deve sugerir ao município a adequação, segundo consta o regulamento da própria Fundação em seu inciso XXII.

O arruamento também precisa constar no Plano Diretor do município de Mendes quanto à metragem oficial. Foi estimado um valor de 10 metros no total e, por essa razão, muitos domicílios teriam que ajustar os recuos de suas construções, caso esse valor fosse adotado.

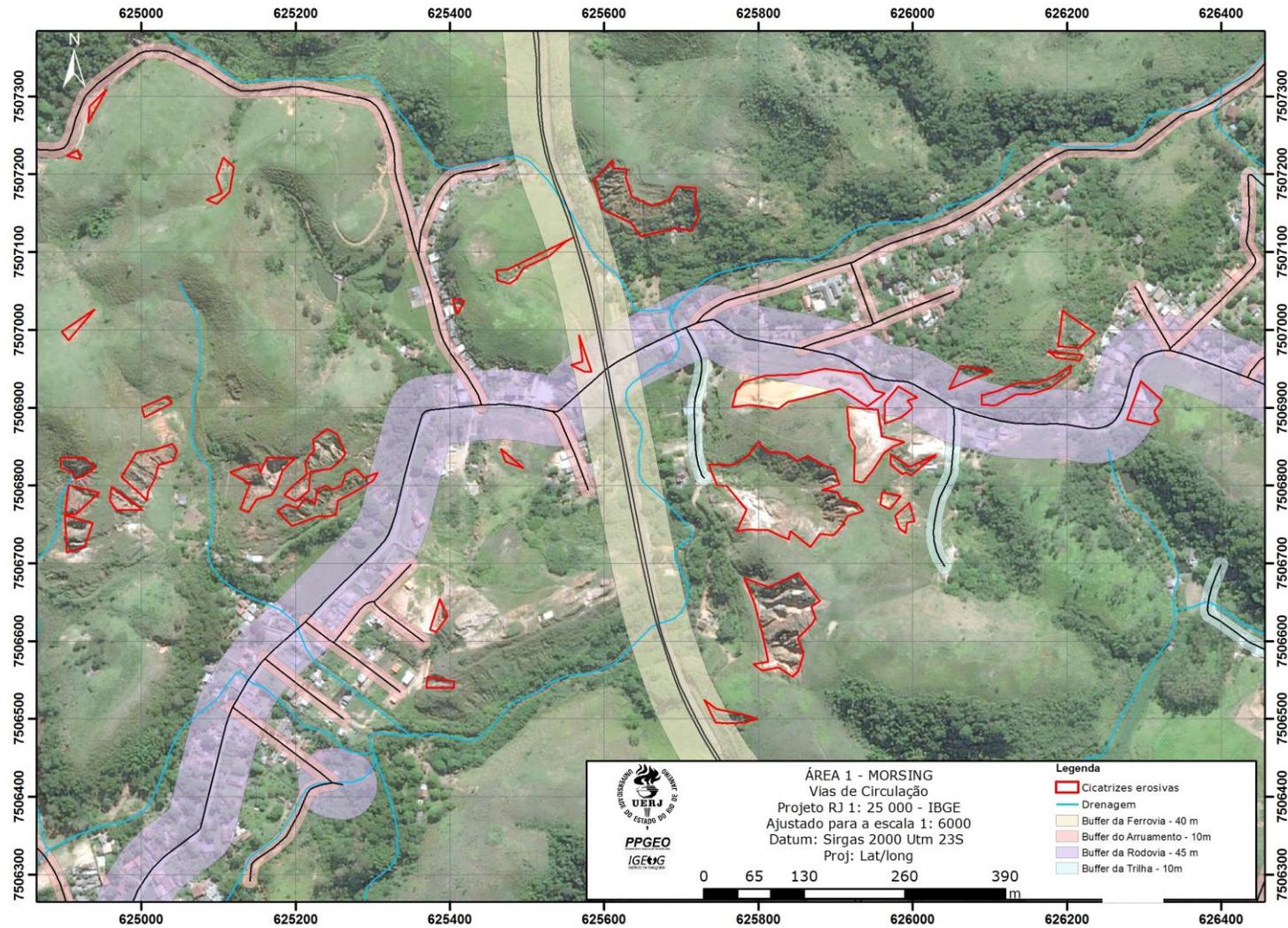
É preciso considerar ainda que se trata de uma área onde a fragilidade ambiental se apresenta como muito forte e onde os argissolos predominam.

Mapa 18 - Área 1 – Morsing – Cicatrizes erosivas em diferentes coberturas da vegetação



Fonte: O autor, 2018

Mapa 19 - Área 1 – Morsing – Faixas de domínio nas vias públicas junto as cicatrizes erosivas na bacia do rio Sacra Família



Fonte: O autor, 2018

5.3.2 Área 2 – Mendes (Centro)

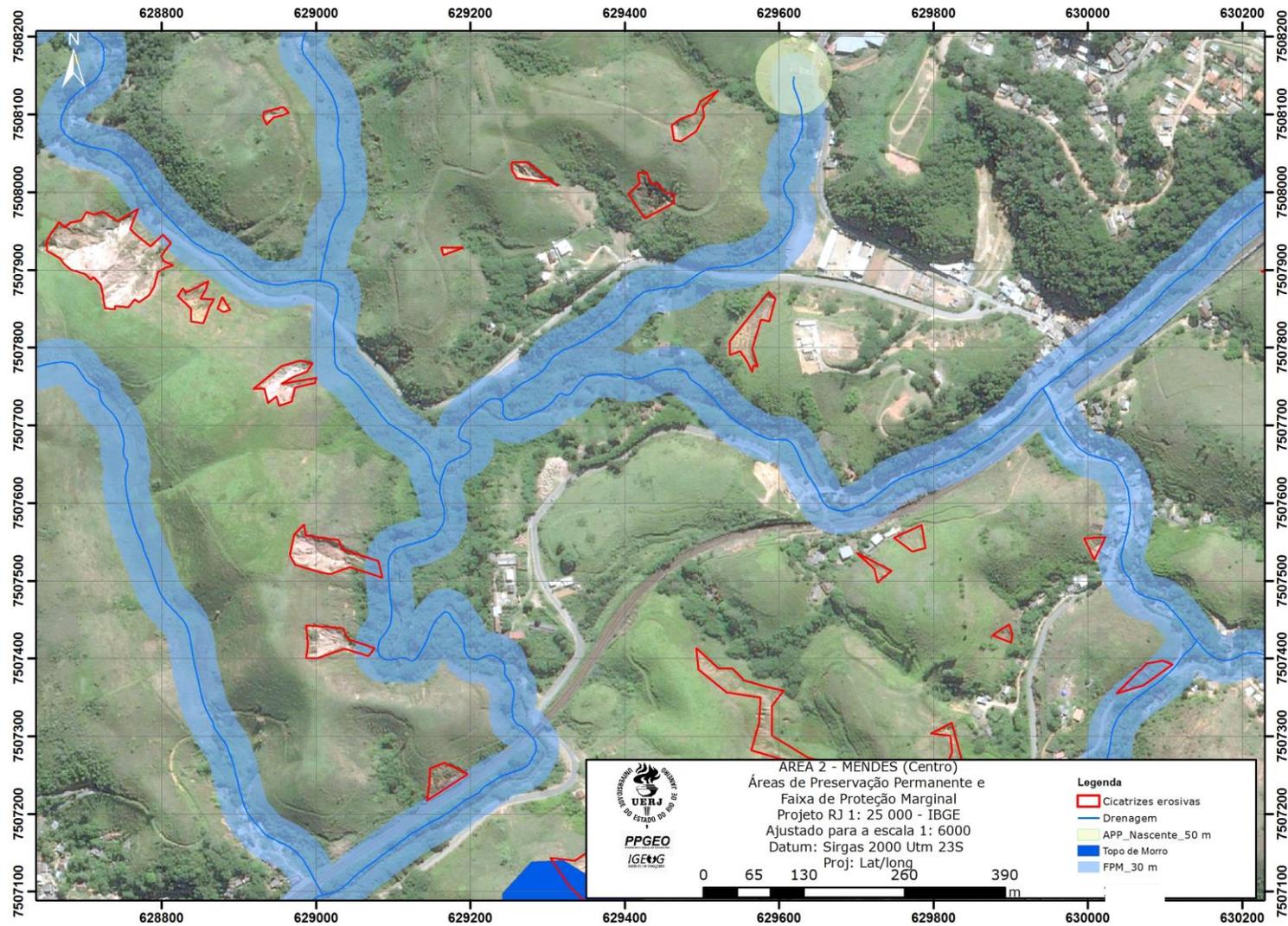
A localidade de Mendes (Centro) é uma área densamente ocupada. Possui cicatrizes erosivas bem evidentes como podemos perceber no mapa 20. No sentido NE do mapa, é possível perceber muitos domicílios na faixa de proteção marginal. Por outro lado, as Áreas de Preservação Permanente precisam ser melhor protegidas em função da ação antrópica. A alternativa poderia ser a criação de parques naturais em áreas estratégicas e onde se encontram as cicatrizes erosivas mais concentradas.

Nessa área predominam os latossolos e que apresenta alguns fragmentos florestais. As cicatrizes erosivas estão combinadas com os fundos de vale e estão bem próximas da drenagem. Algumas se encontram em Áreas de Preservação Permanente como é o caso do topo de morros.

A maioria das cicatrizes se encontra na classe campo quanto à cobertura vegetal. Isso significa que a exposição direta do solo ao intemperismo pode acentuar o processo erosivo ampliando as cicatrizes no sentido lateral.

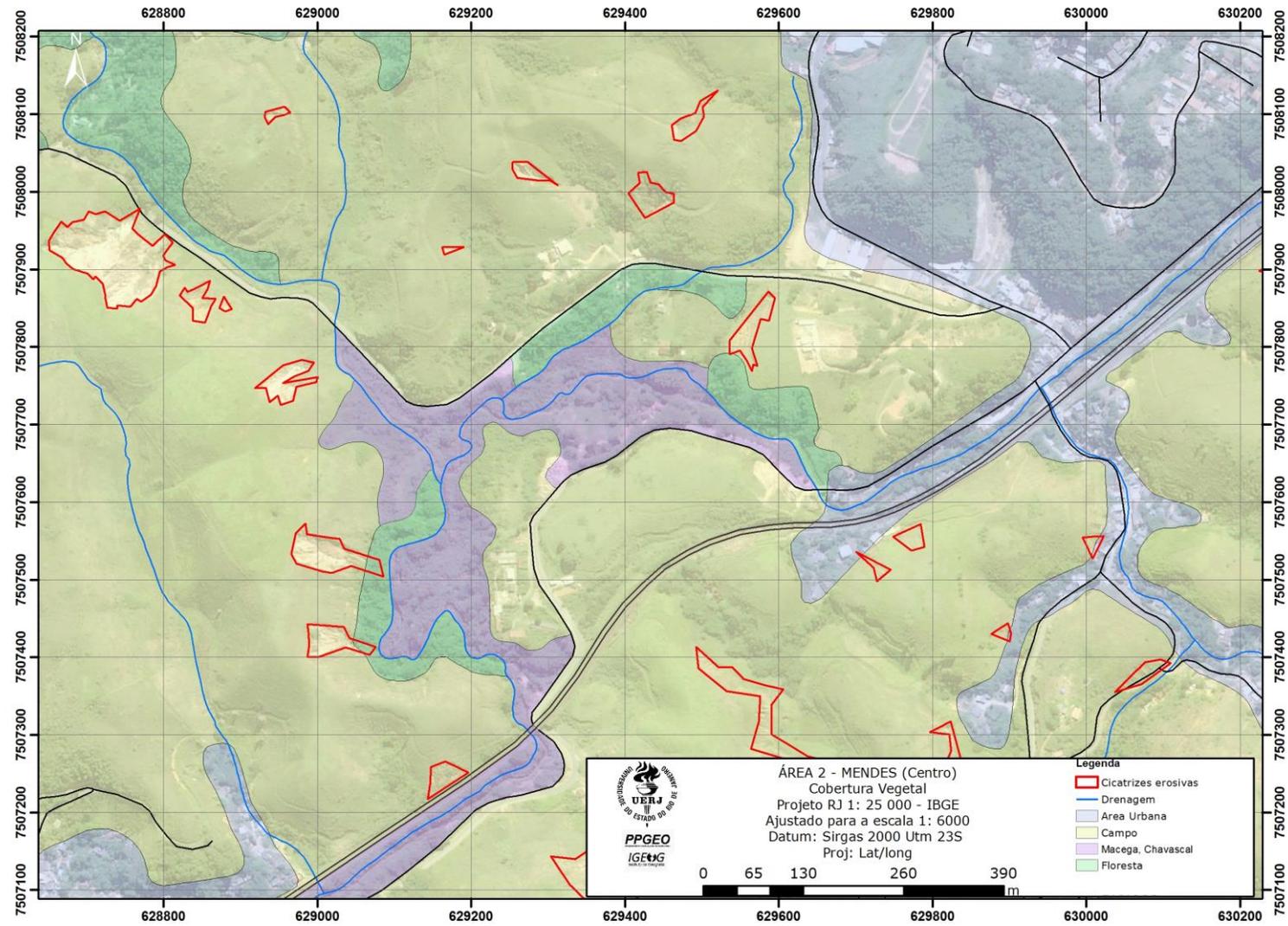
Muitos domicílios da área 2 estão inseridos nas faixas de domínio *non aedificandi* das rodovias estaduais. Contudo, como se trata de uma extensa área com processos erosivos acelerados, é possível que as cicatrizes evoluam e avancem chegando a atingir a população residente nessas faixas. É necessária uma adequação do uso nesse caso.

Mapa 20 - Área 2 – Mendes (Centro) – APP e FPM junto as cicatrizes erosivas



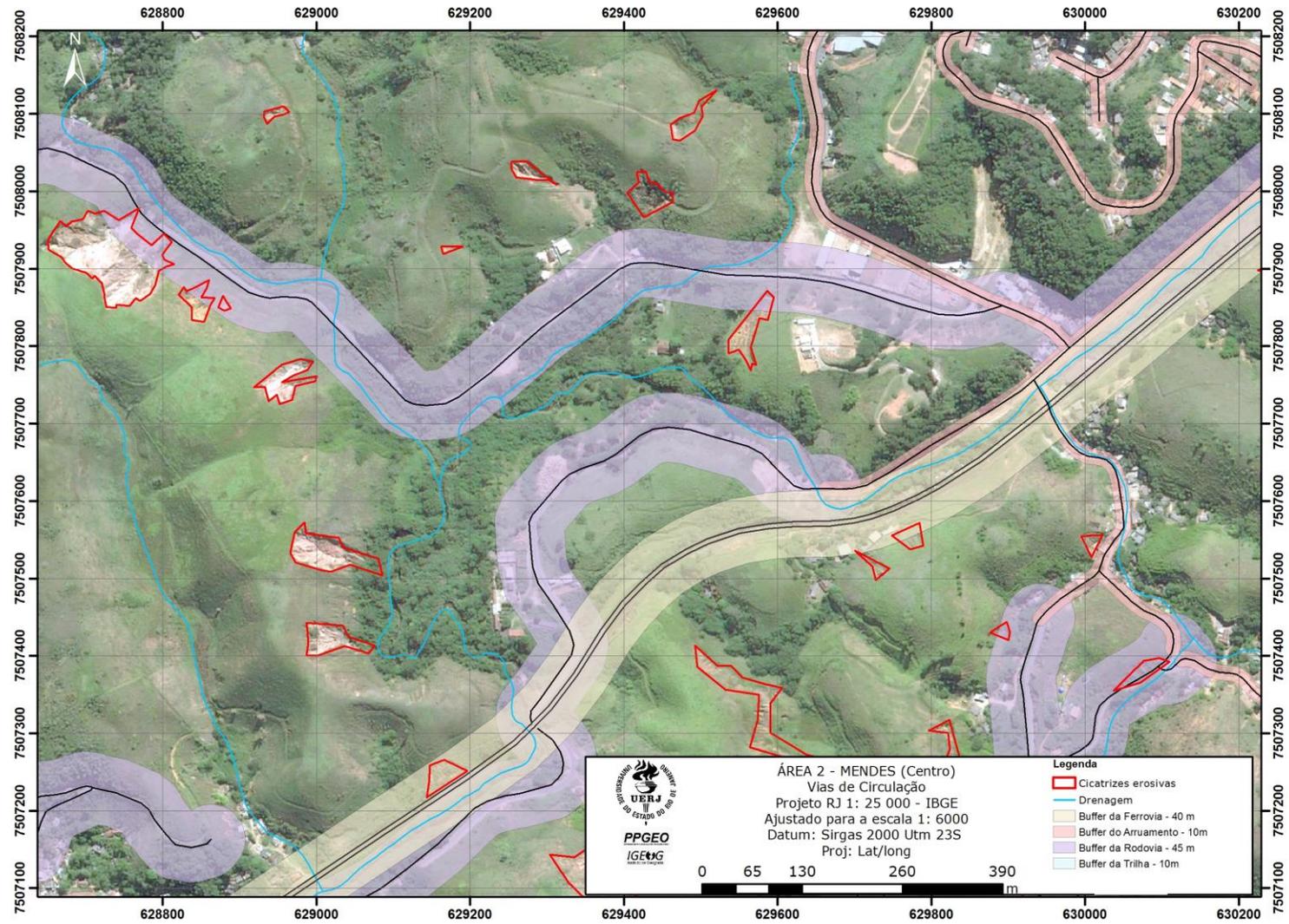
Fonte: O autor, 2018

Mapa 21 - Área 2 – Mendes (Centro) – Cicatrizes erosivas em diferentes coberturas da vegetação



Fonte: O autor, 2018

Mapa 22 - Área 2 - Mendes (Centro) – Faixas de domínio nas vias públicas junto às cicatrizes erosivas



Fonte: O autor, 2018

5.3.3 Área 3 – Vila Mariana

A localidade de Vila Mariana apresenta algumas cicatrizes conforme o mapa 23. Entretanto, chama a atenção o fato de áreas de preservação permanente do tipo nascente estarem expostas e sem qualquer tipo de cobertura vegetal.

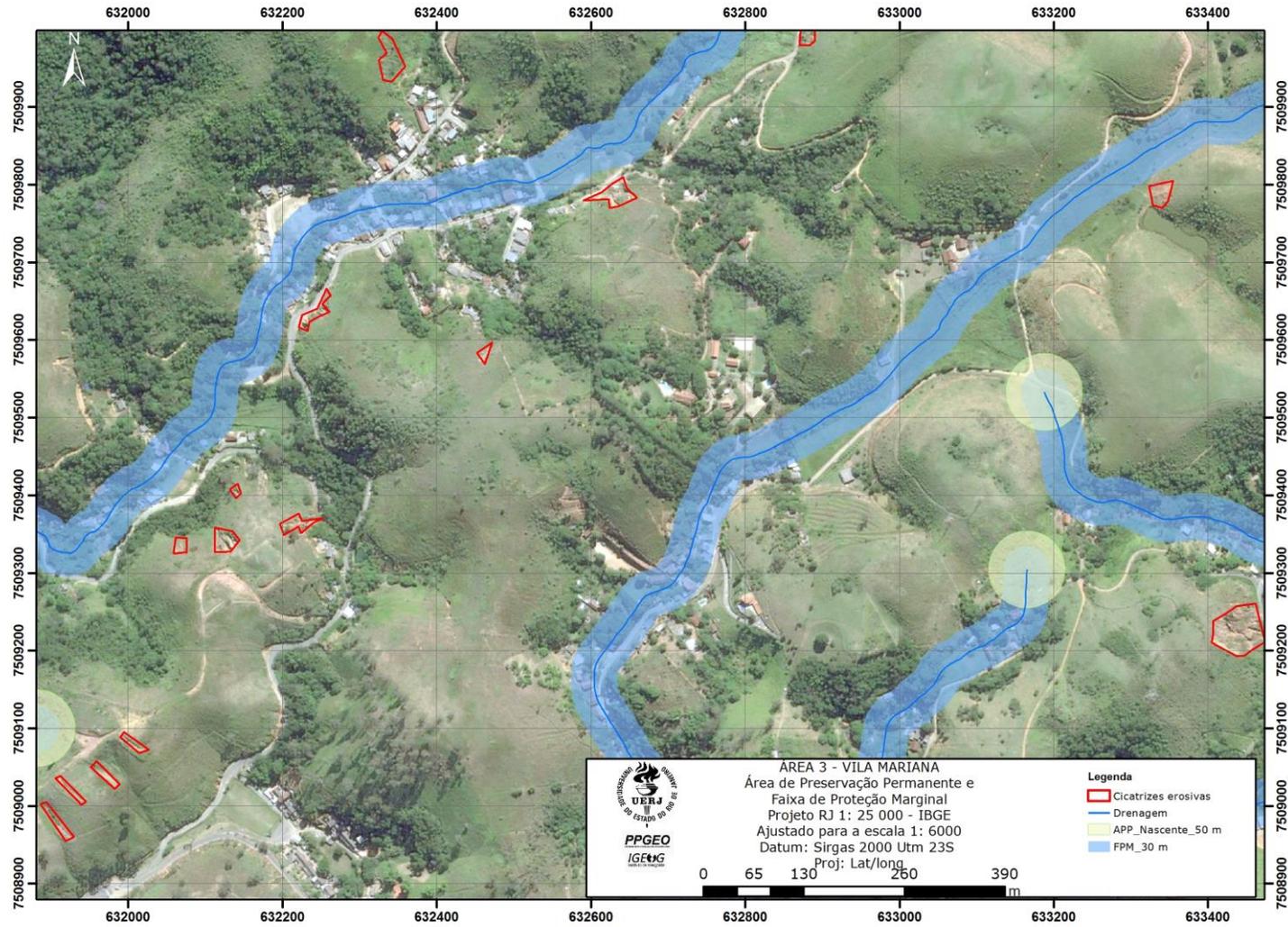
É possível perceber que os domicílios se fixaram bem próximos às drenagens e, possivelmente, suas redes de esgotos drenam para elas. A observação das cicatrizes junto às drenagens obedece a um mesmo padrão das áreas anteriores. Todavia, o tamanho e a dimensão das cicatrizes parecem indicar que o processo está menos acelerado se comparado às áreas 1 e 2.

A cobertura vegetal aponta que grande parte da área está coberta por campo, inclusive em áreas onde há nascente. As cicatrizes erosivas constam nas áreas classificadas como campo e próximas às áreas urbanas.

As vias de circulação contidas no mapa 25 são administradas pela municipalidade de Mendes. Dessa maneira, os domicílios estão quase em sua totalidade inseridos na faixa da estrada, não possibilitando acostamento, faixa de domínio, dentre outros.

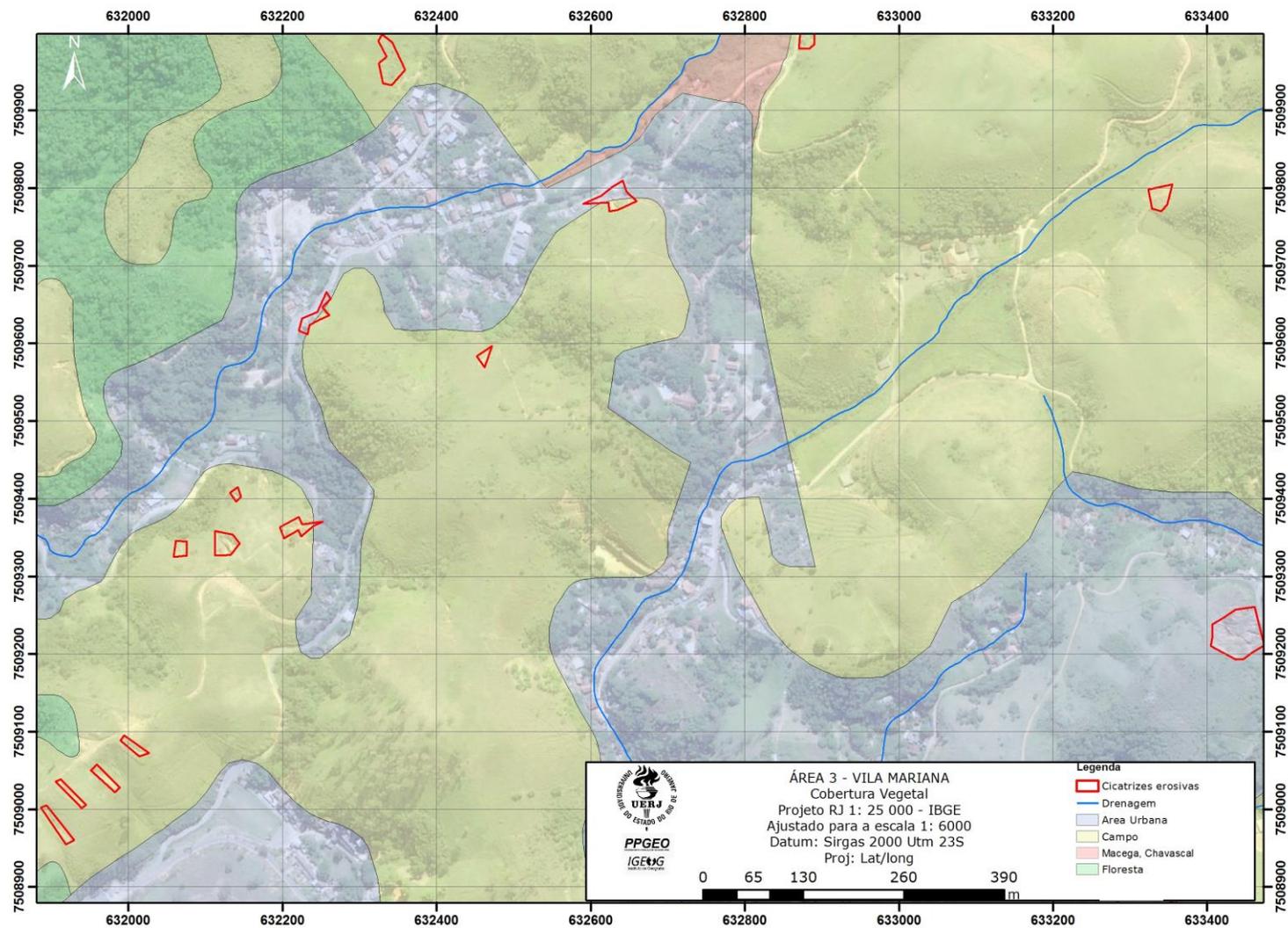
É necessário rever a localização desses domicílios por estarem em áreas *non aedificandi*. Por sua vez, o município de Mendes precisa dispor de uma lei que contemple esses ajustes para cumprir o que prevê a legislação ambiental no tocante à preservação das áreas de extremo interesse social.

Mapa 23 - Área 3 – Vila Mariana – APP e FPM junto as cicatrizes erosivas



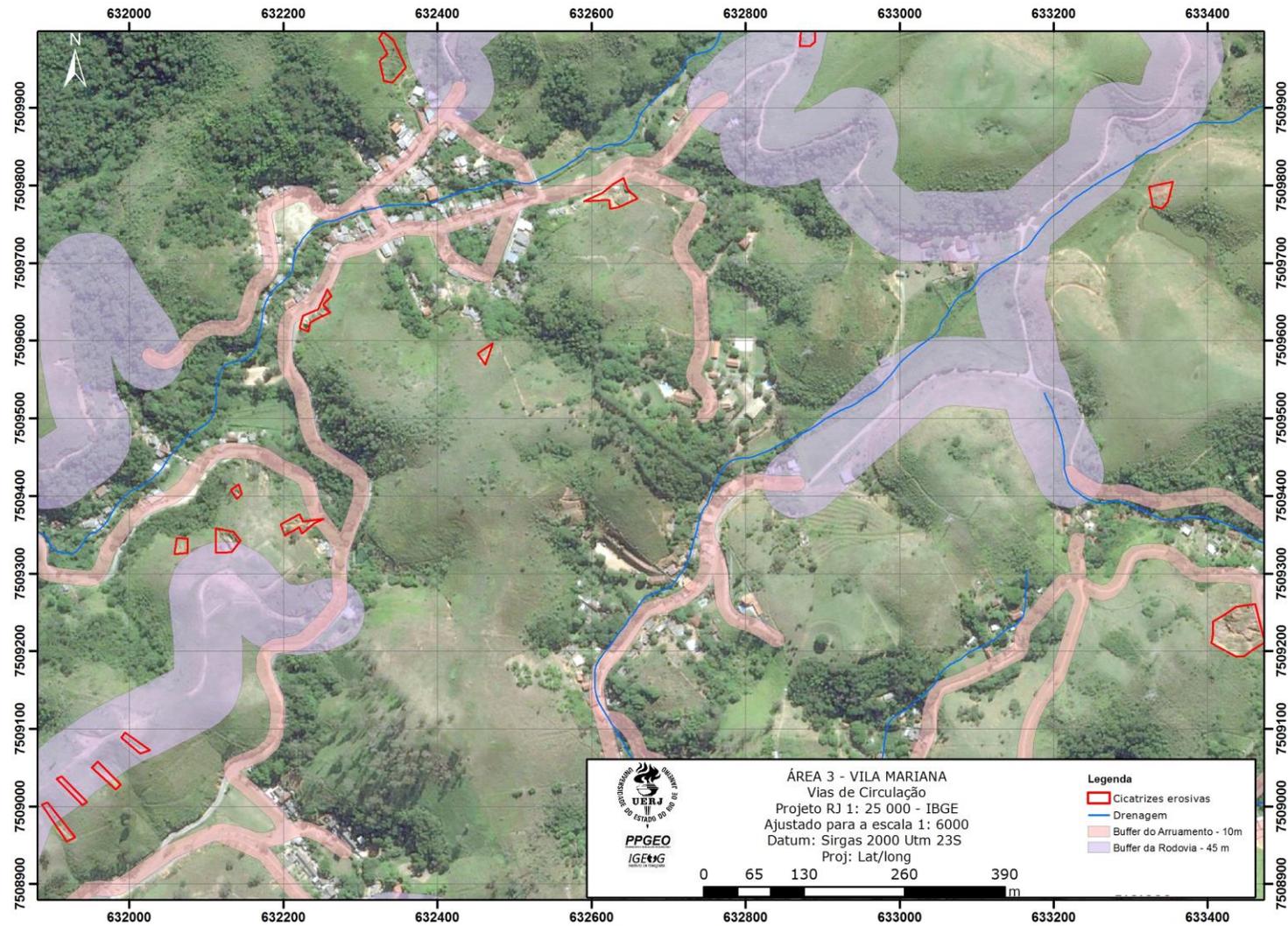
Fonte: O autor, 2018

Mapa 24 - Área 3 – Vila Mariana – Cicatrizes erosivas em diferentes coberturas da vegetação



Fonte: O autor, 2018

Mapa 25 - Vila Mariana – Faixas de domínio nas vias públicas junto as cicatrizes erosivas



Fonte: O autor, 2018

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação buscou analisar, em diferentes escalas, a distribuição espacial das cicatrizes erosivas aceleradas - ravinas e voçorocas. Em uma escala mais abrangente, a partir de alguns condicionantes físicos e de uso do solo, foi possível obter a fragilidade ambiental da bacia do rio Sacra Família.

Em uma escala intermediária, foi possível observar que as referidas cicatrizes concentram-se no entorno dos núcleos urbanos de Mendes e de Barra do Piraí. Em escala mais detalhada, foi possível identificar elementos potenciais da paisagem presentes no entorno imediato das cicatrizes, como vias de circulação, áreas de pastagens e áreas de exploração mineral.

Algumas dessas cicatrizes foram selecionadas e ampliadas, permitindo visualizar aspectos ambientais possivelmente relacionados à fragilidade dos ambientes com ravinamento e voçorocamento, como marcas de pisoteio de gado.

As áreas de fragilidade muito forte correspondem àquelas onde estão localizadas (em imagens de satélite e em campo) a maior parte das cicatrizes erosivas. Foram gerados mapas temáticos que possibilitaram uma análise mais integrada da dinâmica morfogénica da bacia combinada com os aspectos socioeconômicos. Por meio das informações ambientais foi possível identificar as áreas de fragilidade ambiental nas classes fraca, média, forte e muito forte.

Assim, essa pesquisa revelou que no entorno dos núcleos urbanos estão mais concentradas as cicatrizes erosivas, o que pode indicar a ação antrópica como um forte condicionante. Contudo, outros fatores influenciam sua origem na paisagem: controle estrutural realizado pela drenagem, litologia e a própria cobertura vegetal.

A proximidade das cicatrizes erosivas das falhas e diques revela que se trata de áreas suscetíveis à erosão e que esse processo pode se acentuar, em função das características dos solos predominantes (latossolos e argissolos).

Com os mapas temáticos elaborados foi possível perceber que muitas áreas de preservação permanente estão com pouca cobertura vegetal e em alguns casos, as cicatrizes erosivas já estão próximas destas bem como de alguns topos de morro.

As vias de circulação estão bem próximas a muitas cicatrizes erosivas, o que combinado a outros processos pode acentuar o atual estágio de degradação ambiental na qual as vertentes estão inseridas.

Instrumentos como o Plano Diretor e a própria legislação ambiental, além do uso e parcelamento do solo, são essenciais para promoção de ajustes que visem mitigar a ação antrópica nos processos erosivos acelerados. Em paralelo, é necessário realizar um monitoramento dessas cicatrizes erosivas, acompanhando sua evolução e buscando restabelecer Áreas de Preservação Permanente com reflorestamentos, por exemplo.

Algumas recomendações para análises e ações futuras podem auxiliar na preservação e conservação dos recursos naturais:

- a) Contenção e estabilização de voçorocas e erosões;
- b) Mapeamento sistemático em escala detalhada – geologia, solos e geomorfologia, entre outros;
- c) Recuperação das áreas de preservação permanente por meio de caminhos verdes, bem como pelo reflorestamento;
- d) Estabelecimento das áreas *non aedificandi*;
- e) Novo traçado de algumas vias em áreas não tão ocupadas;
- f) Ampliação da rede do tratamento da rede de esgotos;
- g) Demarcação e viabilização de que áreas verdes e parques existam nos municípios voltadas à preservação e a conservação ambiental;
- h) Tratamento e destino adequado do lixo.

A área em estudo possui trechos com fraturas e lineamentos estruturais que podem gerar zonas de maior fragilidade ambiental. A presença predominante de latossolos e de argissolos nas porções mais declivosas também explicam, em parte, uma maior susceptibilidade aos processos erosivos acelerados.

De acordo com Santos (2004), o diagnóstico ambiental é fundamental, pois permite desenvolver alternativas que tratem do impacto, da fragilidade, da reabilitação da paisagem, do desenvolvimento das potencialidades em vistas da conservação ambiental. Por essa razão, toda tomada de decisão deve ser orientada a partir de um diagnóstico ambiental.

Por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), os dados podem ser sistematizados, analisados e apresentados na forma espacial e localizada, e que permite a representação de fenômenos (contínuos ou discretos) que se materializam no espaço geográfico. Desse modo, as políticas públicas podem se valer de elementos substancialmente robustos para suas formulações no âmbito das municipalidades e intramunicipalidades.

Como desafio estabelecido por essa dissertação, caracterizar as áreas naturais propensas à incidência de cicatrizes erosivas aceleradas é fundamental para o entendimento dos riscos à erosão vividos pela população residente.

A partir da caracterização dos riscos à erosão é possível pensar políticas públicas voltadas para a preservação dos recursos naturais. Ao analisar o conjunto de dados produzidos e reunidos nesta dissertação, foram identificadas áreas prioritárias onde o poder público municipal deve agir em prol da construção de uma política de redução de risco no contexto da municipalidade.

As populações que residem no médio e no baixo curso do rio Sacra Família estão mais relacionadas de forma direta com as cicatrizes erosivas, visto que são áreas de forte fragilidade e com parcial cobertura dos serviços públicos. Isso evidencia a necessidade de uma atuação conjunta entre as esferas governamentais e os órgãos de planejamento e parcelamento do uso do solo.

Como se trata de uma bacia que atravessa mais de um município é importante haver um envolvimento do ente federativo estadual para mediar uma maior articulação e condução das políticas públicas das municipalidades envolvidas. Nesse sentido, as defesas civis municipais precisam de dados que possam permitir uma melhor prevenção e mitigação dos perigos vividos pela população residente.

O emprego de técnicas de geoprocessamento e a sistematização das informações contribuem para uma análise espacial mais integrada e, por sua vez, apontam para uma substituição à escassez de dados que consigam ser traduzidos para o gestor público.

Na bacia estudada foi possível, por meio da integração dos dados, correlacionar as áreas onde vivem as populações e seus condicionantes sociais e econômicos. Foram identificados os setores censitários que possuem cobertura dos serviços públicos (abastecimento de água, coleta de lixo, esgotamento sanitário) bem como o tipo de ocupação onde essa população vive (majoritariamente em casas) e o grau de instrução das mesmas. Essas relações permitem compreender onde as populações estão inseridas e os perigos a elas expostos.

Com relação aos condicionantes naturais, os dados permitiram (por meio do uso de dados públicos e softwares de código livre) sistematizar um conhecimento e uma caracterização dos perigos naturais que se configuram riscos quando a população está diretamente exposta a esses. Para estudos futuros, cabe aprofundar e validar ainda mais esses dados compreendendo a dinâmica geomorfológica e seu impacto imediato nos processos naturais impactados pela ação antrópica. O monitoramento das voçorocas é uma das questões

importantes a se pensar. Outra questão também se faz no âmbito das áreas caracterizadas como improdutivas. São áreas que apresentam um elevado custo para potencial recuperação do estado de degradação e que trazem uma questão fiscal para as municipalidades: o uso e o parcelamento do solo.

Por fim, é importante ressaltar a importância da espacialização de fenômenos geográficos relacionados a dinâmicas socioespaciais pesquisadas. Os resultados dos mapeamentos são essenciais para se compreender a relação sociedade e natureza e melhor planejar e gerir o espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. Q. POR UMA CIÊNCIA DOS RISCOS E VULNERABILIDADES NA GEOGRAFIA (a science of the risks and vulnerabilities to geography). *Mercator*, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83 a 99, nov. 2011. ISSN 1984-2201

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

AYOADE, J.O. Introdução à climatologia para os trópicos. 13ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BACANI, Vitor Matheus et al. SENSORIAMENTO REMOTO E SIG APLICADOS À AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA //\\ \\ REMOTE SENSING AND GIS APPLIED TO ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE RIVER BASIN. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119 - 135, set. 2015. ISSN 1984-2201. Disponível em:

<<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1651>>. Acesso em: 19 set. 2019.

BAPTISTA, A.C. Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa, erosão e escoamento superficial em Nova Friburgo/RJ. 2009. Tese (Doutorado em Ciências). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. 352f.

BARBOSA, Gustavo Rodrigues et al. Utilização das redes neurais artificiais para redução da subjetividade do método AHP aplicado a vulnerabilidade ambiental: estudo de caso do Córrego do Fundo, Carmo do Paranaíba-MG. 2015. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). 2015. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. 78f.

BECK, U. A reinvenção da política: rumo a uma nova teoria da modernização reflexiva. In: *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na Ordem Social Moderna*. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: EdUNESP, 1997.

BECK, U. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: EdUNESP, 1997.

BRASIL. Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Brasília, 1979.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Legislação dos Estados e Distrito Federal sobre Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Extraído de: <http://www.ana.gov.br/Institucional/aspar/legislacaoEstados.htm> Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.

BRASIL. Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos. Lei n.10257 de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes para a política urbana. Brasília: Senado Federal, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro. Brasília,DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Extraído de: <http://www.defesacivil.gov.br/sindec/index.asp> em 27 de março de 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Glossário. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Disponível em: www.defesacivil.gov.br Acesso em: 25 de março de 2017.

BRIOZO, R. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24h. Revista Gestão Produção: São Carlos, 2015

BRÜNDL, Michael et al. Review and future challenges in snow avalanche risk analysis. Geomorphological hazards and disaster prevention. Cambridge University Press, Cambridge, p. 49-61, 2010.

BRYANT, E. *Natural Hazards*. Cambridge: Cambridge Press, 1991.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura. Eduardo Delgado Assad (org.) – 2ª Ed. Brasília: Embrapa, 1998.

CÂMARA, Gilberto et al. Técnicas de inferência geográfica. In: Introdução à ciência da geoinformação. Gilberto Câmara; Clodoveu Davis; Antônio Miguel Vieira (org.). São José dos Campos: INPE, 2001.

CARMO, P. F. B. Modelos e técnicas de tomada de decisão em análise multicritério – aplicações em avaliações de imóveis. XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias: Foz do Iguaçu, 2017

CAVALHEIRO, F.; RUEDA, J.R.J.; JESUS, N. Compartimentação do meio físico da área da serra do Japi-Jundiá (SP) em zonas de fragilidade quanto à degradação. Espaço e Tempo, São Paulo, n.11, p.85-100, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. (org.) et al. *Geografia e meio ambiente no Brasil*. São Paulo: Hucitec, 1995.

CHRISTOFOLETTI, A. (org.). *Perspectivas da Geografia*. São Paulo: DIFEL, 1982.

CHRISTOFOLETTI, A. *Definição e objeto da Geografia*. **Geografia**. Volume 8.nº 15 e 16. São Paulo: Hucitec, 1983

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. / Monica Heilbron, Luiz Guilherme do Eirado, Julio Almeida (Orgs). - Belo Horizonte : CPRM, 2016.

CORRÊA, C.A. Considerações sobre a redução da dimensão/ampliação de Áreas de Preservação Permanente de Faixa Marginal de Curso d'água em três áreas no rio Paraíba do Sul (RJ). Dissertação (Mestrado em Geografia). 2016. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 133f.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, Teresa Galloti.; DUARTE, Valdete; BARBOSA, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001. Extraído de <https://goo.gl/RGo1DV> em 20 de fevereiro de 2018.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.T. (orgs.). *Geomorfologia do Brasil*. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.T. (orgs.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001.

DOLLFUS, O. O Espaço Geográfico. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1972.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

FAGUNDES, M. G. **Estudo comparativo da variação de escala na fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural do solo na bacia hidrográfica do rio Jundiá**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.8.2013.tde-10092013-131204. Acesso em: 2019-09-19.

FERNANDES, D.; FERNANDES, M. T. C. (1998). *Imagens de radar de abertura sintética com instrumento de auxílio na avaliação de impacto ambiental*. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos. Extraído de: <http://iris.sid.inpe.br:1908/col/dpi.inpe.br/lise/2004/08.11.17.13/doc/@sumario.htm#6>. em 10 de março de 2017.

FERREIRA, M. C. 2014. Iniciação à Análise Geoespacial: Teoria, técnicas exemplos para Geoprocessamento. São Paulo: Editora Unesp. 343 p.

FERREIRA, M. Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. São Paulo: Editora Unesp: 2014, 344p.

FERREIRA, R.M.S.A. Diagnóstico da relação entre problemas de recursos hídricos e de desenvolvimento urbano. Estudo de caso: Barra do Piraí RJ. Dissertação de conclusão de curso. Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2005

FOLLMANN, Fernanda Maria et al. Determinação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica em relação à atividade suinícola utilizando SIG. **Ciência e Natura**, [S.l.], p. e33, mar. 2018. ISSN 2179-460X. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/28758>>. Acesso em: 19 set. 2019

GIDDENS, A. As consequências da modernidade. São Paulo: Editora Unesp; 1991

GIDDENS, A. *As conseqüências da modernidade*. São Paulo: EdUNESP,1991.

GIUNTOLI, I. Sistema web-GIS participativo associado a indicadores de gestão descentralizada de risco de inundações. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GUERRA, A. J. T.. *Ravinas: Processo de Formação e Desenvolvimento..* Revista da Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, v. 2, n.2, p. 80-95, 1998.

GUERRA, A. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. 9ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 648p.

GUERRA, A.J.T E MENDONÇA, J.K.S. (2007). **Erosão dos solos e a questão ambiental**. In: VITTE, A.C. e GUERRA, A.J.T. (orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 2ª edição, p. 225-256

JUNIOR, A.P.M. Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

JUNIOR, E. M. M. Análise geomorfológica de suscetibilidade a deslizamentos na Folha Paulista (1: 25 000) : Região Metropolitana do Recife. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2015.Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal de Pernambuco. 156f.

LAMEGO, A. R. O Homem e a Serra. Rio de Janeiro, 1963.

LEPSCH, I.F. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade uso. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

LEPSCH, Igo F. *19 lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LOPES, E. E. Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). 2009. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 112p.

LUCENTE, R. et al. 1999. Histórico e evolução da Defesa Civil no Brasil. Secretaria de Estado da Defesa Civil. Extraído de:
http://www.defesacivil.rj.gov.br/documentos/trabalhosepesquisas/Historico_Defesa_Civil.pdf
em 25 de fevereiro de 2017.

MAFRA, N. M. C. Análise das limitações do uso do solo por suscetibilidade a erosão, no município Engenheiro Paulo de Frontin (R.J.): uma abordagem sob o ponto de vista pedológico. Dissertação (Mestrado em Geografia). 1984. Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 266p.

MAFRA, N. M. C. Esquema metodológico para la planificación de usos del suelo en zonas tropicales húmedas : aplicación a la región norte del estado de Rio de Janeiro , Brasil. Tese (Doutorado em Geografia). 1997. Facultad de Geografía y Historia. Universidad de Valencia. 229p.

MAGRINI, A; SANTOS, M.A. Gestão Ambiental de bacias hidrográficas. Rio de Janeiro: UFRJ/IVIG, 2001

MARAFON, G. Geografia do Estado do Rio de Janeiro: da compreensão do passado aos desafios do presente. Rio de Janeiro: Gramma, 2011.

MARAFON, G. Geografia do Estado do Rio de Janeiro: uma contribuição geográfica. Rio de Janeiro: Gramma, 2005.

MARANDOLA JR, E. et al. *Vulnerabilidades e riscos:entre geografia e demografia*. Retirado de: www.abep.nepo.unicamp.br no dia 15 de Janeiro de 2007.

MARANDOLA JR, E. *Vulnerabilidade e riscos na Metrópole: a perspectiva da experiência*. Retirado de: www.nepo.unicamp.br no dia 12 de janeiro de 2007.

MARANDOLA JR., Eduardo e HOGAN, Daniel J. Vulnerabilidades e riscos: entre a Geografia e a demografia. Revista Brasileira de Estudos de População, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MARANDOLA JUNIOR, E. et al. *Vulnerabilidades e riscos:entre geografia e demografia*. Retirado de: www.abep.nepo.unicamp.br no dia 15 de Janeiro de 2007.

MARANDOLA JUNIOR, E. Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana. Campinas, SP.: [s.n.], 2008.

MARINO, T.B. Metodologias para tomada de decisão no âmbito de riscos sócio-ambientais em áreas urbanas: desmoronamentos e enchentes em assentamentos precários na bacia do córrego Cabuçu de Baixo – SP. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2008.

MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: EdUFMG, 2005.

MIRANDA, J. I. Fundamentos de sistemas de informações geográficas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.

MORAES, D. *A percepção do meio ambiente: contribuições ao estudo dos riscos ambientais*. In: Revista Humanitas. Volume 2, n° 2. Campinas:PUCCamp, 1998.

MORAES, I. B.C. M. Mapeamento digital de áreas suscetíveis a escorregamento na parte continental do município de Angra dos Reis, RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação). 2012. Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 92f.

MORATO, R.; KAWACUBO, F.S.; LUCHIARI, A. O Geoprocessamento como subsídio ao estudo da fragilidade ambiental. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Rio de Janeiro, 2003. Extraído de: <http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.2/327/327.htm> em 10 de fevereiro de 2018.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007

NAKASHIMA, M.S.R. *Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos*. In: Acta Scientiarum, v.23, n.6, p. 1547 – 1560, 2001.

OLIVEIRA, R. G. de; et. al. Análise da fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do córrego São João-MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, n° 64/1, p. 15-24, 2012.98897

PAREDES, E. *Sistema de informação geográfica*. São Paulo: Érica, 1994.

PEREIRA, E. et al. *Interface entre risco e população*. Retirado de: www.abep.nepo.unicamp.br no dia 23 de Janeiro de 2007.

PIRES, F.R.M.; HEILBRON, M.; PORTO JR, R.; VALENÇA, J.G.; VALERIANO, C.M.; SILVA, L.G.E. 2000. New Geological map of the Rio de Janeiro County (1:50.000 scale). 31 International Geological Congress, Rio de Janeiro. Abstracts.

PLANO MUNICIPAL SANEAMENTO BÁSICO. Município de Barra do Piraí. Barra do Piraí: Vallenge, 2015.

PLANO MUNICIPAL SANEAMENTO BÁSICO. Município de Engenheiro Paulo de Frontin. Engenheiro Paulo de Frontin: Vallenge, 2015.

PLANO MUNICIPAL SANEAMENTO BÁSICO. Município de Mendes. Mendes: Vallenge, 2014.

RAFFO (IN MEMORIAM), J. O processo analítico hierárquico e seu uso na modelagem do espaço geográfico. Revista do Departamento de Geografia, p. 26-37, 27 dez. 2012.

RESENDE, M. et al. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Lavras: Editora UFLA, 2014. 378p.

RIBEIRO, M.F. Análise ambiental aplicada à definição da zona de amortecimento no Parque Estadual da Pedra Branca (Município do Rio de Janeiro, RJ), com base no Geoprocessamento.

Tese (Doutorado em Planejamento Energético). 2013. Programa de Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RICHARDS, J. A. Remote Sensing Digital Image Analysis: an introduction. Munich: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1986.

ROCHA, J. *Manual de Avaliações de Impactos e Passivos Ambientais*. 2ª edição. Santa Maria: Palloti 2005.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas. In: *Praticando Geografia*. VENTURI, Luis. São Paulo: Oficina de Textos, 2004

ROSS, J. ANÁLISE E SÍNTESE NA ABORDAGEM GEOGRÁFICA DA PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 9, p. 65-75, 7 nov. 2011.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade ambiental dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia** (USP). São Paulo. v.6. p. 63 – 74, 1994.

ROSS, J. S.. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 9ª. Ed. – São Paulo: Contexto, 2012 (Repensando a Geografia).

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. The Relief in the Context of Environmental Projects: Potentialities and Fragilities. *Sharing Science*, p. 95, 2011.

ROSS. J. S. *Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SANCHES, M. G. Sertão e Fazenda: ocupação e transformação na Serra Fluminense entre 1750 e 1820. *Revista do Instituto Histórico Geográfico Brasileiro*. Rio de Janeiro, vol. 151, n. 366, jan-mar 1990, p. 1-96

SANCHEZ, L. E. *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006

SANTOS, D. *A natureza do espaço: diálogos em torno da construção do significado de uma categoria*. São Paulo: EdUNESP, 2002.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**: contribuições ao ordenamento territorial. 2011. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/T.8.2011.tde-30032012-131857. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

SANTOS, Jader de Oliveira. **RELAÇÕES ENTRE FRAGILIDADE AMBIENTAL E VULNERABILIDADE SOCIAL NA SUSCEPTIBILIDADE AOS RISCOS** /// \\ EXISTING

RELATIONS BETWEEN ENVIRONMENTAL FRAGILITY AND SOCIAL VULNERABILITY IN SUSCEPTIBILITY TO RISK. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75 - 90, set. 2015. ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1650>>. Acesso em: 19 set. 2019.

SANTOS, M. A. dos, 2000. Técnicas para diagnóstico ambiental: Sistemas de informação geográfica. In: *Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas*, parte III, cap. 3, pp. 225-236, ed. COPPE/UFRJ e Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais: Rio de Janeiro, 2000.

SANTOS, R. *Planejamento Ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCHIAVO, B. N. V. et al. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria-RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 464-474, 2016.

SERLA. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – uma abordagem geral. In: Projeto PLANAGUA SEMADS/ GTZ de Cooperação Técnica Brasil –Alemanha. Rio de Janeiro: SEMADS, 2002.

SILVA, J.X. & RAIDAN, R. T. (org.) *Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

SILVA, T. P. 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. 2003.

SPÖRL, C. Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. 2001. 159 p. Dissertação. (Mestrado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001

SUGUIO, K. et al. *Ambiente fluvial*. 1. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 1979. 183 p.

SUGUIO, K. et al. *Ambiente fluvial*. 1. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 1979. 183 p.

TAMANINI, M. S. A. Diagnóstico Físico-Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.

TAVARES, A.C. Mudanças climáticas. In: Reflexões sobre a geografia física no Brasil I Antonio Carlos Vitte, Antonio José Teixeira Guerra (organizadores). -2' ed. - Rio de Janeiro: Bemand Brasil, 2007. 280p.

TORRES, F. T. P. *Introdução a geomorfologia*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977.

TUCCI, C. (org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: EdUFRGS, 1993.

TUCCI, C. E. M. Água no Meio Urbano. In: *Águas Doce do Brasil*. Rebouças, A C.; Braga, B.P.F; Tundisi, J.G. (cap.14). São Paulo: Escrituras, 1997

VEYRET, Y. “Definições e vulnerabilidades do risco”. In: Veyret, Y., R, N. M. *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. 1 ed, capítulo 2, São Paulo, Contexto, 2007.

VEYRET, Y. *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Trad. Dilson Ferreira. São Paulo: Contexto, 2007.

VIEIRA, N. M. Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca, SP. 1978. Tese. Instituto de História e Serviço Social. 226p

VIEIRA, N. M. Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca. 1978. 226 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Franca, 1978.

VITTE, A. C. et AL (org.). *Reflexões sobre a geografia física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 280p.

YIN, R. Estudo de caso: Planejamento e Métodos. Trad. Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2005.