

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL:
ANÁLISE E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

RICARDO ANDRÉ BRANDÃO

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS
FLORES - OESTE DE SANTA CATARINA**

Francisco Beltrão / PR

2020

RICARDO ANDRÉ BRANDÃO

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS
FLORES – OESTE DE SANTA CATARINA**

**Analysis os the environmental vulnerability of the Rio das Flores Watershed –
West of Santa Catarina**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Júlio Caetano Tomazoni

FRANCISO BELTRÃO

2020



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nessa obra não são cobertos pela licença.



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS FLORES - OESTE DE SANTA CATARINA

Por

RICARDO ANDRÉ BRANDÃO

Essa dissertação foi apresentada às 14:00 horas, do dia 20 de agosto de dois mil e vinte, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Linha de Pesquisa de Análise Ambiental, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.¹

Prof. Dr. Júlio Caetano Tomazoni (Orientador – PPGEA)

Prof. Dr. Fernando César Manosso (Membro Interno – PPGEA)

Prof. Dr. Júlio Cesar Paisani (Membro Externo – UNIOESTE)

¹ A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Dedico esse trabalho a minha família, pelos momentos em que tive que me abster da sua companhia, e que agiu como grande incentivadora para o desenvolvimento desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que auxiliaram direta ou indiretamente com o desenvolvimento desse trabalho, pois, foram de fundamental importância para execução dessa etapa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Júlio Caetano Tomazoni, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória, pela compreensão e auxílio nos momentos em que mais precisei.

Ao corpo docente do PPGEA – Campus Francisco Beltrão, pelos conhecimentos repassados.

Aos meus colegas de sala do curso de mestrado.

À Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, em especial a minha esposa Diana e minha filha Yasmin, pois acredito que sem o apoio delas seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Muito obrigado!

RESUMO

A Região Oeste do Estado de Santa Catarina foi colonizada com base na extração dos recursos naturais e fixação de divisas, sem planejamento e sem conhecimentos adequados das condições ambientais encontradas no ambiente natural. O estudo teve por objetivo avaliar as vulnerabilidades ambientais da bacia hidrográfica do Rio das Flores, localizada na Região Oeste do Estado de Santa Catarina, de forma a estabelecer ações e limitações no uso e ocupação do solo, servindo de base para o planejamento ambiental. O planejamento ambiental é uma ferramenta que pode contribuir e auxiliar de forma representativa no desenvolvimento de uma determinada região, considerando a segurança e proteção de áreas que apresentam maior fragilidade ambiental, bem como a delimitação de regiões que apresentam maior potencial da utilização dos recursos naturais. O roteiro metodológico foi desenvolvido aplicando-se a metodologia proposta por Crepani (2001), com a atribuição de pesos por meio do método AHP (SAATY, 1980). Os resultados demonstraram que a Bacia Hidrográfica do Rio das Flores apresenta uma área de 702,9 km², sendo dessas 0,1% vulnerável; 18,1% moderadamente vulnerável; 60% medianamente estável/vulnerável; 21,3 % moderadamente estável e 0,6% estável. Também foram criados cenários de ocupação do solo dos quais resultaram na seguinte hipótese: se a área fosse toda urbanizada ou com solo exposto, caracterizar-se-ia como sendo 25,7% vulnerável; 71,6% moderadamente vulnerável; 2,7% medianamente estável e/ou vulnerável; 0 % moderadamente estável e 0 % estável. Por fim, foram estabelecidas 5 propostas ações com caráter reativo que visam desde o estabelecimento de medidas de segurança; inibição do desenvolvimento urbano e do corte de vegetação, ou preventivo como estimular o plantio de vegetação nativa e desestimular o corte de vegetação em áreas vegetadas visando a redução da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica.

Palavras-chave: Avaliação Ambiental; Planejamento ambiental; Geoprocessamento aplicado.

ABSTRACT

The west region of Santa Catarina State was colonized based on the extraction of natural resources, without planning or adequate knowledge of environmental conditions found in the natural environment. Environmental planning is a tool that can contribute valuably in the development of a determined region, considering the security and protection of areas with more fragile environments, as well as delimitation of regions with greater potential for use of natural resources. This study aimed to evaluate the environmental vulnerabilities from Rio das Flores Watershed, located in the west region of Santa Catarina State, in order to establish actions and limitations on land use, serving as a baseline study for environmental planning. The methodology was developed based on studies performed previously by Crepani (2001), with the assignment of weights through the AHP method (SAATY, 1980). The results show Rio das Flores Watershed presents an area of 702.9 km², of which 0.1% is considered vulnerable; 18.1% moderately vulnerable; 60% median stable/vulnerable; 21.3% moderately stable; and 0.6% stable. Additionally, land occupational scenarios were created, resulting in the following theory: if all the land was urbanized or with soil exposure, would be characterized as being 25.7% vulnerable; 71.6% moderately vulnerable; 2.7 median stable and/or vulnerable; 0% moderately stable; and 0% stable. Finally, five action proposals with reactive or preventive features were established, aiming to reduce the environmental vulnerability of the watershed.

Keywords: Environmental assessment; Environmental planning; Geoprocessing applied.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação do grau de vulnerabilidade à perda de solo.....	23
Figura 2: Delimitação das Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica RH1	28
Figura 3: Delimitação das Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica RH1 incidente nos municípios.	29
Figura 4: Diagrama de fluxo do roteiro metodológico	30
Figura 5: Mapeamento dos cursos de água da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.....	40
Figura 6: Mapeamento Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores	41
Figura 7: Mapeamento Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.....	42
Figura 8: Mapeamento das declividades da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores	44
Figura 9: Mapeamento dos tipos de solos da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores	46
Figura 10: Mapeamento da intensidade pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores	47
Figura 11: Mapa de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores	50
Figura 12: Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores	52
Figura 13: Localização da área de vulnerabilidade 1	54
Figura 14: Área 1: Área com declividade elevada com solo desprotegido.....	54
Figura 15: Localização da Área de Vulnerabilidade 2	55
Figura 16: Região 2 - Área com declividade moderada e vegetação nativa preservada.	56
Figura 17: Localização da área de vulnerabilidade ambiental 3	56
Figura 18: Região 3 - Área com declividade elevada e potencial de processos erosivos.	57
Figura 19: Região 3 - Área com declividade elevada e potencial e deslizamento.	57
Figura 20: Localização da área de vulnerabilidade ambiental 4	58
Figura 21: Região 1 - Área com declividade elevada ocupada por loteamento urbano	59
Figura 22: Região 1 - Área com declividade elevada e potencial e deslizamento	59
Figura 23: Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores – Cenário 1	61
Figura 24: Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores – Cenário 2	62
Figura 25: Mapa Síntese de ações propostas para a Bacia Hidrográfica	63
Figura 26: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de São José do Cedro - SC	64
Figura 27: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de São Miguel do Oeste - SC	65
Figura 28: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de Guaraciaba - SC ..	65
Figura 29: Mapa de Atendimentos as ações propostas.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de vulnerabilidade à denudação de rochas mais comum.....	24
Tabela 2: Índice de vulnerabilidade relacionada a declividade.....	25
Tabela 3: Índice de vulnerabilidade relacionada a intensidade pluviométrica.....	27
Tabela 4: Classe morfométricas	32
Tabela 5: Classificação do uso do solo, associado a vulnerabilidade ambiental	33
Tabela 6: Comparação pareada dos critérios avaliados (escala fundamental) no estudo de vulnerabilidade ambiental	35
Tabela 7: Escala de valores AHP para a comparação pareada de critérios	35
Tabela 8: Ordem de prioridade e atribuição de pesos obtidas com o uso do método AHP ..	36
Tabela 9: Critérios para estabelecimento de proposta de ações para a Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.....	38
Tabela 10: Dados extraídos para geração dos mapas.....	39
Tabela 11: Tipo de rocha, área de abrangência e índice de vulnerabilidade.....	43
Tabela 12: Declividades presentes na bacia hidrográfica do Rio das Flores.....	43
Tabela 13: Tipos de solos presentes na bacia hidrográfica do Rio das Flores	45
Tabela 14: Intensidade pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio das Flores	47
Tabela 15: Mapeamento do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográficas do Rio das Flores para o ano de 2018.....	48
Tabela 16: Classificação do índice de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.....	53
Tabela 17: Classificação do índice de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.....	60
Tabela 18: Classificação do índice de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.....	62
Tabela 19: Áreas de abrangência das propostas de ações e comparativo de atendimento das propostas.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Definições de Vulnerabilidade Ambiental	21
Quadro 2: Categorias morfodinâmica em relação ao processo pedogênico e morfogênico. 23	
Quadro 3: Índice de vulnerabilidade relacionada a classificação do solo	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	20
2.2 ESTABILIDADE MORFODINÂMICA DAS UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS	22
2.2.1 Vulnerabilidade para o tema geologia	24
2.2.2 Vulnerabilidade para a geomorfologia.....	25
2.2.3 Vulnerabilidade para a estabilidade de solos	26
2.2.4 Vulnerabilidade quanto ao clima	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 DIAGRAMA METODOLÓGICO	30
3.3 ORGANIZAÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS	31
3.3.1 Delimitação da bacia hidrográfica	31
3.3.2 Mapa geológico.....	32
3.3.3 Mapa geomorfológico.....	32
3.3.4 Mapa dos solos.....	33
3.3.5 Mapa de uso do solo.....	33
3.3.6 Mapa das precipitações	34
3.3.7 Determinação de Pesos.....	34
3.3.7.1 Comparação Pareada	34
3.3.8 Carta Síntese de Vulnerabilidade Ambiental	36
3.3.9 Validação dos dados.....	37
3.3.10 Cenário Atual	37
3.3.11 Cenário 1 - Uso do Solo Urbano/Solo Exposto.....	37
3.3.12 Cenário 2 - Uso do Agrícola/Pastagens	37
3.3.13 Elaboração de Propostas.....	38
3.3.13.1 Atendimento as ações propostas	39
3.4 METADADOS UTILIZADOS PARA A GERAÇÃO DE MAPAS.....	39

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	40
4.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	41
4.3 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS.....	43
4.4 CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS.....	45
4.5 CARACTERÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS	46
4.6 CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO	48
4.7 SÍNTESE DE VULNERABILIDADE.....	51
4.8 VALIDAÇÃO DOS DADOS	53
4.8.1 Área 1	53
4.8.2 Área 2	55
4.8.3 Área 3	56
4.8.4 Área 4	58
4.9 AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE OCUPAÇÃO DO SOLO	60
4.9.1 Cenário Urbanizado/Solo Exposto	60
4.9.2 Cenário Agricultura/Pastagens.....	61
4.10 PROPOSTAS DE AÇÕES	63
4.10.1 Atendimento as ações propostas	67
5 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

O planejamento ambiental é uma ferramenta que, se bem aplicada, pode contribuir e auxiliar de forma representativa no desenvolvimento de uma determinada região. Seu uso não representa apenas a criação de restrições ambientais, mas sim, a segurança de áreas que apresentam maiores fragilidades ambientais e a delimitação de regiões que apresentam maior potencial da utilização dos recursos naturais.

As ações de Planejamento Ambiental, embora leve em consideração as questões nacionais, por serem ecossistêmicas, transcendem os limites políticos, uma vez que, no mínimo, ela deverão levar em conta o limite das bacias hidrográficas (Franco, 2000).

No Brasil, esse tipo de ferramenta tem sido utilizado ainda de forma tímida, considerando o modelo de desenvolvimento histórico e econômico das regiões brasileiras. Dessa forma, um planejamento ambiental adequado pode trazer excelentes resultados e, mais a frente, evitar dispêndio de recursos e energia para corrigir problemas ambientais ou situações que apresentem riscos para a população.

Se as alterações no ambiente não forem bem compreendidas podem gerar impactos que interferem de diversas formas na economia de uma determinada região. Assim, torna-se necessária uma análise abrangente do espaço, considerando mais variáveis do que apenas o uso e a ocupação do solo.

A análise da vulnerabilidade ou fragilidade ambiental podem compor análises relacionadas com a susceptibilidade de uma área em sofrer danos quando submetida a uma determinada ação. Quanto maior a vulnerabilidade da bacia, menor a chance de recuperação do ambiente. Conhecer a vulnerabilidade de uma área a determinados fatores de pressão ambiental auxilia na priorização de investimentos públicos, normalmente escassos, em diferentes regiões (Figueirêdo, 2007).

O Estado de Santa Catarina apresenta situações semelhantes ao desenvolvimento do Brasil no quesito ocupação do solo, onde propriedades e até cidades sem planejamento ambiental se desenvolveram em áreas com fragilidade ambiental ou em situações que, naturalmente, apresentavam risco, muitas vezes imperceptíveis sem uma análise regionalizada.

Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar as vulnerabilidades ambientais da bacia hidrográfica do Rio das Flores, localizada na Região Oeste do Estado de Santa

Catarina, de forma a estabelecer as limitações e potencialidades no uso e ocupação do solo, servindo de base para o planejamento ambiental orientado, visando a conservação ambiental e a redução de riscos naturais na região de estudo.

1.1 OBJETIVOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram definidos alguns objetivos apresentados na sequência.

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar os índices de Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio das Flores, na Região Oeste do Estado de Santa Catarina, visando o estabelecimento de propostas de ações que possam contribuir com o planejamento ambiental desse território.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Adaptar a metodologia de estudo proposta por Crepani et al. (2001) e reaplicá-la, de forma a obter dados físicos de geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima e referentes à Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.
- b) Caracterizar a bacia hidrográfica quanto às condições naturais do meio físico e de uso e ocupação do solo, gerando mapas temáticos.
- c) Obter os índices de vulnerabilidades ambientais por meio das variáveis de geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo e precipitação.
- d) Delimitar as áreas que apresentam os índices de vulnerabilidade ambiental por meio da geração de uma carta síntese.
- e) Identificar as áreas de maior vulnerabilidade ambiental de forma a priorizar as ações na área ambiental.
- f) Estabelecer prognósticos por meio da criação de cenários com análise de propostas das ações de gestão.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Oeste de Santa Catarina é uma região que, como muitas outras, foi colonizada com base na extração dos recursos naturais e fixação de divisas, sem planejamento e sem conhecimento das condições ambientais encontradas no ambiente natural.

A região foi, antes de tudo, uma mescla que associava, em certos momentos, o descaso governamental político-administrativo e as contestações territoriais (LINDENMEYER, 2009). O processo colonizador dessa região começou em 1920. Primeiramente, foram feitas concessões pelo governo do Paraná e, mais tarde, pelo governo de Santa Catarina. Neste período, a região era povoada por caboclos e índios, os quais, em virtude da colonização, buscaram se instalar em locais mais distantes (WELTER, 2006).

No princípio, a região apresentava uma formação paisagística caracterizada pela densidade da Floresta Ombrófila Mista, tendo como principal elemento o pinheiro (*Araucária Angustifolia*) e a erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) (LINDENMEYER, 2009).

A Floresta Ombrófila Mista tem como característica o desenvolvimento em regiões com índices pluviométricos elevados. No setor onde domina essa vegetação as chuvas são distribuídas praticamente todo o ano sem apresentar longos períodos de seca e árvores configuradas geralmente largas e sempre verdes (WELTER, 2006).

No decorrer do século XX, observou-se que as consequências desse modelo de colonização, alicerçado no intenso extrativismo vegetal da Araucária e de outras madeiras nobres, foram irreversíveis para fauna brasileira. Este tipo de floresta, também por pertencer ao bioma Mata Atlântica, tem recebido grande importância na virada do século XXI (LINDENMEYER, 2009).

Assim, verifica-se que a colonização dessa região foi regida em função das condições e recursos extrativistas, sendo que as residências foram instaladas próximo aos cursos de água. Esses fatos demonstram que não havia critérios ambientais para o zoneamento.

Atualmente, é possível verificar a ocorrência de conflitos no uso do solo e ocupações em áreas ambientalmente sensíveis. Além disso, quando há restrições relativas à ocupação e desempenho de atividades, estas se limitam, quando muito, a

aplicação da legislação vigente, sendo que não há estudos suficientes na região de forma a gerir um processo de planejamento ambiental.

Os municípios não possuem informações técnicas válidas acerca das fragilidades ambientais da sua região de abrangência, dessa forma, sem informações básicas, torna-se impossível estabelecer uma forma de planejamento efetiva e eficiente.

Assim, é entendido como elemento principal estabelecer, por meio de uma metodologia sistematizada, quais as fragilidades ambientais da área de ocupação, bem como estabelecer quais seriam os índices de vulnerabilidade ambiental, entendendo que a ocupação está ocorrendo de forma dinâmica e sem instrumentos tecnicamente adequados de planejamento dos critérios ambientais.

A Bacia Hidrográfica do Rio das Flores é integrante da Região Hidrográfica 01 e é gerida pelo Comitê de Bacias do Rio das Antas. Segundo o Comitê de Bacias do Rio das Antas, a bacia do Rio das Flores abrange uma área de 703,00 km² integrando 10 municípios catarinenses, sendo eles Bandeirante, Belmonte, Descanso, Dionísio Cerqueira, Guarujá do Sul, Guaraciaba, Paraíso, Princesa, São José do Cedro e São Miguel do Oeste. O Rio das Flores é formado por 1.593 nascentes e integra 5 regiões urbanizadas.

Nas áreas urbanizadas, além da ocupação urbana, ocorre a presença de atividades industriais, sendo, principalmente, exercidas atividades de agroindústrias, metalúrgicas, produtos para a construção civil, entre outras.

Já nas áreas rurais, as principais atividades na bacia estão vinculadas à criação de animais (gado de leite, gado de corte, suinocultura e avicultura). Quanto aos cultivos, é observado com maiores índices os cultivos permanentes como laranja, tangerina e uva, e temporários com milho, trigo e soja.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os ambientes naturais constituem uma série de fluxo e trocas de energia e materiais. Cada ambiente apresenta características únicas e singulares que são decorrentes das diferentes relações de troca de energia e matéria entre os seus componentes (ROSS, 1994).

Nesse contexto, a ação da ocupação humana se torna cada vez mais significativa, tendo em vista que, ao se apropriar do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso do que aquele que normalmente a natureza imprime (ROSS, 1994).

Grigoriev (1968) define, dentro dos Estratos Geográficos da Terra que, a região da parte superior da litosfera é a baixa atmosfera, a qual corresponde ao ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e social, bem como os demais elementos bióticos da natureza. Assim, esse “estrato geográfico” é considerado de grande importância por ser palco das ações humanas, e, conseqüentemente, o que mais sofre alterações quando da ocorrência das ações antrópicas.

Para Santos (2007), as diversas alternativas de uso e ocupação das terras sobre diferentes terrenos podem induzir, direta ou indiretamente, em desastres ou situações indesejáveis ao homem, sendo que essas ações costumam alterar a dinâmica da paisagem, modificando a capacidade do meio em responder aos processos naturais.

Para conter esses processos naturais que podem ou não ser originados em virtude das modificações antrópicas, Santos (2007) explica que é necessário manter a estabilidade do sistema. Para isso, por vezes, é necessário despender de grandes esforços e recursos para a implantação de obras de engenharia, as quais podem ainda não serem suficientes para conter a ação destrutiva ou apresentarem maior estabilidade para o sistema.

Sob essa perspectiva, Santos (2007) informa que se não for possível evitar determinadas forças e fenômenos da Natureza, por outro lado, pode-se modificar, para melhor, as formas como as intervenções humanas atuam na paisagem. Assim, com o conhecimento sobre o ambiente de ocupação, torna-se possível estabelecer estratégias e limitações de ocupação, conservando os espaços que apresentam maiores riscos para a população.

As transgressões à natureza e a sociedade são consequências dos atuais modelos de desenvolvimento. Isso demonstra que não é mais suportável para a sociedade, nem para a natureza, modelos de desenvolvimento que não respeitem os seus limites e suas capacidades de absorverem impactos (MEDEIROS, 1999).

Para Ross (1994), os estudos integrados sobre um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas. Assim, a adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio socioeconômico, visando buscar integração das diversas disciplinas científicas, pode contribuir para a elaboração de um Zoneamento Ambiental mais adequado.

Em virtude dessa situação, é de suma importância que se tenha conhecimento das regiões do ambiente que apresentam maiores fragilidades e o entendimento de quais são as características que afetam esse ambiente, para que seja possível estabelecer estratégias direcionadas ao desenvolvimento orientado de forma a ocasionar os menores impactos possíveis.

Santos (2004) defende que, para interpretar o conjunto de informações regionais referenciadas em um espaço, faz-se necessária a definição de uma unidade espacial de trabalho e, nesse caso, sugere-se o uso de bacias hidrográficas, tendo em vista que a mesma apresenta uma aceitação universal como unidade de planejamento.

O uso de bacias hidrográficas como unidade básica de análise constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso de água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e mais facilmente interpretadas (SANTOS, 2004).

2.1 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

A noção de vulnerabilidade, segundo Dagnino e Carpi Junior (2007), tem sido matéria de discussão entre os termos utilizados, quando tratado dos termos riscos e vulnerabilidades.

Em geral, Mictchel (1989, apud ALMEIDA, 2012) define que a vulnerabilidade está associada ao potencial de perda de um sistema, tornando-se, dessa forma, um

conceito essencial na abordagem dos riscos e perigos. Assim, segundo o mencionado autor, a vulnerabilidade acaba sendo tema central para o desenvolvimento de estratégias de redução e mitigação das consequências dos desastres naturais nas diversas escalas de análises.

Outrossim, a falta de consenso na definição do conceito de vulnerabilidade provém da dificuldade em se aprender a multidimensionalidade da realidade analisada, da diversidade de orientação epistemológica e, conseqüentemente, das práticas metodológicas (ALMEIDA, 2012).

Mitchel (1989, apud ALMEIDA, 2012) relacionou 18 definições de vulnerabilidade, das quais sete estão apresentadas no Quadro 1.

De acordo com Cutter (1996 apud ALMEIDA, 2012), a ciência da vulnerabilidade se concentra em três áreas temáticas principais: as contradições e confusões no significado do termo, a sua medição e as causas das resultantes espaciais associadas aos estudos de vulnerabilidade. Assim, dentre as ciências ambientais, a ciência da vulnerabilidade pode contribuir para o entendimento das circunstâncias que inserem as pessoas sob risco e das condicionantes que reduzem a habilidade com que as pessoas e os lugares respondem às ameaças ambientais.

Quadro 1: Definições de Vulnerabilidade Ambiental

AUTORES	DEFINIÇÃO
Downing (1991)	Vulnerabilidade tem três conotações: refere-se a uma consequência (por exemplo, a fome) em vez de uma causa (por exemplo, são vulneráveis à fome), e é um termo relativo que diferencia entre os grupos socioeconômicos ou regiões, em vez de uma medida absoluta de privação.
Dow (1992)	Vulnerabilidade é a capacidade diferencial de grupos e indivíduos para lidar com os riscos, com base em suas posições em relação aos riscos, com base em suas posições dentro dos mundos físico e social.
Smith (1992)	Risco de um perigo específico varia ao longo do tempo e de acordo com mudanças na exposição, quer (ou ambas) vulnerabilidade física ou humana (a amplitude de tolerância social e econômica disponível no mesmo local).
Alexander (1993)	Vulnerabilidade humana é uma função dos custos e benefícios de habitar áreas de risco de desastres naturais.
Cutter (1993)	A vulnerabilidade é a probabilidade de que um indivíduo ou grupo estarão expostos e afetados por um perigo. É a interação dos perigos do lugar (e mitigação de risco) com o perfil social das comunidades
Watts & Bohle (1993)	A vulnerabilidade é definida em termos de capacidade de exposição e potencialidade. Conseqüentemente, a resposta prescritiva e normativa para a vulnerabilidade é reduzir a exposição, aumentar a capacidade de enfrentamento, reforçar o potencial de recuperação e reforçar o controle de danos (ou seja, minimizar as consequências destrutivas) através de meios públicos e privados.

Continuação:

AUTORES	DEFINIÇÃO
Dow & Downing (1995)	Vulnerabilidade é a susceptibilidade diferencial de circunstâncias que contribuem para a vulnerabilidade. Fatores biofísicos, demográficos, econômicos, sociais e tecnológicos, tais como idade das populações, dependência econômica, racismo e idade de infraestrutura são alguns fatores examinados em associação com os desastres naturais.

Fonte: Adaptado de Almeida (2012).

Dessa forma, fica evidente a relação da vulnerabilidade e risco e, da mesma forma, entende-se a dificuldade de encontrar a definição exata, bem como o entendimento de qual corresponde ao outro.

Por outro lado, a ideia de risco, segundo Castro (apud SILVA, 2008) está associada à exposição de pessoas e propriedades a perigos, perdas e prejuízos ocasionados por processos de origem natural ou antrópica. Dessa forma, Varnes (1984 apud SILVA, 2008) afirma que o risco obedece a uma relação matemática denominada "fórmula do risco", da qual é possível encontrar inúmeras relações. Porém, a proposta do referido autor é $R = P \times C$, onde "R" representa o risco, "P" a probabilidade de ocorrência, e "C" a consequência social e econômica potencial associada, do qual seria equivalente a vulnerabilidade.

Tais fórmulas de risco constituem opções metodológicas que podem ser utilizadas em inúmeros casos, conforme as características geográficas de cada local e do tema que se quer abordar (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007).

Dessa forma, independentemente das palavras utilizadas, em geral, é aceito pela grande maioria dos pesquisadores que se dedicam a este tipo de estudo que o risco é o somatório de algo que não está relacionado com a vontade do homem (aleatório, acaso, casualidade ou periculosidade), mas sim com algo que resulta da presença direta ou indireta do homem, ou seja, a vulnerabilidade (REBELO, 2003 apud DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007).

2.2 ESTABILIDADE MORFODINÂMICA DAS UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS

A Teoria do Equilíbrio Dinâmico considera o equilíbrio de uma paisagem como aquele resultante do comportamento balanceado entre os processos morfogenéticos e a resistência das rochas e, também leva em consideração, as influências diastróficas atuantes na região (CHRISTOFOLLETTI, 1980).

O ajustamento entre tais forças é simultâneo entre as várias partes da bacia de drenagem. Assim, onde as rochas forem mais resistentes (quartzitos, por exemplo), as declividades das vertentes serão, por consequência, mais acentuadas que as verificadas em rochas de menor resistência (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Crepani et al. (2001) estabelecem um modelo de vulnerabilidade que permite a análise de situações que ocorram naturalmente, estabelecendo 21 classes de vulnerabilidade à perda de solo (Figura 1), identificando onde há o predomínio do processo de pedogênese.

O modelo apresenta 3 categorias morfodinâmicas, onde se tem como resultado a atribuição de valores que variam de 1,0 a 3,0, identificando se a condição morfodinâmica tende a apresentar estabilidade ou instabilidade, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Categorias morfodinâmica em relação ao processo pedogênico e morfogênico.

Categoria Morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese / Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al (2001)

Figura 1: Classificação do grau de vulnerabilidade à perda de solo

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
				VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9		255	51	0	
U3		2,8		255	102	0	
U4	V	2,7		255	153	0	
U5	U	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	L	2,5		255	255	0	
U7	N	2,4		204	255	0	
U8	E	2,3		153	255	0	
U9	R	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1		51	255	0	
U11	B	2,0		0	255	0	
U12	I	1,9		0	255	51	
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7		0	255	153	
U15	D	1,6		0	255	204	
U16	A	1,5		0	255	255	
U17	D	1,4	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3		0	153	255	
U19		1,2		0	102	255	
U20		1,1		0	51	255	
U21		1,0		0	0	255	

Fonte: Crepani et al. (2001).

Para a determinação do grau de vulnerabilidade, o modelo de Crepani et al. (2001) é aplicado individualmente nas unidades territoriais básicas, quanto aos temas

Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima, dos quais recebem um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais, segundo a equação empírica (1), a qual apresenta a posição da unidade na escala de vulnerabilidade à perda de solo.

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5} \quad (1)$$

Onde:

V = Vulnerabilidade;

G = vulnerabilidade para o tema Geologia;

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;

S = vulnerabilidade para o tema Solos;

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação;

C = vulnerabilidade para o tema Clima.

Os valores resultantes de cada unidade apresentam maior estabilidade quando aproximados de 1,0. Aqueles que se apresentam próximos a 2,0 possuem estabilidade intermediária, já as unidades que se aproximam de 3,0 apresentam maior vulnerabilidade devido à instabilidade (CREPANI et al., 2001).

2.2.1 Vulnerabilidade para o tema geologia

A vulnerabilidade, inserida na Geologia, compreende informações relativas à história da evolução geológica do ambiente, sendo encontradas na unidade territorial as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem (CREPANI et al., 2001). A escala de vulnerabilidade está demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1: Escala de vulnerabilidade à denudação de rochas mais comum.

Rochas	Escala de Vuln.	Rochas	Escala de Vuln.	Rochas	Escala de Vuln.
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonito, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito, Dacito	1,1	Pirozenito, Anfibolito, Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerado, Subgrauvacas	2,5

Continuação

Rochas	Escala de Vuln.	Rochas	Escala de Vuln.	Rochas	Escala de Vuln.
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	Horblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estaurolita xisto, Xisto granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fenólito, Nefelina, Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Matessilito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcário, Dolomitos, Margas, Evaporitos Sedimentos	2,9
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	Mármoreos	2,3	Inconsolidados: Aluviões, Colúvios, etc.	3,0

Fonte: Crepani et al (2001)

2.2.2 Vulnerabilidade para a geomorfologia

A vulnerabilidade, relacionada com a Geomorfologia, está diretamente ligada aos índices morfométricos do terreno, tendo como fatores de maior influência a dissecação do relevo, a amplitude altimétrica e a declividade (CREPANI et al., 2001).

A declividade (Tabela 2) representa um fator de grande importância, pois está relacionada com a inclinação do relevo, o qual apresenta uma relação direta com a velocidade, transformando a energia potencial em energia cinética (CREPANI et al., 2001).

Tabela 2: Índice de vulnerabilidade relacionada a declividade

Classes Morfométricas	Declividade (%)	Valores de Vulnerabilidade
Muito Baixa	< 2	1,0
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 – 20	2,0
Alta	20 - 50	2,5
Muito Alta	> 50	3,0

Fonte: Crepani et al (2001)

Crepani et al. (2001) propõem uma relação de vulnerabilidade relacionada à classe morfométrica e declividade, conforme Tabela 2, a qual estabelece em ordem crescente os valores de vulnerabilidade variando de 1,0 a 3,0, sendo o primeiro aplicável para declividades baixas (<2%) e o segundo para declividades muito altas (>50%).

2.2.3 Vulnerabilidade para a estabilidade de solos

Crepani et al. (2001) propõem uma relação de vulnerabilidade relacionada à classificação dos solos, conforme Quadro 03, o qual estabelece, em ordem crescente, os valores de vulnerabilidade variando de 1,0 a 3,0, sendo o primeiro aplicável para solos estáveis, como os Latossolos que são bastante desenvolvidos, e o segundo para solos instáveis, que representam solos jovens e pouco desenvolvidos, onde o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C.

Quadro 3: Índice de vulnerabilidade relacionada a classificação do solo

Classificação de Solos (Embrapa, 1999)	Vulnerabilidade
Latossolos Amarelos Latossolos Vermelhos-Amarelos Latossolos Vermelho Latossolos Brunos Latossolos (...) Húmicos Latossolos Bruno (...) Húmicos	1,0
Argissolos Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos Argissolos Nitossolos Luvisolos Chernossolos Planossolos Espodossolos	2,0
Cambissolos	2,5
Neossolos Litólicos Neossolos Flúvicos Neossolos Rogolíticos Neossolos Quarzarênicos Vertissolo Organossolo Gleissolos Gleissolos Plintossolos Plintossolos Afloramento Rochosos	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001).

Cabe salientar que a metodologia de Crepani et al. (2001) apresenta a antiga denominação de classificação do solo, conforme Embrapa (1999), do qual foi atualizado em 2018 por meio do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo - 5ª Edição (SiBCS).

2.2.4 Vulnerabilidade quanto ao clima

A causa principal da denudação das rochas é a ação das chuvas, primeiramente provocando o intemperismo e, depois, removendo o solo por meio da erosão hídrica. O impacto direto das gotas e o escoamento superficial faz com que ocorra a erosão hídrica, sendo a erosão o produto final desta interrelação (CREPANI et al., 2001).

Os valores de intensidade pluviométrica podem ser considerados representantes de valores de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética responsável pela erosividade da chuva. Logo, pode-se dizer que, quanto maiores os valores da intensidade pluviométrica, maior é a erosividade da chuva, o que permite criar uma escala de erosividade da chuva que represente a influência do clima nos processos morfodinâmicos (CREPANI et al., 2001). Os índices de vulnerabilidade da chuva constam na Tabela 3.

Tabela 3: Índice de vulnerabilidade relacionada a intensidade pluviométrica

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 – 225	1,7	375 – 400	2,4
50 – 75	1,1	225 – 250	1,8	400 – 425	2,5
75-100	1,2	250 – 275	1,9	425 – 450	2,6
100-125	1,3	275 – 300	2,0	450 – 475	2,7
125 - 150	1,4	300 – 325	2,1	475 -500	2,8
150 - 175	1,5	325 – 350	2,2	500 – 525	2,9
175 - 200	1,6	350 – 375	2,3	> 525	3,0

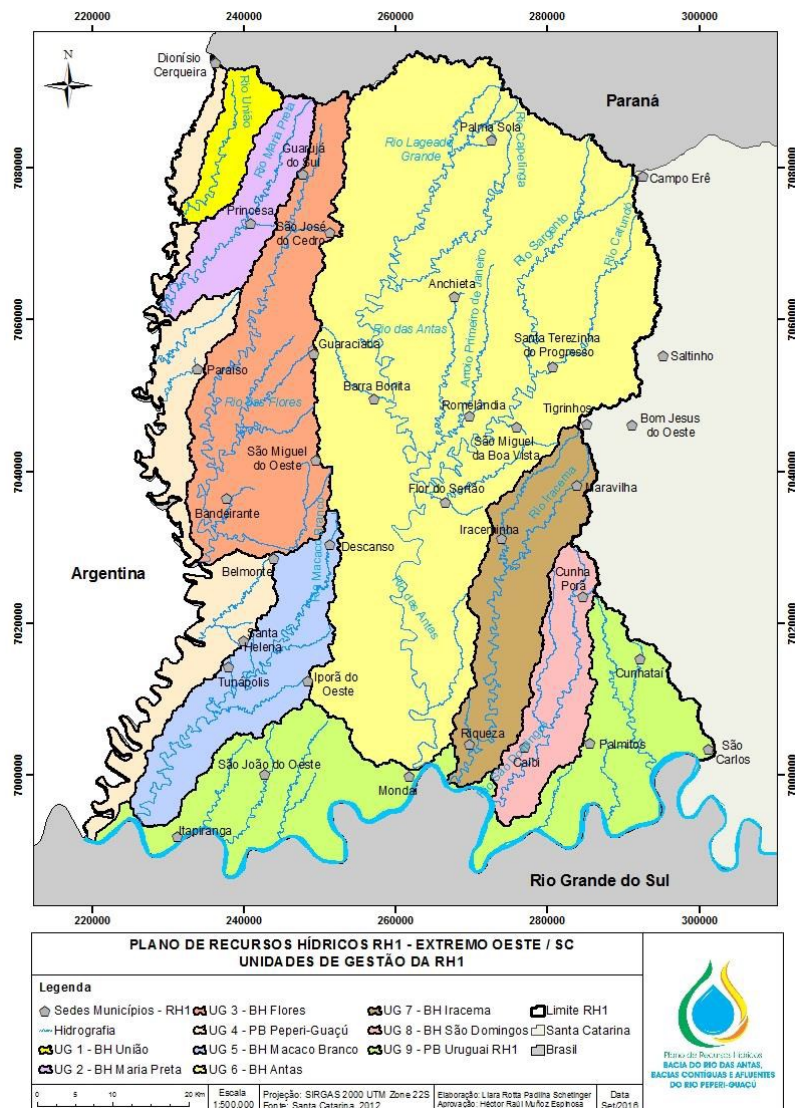
Fonte: Crepani et al. (2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a bacia hidrográfica do Rio das Flores. Conforme a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico Sustentável (2018), essa bacia está localizada na porção Extremo Oeste de Santa Catarina (Figura 2), com escoamento predominantemente Norte-Sul, fazendo divisa na direção Leste com a Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, ao Oeste com as Bacias Hidrográficas do Rio Maria Preta e Peperí-Guaçu, e ao Sul com a Bacia Hidrográfica do Rio Macaco Branco.

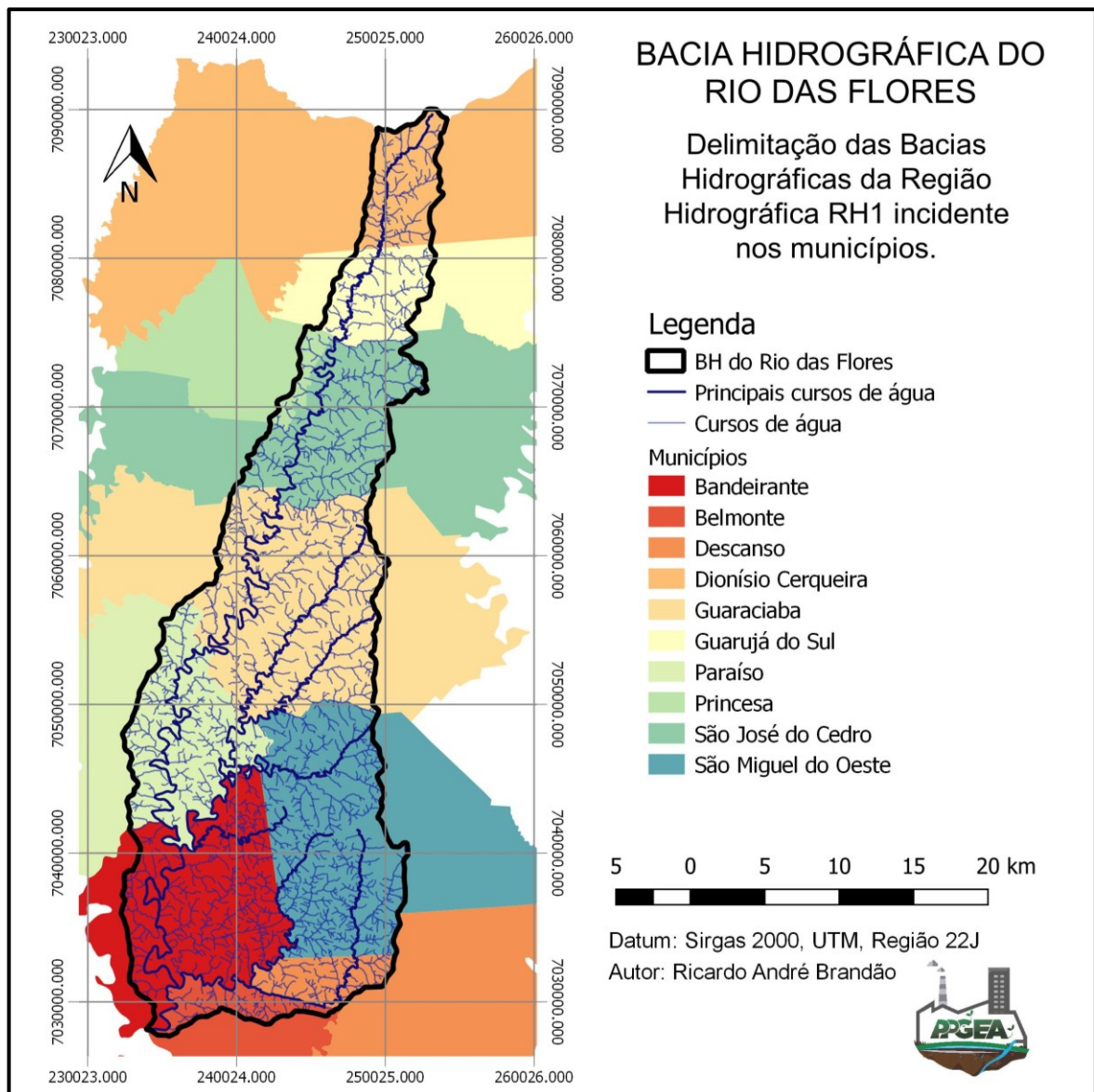
Figura 2: Delimitação das Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica RH1



Fonte: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico Sustentável (2018).

A Bacia Hidrográfica do Rio das Flores (Figura 3), é formada por 1.593 nascentes e possui uma área de drenagem de 702,90 km², distribuídos em 10 municípios, sendo Dionísio Cerqueira (SC), Guarujá do Sul (SC), Princesa (SC), São José do Cedro (SC), Guaraciaba (SC), Paraíso (SC), São Miguel do Oeste (SC), Bandeirante (SC), Descanso (SC) e Belmonte (SC). Recebe contribuições, dentre outros, dos Lajeados do Cedro, Barulho, Gramado, Lagarto, Arroio Liso, Sanga do Tatu, Sanga Vacaria e Rio Famoso. Suas águas drenam para o Rio Peperi-Guaçu (SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL, 2018).

Figura 3: Delimitação das Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica RH1 incidente nos municípios.

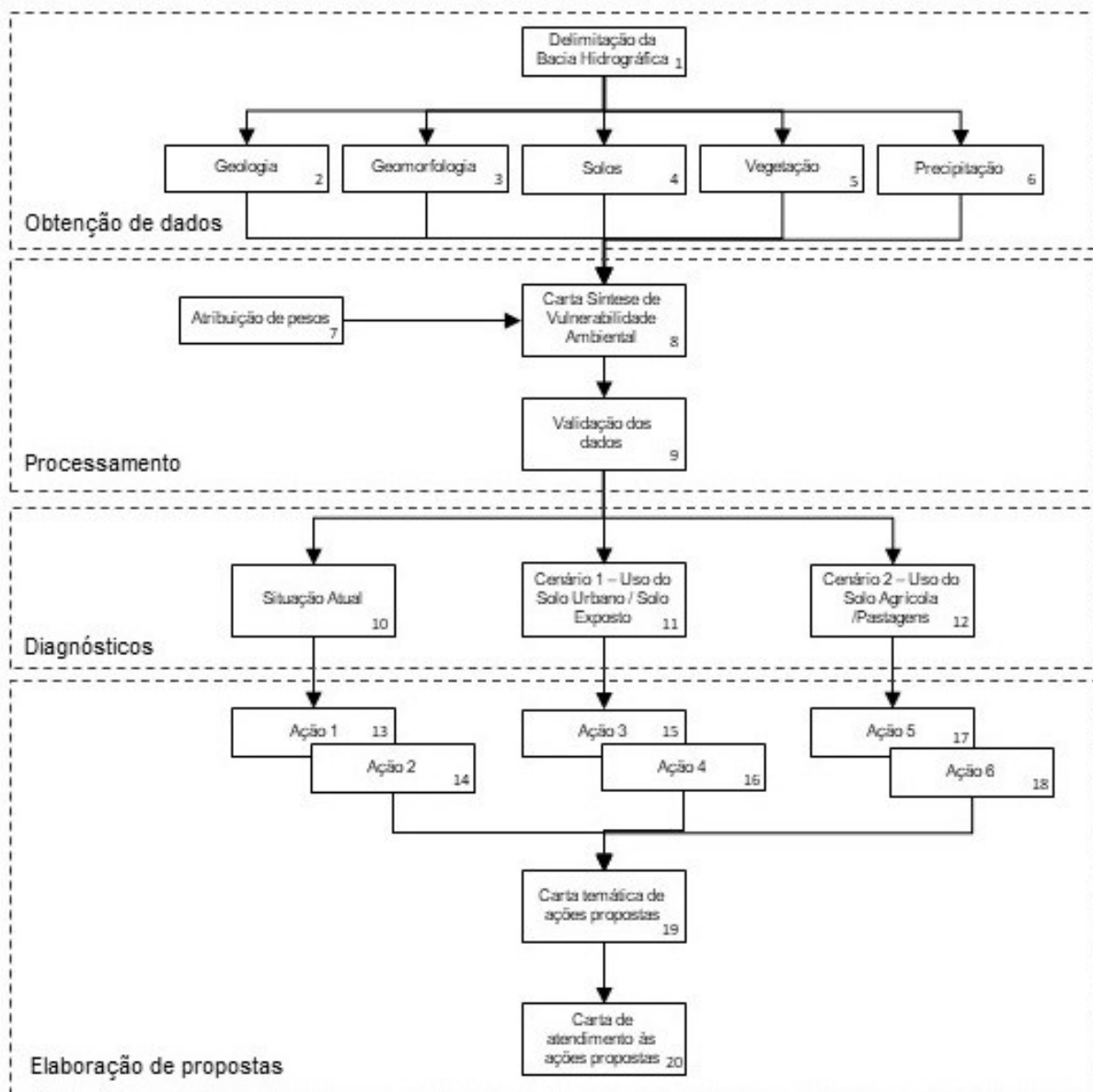


Fonte: o autor (2020).

3.2 DIAGRAMA METODOLÓGICO

O desenvolvimento da metodologia foi realizado em quatro etapas conforme apresentado na Figura 4, sendo divididos em obtenção de dados, processamento dos dados, fase de diagnóstico e a elaboração de proposta de ações.

Figura 4: Diagrama de fluxo do roteiro metodológico



Fonte: o autor (2020).

Na fase de obtenção de dados, foram utilizadas bases cartográficas georreferenciadas para a delimitação da Bacia Hidrográfica e dos seguintes mapas temáticos: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Precipitação.

Em seguida, foram realizados os processamentos e atribuição dos pesos de vulnerabilidade ambiental para cada área temáticas, conforme Crepani et al. (2001), bem como foram determinados os pesos de cada variável e desenvolvida, através da Álgebra Raster, a Carta de Vulnerabilidade Ambiental.

Com a carta de Vulnerabilidade Ambiental finalizada foram determinados 4 pontos para a verificação “in loco”, com a finalidade de avaliar a validação dos dados obtidos na Carta Síntese de Vulnerabilidade Ambiental.

A partir da Carta Síntese foram desenvolvidas as etapas de diagnósticos, considerando a análise da situação atual identificada na bacia e, posteriormente, extrapolado os dados com a criação de dois cenários hipotéticos, a fim de avaliar as condições extremas de ocupação na Bacia Hidrográfica.

Por fim, foram elaboradas propostas para redução e melhoria dos índices de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia, com o estabelecimento de 6 ações, do qual resultou na Carta Síntese de Ações para a Bacia Hidrográfica.

Ainda na etapa final de elaboração das propostas, também se avaliou, dentro das ações propostas, qual é o atual índice de atendimento para as mesmas.

3.3 ORGANIZAÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS

A elaboração das bases cartográficas foi realizada com base nos mapas disponíveis em *shapefile*, nos órgãos oficiais e instituições científicas, sendo que as bases foram processadas por meio do software Qgis, versão 3.10.4. Consigna-se que todas as bases foram transformadas para o Datum Sirgas 2000 e sistema de Referências em Universal Transversa de Mercator (UTM) no fuso 22J. Assim, foi processado para esse fim o Mapa das Bacias Hidrográficas, Mapeamento Geológico, Modelo Digital do Terreno para fins do Mapeamento da Geomorfologia, Mapeamento de Solos, Mapeamento do uso do solo para fins da elaboração do Mapeamento de Vegetação e Mapeamento das Precipitações.

3.3.1 Delimitação da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica do Rio das Flores foi definida utilizando-se o levantamento das Ottobacias das Unidades Hidrográficas, elaborado pela Agência Nacional de

Águas, onde foram extraídas todas as bacias hidrográficas inseridas no sistema hídricos do Rio das Antas. Para correção da bacia utilizou-se a hipsometria gerada a partir do Modelo Digital do Terreno, em escala 1:10.000 e resolução de 1 metro, disponibilizado pelo Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina.

3.3.2 Mapa geológico

Para análise do mapeamento geológico utilizou-se o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina, elaborado pelo CPRM - Serviço Geológico do Brasil, em escala 1:500.000, delimitando qual é a geologia existente nos limites da bacia hidrográfica.

3.3.3 Mapa geomorfológico

O mapa geomorfológico foi elaborado a partir do mapa de declividades do relevo, obtido com o processamento do Modelo Digital do Terreno disponibilizado por meio do projeto Topodata, o qual utilizou os dados obtidos da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), realizado em 2000, na resolução original de 90 metros, que, posteriormente, foi corrigida para a resolução de 30 metros.

Tabela 4: Classe morfométricas

Classe morfométrica	Declividade (%)
Muito Baixa	< 2
Baixa	2 - 6
Média	6 - 20
Alta	20 - 50
Muito Alta	> 50

Fonte: Crepani et al. (2001).

A carta de declividade foi processada por meio do software QGis, versão 2.18.13, e o resultado categorizado conforme previsto pela metodologia de Crepani et al. (2001), conforme exposto na Tabela 4.

3.3.4 Mapa dos solos

Para elaboração da carta de solos utilizou-se o Mapa de Solos do Brasil elaborado por Potter (2004) - Embrapa Solos, na escala de 1:250.000.

Para a obtenção do tipo de solo realizou-se o recorte do *shapefile* no software QGis, versão 3.10.4, nos limites da bacia hidrográfica, sendo categorizados conforme os tipos de solos identificados na bacia hidrográfica.

3.3.5 Mapa de uso do solo

O mapeamento do uso do solo foi obtido a partir da base de dados do Projeto MapBiomias, da coleção 4.0 da série anual de mapas de cobertura e uso do solo do Brasil (Tabela 5), do qual é elaborado por meio do uso das imagens do satélite Landsat 8.

Tabela 5: Classificação do uso do solo, associado a vulnerabilidade ambiental

Classificação	Referência MapBiomias	Vulnerabilidade (Crepani, 2001)
Formação Florestal	3	1,0
Floresta Plantada	9	1,3
Formação Campestre	12	1,5
Pastagem	15	2,0
Cultura anual Perene	19	2,0
Agricultura e Pastagem	21	2,5
Solos Exposto	25	3,0
Urbano	24	3,0
Corpos de Água	33	3,0

Fonte: Adaptado de Map Biomias (2018) e Crepani et al. (2001).

Para o processamento das imagens utilizou-se o software Qgis, sendo que o uso do solo foi classificado conforme a tabela de dados agregados do projeto MapBiomias. Para a obtenção dos índices de vulnerabilidade foi adaptada a classificação de Crepani et al. (2001), sendo classificadas nos usos de solo constantes na tabela 5, divididas em: Formação Floresta, Floresta plantada, Formação Campestre, Pastagens, Cultura anual perene, Agricultura e Pastagens, Solo Exposto, Uso Urbano e Corpos de Água.

3.3.6 Mapa das precipitações

Para o mapeamento das precipitações utilizou-se o mapa de intensidade pluviométrica da Epagri/CIRAM do Estado de Santa Catarina, obtidos de estações hidrológicas pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA), com série de dados no período de 1960 a 2004, na escala de 1:500.000.

Entre os dados mensais, foram utilizados os dados do mês de outubro, sendo o mês que apresenta a maior intensidade pluviométrica para a bacia hidrográfica.

3.3.7 Determinação de Pesos

Para determinar os pesos de influência das variáveis no índice de vulnerabilidade utilizou-se o método Analytic Hierarchy Process (AHP) proposto por Saaty (1986).

O método AHP é uma teoria geral de medição, sendo usada para derivar escalas de proporção a partir de comparações discretas e contínuas emparelhadas. Essas comparações podem ser extraídas de medições ou a partir de uma escala fundamental que reflete a força relativa de cada variável (SAATY, 1986).

Na estrutura de organização dos dados no modelo AHP, as variáveis são distribuídas em diferentes níveis hierárquicos. Variáveis de maior importância transmitem sua maior influência para as variáveis menos importantes, em níveis hierárquicos mais baixos, que por sua vez contribuem também com a funcionalidade e coerência nos níveis superiores (SAATY, 1986).

Para possibilitar a modelagem em AHP foi realizada a comparação pareada com a elaboração de uma escala fundamental a partir da intensidade de importância.

3.3.7.1 Comparação Pareada

Para a comparação pareada dos critérios foram empregadas as intensidades de importância par a par (Tabela 6) em uma escala de 1 a 9 em relação a importância do elemento entre as linhas e as colunas (SAATY, 1997).

A análise em questão foi desenvolvida por meio da escala fundamental desenvolvida pelo autor utilizando a escala de valores proposta por Saaty (1997)

conforme tabela 7 e, após essa avaliação, foram aplicadas as fórmulas do algoritmo AHP para obtenção do vetor de pesos e Razão de Consistência (RC). Além disso, alguns testes e ajustes no julgamento dos critérios foram feitos na matriz de pesos até se chegar a um RC aceitável.

Tabela 6: Comparação pareada dos critérios avaliados (escala fundamental) no estudo de vulnerabilidade ambiental

	A	B	C	D	E
A	1	1/7	1/7	1/8	1/2
B	7	1	2	1/4	7
C	7	1/2	1	1/3	7
D	8	4	3	1	7
E	2	1/7	1/7	1/7	1

Sendo:
 A: Geologia
 B: Geomorfologia
 C: Solos
 D: Uso do Solo
 E: Precipitação

Fonte: o autor (2020).

De acordo com Saaty (1991), as prioridades médias locais dos elementos comparados na matriz de julgamento podem ser obtidas por meio de operações matriciais, calculando-se o principal autovetor da matriz e normalizando-o em seguida.

Conforme Ribeiro e Alves (2016), o resultado obtido em cada linha corresponde ao total percentual relativo de prioridades ou preferências em relação ao foco objetivo imediato. O vetor de prioridades resultante é chamado autovetor da matriz, e a somatória de seus elementos é igual a 1. Após o cálculo das prioridades locais em relação a cada nó imediatamente superior, foi realizado o cálculo da consistência de tais julgamentos (Tabela 7).

Tabela 7: Escala de valores AHP para a comparação pareada de critérios

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial	Um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada	Um fator é fortemente favorecido e sua relevância foi demonstrada na prática.

Continuação

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
9	Importância extrema	A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos.	

Fonte: Saaty (1986).

De acordo com Saaty (1991), caso o CR calculado seja inferior ou igual a 0,10, a matriz de julgamento é considerada consistente. Caso contrário, a matriz é considerada inconsistente, e o julgamento deve ser refeito (Tabela 8).

Tabela 8: Ordem de prioridade e atribuição de pesos obtidas com o uso do método AHP

Ordem de prioridade	Categoria	Variável	Atribuição de pesos
1	D	Vegetação	48,8%
2	B	Geomorfologia	24,2%
3	C	Solos	19,1%
4	E	Precipitação	4,5%
5	A	Geologia	3,4%
Total			100,00%

Fonte: o autor (2020).

Na análise em questão, o índice de consistência resultou em 0,081. Dessa forma o julgamento foi considerado como consistente e gerando a matriz de prioridades e pesos (Tabela 8).

Com o uso do algoritmo AHP foi possível determinar os pesos, indicando a ordem das variáveis de maior importância (prioridade).

3.3.8 Carta Síntese de Vulnerabilidade Ambiental

A Carta Síntese de Vulnerabilidade ambiental foi elaborada por meio da álgebra *raster*, no software QGis, sendo utilizadas a média do índice de vulnerabilidade atribuída as variáveis, constantes na tabela 8, para os temas Geologia (G), Geomorfologia (R), Solos (S), Vegetação (Vg) e Clima (C), sendo aplicada a equação (2).

Para aplicação na álgebra *raster*, a avaliação dos pesos pelo método AHP resultou na seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Vulnerabilidade} = & 0,488x(\text{Vegetação}) + 0,242x(\text{Geomorfologia}) + 0,191x(\text{Solos}) \\ & + 0,045x(\text{Precipitação}) + 0,034x(\text{Geologia}) \end{aligned} \quad (2)$$

3.3.9 Validação dos dados

A partir da obtenção da carta síntese de vulnerabilidade foram identificados 28 pontos com vulnerabilidade ambiental variada, sendo realizada uma verificação dos resultados “*in loco*”, com registro fotográfico para identificação e comprovação da veracidade dos resultados obtidos pelo método aplicado.

3.3.10 Cenário Atual

Para a análise do cenário atual foi utilizado a própria carta síntese de vulnerabilidade ambiental, com o uso do solo do ano de 2018, tendo em vista que a mesma apresentou situações de elevada vulnerabilidade ambiental.

3.3.11 Cenário 1 - Uso do Solo Urbano/Solo Exposto

A elaboração do Cenário 1 veio com o intuito de obter a situação extrema de vulnerabilidade da bacia hidrográfica. Dessa forma, nesse cenário, foi recalculada a vulnerabilidade ambiental, porém, quanto ao mapa do critério “vegetação”, foi substituído por uma carta com nível de vulnerabilidade igual a 3,0 para todos os pixels, entendendo que toda a região da bacia estaria urbanizada ou com solo exposto.

3.3.12 Cenário 2 - Uso do Agrícola/Pastagens

O cenário 2 veio com o intuito de verificar as regiões que apresentariam maior vulnerabilidade ambiental, sob a ocupação do solo associada a uma condição intermediária. Dessa forma, a vulnerabilidade foi recalculada sendo substituído por uma carta com nível de vulnerabilidade igual a 2,0 para todos os pixels, entendendo que toda a região da bacia estaria ocupada por uso agrícola ou pastagens.

3.3.13 Elaboração de Propostas

Para a elaboração das propostas, foi estabelecido um critério de Vulnerabilidade Ambiental para o cenário real, e para os dois cenários hipotéticos, sendo as ações, apresentadas na tabela 9. Essas ações foram divididas em regiões urbanizadas e regiões de ocupação rural, sendo elaboradas julgando uma melhoria na condição ambiental da bacia, associando a todas as temáticas avaliadas.

As ações foram desenvolvidas com caráter orientativo para fins de elaboração de políticas públicas associadas as condições ambientais da bacia hidrográfica, conforme Tabela 9.

Tabela 9: Critérios para estabelecimento de proposta de ações para a Bacia Hidrográfica do Rio das Flores

Cenário	Critério de Vulnerabilidade	Ocupação	Código das Ações	Ações
Cenário Real	≥ 2,6	Urbana	1	Desenvolver estudos específicos para estabelecer medidas de segurança Inibir o desenvolvimento urbano Inibir o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas
		Rural	2	Controle de segurança da barragem e das margens à montante.
Cenário 1	≥ 2,6	Urbana	3	Inibir o desenvolvimento urbano Inibir o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas
		Rural	4	Desestimular o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas
Cenário 2	≥ 2,2	Urbana	5	Sem ações previstas (atendido pelos outros critérios)
		Rural	6	Inibir o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas

Fonte: o autor (2020).

Para análise das áreas urbanas foi delimitado um distanciamento de 1 km além das áreas urbanas consolidada atualmente. Tal região apresenta maior probabilidade de futuros parcelamentos do solo urbano e implantação de infraestruturas, sendo que muitas já estão previstas o prolongamento da mancha urbana dentro dos próprios

planos diretores municipais. Dessa forma, as medidas com restrições têm grandes possibilidades de aplicação, evitando a amplificação de problemas futuros.

3.3.13.1 Atendimento as ações propostas

Para a comparação das regiões com ações previstas e o atendimento a essas ações, foi criado um banco de dados espaciais específico para o mapa de uso do solo, da classificação de Formação Floresta e Floresta Plantada do Projeto MapBiomias (nº de referência 3 e 9) e comparados com os polígonos das ações, entendendo que a região que já está vegetada apresenta a condição máxima de proteção ambiental natural da bacia hidrográfica.

3.4 METADADOS UTILIZADOS PARA A GERAÇÃO DE MAPAS

Para fins de elaboração dos dados de análises foram utilizadas as informações constantes nos mapas digitais, conforme apresentado no Tabela 10, informando os dados extraídos, a fonte e a escala do levantamento.

Tabela 10: Dados extraídos para geração dos mapas

Informação	Dados	Fonte	Escala
Delimitação da bacia hidrográfica	Ottobacias das Unidades Hidrográficas	Agência Nacional de Águas	1:10.000
Mapa Geológico	Mapa Geológico do estado de Santa Catarina	CPRM - Serviço Geológico do Brasil	1:500.000
Mapa Geomorfológico	Modelo Digital do Terreno – Topodata	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)	90 x 90
Mapa de solos	Mapa de Solos do Brasil	Embrapa	1:250.000
Mapa de uso do solo	Imagem do satélite Landsat 8	Projeto MAPBiomias	30 x 30
Mapa das precipitações	Intensidade Pluviométrica Mensal	Epagri/CIRAM	1:500.000

Fonte: o autor (2020).

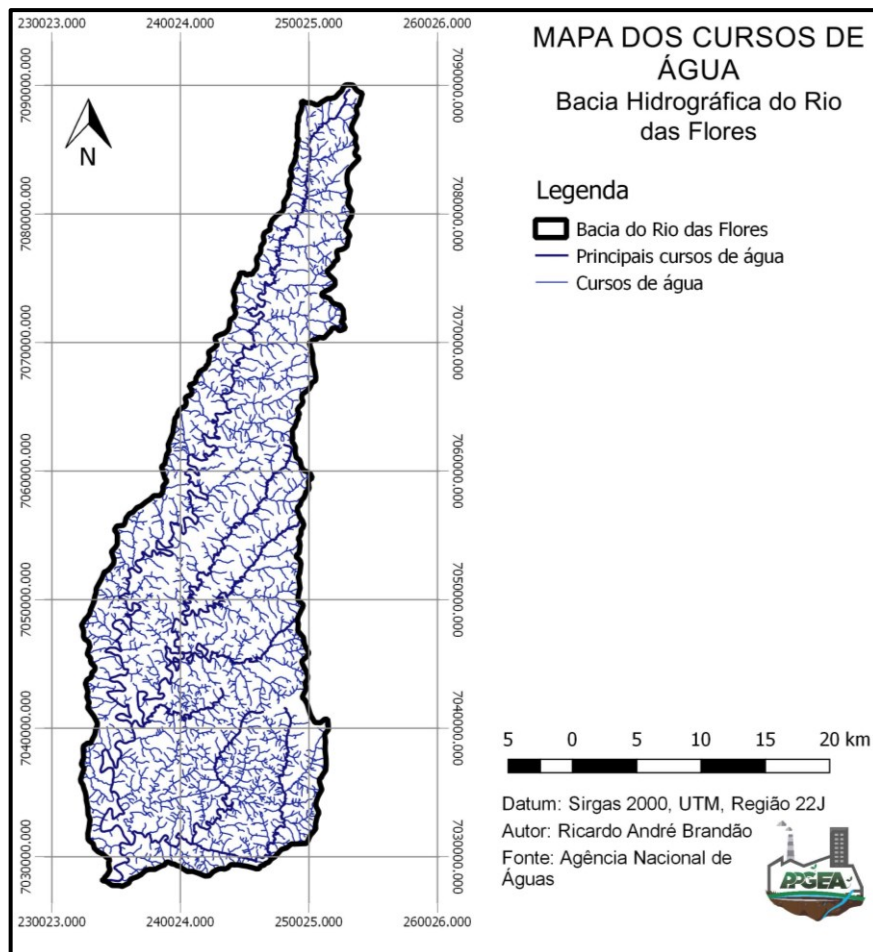
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A Bacia Hidrográfica do Rio das Flores (Figuras 5 e 6) apresenta uma área de 702,90 km² e possui como principais afluentes os rios Cambuim, Famoso, Índio e os Lajeados do Cedro, Barulho, Bandeirante, Gramado, Lagarto, Arroio Liso, Sanga do Tatu e Vacaria.

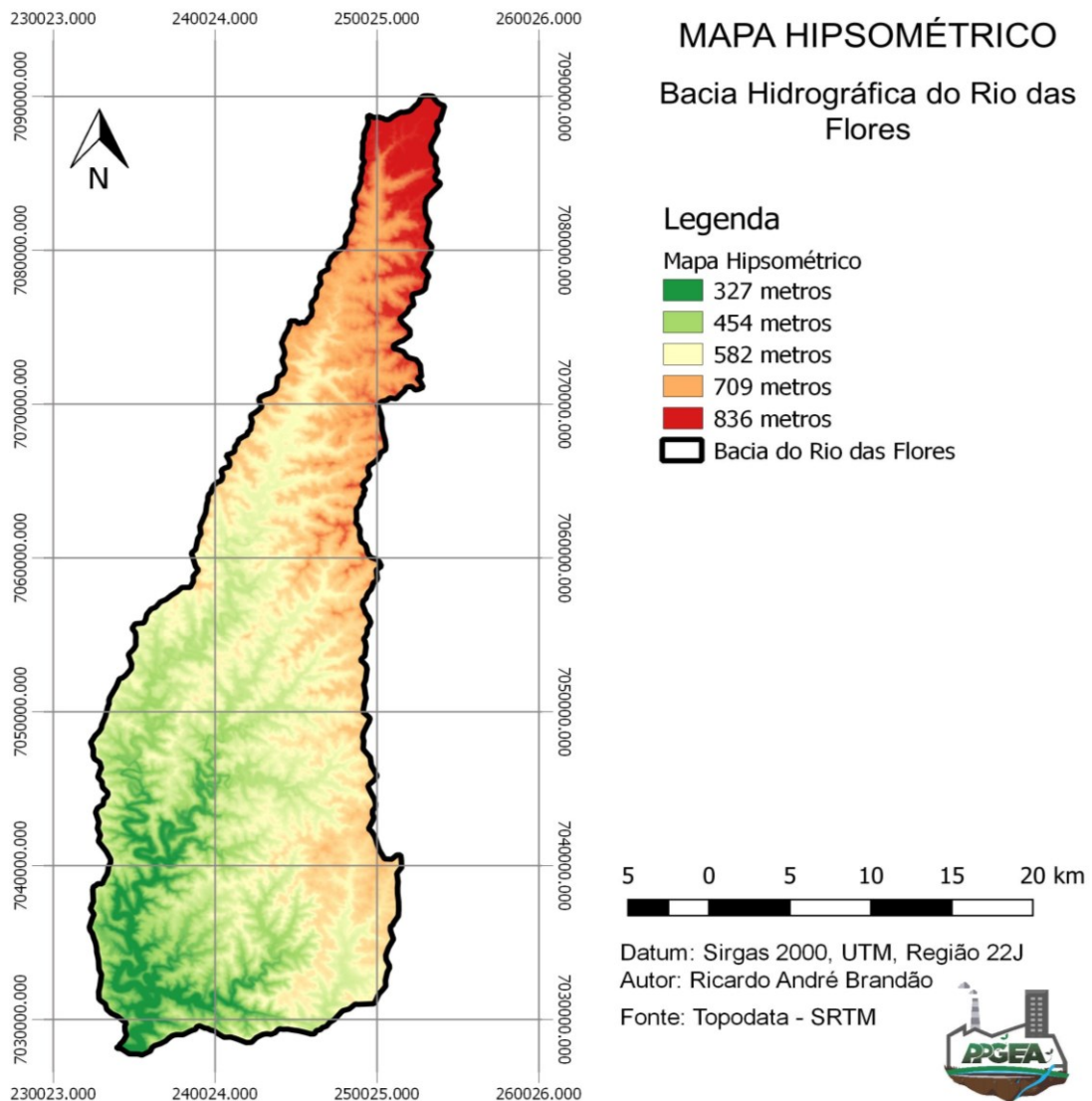
O Rio das Flores possui sentido de escoamento predominantemente do Norte para o Sul, estando localizado próximo à porção oeste da bacia hidrográfica, demonstrando uma assimetria da bacia, sendo a porção leste da bacia apresenta tributários maiores em área e extensão.

Figura 5: Mapeamento dos cursos de água da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

Figura 6: Mapeamento Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

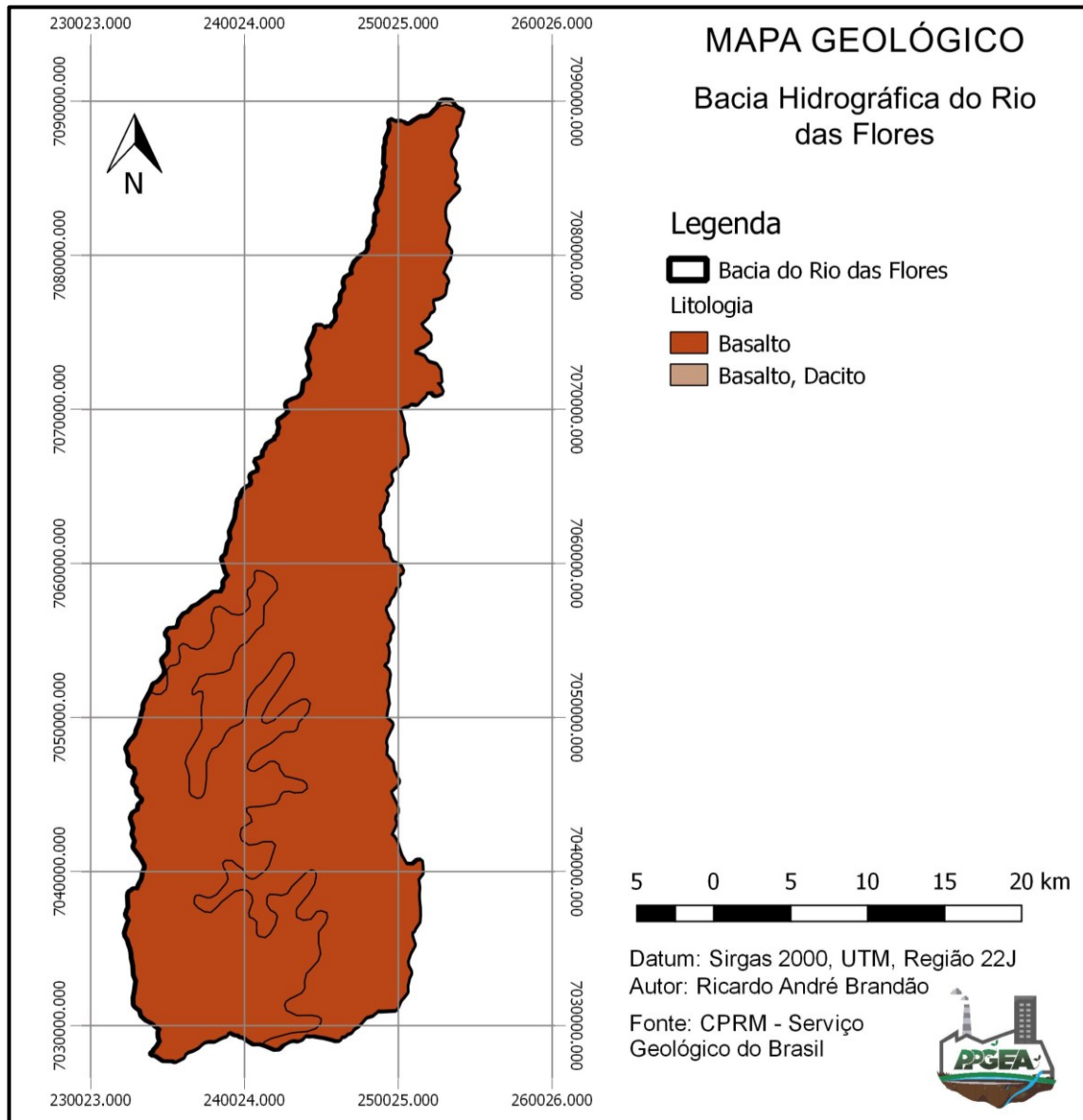
A Bacia Hidrográfica apresenta no total 1.593 nascentes e aproximadamente 1.549,50 km de extensão, somando-se todos os trechos de drenagem.

4.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

O mapeamento geológico demonstrou, segundo o levantamento do Serviço Geológico Brasileiro, que a Bacia Hidrográfica do Rio das Flores é composta basicamente por rocha Basalto, presente em 702,70 km², representando 99,7% da área da bacia hidrográfica, e pela Rocha Dacito presente em 0,20 km², representando aproximadamente 0,2%, conforme apresentado na Figura 7. Os resultados deixaram evidente que a grande influência do índice de denudação de rocha prevalece da rocha

basalto, sendo que na Bacia Hidrográfica, o basalto é dividido pelas unidades de Paranapanema e unidade Campo Erê.

Figura 7: Mapeamento Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

A rocha Dacito, que se apresenta com baixa ocorrência na bacia, provém da unidade Serra Geral, e está localizada na parte extremo norte da bacia, na região territorial do município de Dionísio Cerqueira.

Quanto aos níveis de vulnerabilidade, o Dacito e o Basalto apresentam baixos índices de vulnerabilidade em função da denudação de rocha, recebendo índices de vulnerabilidade de 1,1 e 1,5, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11: Tipo de rocha, área de abrangência e índice de vulnerabilidade

Geologia			
Tipo de rocha	Área (km ²)	Porcentagem	Vulnerabilidade (Crepani et al., 2001)
Basalto	702,7	99,97	1,5
Dacito	0,2	0,03	1,1
Total	702,9	100,00	

Fonte: o autor (2020).

A presença do Dacito, em pequena proporção geográfica, e localizado próximo aos limites da bacia hidrográfica, pode estar associada a um erro atribuído às diferenças das escalas do levantamento das bases cartográficas, pois, a mesma inicia nesse local e se prolonga pela bacia hidrográfica adjacente ao norte, sugerindo uma condição específica daquela bacia hidrográfica.

4.3 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

Quanto à geomorfologia, foi analisada a declividade na bacia hidrográfica e categorizada a declividade em 5 classes, conforme proposto por Crepani et al. (2001), apresentado na Figura 8.

O mapeamento das declividades, conforme Tabela 12, resultou que as declividades mais baixas com inclinação inferior a 2% estão presentes em 39,4 km², representando 5,6% e a inclinação de 2 a 6% está presente em 279,7 km², representado 39,8% da área da bacia, sendo esta classe que apresentou maior predominância em termos de área de abrangência. Segundo Crepani et al. (2001), essas classes recebem um índice de vulnerabilidade de 1,0 e 1,5, respectivamente.

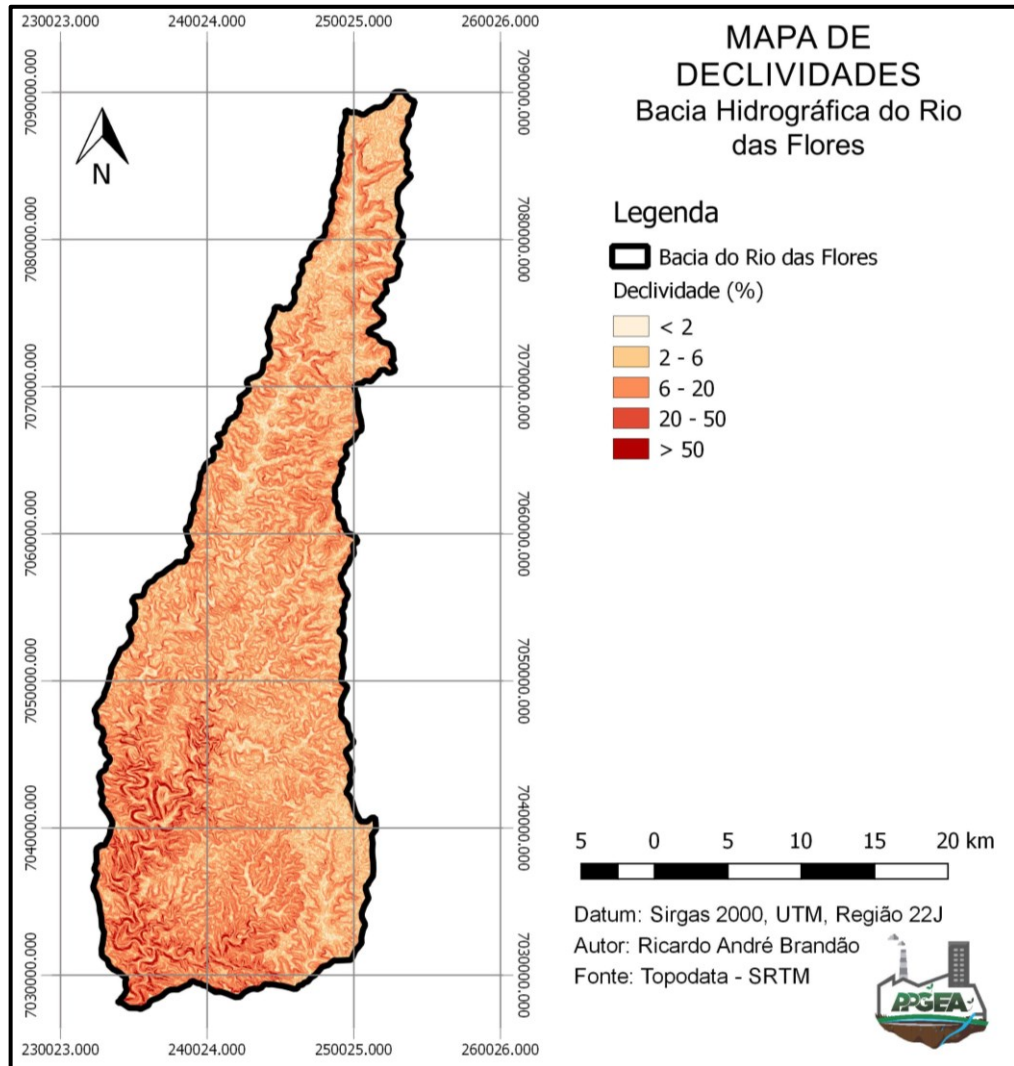
Tabela 12: Declividades presentes na bacia hidrográfica do Rio das Flores

Declividade			
Declividade (%)	Área (km ²)	Porcentagem	Vulnerabilidade (Crepani et al., 2001)
< 2 %	39,4	5,6	1,0
2 - 6 %	279,7	39,8	1,5
6 - 20 %	206,5	29,4	2,0
20 - 50 %	118,5	16,9	2,5
> 50 %	58,8	8,4	3,0
Total	702,9	100,0	

Fonte: o autor (2020).

As declividades classificadas com média de 6 a 20% estão presentes em 206,5 km², representando 29,4% da área da bacia, segundo Crepani et al. (2001), recebendo ainda um índice de vulnerabilidade de 2,0.

Figura 8: Mapeamento das declividades da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

Para as declividades alta e muito alta, obteve-se que a inclinação entre a faixa de 20 a 50% estão presentes em 118,5 km², representando 16,9% da área de abrangência da bacia, e a inclinação superior a 50% está presente em 58,8 km², representando 8,4% da área da bacia, sendo que, segundo Crepani et al. (2001), elas recebem um índice de vulnerabilidade de 2,5 e 3,0, respectivamente.

As declividades muito altas são encontradas, principalmente, na região sul da bacia hidrográfica, chegando às áreas mais baixas na região de encontro do Rio das Flores e Rio Índio, no município de Bandeirante.

4.4 CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS

Quanto aos tipos de solo, na bacia hidrográfica foi identificada a presença de Cambissolo em uma área de 446,5 km², representando 63,5% da área da bacia, sendo essa classificação a de maior abrangência na bacia; seguido Nitossolo, que está presente em 219 km², representando 31,2 % da área da bacia. Segundo Crepani et al. (2001), esses tipos de solo recebem um índice de vulnerabilidade de 2,5 e 2,0, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 13 e Figura 9.

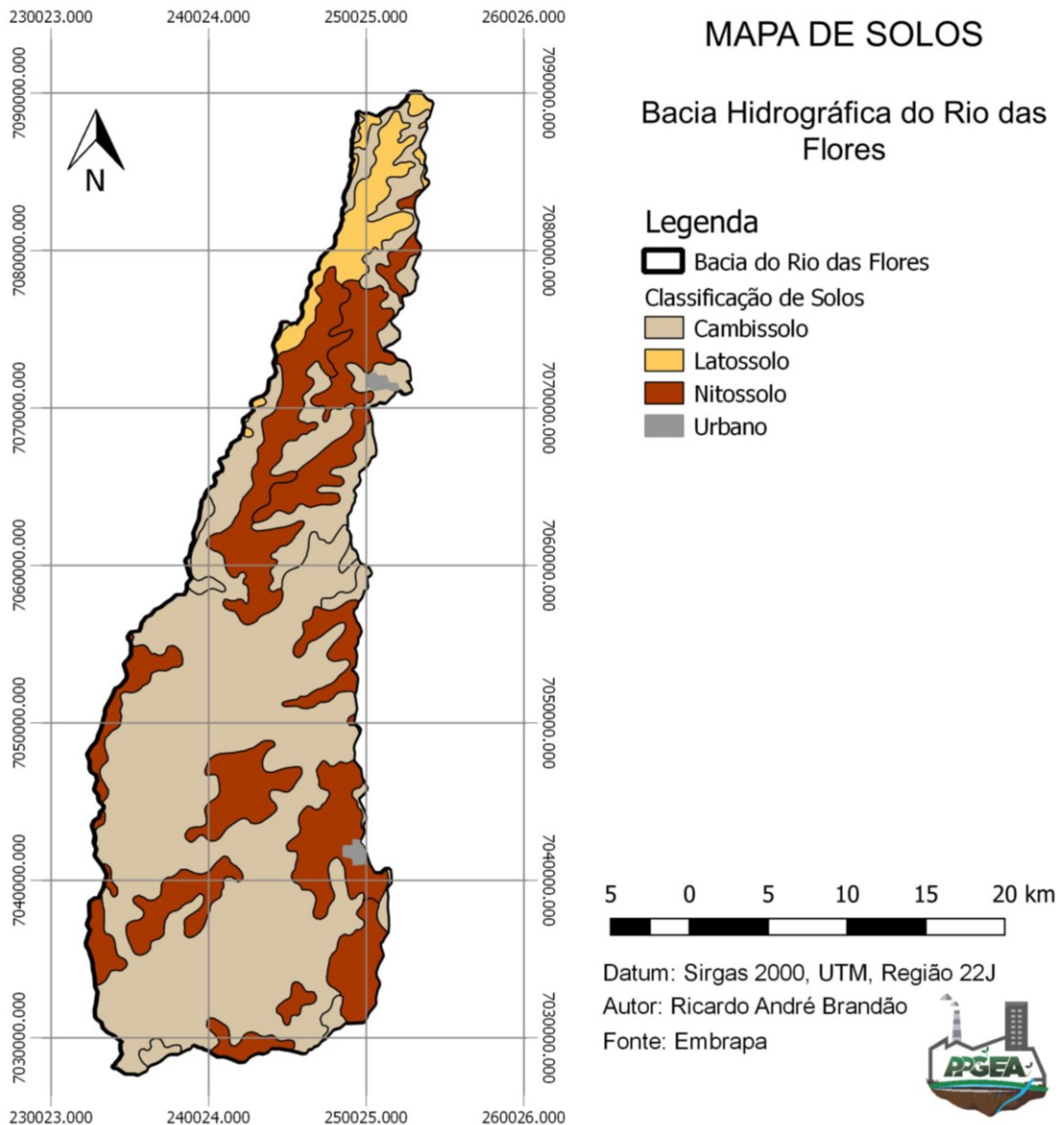
Tabela 13: Tipos de solos presentes na bacia hidrográfica do Rio das Flores

Tipos de solos		Solos		
SiBC (2018)	Embrapa (1999)	Área (km ²)	Porcentagem	Vulnerabilidade (Crepani et al, 2001)
Cambissolo	Cambissolo	446,5	63,5	2,5
Latossolo	Latossolo Bruno Latossolo Roxo	34,6	4,9	1,0
Nitossolo	Terra Roxa Estruturada	219,0	31,2	2,0
Urbano	Urbano	2,9	0,4	-
Total		702,9	100,0	

Fonte: o autor (2020).

No ano de 2018, foi lançado o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, 2018), sendo necessário, dessa forma, atualizar a nomenclatura, pois, tanto a base cartográfica da Embrapa (1999), bem como a metodologia de Crepani et al. (2001) são anteriores a essa classificação. Dessa forma, conforme Santos (2018), o Cambissolo permaneceu com a mesma nomenclatura, assim como os Latossolos Bruno e Roxo, permaneceram como Latossolo, e a Terra Roxa Estruturada alterou para Nitossolo, já o Urbano apresenta ausência de classificação na base cartográfica.

Figura 9: Mapeamento dos tipos de solos da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

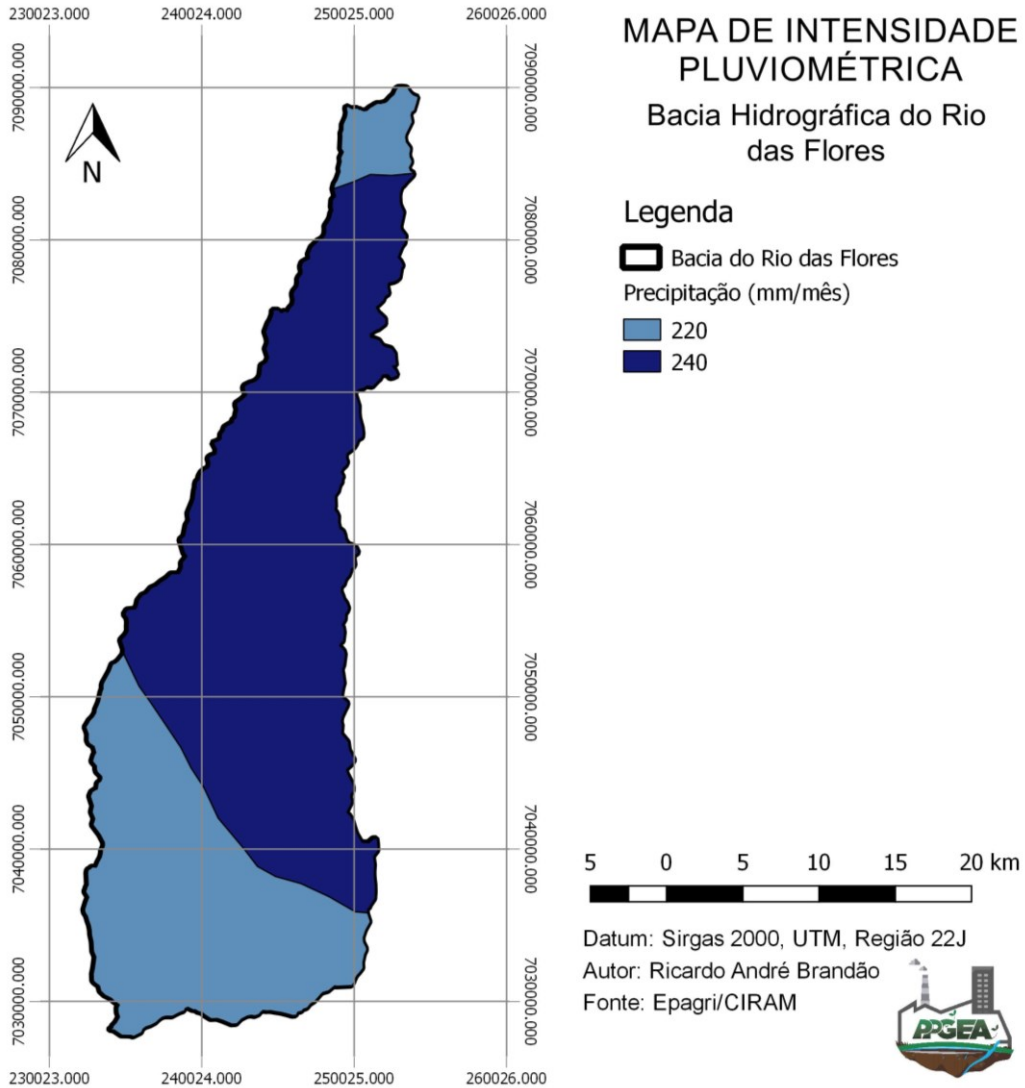
Os Latossolos foram identificados na com menor representatividade, abrangendo 34,6 km², representando 4,9%. Segundo Crepani et al. (2001), ambos tipos de solo recebem um índice de vulnerabilidade de 1,0.

4.5 CARACTERÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS

O mapeamento da intensidade pluviométrica foi realizado por meio dos dados obtido pela Epagri/SIRAM, sendo utilizado o mês de outubro, do qual apresentou o

maior índice históricos de precipitação mensal, tendo em vista que é o período mais chuvoso na região de interesse, apresentado na Figura 10 e Tabela 14.

Figura 10: Mapeamento da intensidade pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

Tabela 14: Intensidade pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio das Flores

Precipitação			
Precipitação (mm/mês)	Área (km ²)	Porcentagem	Vulnerabilidade (Crepani et al, 2001)
220	462,8	65,8	1,7
240	240,1	34,2	1,8
Total	702,9	100,0	

Fonte: o autor (2020).

Os índices encontrados para a bacia, conforme apresentado na tabela 14, foram relativos a 220 mm/mês, o qual apresenta uma área de abrangência de 462,8 km²,

representando 65,8%, e 240 mm/mês, o qual apresenta uma área de abrangência de 240,1 km² representando 34,2% da área da bacia. Segundo Crepani et al. (2001), os índices de vulnerabilidade aplicados são 1,7 e 1,8, respectivamente.

4.6 CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO

O mapeamento da vegetação foi realizado por meio da base de dados do projeto MapBiomias a partir do Uso e Ocupação do Solo para o ano de 2018, o qual apresentou 9 classes diferenciadas de uso e ocupação do solo (Figura 11).

As classes foram agrupadas e determinados os índices de vulnerabilidade segundo Crepani et al. (2001), conforme apresentado na tabela 15.

Tabela 15: Mapeamento do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio das Flores para o ano de 2018

Solos			
Característica	Área (km ²)	Porcentagem	Vulnerabilidade (Crepani et al, 2001)
Formação Florestal	144,153	20,51	1,0
Floresta Plantada	5,183	0,74	1,3
Formação campestre	0,036	0,01	1,5
Pastagem	131,778	18,75	2,0
Cultura Anual	241,145	34,30	2,0
Agricultura e Pastagem	161,119	22,92	2,5
Infraestrutura Urbana	17,329	2,47	3,0
Solo exposto	1,353	0,19	3,0
Rios e Lagos	0,872	0,12	3,0
Total	702,9	100,0	

Fonte: o autor (2020).

O uso e ocupação do solo demonstrou que a Formação Florestal recobre aproximadamente 20,51% da bacia hidrográfica, conforme apresentado na Tabela 9, sendo que nessa formação estão abrangidos a predominância dos estágio médios e avançados de vegetação do bioma mata atlântica recebendo o menor índice de vulnerabilidade, equivalente a 1,0. A formação florestal apresenta maior predominância nas regiões com declividade acentuada e, principalmente, na região de aproximação do exutório (sul) da Bacia Hidrográfica.

As culturas anuais representaram a maior ocupação da bacia hidrográfica, principalmente, caracterizadas pela presença do cultivo de milho, feijão e soja, com uma ocupação de 34,30% da área. Esse valor é expressivo tendo em vista que esses

cultivos são os principais responsáveis pela obtenção de renda proveniente da produção agrícola nos municípios integrantes da bacia hidrográfica.

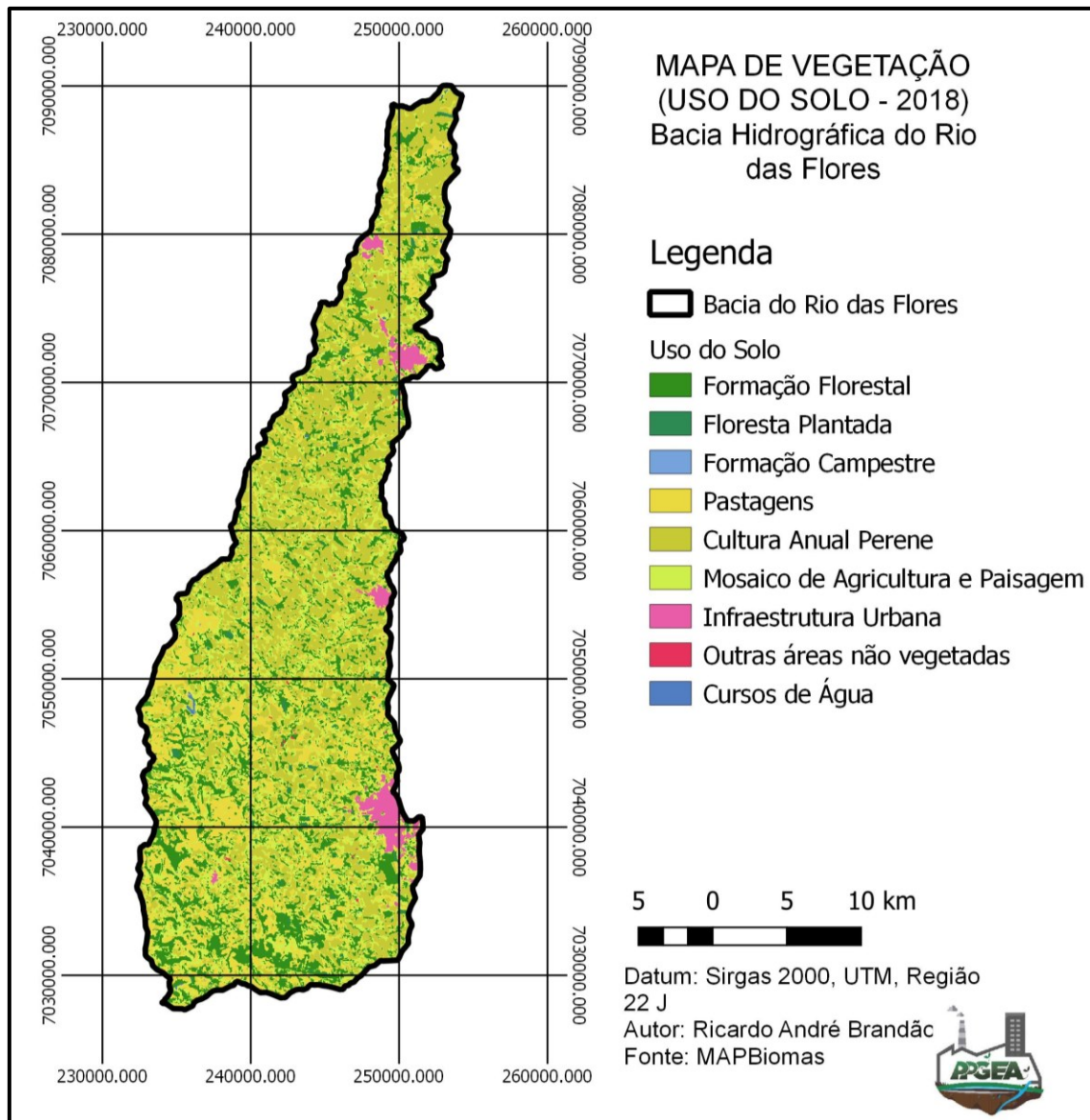
As pastagens e áreas mistas entre agricultura e pastagem, apesar de estarem apresentadas em classes separadas, representam uma área de ocupação ainda maior que as culturas anuais perenes, isso é justificado pelas extensas áreas utilizadas para a criação de vacas leiteiras e gado de corte, totalizando 41,77% da área da bacia.

Tais números são justificados pelos resultados econômicos das atividades agropecuárias nos municípios integrantes da bacia, sendo que esses municípios são caracterizados pela produção de carnes e compõem uma parcela expressiva na bacia leiteira regional. Nos municípios integrantes há a presença de frigoríficos e um grande número de laticínios instalados para o processamento do leite e seus derivados.

Parte da produção agrícola, em especial de milho, são utilizados para a fabricação de ração animal, principalmente com a aplicação da “silagem”, sendo que essa técnica é comumente usada nas propriedades integrantes da bacia.

Quando confrontado os dados, foi observado que a soma entre Cultura Anual Perene, Pastagens e Agricultura e Pastagens, apresentam uma ocupação de 75,97% da ocupação da bacia. O índice de vulnerabilidade para as culturas anuais, pastagens e agricultura, receberam de 2,0 a 2,5, sendo que a região temática de agricultura recebeu um índice de vulnerabilidade maior, tendo em vista que apresenta maior revolvimento do solo, e que pode apresentar maior tempo de exposição do solo, durante os períodos de plantio.

Figura 11: Mapa de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

Os núcleos urbanos representaram uma ocupação de 2,47% da área da bacia, considerando que há 5 centros urbanos consolidados, os quais abrigam a maior parte da população residente na bacia. A ocupação urbana apresenta maior influência e modificação das características naturais do solo, alterando o fluxo hídrico, bem como potencializando processos erosivos, entre outros, os quais alteram significativamente as condições do ambiente em caráter permanente. Dessa forma, o uso urbano recebeu o índice máximo de vulnerabilidade (3,0).

As outras áreas não vegetadas, apesar de serem menos representativas, também receberam o índice máximo de vulnerabilidade (3,0), por ser representado no mapeamento como edificações ou solo exposto.

Quanto aos recursos hídricos, foi observado que a maior porção identificada no mapeamento está associada a presença dos reservatórios das barragens (PCHs e CGHs) existentes na bacia hidrográfica, em especial a PCH Rio das Flores e a PCH do Rio do Índio. Essa região temática, também recebeu o índice máximo (3,0) em virtude das mudanças nos fluxos hídricos e nos riscos potenciais geotécnicos dos barramentos.

4.7 SÍNTESE DE VULNERABILIDADE

A geração do mapa síntese de Vulnerabilidade foi baseado na determinação dos critérios propostos por Crepani et al. (2001), sendo que os pesos foram ajustados a partir da hierarquização pelo método AHP conforme proposto por Saaty (1986) e os resultados apresentados conforme Crepani et al. (2001).

O mapa Síntese de Vulnerabilidade apresentou resultados consistentes propiciando uma visão mais ampla da bacia como um todo, e considerando um total de variáveis e relevância que, se analisadas isoladamente, poderiam apresentar apenas situações mais pontuais para os temas avaliados.

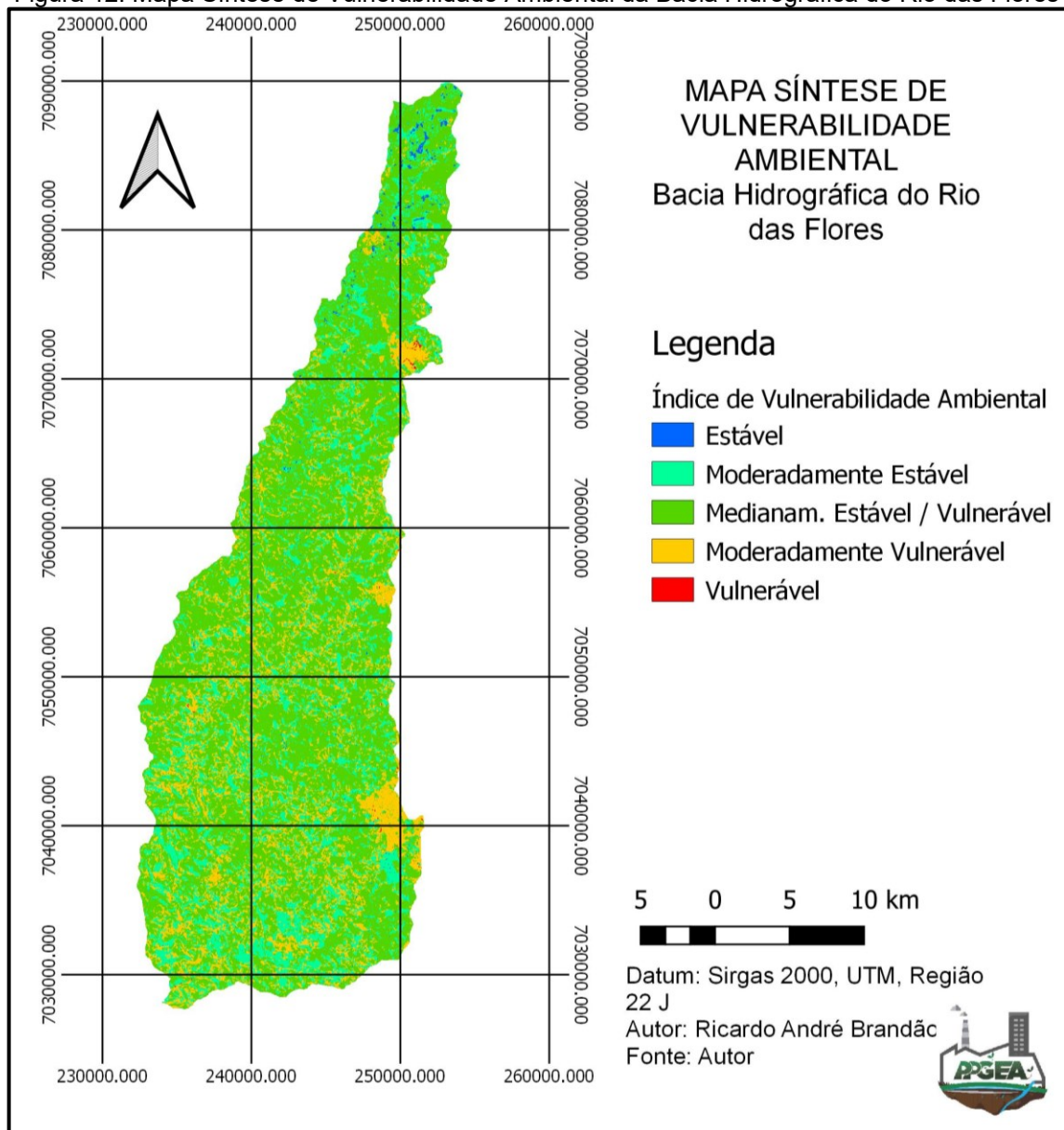
Os resultados demonstraram que a bacia hidrográfica, apresenta uma maior relevância para a classificação Medianamente Estável/Vulnerável, com predominância de 60 % da área da bacia sendo uma área de 421,43 km², fato esse que pode ser efetivamente identificado em grande parte da bacia.

A ocupação do solo têm sido intensa para o desenvolvimento da agricultura e pastagens que, apesar de representar uma ação antrópica, a mesma ainda tem capacidade de conter o solo em virtude da vegetação e enraizamento das camadas de solo.

As regiões consideradas estáveis representam 0,6% da área da bacia compreendendo 4,18 km² e são compostas basicamente por áreas vegetadas associadas a baixa ou média declividade ocorrendo com maior predominância nas áreas rurais dos municípios de Guarujá do Sul e Dionísio Cerqueira. Por outro lado, as áreas consideradas como vulneráveis, representam 0,1% da área da Bacia, compreendendo uma área de 0,44 km², e estão associadas a áreas com maiores

declividades e uso do solo geralmente urbano ou regiões com solo exposto, sendo esses vinculados diretamente a ação antrópica.

Figura 12: Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores



Fonte: o autor (2020).

As maiores vulnerabilidades (Figura 12) foram identificadas nas regiões urbanizadas dos municípios de São Miguel do Oeste, Guaraciaba e, em maior predominância nas áreas urbanizada do município de São José do Cedro. Esses resultados demonstram que medidas reativa e preventivas devem ser aplicadas para garantir a segurança e qualidade de vida da população, sendo que se sugere aos municípios que incluam essas áreas como prioridade no planejamento ambiental municipal.

Também nas áreas rurais verificou-se alguns pontos isolados com alta vulnerabilidade, associados à alta declividade e a presença de uso do solo exposto, sendo importante também a aplicação de medidas para garantir a segurança e estabilidade das áreas (Vide Tabela 16).

Tabela 16: Classificação do índice de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores

Vulnerabilidade (Crepani et al, 2001)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Estável	4,18	0,6
Moderadamente Estável	149,45	21,3
Medianamente Estável/Vulnerável	421,43	60,0
Moderadamente Vulnerável	127,36	18,1
Vulnerável	0,44	0,1
Total	702,9	100,0

Fonte: o autor (2020).

Nas áreas rurais visualizou-se que as áreas “Vulneráveis” e “Moderadamente Vulneráveis” acompanham os cursos de água, tendo em vista que a bacia do Rio das Flores apresenta cursos de água em regiões mais profundas estando associados a declividade próximo ao leito dos rios, fator esse que demonstra uma necessidade maior de proteção das áreas ciliares dos cursos de água.

As áreas com maiores declividades foram mais evidenciadas nos rios principais, em especial na região de jusante da bacia, assumindo valores de vulnerabilidade mais altos.

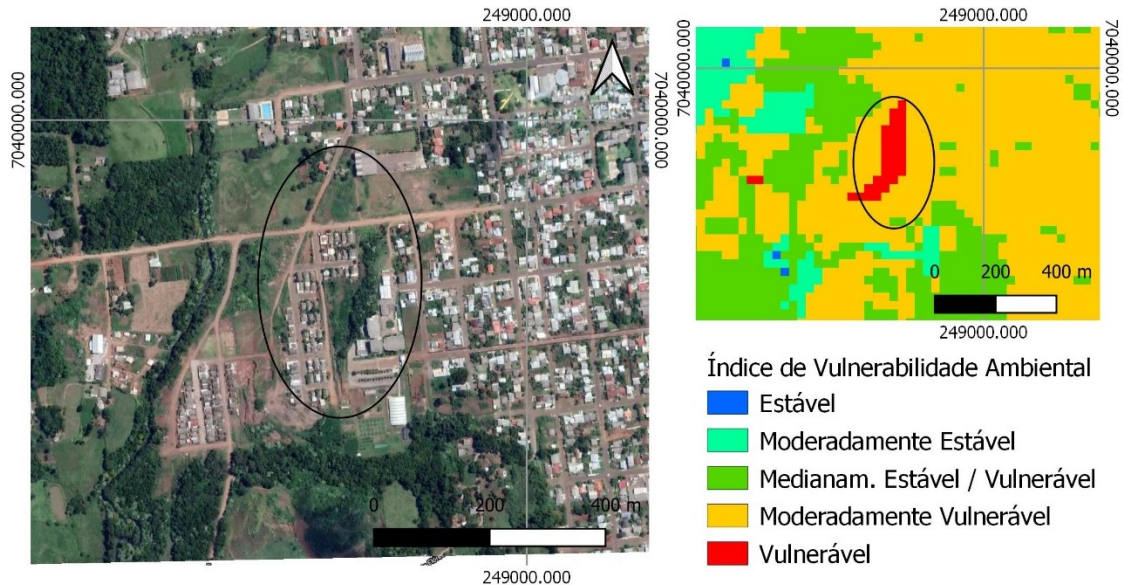
4.8 VALIDAÇÃO DOS DADOS

A validação dos dados foi realizada com a verificação *in loco* de 28 regiões ao longo da bacia, outrossim 4 regiões localizadas na bacia hidrográfica foram apresentadas, para fins de confirmação dos resultados obtidos junto ao Mapa Síntese de Vulnerabilidade.

4.8.1 Área 1

A primeira área avaliada esta localizada em meio a área urbana do município de São Miguel do Oeste, na latitude S 7039536.84 e longitude E 248555.73, como pode-se observar na Figura 13.

Figura 13: Localização da área de vulnerabilidade 1



Fonte: o autor (2020).

A presença de morrarias é considerável na região, sendo que a ocupação urbana se desenvolveu nos arredores, até o limite de onde são encontradas as maiores declividades (acima de 50%). Também está evidente que na região que o solo apresenta-se exposto e desprotegido, em especial na região que apresenta maiores declividades, potencializando a instabilidade do solo.

A região em questão foi objeto de grandes movimentações de terra, tanto para ajustes de níveis de solo como para a finalidade da execução de loteamentos populares, servindo como área de empréstimo de sedimentos para terraplanagens. Porém, a retirada descontrolada de material acabou por formar taludes altos, sem as devidas recuperações e proteções do solo, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14: Área 1: Área com declividade elevada com solo desprotegido



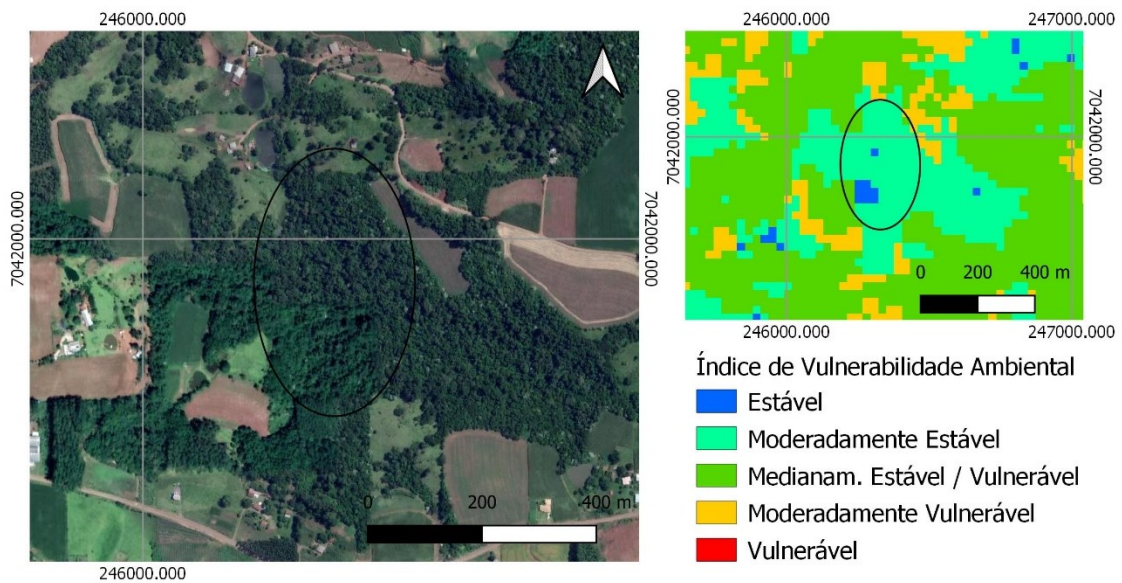
Fonte: o autor (2020).

Na carta de vulnerabilidade essa região ficou delimitada como “Vulnerável”, sendo possível identificar que esse processo de instabilidade já vem ocorrendo, podendo ser comprovado por meio da deposição de sedimentos nas partes mais baixas da morraria.

4.8.2 Área 2

A segunda área avaliada estava localizada em meio a uma região preservada com vegetação nativa, no município de São Miguel do Oeste, com localização na latitude S 7041894.71 e longitude E 246393.11, como pode ser observada na Figura 15.

Figura 15: Localização da Área de Vulnerabilidade 2



Fonte: o autor (2020).

A região representa a região de borda de uma morraria, com declividade moderada (entre 20 a 50%), porém com presença de vegetação nativa. Na região (Figura 16) observa-se que a vegetação atua na contenção dos processos erosivos da região e mantém a estabilidade da mesma.

Nessa região identificou-se a incidência de uma declividade moderada com a presença de Nitossolo, associado ainda a presença de vegetação nativa, estabilizando, dessa forma, a condição da morraria, sendo que na base da mesma não foi evidenciada a presença de sedimentos ou sinais de processos erosivos representativos.

Figura 16: Região 2 - Área com declividade moderada e vegetação nativa preservada.



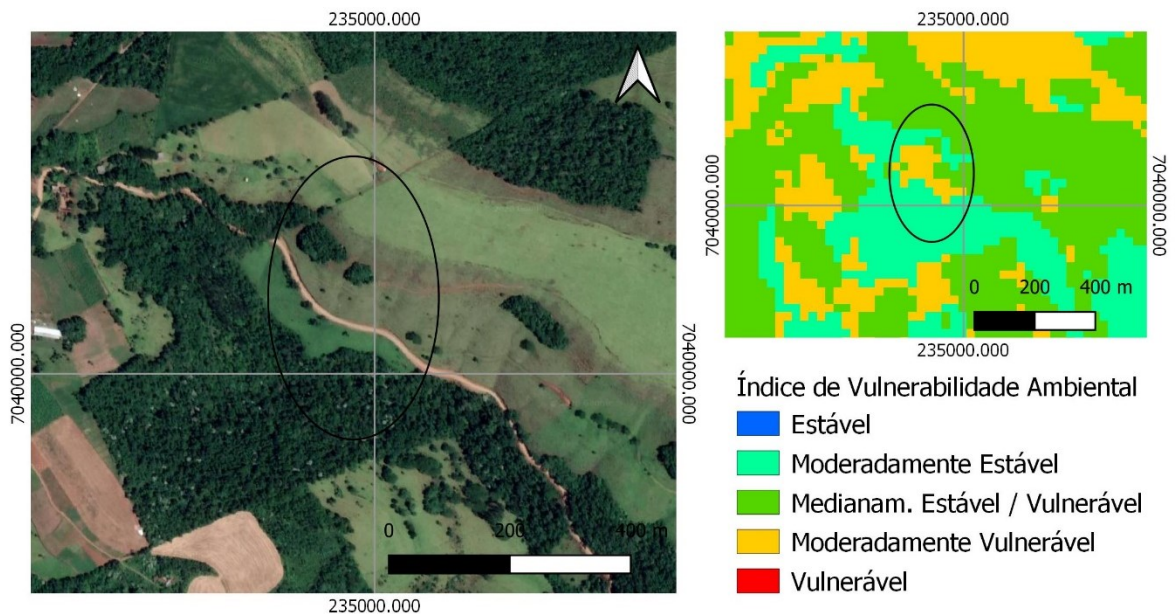
Fonte: o autor (2020).

Na carta de vulnerabilidade essa região ficou delimitada como “Moderadamente estável” e “estável”, fato esse verificado *in loco* durante vistoria.

4.8.3 Área 3

A terceira área esta localizada na área rural do município de Bandeirante, na localização latitude S 7040122.09 e longitude E 235005.68, como pode se observar na Figura 17.

Figura 17: Localização da área de vulnerabilidade ambiental 3



Fonte: o autor (2020).

A presença de morrarias também é considerável na região, sendo que a declividade é varia entre 20 a 50% e o solo recoberto, basicamente, por gramíneas e árvores isoladas, das quais agem como vegetação protetiva do solo, outrossim, é possível identificar que, em virtude da declividade, o solo apresenta formas que demonstram a influência da precipitação (Figura 18). Nessa região é possível verificar diversos pontos onde foram retiradas as camadas protetivas de vegetação, ocasionando rapidamente instabilidade no solo e a aceleração da ocorrência de processos erosivos (Figura 19).

Figura 18: Região 3 - Área com declividade elevada e potencial de processos erosivos.



Fonte: o autor (2020).

Figura 19: Região 3 - Área com declividade elevada e potencial e deslizamento.



Fonte: o autor (2020).

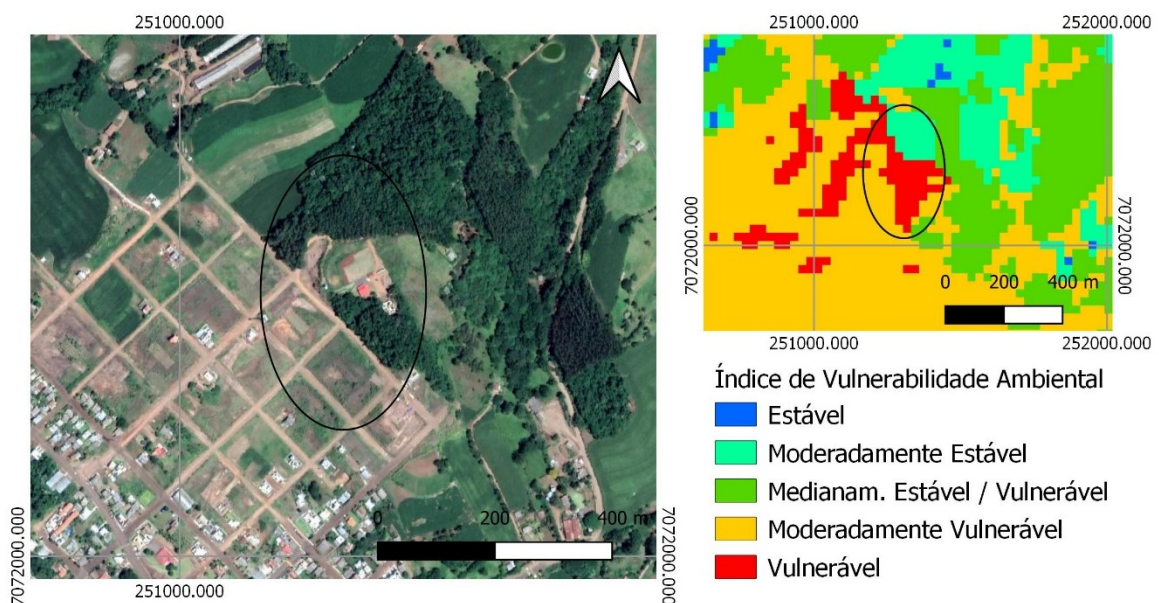
Na carta de vulnerabilidade essa região ficou delimitada como “Moderadamente Vulnerável”, sendo possível identificar que o processo de estabilidade se mantém em função do uso do solo. Dessa forma, tal classificação mostrou-se verdadeira, sendo que, no contexto geral, a estabilidade ocorre em função de haver vegetação gramínea protetiva, outrossim, caso a região seja transformada com solo exposto, ou qualquer tipo de uso do solo mais agressivo, a região passará a se tornar “Vulnerável”.

4.8.4 Área 4

A quarta área está localizada na área urbana do município de São José do Cedro, na localização latitude S 7072304.56 e longitude E 251372.53 (Figura 20).

Essa região é caracterizada pela ocupação em morraria, sendo que o topo apresenta uma declividade superior a 50% de inclinação (Figura 21). A região passou por um processo de ocupação na forma de loteamento urbano. Pelas ruas não possuem pavimentação, durante regimes de fortes precipitações, acaba por carrear uma grande quantidade de sedimentos para as regiões mais baixas, sendo, inclusive, registradas algumas denúncias do empreendimento junto aos órgãos oficiais.

Figura 20: Localização da área de vulnerabilidade ambiental 4



Fonte: o autor (2020).

Figura 21: Região 1 - Área com declividade elevada ocupada por loteamento urbano



Fonte: a autor (2020).

Próximo ao topo de morro, a declividade aumenta e, em algumas regiões ainda apresentam solo exposto e sem vegetação (Figura 21). Foi identificando que alguns lotes possuem muros de contenção, dos quais já apresentam sinais de movimentação e possível instabilidade (Figura 22).

Figura 22: Região 1 - Área com declividade elevada e potencial de deslizamento



Fonte: o autor (2020).

A região permaneceu classificada, no mapa síntese de vulnerabilidade ambiental, como “vulnerável”, sendo que tal classificação se apresenta como verdadeira, considerando que na região já apresenta indícios de instabilidade, das quais, inclusive, já foram aplicadas de técnicas de engenharia para fins de contenção e proteção das edificações e infraestrutura presente no local.

4.9 AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE OCUPAÇÃO DO SOLO

A elaboração de cenário hipotéticos foi realizada para fins de avaliar situações extremas associadas ao desenvolvimento das atividades da bacia hidrográfica. Para tal, foram criados dois cenários onde foram recalculados os índices de vulnerabilidade ambiental, variando o mapa temático “vegetação”. O primeiro cenário hipotético foi substituído aplicando-se uma camada com índice “3,0”, configurando como se toda a bacia hidrográfica fosse ocupada por área urbanizada ou com a presença de solo exposto, tornando possível, dessa forma, avaliar uma condição extrema de ocupação do uso do solo na bacia.

Já no segundo cenário hipotético, foi aplicada, na camada “vegetação”, o índice (2,0), entendendo como se toda a bacia seria ocupada por agricultura e pastagens, com objetivo de avaliar a influência de ocupação rural, bom como possível desmatamentos ocorridos para abertura de novas terras destinadas a agricultura e pastagens.

4.9.1 Cenário Urbanizado/Solo Exposto

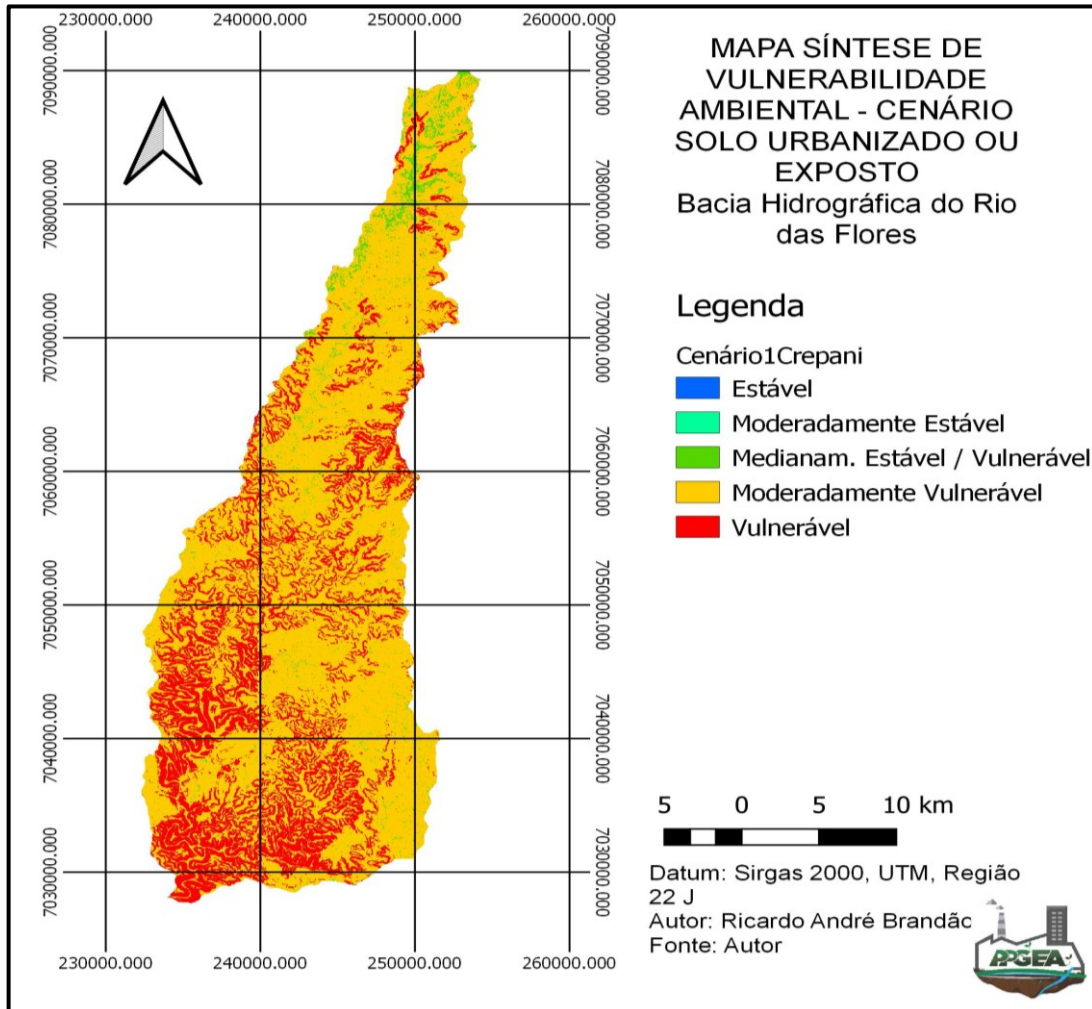
A condição extrema de uso e ocupação do solo (Figura 23) demonstra que a bacia poderia apresentar, conforme Tabela 17, uma abrangência de 25,7% de áreas vulneráveis, situação que poderia apresentar potenciais riscos ambientais irreparáveis e, dessa forma, podendo afetar a qualidade de vida da população e resultados econômicos negativos.

Tabela 17: Classificação do índice de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores

Vulnerabilidade (Crepani et al, 2001)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Estável	0	0,0
Moderadamente Estável	0,66	0,1
Medianamente Estável/Vulnerável	18,67	2,7
Moderadamente Vulnerável	503,06	71,6
Vulnerável	180,49	25,7
Total	702,9	100,0

Fonte: o autor (2020).

Figura 23: Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores – Cenário 1



Fonte: o autor (2020).

Também foi possível observar que a bacia apresentaria uma abrangência de 71,6% da área com a classificação de “Moderadamente Vulnerável”, fato esse que também apresenta riscos potenciais para a qualidade ambiental da bacia.

O cenário Solo Exposto / Urbanização demonstra claramente uma alteração significativa na condição natural da bacia hidrográfica, com altos riscos associados.

4.9.2 Cenário Agricultura/Pastagens

O cenário 2 demonstrou que a alteração do uso do solo em Agricultura ou Pastagens (Figura 24) tornaria a bacia hidrográfica, na sua maior porção, como

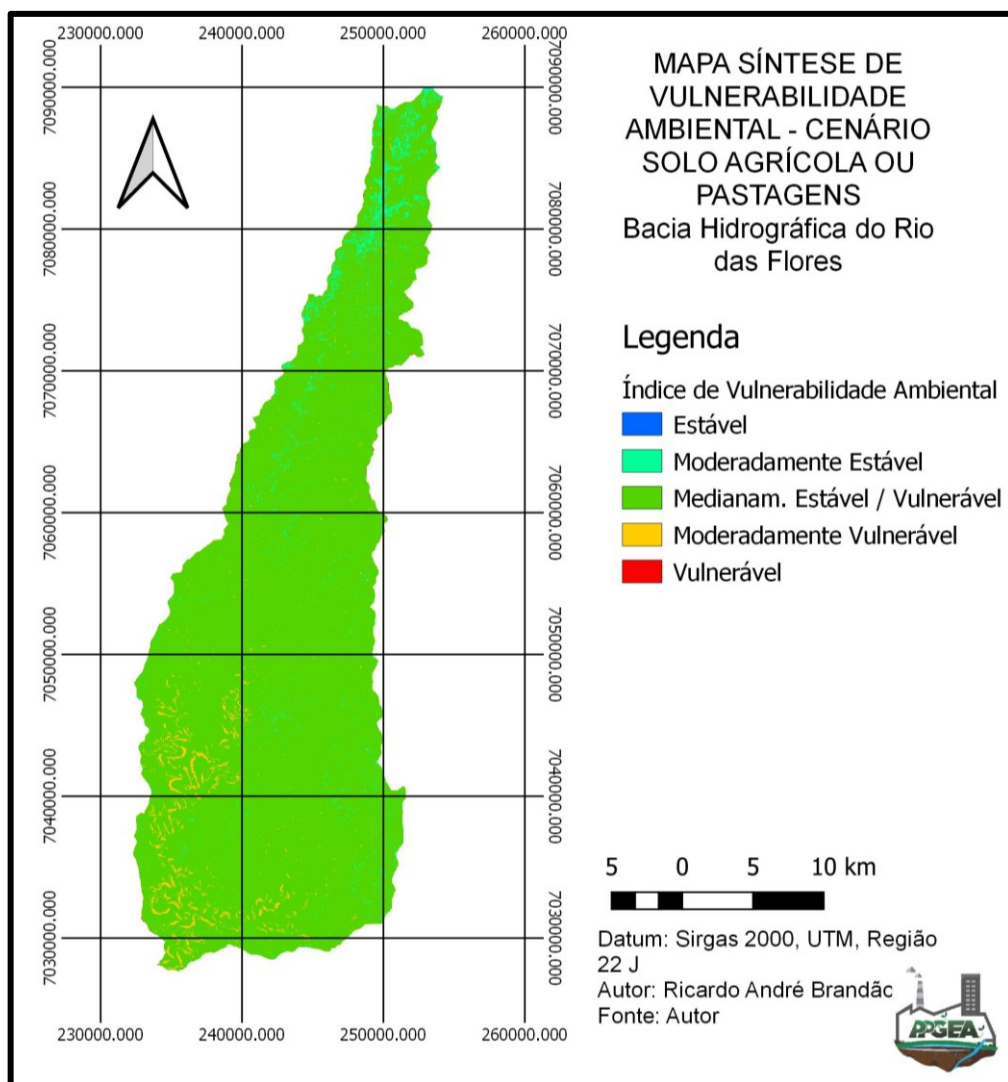
Medianamente Estável/Vulnerável, com abrangência de 95,4% da área da bacia, situação mais amena que o cenário 1, mas que também apresentando riscos ambientais.

Tabela 18: Classificação do índice de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.

Vulnerabilidade (Crepani et al, 2001)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Estável	0	0,0
Moderadamente Estável	18,65	2,7
Medianamente Estável/Vulnerável	670,29	95,4
Moderadamente Vulnerável	13,73	2,0
Vulnerável	0,21	0,0
Total	702,9	100,0

Fonte: o autor (2020).

Figura 24: Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores – Cenário 2

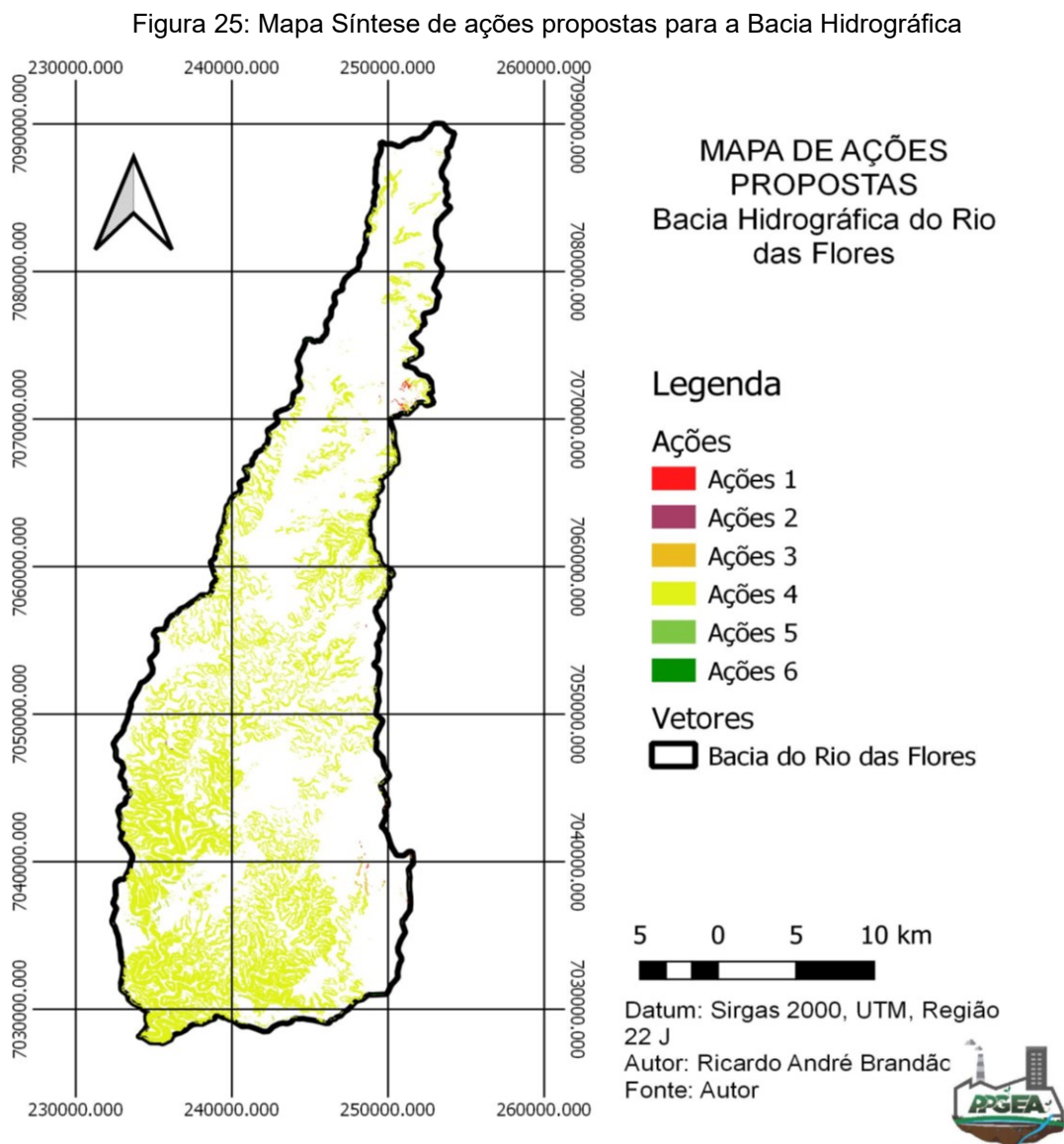


Fonte: o autor (2020).

As áreas Vulneráveis apresentariam 0,21 km², o que representaria uma porcentagem pouco relevante para a bacia. Outrossim, ocorreria uma influência seria as regiões moderadamente vulneráveis com uma área de 13,73 km² e uma abrangência de aproximadamente 2% na bacia.

4.10 PROPOSTAS DE AÇÕES

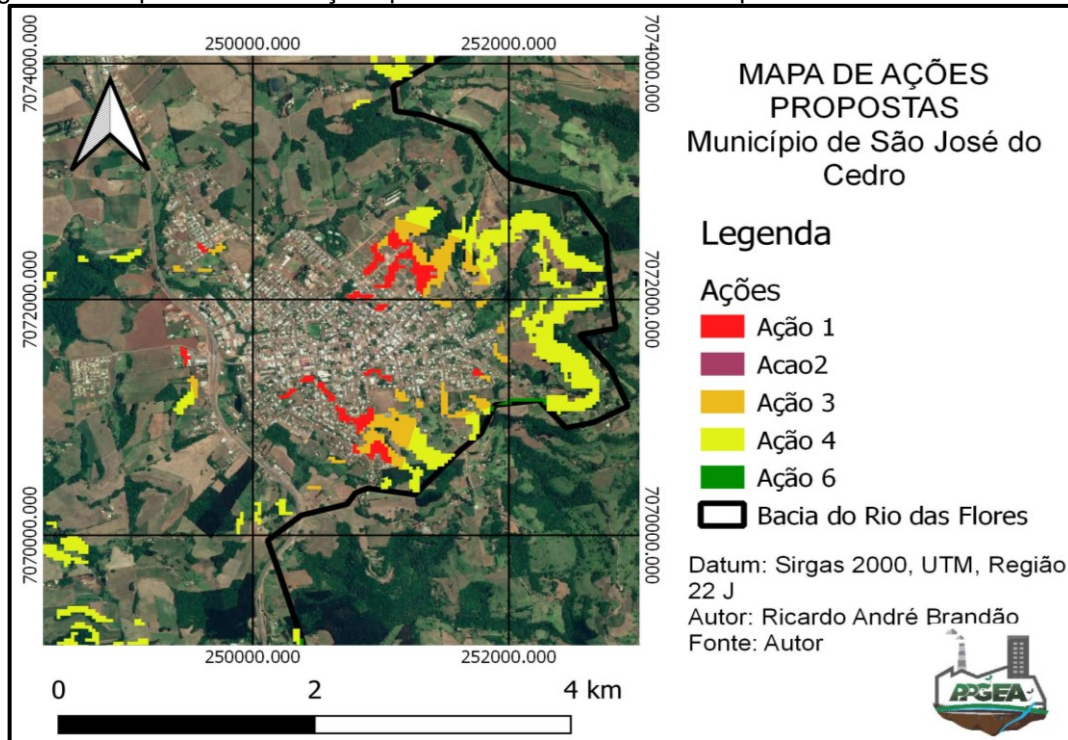
O mapa síntese de ações propostas (Figura 25) foi elaborado com base nos critérios estabelecidos na Tabela 9, constante no item 3.3.12, por meio do processamento de imagens matriciais.



Fonte: o autor (2020).

No estabelecimento das ações foi delimitado que a ação 1 seria proveniente das áreas urbanas que atualmente foram classificadas com Vulnerabilidade. A aplicabilidade dela seria em pontos específicos na área urbana dos municípios de São José do Cedro (Figura 26), São Miguel do Oeste (Figura 27) e Guaraciaba (Figura 28) com área de abrangência de 28,4 hectares.

Figura 26: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de São José do Cedro - SC



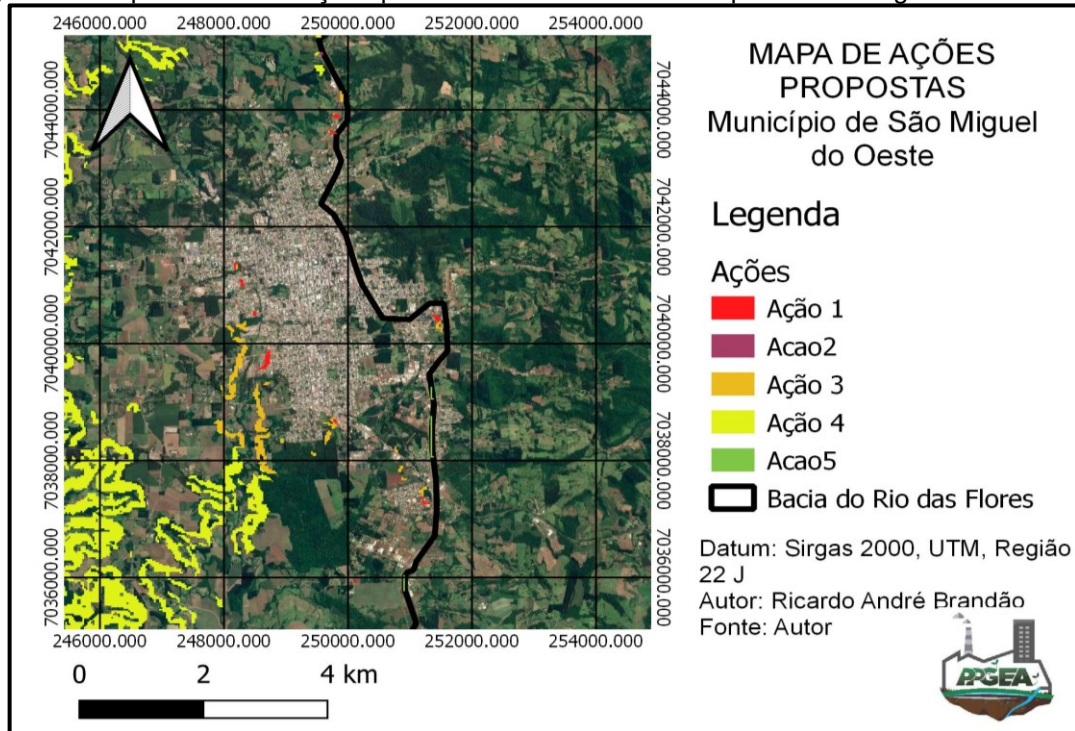
Fonte: o autor (2020).

Com base na ação 1, foram estabelecidas medidas de caráter reativos as ações ocorridas, sendo identificada a necessidade de estabelecer estudos específicos para avaliar a real situação de segurança e de riscos ambientais dessas áreas, de forma a verificar quais medidas de infraestrutura e engenharia podem ser aplicadas para reduzir os riscos ambientais provocados na região. Também foi sugerido inibir a continuidade do desenvolvimento urbano nessas áreas, bem como o corte de vegetação nativa nas parcelas existentes. Outra medida não menos importante seria estimular, nessas regiões, o plantio de vegetação nativa e protetiva do solo, de forma que essa alteração no uso do solo reduziria o nível de vulnerabilidade para índices mais aceitáveis.

A ação 1 apresenta uma área de abrangência relativamente pequena, entretanto, é uma das propostas que apresenta maior dificuldade de implementação,

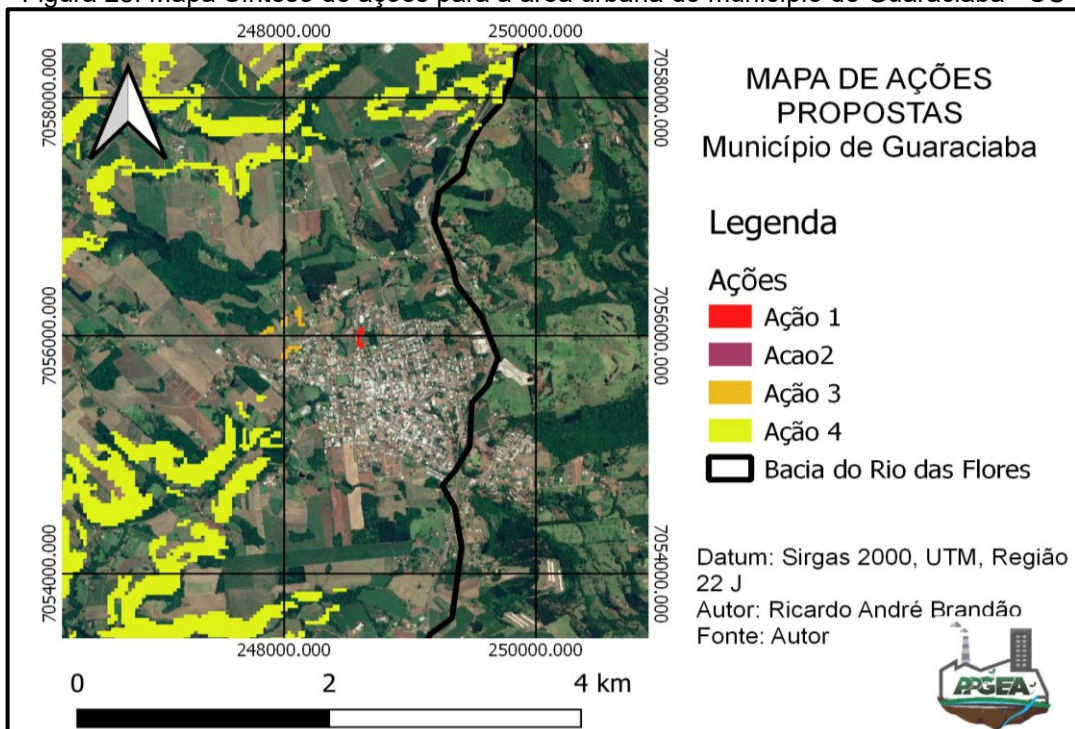
tendo em vista que o seu emprego ocorre basicamente em área urbana consolidada, da qual apresenta um grande valor financeiro e de impacto econômico, se comparados com as áreas rurais.

Figura 27: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de São Miguel do Oeste - SC



Fonte: o autor (2020).

Figura 28: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de Guaraciaba - SC



Fonte: o autor (2020).

Ainda, considerando a situação atual da bacia, foi proposta a ação 2, aplicável às áreas rurais, e da qual representa uma área geograficamente pequena, com aproximadamente 8 hectares, estando associada à declividade na borda do reservatório da PCH do Rio das Flores, e sendo indicado, nesse caso, controle de segurança da barragem e das margens à montante da mesma.

A ação 3, por sua vez, apresenta uma representatividade maior para as áreas urbanas, com uma abrangência de 113 hectares, localizadas, principalmente, nos municípios de São José do Cedro, Guaraciaba e São Miguel do Oeste, representando áreas que atualmente apresentam uma classificação “moderadamente vulnerável”, porém, no caso de ocorrer uma urbanização ou exposição do solo, chegariam a níveis mais extremos de vulnerabilidade. Essas áreas representam, atualmente, áreas vegetadas existentes nas regiões urbanas consolidadas, e nas regiões de bordas das áreas urbanas, em 1km de borda da mancha urbana atual e, em caráter preventivo, foi indicado que nessas áreas seja inibido o desenvolvimento urbano, inibido o corte de vegetação em áreas já vegetadas, assim estimulado o plantio de vegetação nativa como forma protetiva do solo.

Seguindo essa mesma tendência preventiva e, proveniente do cenário de uso mais extremo do solo, aplicável à área rural, foi criada a ação 4, que representou a ação de maior abrangência na bacia hidrográfica, com uma área geográfica de 17.658 hectares. Essa ação apresenta distribuição pelas áreas rurais de todos os municípios da bacia, sendo que a maior predominância está nas regiões a jusante da bacia, em específicos, nos municípios de Paraíso, Bandeirante e Belmonte. Por se tratar de uma ocupação extrema, foi proposto, em caráter preventivo, inibir o possível desenvolvimento urbano nessas áreas, bem como o corte de vegetação nativa nas faixas existentes. Outra medida relevante seria estimular, nessas regiões, o plantio de vegetação nativa e protetiva do solo, de forma que essa alteração no uso do solo reduziria o nível de vulnerabilidade para índices mais aceitáveis.

A proposta da ação 5 acabou por não apresentar resultado, tendo em vista que a sua aplicabilidade estava relacionada com o uso do solo inferior ao atual, não gerando resultado e ainda sendo suprido pelas ações anteriores.

Por fim, considerando o cenário 2, associados a área rural e, entendendo que toda a bacia seria ocupada por agricultura e pastagens, foi criada a ação 6, da qual abrangeu uma área de 1.048 hectares, porém, a mesma foi suprida pela ação 4, mas

pode também ser entendida com uma proposta inicial de redução da vulnerabilidade, sendo em caráter preventivo, estabelecido como medidas a inibição do corte de vegetação e o estímulo ao plantio de vegetação nativa nas áreas selecionadas.

4.10.1 Atendimento as ações propostas

As ações propostas foram estabelecidas por meio da situação real e cenários hipotéticos, sendo os mesmos divididos para área urbana e rural. Outrossim, foi observado que parte das regiões identificadas nos cenários hipotéticos, quando em comparação com a situação atual, já atendem as condições estabelecidas devido a presença de vegetação, tanto que nas ações é comentado a ação de inibir a supressão de vegetação.

Para cada região delimitada para aplicação das ações, foi elaborado um comparativo com as áreas que estão vegetadas, sendo essas entendidas como atendimento a proposta, conforme apresentado na Figura 29, e quantificado na Tabela 19.

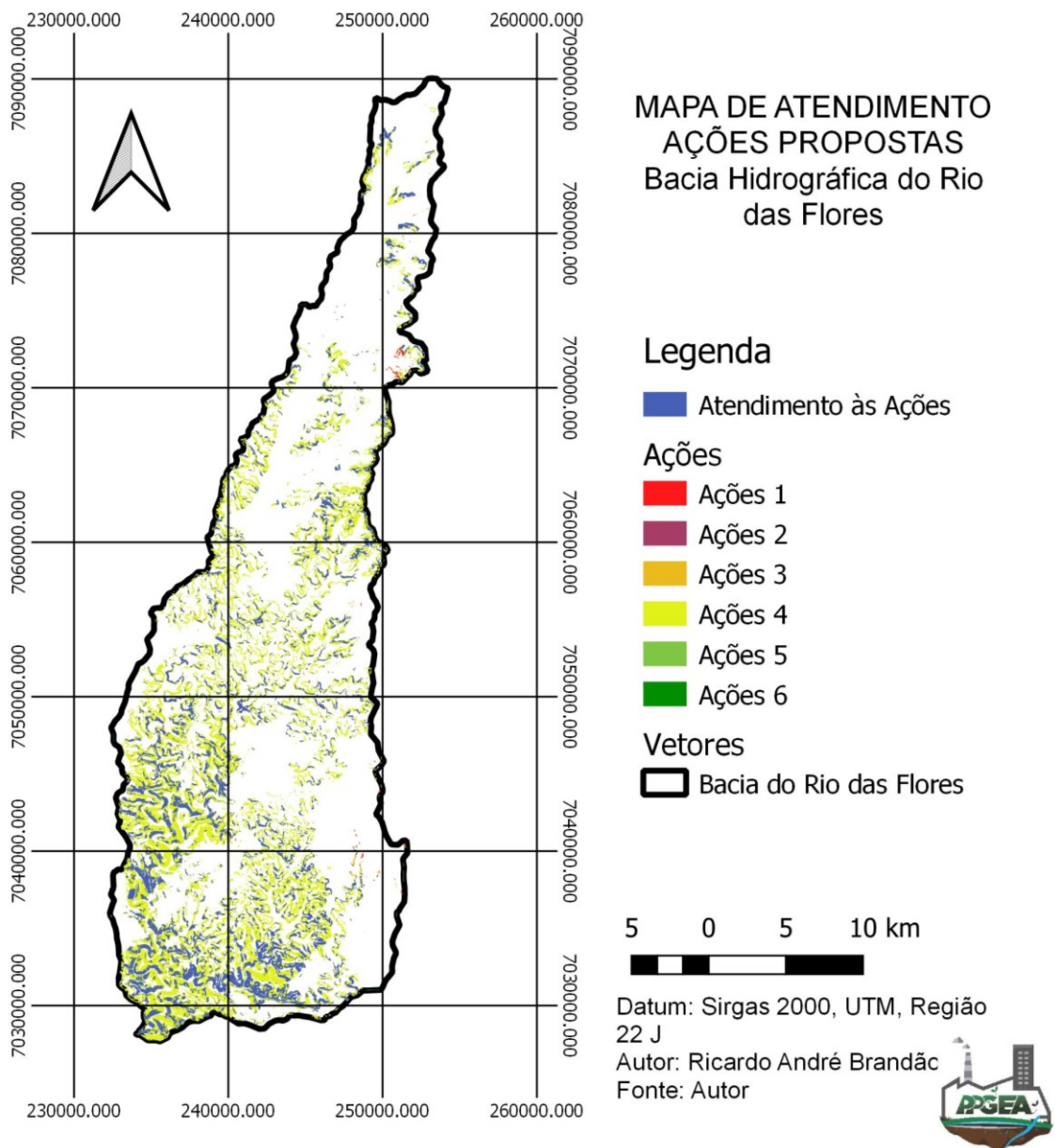
Tabela 19: Áreas de abrangência das propostas de ações e comparativo de atendimento das propostas.

Ações	Áreas de abrangência da ação (ha)		Porcentagem de atendimento da proposta
	Proposta	Atendida	
1	28,4	0,5	2%
2	8,0	0,5	6%
3	113,0	19,0	17%
4	17.658,0	6.337,0	36%
5	0,0	0,0	0%
6	1.048,0	567,9	54%

Fonte: o autor (2020).

A ação 1 apresenta uma abrangência de 28,4 hectares, e dessas, apenas 0,5 hectares apresentam vegetação. Assim entende-se que 2% da área apresenta atendimento a proposta. Já a ação 2, apresenta uma abrangência de 8,0 hectares, sendo 0,5 hectares atendidos, entendendo-se que 6% da proposta está atendida.

Figura 29: Mapa de Atendimentos as ações propostas



Fonte: o autor (2020).

Já as propostas 3, 4 e 6, somatizam áreas mais representativas, sendo atendidas as porcentagens de 17%, 36% e 54% respectivamente.

A área de maior abrangência está vinculada a ação 4, da qual apresentou um bom resultado inicial de atendimento, equivalente a 36 %, isso ocorre devido a essas regiões apresentam dificuldade para a aplicação de agricultura mecanizada.

5 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou a necessidade de uma gestão adequada no uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores, tendo como base as propostas apresentadas e os resultados da análise ao atendimento de tais propostas.

A bacia hidrográfica é responsável por parte da produção agrícola do extremo oeste catarinense, sendo de grande importância a aplicação de medidas para fins de proteção e preservação da mesma, afim de manter a qualidade ambiental na bacia.

Quanto à metodologia aplicada, pode-se observar que a mesma foi válida e que sua aplicação pode contribuir para fins de planejamento regional ambiental, tendo em vista que apresentou resultados representativos, de forma rápida e com baixo custo, utilizando recursos técnicos e científicos disponíveis gratuitamente.

A aplicação da metodologia permitiu caracterizar a bacia hidrográfica, quanto as condições naturais do meio físico, bem como propiciou a elaboração de mapas temáticos, gerando resultados compatíveis com realidade da região de análise.

Por meio do uso da metodologia de Crepani (2001), foi possível determinar os índices de vulnerabilidades, outrossim, os resultados se aproximaram da realidade quando houve uma distribuição de pesos no cálculo do mapa síntese de vulnerabilidade ambiental, sendo nesse caso, utilizado o método AHP proposto por Satty (1986), por meio da elaboração de uma escala fundamental, do qual apresentou resultados satisfatórios para a análise em questão.

A elaboração do mapa síntese de Vulnerabilidade Ambiental, propiciou a identificação das áreas com maiores índices de vulnerabilidade ambiental, de forma rápida e sistematizada, sendo possível, estabelecer as áreas prioritárias com necessidade de aplicações de ações e medidas para possível melhoria das condições de estabilidade das áreas, e conseqüente maior preservação e proteção ambiental.

Por meio de metodologia desenvolvida ao longo do estudo, foi possível estabelecer cenários hipotéticos e desenvolver prognósticos para fins de aplicação das medidas de ações ambientais, sendo que os níveis de abrangência das ações foram determinados conforme critérios baseados no índices de vulnerabilidade ambiental, demonstrando especificamente as regiões onde fazem-se necessárias a aplicação das ações de proteção e preservação ambiental, com resultado satisfatórios.

Por fim, foi possível verificar que são passíveis de ações ambientais aproximadamente 18.855 hectares, e dessas apenas 36,72% encontram-se efetivamente preservadas, fato esse que demonstra a necessidade imediata de aplicações de medidas visando a preservação ambiental.

Sugere-se que sejam desenvolvidos estudos específicos nas áreas que apresentaram altos índices de vulnerabilidade ambiental, em especial, nas regiões localizadas dentro dos perímetros urbanos, considerando a alta densidade de população, edificações e infraestruturas existentes sob essas áreas.

Também se sugere a adoção de políticas públicas mais efetivas, sob a preservação e restrições de ocupação dessas áreas, sendo que parte delas não são abrangidas pelas legislações ambientais vigentes, porém dignas de atenção.

Corroborando, a metodologia aplicada demonstrou possibilidade de replicação em outras bacias, sendo que a utilização de dados espaciais e mapeamentos em escalas reduzidas e com maior precisão podem gerar resultados com maior exatidão.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109207>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2014.

CREPANI, E.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudo de Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, 2007. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Risco_Ambiental__Conceitos_e_Aplicacoes.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Produção de Informação, 1999.

FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de et al. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Engenharia sanitária e ambiental, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. Annablume Editora, 2000.

GRIGORIEV, A. A. **The theoretical fundamentals of modern physical geography**. In: the interaction of sciences in the study of the earth. Moscou, 1968.

LINDENMEYER, P. M. Colonização e devastação no planalto oeste catarinense. In: **Revista Santa Catarina Em História**, Florianópolis, v. 1, n. 2, 2009.

MAPBIOMAS, Projeto. **Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

MEDEIROS, J. S. **Banco de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologia de apoio à gestão do território**. 1999. Tese (Doutorado em Geografia Física), Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo: 1999.

POTTER, R. O. et al. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

RIBEIRO, Maria Celeste de Carvalho Ressiguiier; ALVES, Alex da Silva. Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa. **Sistemas & Gestão**, v. 11, n. 3, p. 270-281, 2016.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista Do Departamento De Geografia**, São Paulo, v. 8, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>>. Acesso em: 15 maio 2020.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. N. York, USA: McGraw-Hill, 1986.

SAATY, Thomas L. **Some mathematical concepts of the analytic hierarchy process**. Behaviormetrika, v. 18, n. 29, p. 1-9, 1991.

SAATY, Thomas L. **That is not the analytic hierarchy process: what the AHP is and what it is not**. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, v. 6, n. 6, p. 324-335, 1997.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL, DRHI. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio das Antas, bacias contíguas e afluentes do Peperi-Guaçu**, Santa Catarina. 2018. Disponível em <<
http://www.aguas.sc.gov.br/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1904&Itemid=248&jsmallfib=1&dir=JSROOT/DHRI/Planos+de+Bacias/Plano+da+Bacia+Hidrografica+do+Rio+das+Antas+e+Afluentes+do+Peperiguacu>. Acesso em: 20 de Outubro de 2019.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004.

SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

SANTOS, Humberto Gonçalves et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

SILVA, Cassio Roberto da. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. CPRM, 2008.

WELTER, Liane. **O espaço geográfico do oeste catarinense e sua cartografia ambiental**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana), Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo: 2006.