

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA AMBIENTAL**

BRUNA CAPRA TOPANOTTI

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO OCOY, NO OESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MEDIANEIRA
2018**

BRUNA CAPRA TOPANOTTI

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO OCOY, NO OESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Profa. Dra. Carla Cristina Bem

Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Sandro da Rocha

MEDIANEIRA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Análise da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ocoy, no oeste do paraná

Por

Bruna Capra Topanotti

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 10h30 do dia 27 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Carla Cristina Bem
UTFPR – Campus Medianeira
(Orientador)

Prof. Dr. Anderson Sandro da Rocha
UTFPR – Campus Medianeira
(Co-orientador)

Profa. Dra. Fabiana Schulz
UTFPR – Campus Medianeira
(Convidado)

Profa. Dra. Carla Camara
UTFPR – Campus Medianeira
(Orientador)

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação de curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer à minha família por todo amor, confiança, apoio e incentivo durante toda a faculdade, vocês foram e são muito importantes na minha vida.

À minha orientadora, Prof. Dra. Carla Cristina Bem, e meu co-orientador, Prof. Dr. Anderson Sandro da Rocha, pela oportunidade, por todos os conhecimentos compartilhados, incentivos, ajuda e paciência dedicados à pesquisa. Vocês foram excepcionais no meu crescimento pessoal e profissional.

A todos os meus amigos e amigas, que me ajudaram diversas vezes, e também me proporcionaram vários momentos de comidas, risadas, paciência nos pedidos para emprestar casa e notebook. Foi um prazer enorme ter conhecido cada um de vocês.

Aos amigos que o PETAMB me deu, e todos os nossos momentos de estudo e risadas na salinha. Vocês tornaram o caminho na faculdade bem mais fácil. E também, aos outros que conheci no grupo, por todas as trocas de aprendizado e experiências.

A todos os professores que tive durante o curso, que compartilharam seu conhecimento, contribuíram marcaram a minha graduação. Especialmente as professoras Dra. Fabiana Schulz e Dra. Carla Camara, que aceitaram com grande felicidade o convite para a banca.

Obrigada, obrigada a todos, de coração!

RESUMO

TOPANOTTI, Bruna Capra; **Análise da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ocoy, no oeste do paraná**; 2018, 37 fl. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

O crescente desequilíbrio na rela o entre o homem e a natureza, atrelado ao acelerado desenvolvimento econ mico, vem alterando os ambientes naturais, principalmente em rela o   água, partindo do ponto de que os recursos hídricos são mal distribuídos e utilizados irracionalmente. Nesse sentido, a gestão e o planejamento das bacias hidrográficas facilitam, além do conhecimento de suas potencialidades e fragilidades ambientais, o ordenamento territorial, que ocorre por meio de instrumentos presentes na Lei n  9433/1997, a Lei das  guas. Diante disso, o estudo da Geomorfologia Ambiental, juntamente com o Geoprocessamento,   responsável por resolver problemas sociais e ambientais no espaço natural, utilizando-se de Sistemas de Informa es Geográficas (SIGs). Esses são capazes de analisar áreas e extrair dados importantes voltados   vulnerabilidade ambiental, que trata das rela es entre as atividades humanas e os componentes ambientais, associadas ao limiar de ruptura dos mesmos, baseando-se em metodologias específicas derivadas do conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977). Tendo isso em vista, elaborou-se mapas temáticos de declividade, solo e uso e ocupa o do solo, além de mapas de fragilidade potencial e emergente, para o estudo da análise da vulnerabilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Ocoy, utilizando-se técnicas de geoprocessamento e as metodologias propostas por Ross (1994) e Crepani (1996). A correla o dos dados obtidos nas duas metodologias permitiu avaliar que a fragilidade emergente de Ross (1994) mostra um predomínio das classes baixa e média vulnerabilidade. Enquanto que a fragilidade ambiental de Crepani (2001) demonstra um predomínio das classes de muito baixa e baixa vulnerabilidade. Além disso, foi perceptível a diferença entre os mesmos, uma vez que o modelo de Crepani (2001) não se adequou às características da bacia, sendo que o principal critério para compara o utilizado foi a declividade. Tais mapeamentos foram fundamentais para aperfeiçoar o planejamento regional da bacia hidrográfica, possibilitando a especializa o das áreas de maior vulnerabilidade ambiental, proporcionando uma melhor defini o das diretrizes e a es a serem implementadas no espaço físico-territorial.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas. Planejamento. Metodologias. Vulnerabilidade. Declividade.

ABSTRACT

TOPANOTTI, Bruna Capra; **Analysis of the environmental vulnerability of the catchment area of the Ocoy river, in western Paraná**; 2018, 37 fl. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

The growing imbalance in the relationship between man and nature, linked to accelerated economic development, has been changing natural environments, especially in relation to water, starting from the point that water resources are poorly distributed and used irrationally. In this sense, the management and planning of the river basins facilitate, in addition to the knowledge of their potentialities and environmental fragilities, the territorial planning, which occurs through instruments present in Law 9433/1997, the Water Law. Therefore, the study of Environmental Geomorphology, together with Geoprocessing, is responsible for solving social and environmental problems in the natural space, using Geographic Information Systems (GIS). These are capable of analyzing areas and extracting important data on environmental vulnerability, which deals with the relationships between human activities and environmental components, associated with the threshold of their rupture, based on specific methodologies derived from the concept of Tricart Ecodynamic Units (1977). In addition, maps of potential and emerging fragility using geoprocessing techniques and the methodologies proposed by Ross (1994) and Crepani (1996) were developed, including thematic maps of slope, soil and land use and occupation, for the study of environmental vulnerability analysis in the catchment area of the Ocoy river. The correlation of the data obtained in the two methodologies allowed to evaluate that the emerging fragility of Ross (1994) shows a predominance of the low and medium vulnerability classes. While the environmental fragility of Crepani (2001) shows a predominance of the very low and low vulnerability classes. In addition, the difference between them was perceptible, since the Crepani model (2001) did not fit the basin characteristics. These mappings were fundamental to improve the regional planning of the river basin, enabling the specialization of the areas of greater environmental vulnerability, providing a better definition of the guidelines and actions to be implemented in the physical-territorial space.

Keywords: Color. Planning. Methodologies. Vulnerability. Declivity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	4
2.2 PLANEJAMENTO AMBIENTAL	7
2.3 GEOMORFOLOGIA E GEOPROCESSAMENTO	8
2.4 FRAGILIDADE E VULNERABILIDADE AMBIENTAL: MÉTODOS PARA ANÁLISE	9
2.4.1 Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados com Apoio nas Classes de Declividade	10
2.4.2 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio em UTB's (Unidades Territoriais Básicas)	11
3 METODOLOGIA	13
3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
3.2 ESTRUTURAÇÃO	14
3.3 MAPEAMENTOS	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE PELO MÉTODO DE ROSS	17
4.2 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE PELO MÉTODO DE CREPANI	23
4.3 COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS	32
5 CONCLUSÃO	28
6 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O homem vem interferindo cada vez mais no panorama dos ambientes naturais, criando novas situações ao modificar os espaços físicos, alterando o equilíbrio da natureza especificamente em relação à água, que ainda é utilizada de forma irracional e não sustentável. Nos moldes do desenvolvimento econômico atual, este fato agrava-se uma vez que a distribuição dos recursos hídricos é heterogênea, onde a água não se encontra a disposição e com qualidade para atender a todas as necessidades.

Em vista disso, o estudo e entendimento das bacias hidrográficas como unidades territoriais, ou seja, aptas para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais, tem ganho espaço. Isso se dá porque, quando geridos e planejados da forma correta, essas unidades dispõem de recursos que possibilitam conhecer as potencialidades e fragilidades ambientais, bem como contribuir com informações e dados que promovem o estabelecimento do ordenamento territorial (LOBÃO; VALE, 2007), podendo ser utilizados pelas populações a seu favor.

Portanto, a gestão e o planejamento dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas, aplicados conjuntamente, são responsáveis em analisar e controlar a implantação e os efeitos de atividades potencialmente poluidoras, por meio de seus respectivos instrumentos. Esses instrumentos se encontram na Lei nº 9433/1997, a Lei das Águas, e consideram tanto os elementos de forma e composição que identificam as unidades geomorfológicas, quanto os processos geradores e modificadores das mesmas, além de suas características sociais e econômicas, otimizando a utilização de recursos naturais e trazendo benefícios para a sociedade.

Ao longo do último século, houve uma insatisfação geral em relação aos sistemas conceituais existentes, o que levou a uma reformulação mais global, valorizando cada vez mais os aspectos voltados para as geociências. Um exemplo é a Geomorfologia Ambiental, muito utilizada como ferramenta para resolver problemas sociais e ambientais com diferentes abordagens de acordo com cada dinâmica do espaço natural, causados pela transformação dos ecossistemas advindos das modificações inadequadas e sem o correto planejamento.

Atrelado à essa ciência, existe o Geoprocessamento, responsável em analisar imagens digitais a fim de identificar as áreas com maior potencial de serem afetadas pelas ações humanas no meio ambiente, com a criação de banco de dados. Sua

principal ferramenta são os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), em que a partir de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), realizam-se análises possíveis de extrair, entre outros, a área da bacia, os índices de drenagem, os índices de declividade e o Modelo Numérico de Terreno (MNT), ou seja, o modelo tridimensional (TUCCI, 1997).

Com isso, criam-se mapas temáticos, podendo aplicar os conceitos de fragilidade e vulnerabilidade ambiental, que definem melhor as diretrizes e ações a serem implementadas no espaço analisado, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão territorial. Para isso, utilizam-se metodologias específicas, derivadas do conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), responsável em analisar como estável ou instável o equilíbrio dinâmico do sistema ambiental, de acordo com as ações humanas.

Ross (1994) desenvolveu então duas metodologias: Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados com Apoio nas Classes de Declividade e Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados com Apoio nos Índices de Dissecação do Relevo, em que se hierarquizam as classes de estudo de geomorfologia, de acordo com o modelo, solos, cobertura vegetal/uso da terra e pluviosidade em classes, variando com sua vulnerabilidade. Enquanto a metodologia desenvolvida por Crepani et al. (1996) trata de um Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio em UTB's (Unidades Territoriais Básicas), onde avalia-se a resistência ao processo natural de erosão das unidades de paisagem natural baseando-se no conjunto rocha, solo, relevo, vegetação e clima.

A bacia hidrográfica do estudo é a bacia hidrográfica do rio Ocoy, localizada no oeste do Paraná e escolhida por critérios de escala, considerada grande. Ambas as metodologias utilizadas são de grande importância nas análises de fragilidade e vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica, pois o aumento das ações humanas sobre essas unidades influencia no equilíbrio e qualidade natural, podendo atingir a qualidade de vida da população que depende dos seus recursos naturais. Além disso, auxiliam no processo de gestão e planejamento dos recursos hídricos, garantindo as potencialidades da região por meio do zoneamento ambiental.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ocoy comparando os métodos de Ross e Crepani.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar e comparar duas metodologias para avaliação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ocoy;
- Definir os principais aspectos para análise da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ocoy;
- Definir a metodologia de vulnerabilidade ambiental mais aplicável à bacia hidrográfica do rio Ocoy.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com Barth; Barbosa (1999), a bacia hidrográfica é uma área de drenagem, contida pelo divisor de água, com uma única sessão de saída da água da chuva escoada na região, responsável em indicar a situação hídrica, de escassez ou abundância, por meio do balanço entre a disponibilidade e a demanda da área. Essa área é considerada um sistema físico com entrada e saída, ou seja, o volume de água precipitado e o volume de água escoado pelo exutório, além de volumes evaporados, transpirados e infiltrados, respectivamente (TUCCI, 2004).

O IBGE (2009) afirma que a análise das bacias hidrográficas deve ser iniciada com a escolha de parâmetros capazes de compor um quadro significativo do comportamento físico deste sistema, podendo destacar as análises hidrológica e geomorfológica. As características topológicas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, térmicas e a cobertura da bacia são essenciais para determinar o ciclo hidrológico, demonstrando as características principais de uma bacia (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

É possível diferenciar áreas homogêneas em uma bacia por meio de seus dados morfométricos, que podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, qualificando as alterações ambientais e demonstrando suas vulnerabilidades ambientais (ANTONELLI; THOMAZ, 2007). A partir disso, Bordallo (1995), com a finalidade de proporcionar o desenvolvimento econômico e social, além da sustentabilidade, afirma que é possível que a população faça uso dos recursos provindos da bacia hidrográfica regional por meio da gestão de suas atividades e potencialidades ambientais, projetando, intercedendo, executando e manuseando da melhor maneira seus recursos naturais.

No Brasil, a legislação que trata da gestão dos recursos hídricos, considerando a bacia hidrográfica como um território de atuação de políticas públicas, é a Lei Federal nº 9.433 de 1997, a Lei das Águas. Com isso, ela passa a ser uma unidade territorial para a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e ação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), de acordo com seu artigo 1º, tratando cada região hidrográfica de forma individual,

valorizando seus processos químicos, físicos e biológicos atuantes e desenvolvendo estratégias de gestão específicas (BERNARDI et al., 2012).

Seguindo a Lei das Águas, é possível observar a importância de a gestão de recursos hídricos ser descentralizada e participativa, criando, com esse intuito os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como mostra o Quadro 1 e a formação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, como mostra o Quadro 2 (ANA, 2006).

A gestão em uma bacia traz recursos para estudos que envolvam rede de drenagem, possibilitando o uso adequado da água, e por consequência, gerando menores impactos ao meio ambiente. Sendo assim, é de fundamental importância a cooperação dos órgãos, setores e autoridades para que a gestão ambiental se desenvolva e possa atender às necessidades da comunidade, contínua e ordenadamente, para ofertar as informações (MACHADO, 2001).

Instrumentos	Descrição
Planos de Recursos Hídricos	Planos diretores que fundamentam e orientam a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos, e são elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e por País
Enquadramento dos corpos de águas em classes de usos preponderantes	Assegura qualidade compatível com os usos mais exigentes das águas e ações preventivas permanentes, diminui os custos de combate à poluição das águas, sendo estabelecido de acordo com a legislação ambiental
Outorga de direitos de uso dos recursos hídricos	Assegura o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o os direitos de acesso à água, seguindo as prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e respeitando a classe em que o corpo de água estiver classificado
Cobrança pelo uso dos recursos hídricos	Reconhece a água como bem econômico, dando ao usuário uma indicação de seu real valor dependendo da forma que ela se encontra e é utilizada; incentiva a racionalização do uso da água e obtém recursos financeiros para o financiamento dos programas e das intervenções contemplados nos Planos de Recursos Hídricos
Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos	Sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão

Quadro 1 - Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

Fonte: Autoria própria

Instrumentos	Composição	Descrição
Conselho Nacional de Recursos Hídricos	Representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos hídricos, indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, dos usuários dos recursos hídricos, das organizações civis de recursos hídricos	Aprova as propostas dos Comitês de Bacia Hidrográfica; promove a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; estabelece critérios para a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos; entre outros
Agência Nacional de Águas	Representantes de uma Diretoria Colegiada composta por cinco membros: um diretor-presidente e quatro diretores	Regula o acesso e o uso dos recursos hídricos de domínio da União; emite e fiscaliza o cumprimento de normas (outorgas); coordena a Rede Hidrometeorológica Nacional; elabora ou participa de estudos estratégicos, como os Planos de Bacias Hidrográficas, Relatórios de Conjuntura dos Recursos Hídricos; entres outros
Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental	Representantes do órgão integrante da estrutura do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, responsável pela gestão dos recursos hídricos	Presta apoio administrativo, técnico e financeiro ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos; instrui os expedientes provenientes dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacia Hidrográfica; elabora seu programa de trabalho e proposta orçamentária anual, submetendo ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos; entre outros
Comitês de Bacia Hidrográfica	Representantes dos três níveis do poder público (Federal, Estadual e Municipal) e entidades civis usuários dos recursos hídricos	Desenvolve regras de mediação entre os diversos usuários da água, além de critérios para outorga e cobrança dos recursos hídricos; aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos e acompanhar sua execução; entre outros
Órgãos de gestão de recursos hídricos federais, estaduais, do Distrito Federal e municipais	Representantes são órgãos específicos para gestão de recursos hídricos (agências ou secretarias)	Gerenciam por meio da emissão da autorização de uso dos recursos hídricos de domínio dos Estados e através da fiscalização dos usos da água, e são responsáveis por planejar e promover ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas
Agências de Águas	Instituição selecionada por meio de edital público	Elaboram o Plano de Recursos Hídricos, analisam a disponibilidade dos recursos hídricos em sua área, efetuam a cobrança pelos recursos hídricos, gerem o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área, entre outros

Quadro 2 - Instrumentos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Fonte: Autoria própria

2.2 PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Slocombe (1993) considera o planejamento territorial como tradicional ou ambiental, sendo o primeiro urbano ou regional, dando enfoque a sociedade, o uso da terra, a economia e a infraestrutura, por meio de metas, planos e regulamentos; e o segundo englobando o ambiente biofísico, incluindo as comunidades e analisando os efeitos de atividades de desenvolvimento e outros planejamentos.

O planejamento ambiental pode, através da preservação e do melhoramento do meio ambiente, ser entendido como uma proposta e implementação de medidas que visam melhorar a qualidade de vida presente e futura dos seres humanos (GALLOPIN, 1981). E seguindo os conceitos de Guerra; Cunha (2012), para que o planejamento ambiental ocorra corretamente, é necessário considerar tanto os elementos de forma e composição que identificam as unidades geomorfológicas, quanto os processos geradores e modificadores das mesmas. Com isso, geram-se resultados representativos para a utilização ordenada do espaço geográfico pelo homem.

Para Ross (1994, 2000), esse planejamento deve nortear as atividades econômicas e as ações de ordenamento territorial, através da articulação entre os diferentes agentes promotores e modificadores do meio ambiente. A dinâmica de funcionamento de um ambiente natural se dá pela elaboração do zoneamento ambiental, adotando-se uma metodologia de trabalho que compreenda as características e a dinâmica do mesmo, além do seu meio socioeconômico. O zoneamento deve ser formulado a partir de sua inserção no processo de ocupação e apropriação da área e seus recursos.

O zoneamento ambiental torna-se um importante procedimento de ordenação territorial quando associado ao planejamento ambiental, uma vez que o mesmo assegura os objetivos do planejamento, possibilitando conhecer as potencialidades e fragilidades da paisagem, apresentados sob as variadas formas de representações cartográficas, traduzidas a partir dos mapas, diagramas ou índices (BONIFÁCIO, 2013).

Quando se volta às bacias hidrográficas, Browner (1996) enfatiza os procedimentos de um projeto de planejamento, iniciando com levantamentos e caracterizações dos recursos naturais e as comunidades locais, para posteriormente

definir objetivos e metas de acordo com a vulnerabilidade dos recursos naturais. Além disso, é necessário identificar os problemas, e desenvolver, implantar e monitorar os planos de ação criados.

Uma vez incorporado à normalidade institucional de governo, o planejamento ambiental é capaz de gerar indicadores e índices setoriais que visam revelar as características locais, em termos de salubridade ambiental e de qualidade de vida. Nesse sentido, com o intuito de desenvolver um planejamento eficiente, a bacia hidrográfica é uma importante unidade de análise, e com a ajuda do Geoprocessamento, é possível identificar os problemas e determinar alternativas para suas soluções (ReCESA).

2.3 GEOMORFOLOGIA E GEOPROCESSAMENTO

A Geomorfologia é a ciência que estuda e interpreta as formas de relevo, identificando as causas que as criam e modificam (PANIZZA, 1996). Nesse sentido, Coates (1971) introduziu o termo “Geomorfologia Ambiental”, definindo-a como o uso prático da geomorfologia para solucionar problemas em que o homem deseja fazer uso ou modificar os processos superficiais.

Já o Geoprocessamento, ou Geotecnologia, é um ramo da Geomática, que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para tratar informações geográficas. Sua principal ferramenta são os Sistemas Geográficos de Informação (SIGs), que auxiliam no processo de integração de dados e criação de banco de dados georreferenciados (CÂMARA; et al., 2001).

De acordo com Florenzano (2008), as técnicas de processamento de imagens digitais consistem em operações ou transformações numéricas aplicadas nas imagens, podendo ser reunidas em três conjuntos: técnicas de pré-processamento, de realce e classificação de imagens. A primeira consiste em técnicas para coleta e armazenamento de informação espacial, obtidas na cartografia, topografia, sensoriamento remoto GPS, por exemplo, em bancos de dados. A segunda constitui técnicas para tratamento e análise dessas informações espaciais através da modelagem de dados, geoestatística, funções topológicas, entre outros. Enquanto que a terceira se baseia em técnicas para o uso integrado das informações espaciais,

como os sistemas GIS/SIG (Geographic Information Systems), LIS (Land Information Systems), AM/FM (Automated Mapping/Facilities Management), CADD (Computer-Aided Drafting and Design) (ROSA, 2005).

As classificações geomorfológicas atreladas a SIGs são de grande aplicabilidade nos cenários ambientais, variando em suas escalas de tratamento de dados, como em análises de redes de drenagem, uso de modelos tridimensionais para visualização de terreno e estimativas. Isto é, esse sistema realiza simulações sobre fenômenos reais, baseando-se em funções que utilizam informações geográficas armazenadas na base de dados espaciais (GUERRA; CUNHA, 2012).

Para Coelho (2010), o mapeamento tende a retratar uma espacialização, ou seja, um processo de formação e distribuição espacial, temporal e social diferenciado dos impactos ambientais. De acordo com Tucci (2004), os dados fisiográficos de uma bacia podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, sendo os principais: a área da bacia, os índices de drenagem, os índices de declividade e o Modelo Numérico de Terreno (MNT). Para isso, a escala torna-se um parâmetro importante na avaliação das imagens, uma vez que escalas menores (1:50.000, 1:100.000, 1:250.000), ou seja, mais detalhadas, aconselha-se utilizar os índices de dissecação do relevo ou os padrões de forma da rugosidade, enquanto que as maiores (1:5.000, 1:10.000, 1:25.000), as classes de declividade são mais apropriadas (ROSS *et al.*, 2005).

Nessa linha, as análises do geoprocessamento são de grande importância para identificar as áreas das bacias hidrográficas mais susceptíveis aos impactos humanos, dando ênfase aos estudos de fragilidade e vulnerabilidade ambiental. Isso é fundamental para a correta formulação das ações prioritárias do planejamento ambiental, destinadas a assegurar a qualidade dos recursos hídricos e do solo, além da conservação da biodiversidade.

2.4 FRAGILIDADE E VULNERABILIDADE AMBIENTAL: MÉTODOS PARA ANÁLISE

Os conceitos de fragilidade e vulnerabilidade ambiental referem-se ao resultado das relações de conectividade e interdependência entre componentes ambientais e

atividades humanas, associadas ao limiar de ruptura, ou seja, a possibilidade de sofrer ou não perturbações advindas de fenômenos e intervenções originadas além dos limites territoriais do sistema afetado (SANTOS, 2015). Diante disso, os fenômenos de risco mais susceptíveis nesses ambientes alterados são as erosões, os deslizamentos de encostas, o assoreamento de cursos de água e as inundações (SPÖRL, 2007).

A análise da vulnerabilidade do ambiente é uma proposta cujo princípio básico é definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais, modificados ou não pelas atividades antropogênicas, em face o desenvolvimento das atividades humanas. Esses estudos são representados em cartogramas e textos e são extremamente relevantes para o planejamento ambiental, quando existe interesse no desenvolvimento sustentável (ROSS, 1994). De acordo com estudos de Santos (2015), é possível afirmar que a distribuição dos ambientes mais frágeis segue, além de outros fatores, estreita correlação com a geomorfologia do local, sendo necessário levantamentos de solos, clima, rochas, minerais, águas, flora, fauna e demais componentes da natureza, atrelados às atividades humanas, para a análise da fragilidade.

Li *et al.* (2006) relacionaram a vulnerabilidade às características do meio físico e biótico, como declividade, altitude, temperatura, aridez, vegetação e solo; à exposição a fontes de pressão ambiental, como densidade populacional e uso da terra; e à ocorrência de impactos ambientais, como erosão hídrica.

As metodologias utilizadas foram originadas do conceito de Unidades Ecodinâmicas, desenvolvido por Tricart (1977), onde o ambiente é analisado por meio da Teoria de Sistemas, que diz que as trocas de energia e matéria se processam por meio de relações em equilíbrio dinâmico na natureza. Com isso, afirma-se que, quando em equilíbrio dinâmico (poupadas da ação antrópica, encontram-se em seu estado natural), os ambientes são estáveis, ao contrário, são ambientes instáveis (sofreram ações antrópicas, modificadas intensamente).

2.4.1 Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados com Apoio nas Classes de Declividade

Segundo Ross (1994), as unidades de fragilidade dos ambientes naturais são resultantes de levantamentos geomorfológicos, solo, cobertura vegetal/uso da terra e clima, possibilitando a obtenção das categorias hierárquicas da fragilidade ambiental. No caso das classes de declividade, a hierarquização seguiu cinco categorias, representadas na Quadro 3, baseando-se nos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola associados aos valores já conhecidos de limites críticos da geotecnia, como indicativos do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamentos e inundações frequentes

Grau de Fragilidade	Intervalo de Classe	Peso das Classes
Muito Baixa	<6%	1
Baixa	6 – 12%	2
Média	12 – 20%	3
Alta	20 – 30%	4
Muito Alta	>30%	5

Quadro 3 - Classes de Declividade

Fonte: Adaptado de Ross (1994)

2.4.2 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio em UTB's (Unidades Territoriais Básicas)

A fim de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) criou uma metodologia que consiste na elaboração de um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas (UTB's), através da análise e interpretação de imagem TMLANDSAT, originando mapas de vulnerabilidade natural à erosão (ZAPAROLI; CREMON, 2010).

Para seguir essa metodologia, é necessário realizar uma análise integrada entre o conjunto rocha, solo, relevo, vegetação e clima (CREPANI, 2001), onde cada tema recebe uma pontuação de fragilidade variando entre 1 e 3, onde as unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1, as intermediárias ao redor de 2 e as unidades de paisagem mais vulneráveis estarão próximas de 3. Sendo assim,

Crepani et al. (1996) desenvolveram uma equação empírica (Equação 1) para mostrar a posição de cada tema de acordo com a escala de vulnerabilidade natural originando a Quadro 4:

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

Onde:

G = vulnerabilidade para o tema Geologia;

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;

S = vulnerabilidade para o tema Solos;

V = vulnerabilidade para o tema Vegetação;

C = vulnerabilidade para o tema Clima.

Grau de Fragilidade	Intervalo de Classe
Muito Baixa	1,0 – 1,4
Baixa	1,4 – 1,8
Média	1,8 – 2,2
Alta	2,2 – 2,6
Muito Alta	2,6 – 3,0

Quadro 4 - Classes de Vulnerabilidade

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (1996)

Como a equação criada é uma média ponderada das unidades analisadas, isso faz com que variáveis muito frágeis sejam atenuadas pelas variáveis de menor fragilidade, deixando de oferecer riscos à erosão (SPÖRL; ROSS, 2004).

3 METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Paraná III, é responsável pelos afluentes paranaenses que desaguam diretamente no rio Paraná, onde se localiza uma das principais usinas hidrelétricas do mundo, a Usina Hidrelétrica de Itaipu, apresentando uma área de aproximadamente 8000 km², integrando 27 municípios (Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, 2014). Seus principais afluentes são os rios: São Francisco, que nasce em Cascavel; o Guaçu, que nasce em Toledo; o São Francisco Falso, que nasce em Céu Azul; e o Ocoy, que nasce em Matelândia (SEMA, 2010).

Nesse estudo, a área escolhida representa a bacia hidrográfica do rio Ocoy, que apresenta cerca de 928,3 km² de extensão, como mostra a Figura 1. É uma região com intensas práticas agrícolas, como soja, milho e trigo, e situa-se entre o Parque Nacional do Iguaçu e o lago da Usina Hidrelétrica de Itaipu, abrangendo os municípios de Medianeira, Matelândia, Missal, São Miguel do Iguaçu, Itaipulândia e Ramilândia. Todas as cidades, com exceção de Ramilândia, apresentam Plano Diretor em vigor (LEIS MUNICIPAIS, 2018).

É uma região de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012), com uma temperatura média anual de 21,5 °C e precipitação média anual de 1803 mm, sendo o clima subtropical, Cfa no sistema de classificação de Köppen (EMBRAPA, 2011). Essa unidade hidrológica apresenta rochas vulcânicas básicas da formação Serra Geral - Grupo São Bento, principalmente basaltos, predominantes no oeste do estado do Paraná (MAACK, 2002). Essas rochas originaram solos muito argilosos como os Argissolos, Latossolos e Nitossolos Vermelhos (EMBRAPA, 2013), e suas altitudes variam entre 215 a 652 metros, aproximadamente, de acordo com Magalhães (2013).

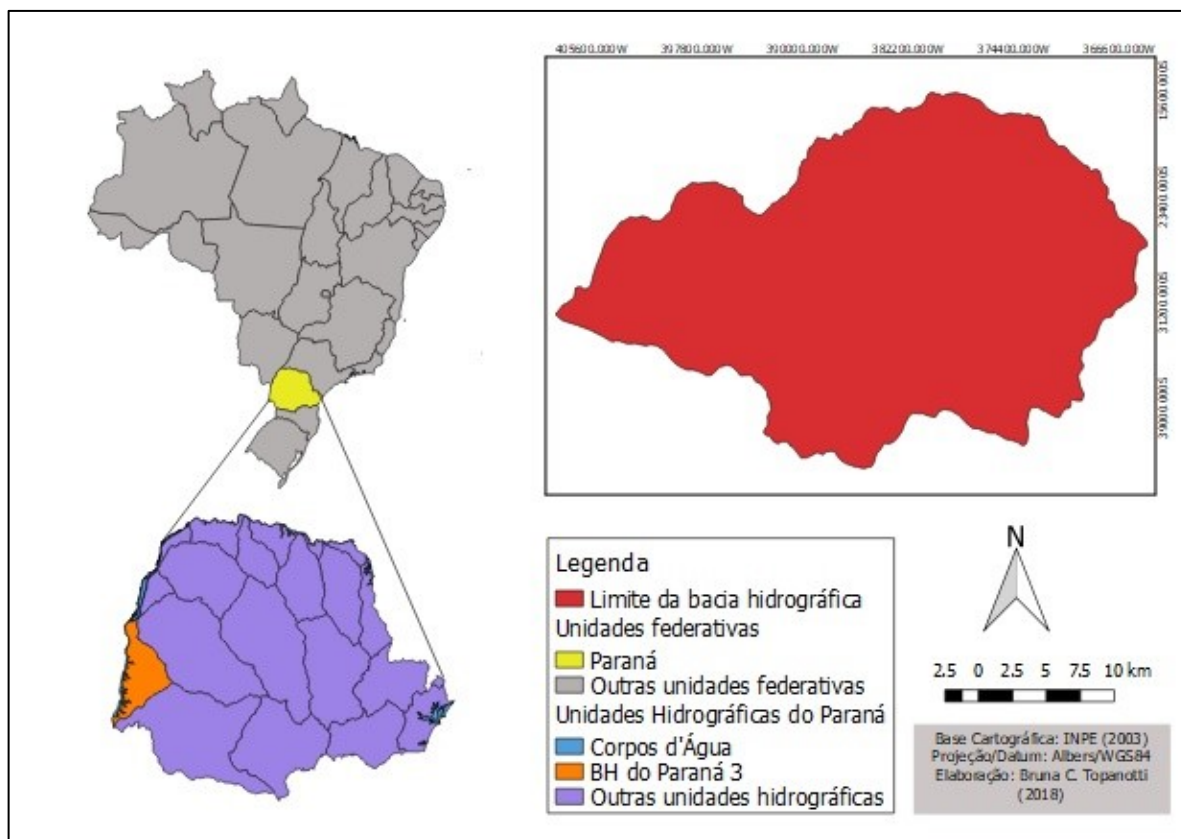


Figura 1 - Mapa da localização da bacia hidrográfica

Fonte: Autoria própria

3.2 ESTRUTURAÇÃO

Neste estudo, foi utilizado o software livre QGIS como SIG, em sua versão 2.18.21, disponível gratuitamente no site https://www.qgis.org/pt_BR/site/. O banco de dados do projeto foi obtido de bases como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS), Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG, além de outros estudos já realizados. O mesmo foi estruturado com um Sistema de Referência de Coordenadas específico para o projeto, com projeção de Albers, datum WGS84 e retângulo envolvente com as coordenadas entre 54°26'00" e 53°55'00" para longitude oeste e 25°21'00" e 25°50'00" para latitude sul.

Com isso, o primeiro passo foi reprojeter a imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) para a projeção Albers, uma projeção cônica equivalente com

dois paralelos padrões. Em seguida, obteve-se o *shapefile* do limite da bacia do rio Ocoy, obtido com as curvas de nível de 20 m, e então, também o converteu para a projeção do projeto e realizou-se o recorte da mesma.

3.3 MAPEAMENTOS

A imagem SRTM do recorte da bacia hidrográfica do rio Ocoy apresenta altitudes que variam de 215 a 593 metros, aproximadamente. A partir disso, utilizando o QGIS 2.18.21, obteve-se a declividade através da geração de um Modelo Digital de Elevação, selecionando na barra de ferramentas as opções Raster > Análise > MDE, com uma escala de 1. Em seguida, com a ferramenta *r.reclass* do GRASS 7.4.1, a imagem foi reclassificada de acordo com o documento de texto especificado de acordo com as classes de Ross (1994), como no Quadro 3, e com as classes de Crepani (2001), como no Quadro 5 a seguir.

Grau de Fragilidade	Intervalo de Classe	Peso das Classes
Muito Baixa	<2%	1
Baixa	2 – 6%	1,5
Média	6 – 20%	2
Alta	20 – 50%	2,5
Muito Alta	>50%	3

Quadro 5 - Classes de Vulnerabilidade

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001)

O mapa de solos foi obtido por meio do recorte do *shapefile*, obtido no ITCG, referente ao mapeamento de solos do Paraná, seguindo o estudo de Bhering e Santos (2008). Com isso, foi possível obter uma representação das fragilidades de cada tipo de solo presente na bacia, seguindo Ross (1994) e Crepani (2001), que apresentam caracterizações similares, como mostra o Quadro 6.

Para o mapeamento de uso e ocupação do solo, inicialmente obteve-se a imagem do Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1 que abrange a bacia hidrográfica do rio Ocoy, sendo ela: LC08_L1TP_224077_20180529_20180605_01_T1, fornecida pelo

USGS, capturada em 29 de maio de 2018. Em seguida, recortou a mesma utilizando o *shapefile* dos limites da bacia. Com isso, as cenas de número digital foram convertidas para reflectância no topo da atmosfera, selecionando a correção pelo método DOS1. Em seguida, foi realizado o processo de treinamento, onde coletou-se várias assinaturas espectrais para as classes de uso e cobertura da terra: água, agricultura, solo exposto, vegetação e área urbana. Feito isso, realizou-se a acurácia e a análise do índice Kappa das amostras obtidas, por meio de um algoritmo específico do SCP de máxima verossimilhança, selecionando cada classe desejada. As áreas urbanas foram vetorizadas manualmente após as análises, convertendo a imagem para vetor.

Grau de Fragilidade	Tipo de Solo	Pesos Ross	Pesos Crepani
Baixa	Latosolos	1	1
Média	Nitossolos	3	2
Alta	Neossolos	5	3

Quadro 6. Classes de Solos

Fonte: Adaptado de Ross (1994) e Crepani (2001)

O mapa da fragilidade potencial foi gerado a partir da ferramenta calculadora raster, selecionando na barra de ferramentas as opções Raster > Calculadora Raster, também no QGIS, aplicando-se pesos aos mapas de declividade e fragilidade dos solos, de acordo com cada importância. No caso desse estudo, foi considerado o mesmo peso de 5 para os dois mapas.

O mapa da fragilidade emergente, para Ross (1994), foi gerado também com a Calculadora Raster aplicando pesos para o mapa de fragilidade potencial e o de uso e ocupação do solo, considerando o valor de 5 para os dois mapas.

Já para Crepani (2001), a fragilidade ambiental foi obtida utilizando a Equação 1, modificada, com a média ponderada das classes de declividade, solo e uso e ocupação do solo, por meio da ferramenta Calculadora Raster.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os mapas construídos, foi possível realizar os estudos de vulnerabilidade ambiental. Eles compreendem as interações dinâmicas presentes na bacia hidrográfica do rio Ocoy, ou seja, representam as limitações e as alternativas para uso dos recursos e do solo, visando principalmente a proteção da rede de drenagem. Para isso, utilizou-se o cruzamento das informações presentes nos mapas de declividade, de solos e de uso e ocupação, como dito anteriormente.

4.1 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE PELO MÉTODO DE ROSS

Analisando o mapa de declividade para Ross (1994), Figura 2, observa-se a predominância de áreas com classes muito baixa e baixa no declive (<6% a 12%), especialmente próximo ao rio principal. Isso torna a velocidade de escoamento da água na bacia menor, apresentando baixa vulnerabilidade em grande parte da bacia, variando entre os pesos 1 e 2, como mostra o Quadro 5. Entretanto, na região nordeste, a declividade em determinados pontos pode ser maior que 30%, inclusive próximo a outros rios, aumentando tanto a velocidade de escoamento, quanto a vulnerabilidade desses locais, possuindo pesos entre 4 e 5.

Em relação à pedologia, os solos encontrados na bacia hidrográfica são: os Latossolos Vermelhos eutroféricos e distroféricos, os Nitossolos Vermelhos eutroféricos e os Neossolos Litólicos, de acordo com a Figura 3. Como representados no Quadro 5, os Latossolos apresentam baixa vulnerabilidade devido sua elevada estabilidade, profundidade e boa drenagem (peso 1), enquanto os Neossolos possuem alta vulnerabilidade por serem solos rasos e pouco evoluídos (peso 5). Na bacia hidrográfica, o solo que se encontra mais representado é o Nitossolo, com média vulnerabilidade, devido também, a sua boa profundidade e drenagem, apresentando peso 3. É possível analisar a fragilidade desses solos na Figura 4.

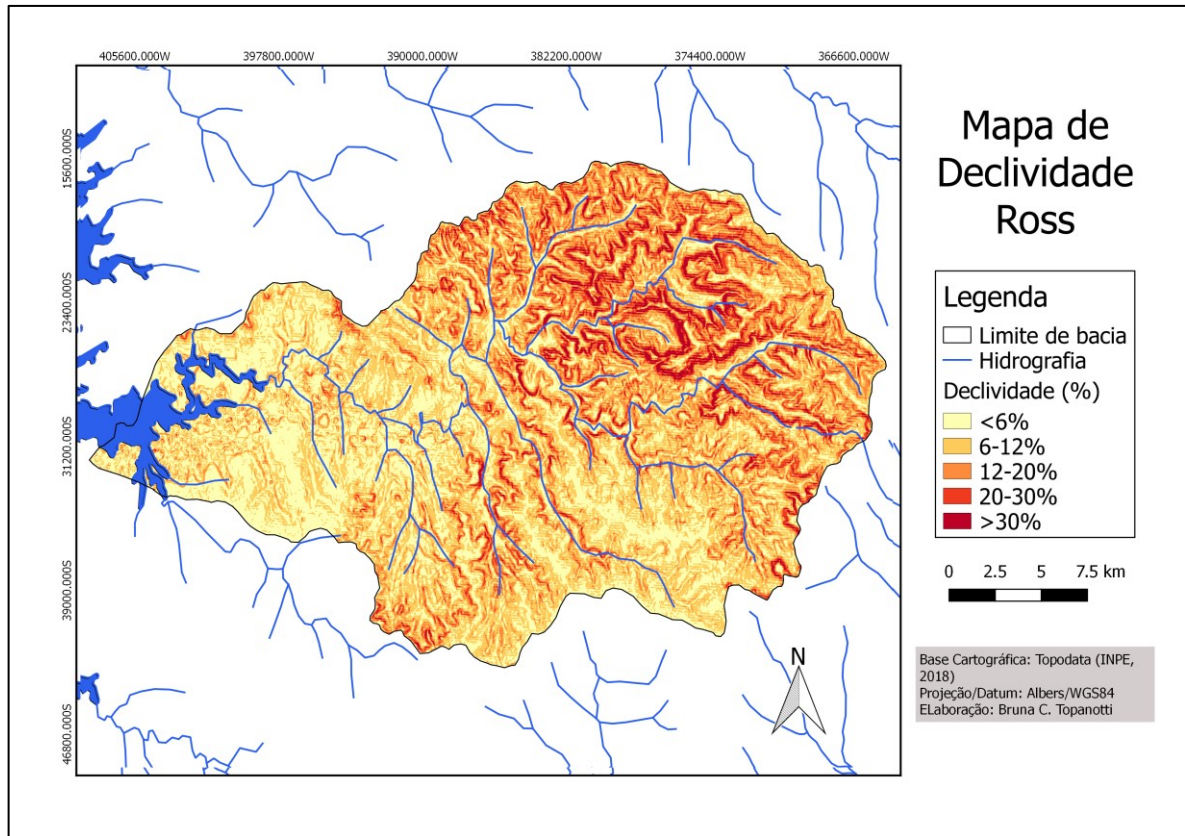


Figura 2 – Mapa de Declividade Ross

Fonte: Autoria própria

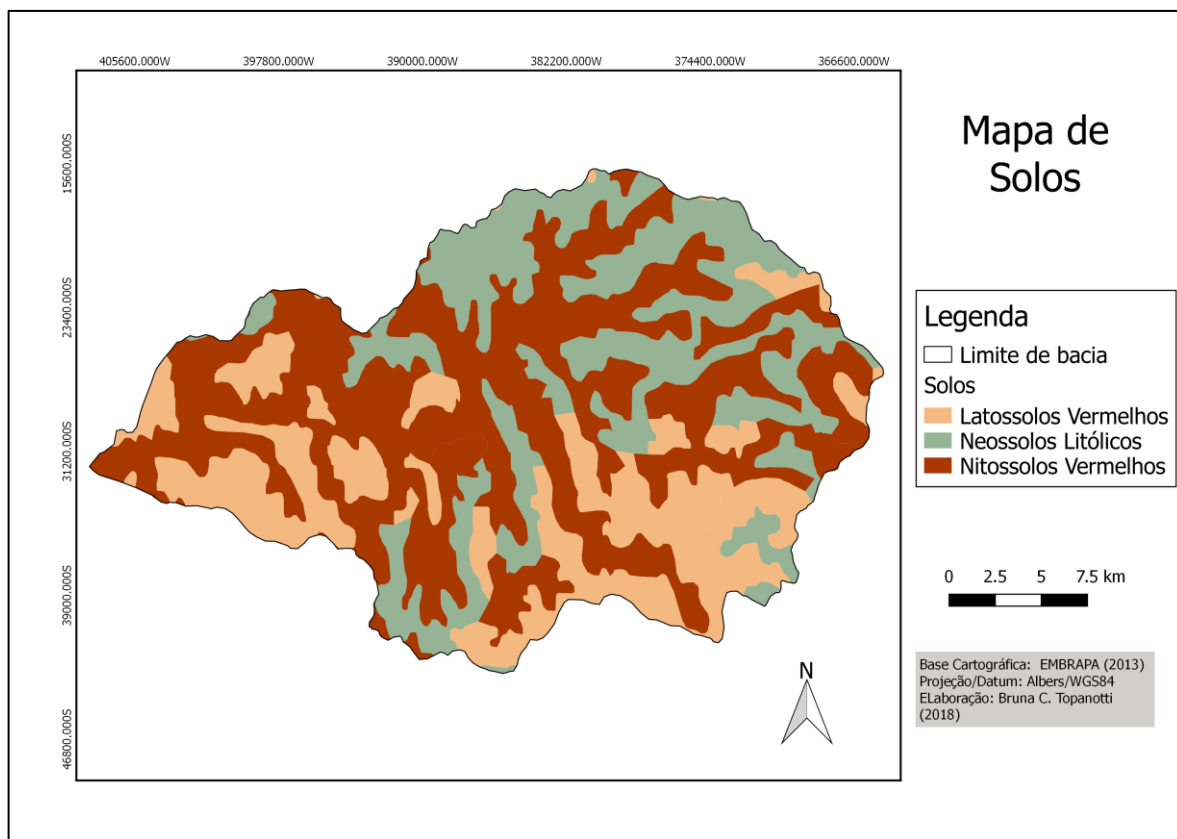


Figura 3 - Mapa de Solos

Fonte: Autoria própria

Com a fragilidade potencial gerada, pode-se observar que as áreas de alta e média vulnerabilidade se encontram onde a declividade passa a ser maior que 20% e o solo predominante é o Neossolo, principalmente a nordeste da bacia e algumas regiões ao centro e ao sul. As áreas de baixa vulnerabilidade se localizam, particularmente, no oeste da bacia onde encontra-se o rio Ocoy, e em certas regiões ao sudeste. As principais características da fragilidade menor são as declividades variando até 20% com predominância de Latossolos e Nitossolos, como visto na Figura 5.

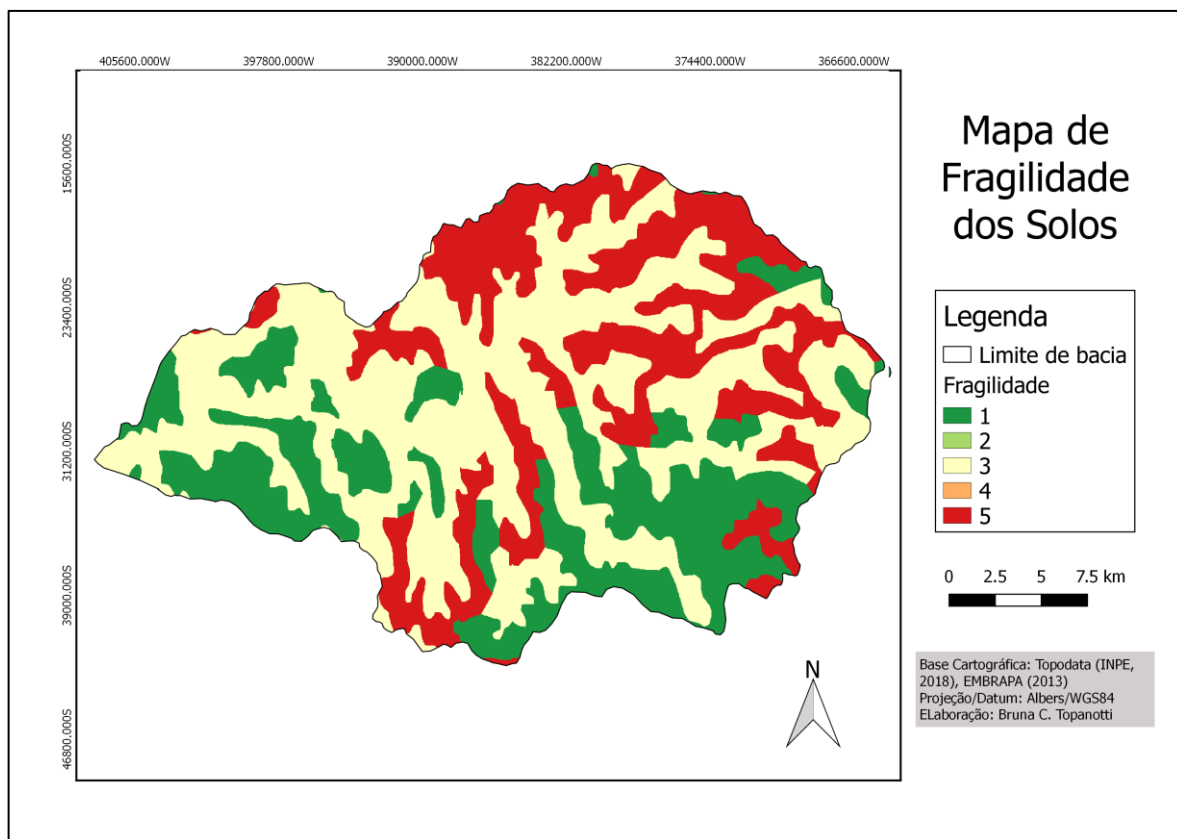


Figura 4 - Mapa de Fragilidade dos Solos

Fonte: Autoria própria

O mapeamento de uso e ocupação do solo apresentou uma acurácia de 99,44%, com um índice Kappa de 0,95; ou seja, existe grande semelhança com a verdadeira situação da bacia hidrográfica, representada na Figura 6. Com isso, foi gerado o mapa da fragilidade emergente (Figura 7), representando as classes de vulnerabilidade de acordo com os usos e a fragilidade potencial. Esse mapeamento se encontrou muito semelhante ao de fragilidade potencial, e novamente é possível perceber a predominância da alta vulnerabilidade na região nordeste da bacia, e alguns pontos ao sul. E também, a predominância de baixa e média vulnerabilidades nas regiões próximas ao rio principal e no sudeste.

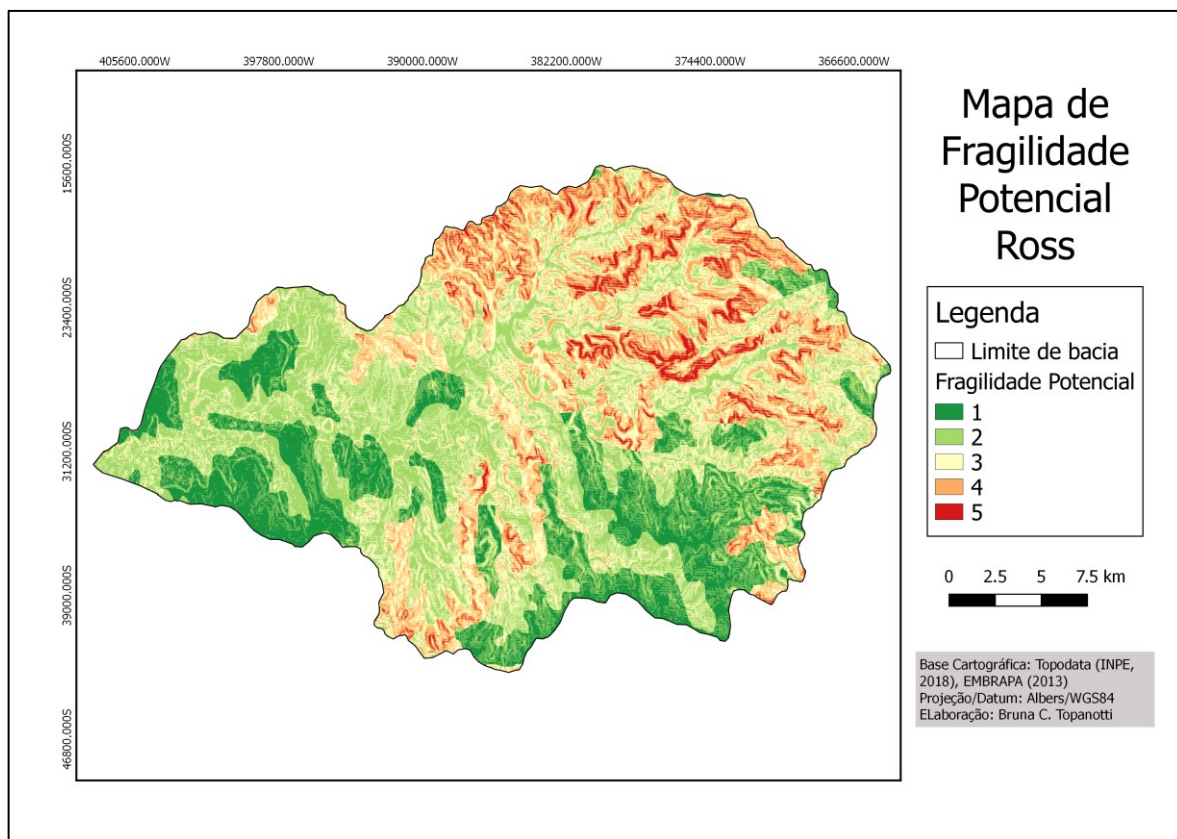


Figura 5 - Mapa de Fragilidade Potencial Ross

Fonte: Autoria própria

Nota-se que em grande parte da bacia prevalecem as áreas de agricultura e pastagem, ou seja, áreas mais vulneráveis devido seu uso constante e, muitas vezes, seu o manejo inadequado. E também, mesmo a maior porcentagem dessa classe encontrando-se nas áreas de baixa vulnerabilidade, elas estão próximas ao rio principal, fato que agrava os problemas ambientais, como eutrofização, e dificulta o aproveitamento dos recursos hídricos existentes.

As regiões que apresentam florestas nativas e secundárias estão localizadas, principalmente, a nordeste da bacia, com algumas porcentagens próximas ao rio. Contudo, mesmo com a presença da mesma na região nordeste, o elevado grau de declividade e as áreas de agricultura e pastagens tornam a região com alta vulnerabilidade. Já entorno do rio Ocoy, mesmo com a grande porcentagem de agropecuária, as declividades menos acentuadas facilitam para a existência de uma região com baixa/média vulnerabilidade.

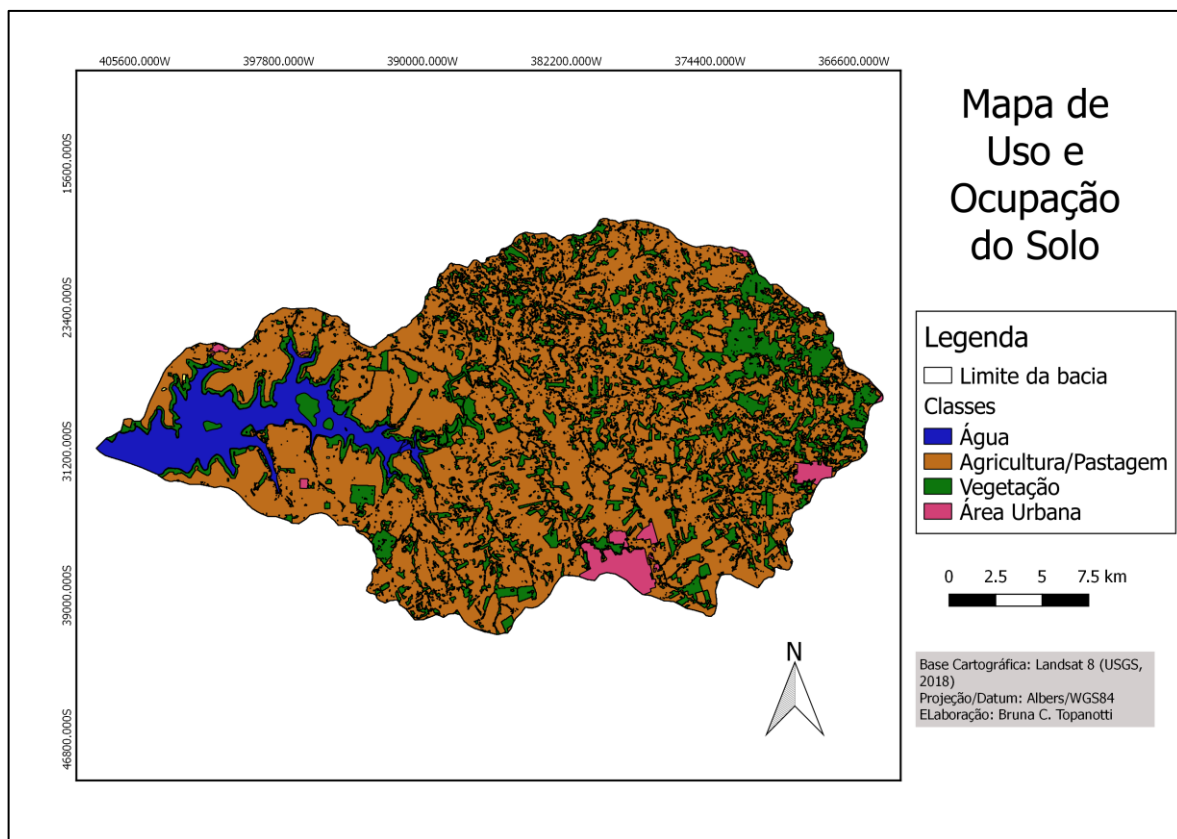


Figura 6 - Mapa de uso e ocupação do solo

Fonte: Autoria própria

A classe de água foi representativa pois, com a classificação SCP, foi possível analisar que vários pontos dos rios se encontram eutrofizados. Além disso, mesmo o mapa de hidrografia apresentando várias ramificações no rio principal, a classificação reconheceu poucos rios, o que pode significar que muitos já não apresentam regime de vazão perene.

Os locais com área urbana encontram-se em expansão, e isso se torna um problema maior pois, além de grande parte da área no entorno já ser ocupada por agropecuária, fato que já deixa o solo desprotegido, existem alguns fragmentos de vegetação que também correm risco. Isso, se realizado com o planejamento incorreto, acarretaria na contínua degradação do solo e perda de recursos importantes para a sobrevivência. Seria importante que houvesse um consenso entre os órgãos responsáveis, a fim de que as áreas de mata nativa fossem preservadas auxiliando tanto na preservação dos recursos, quanto no paisagismo urbano.

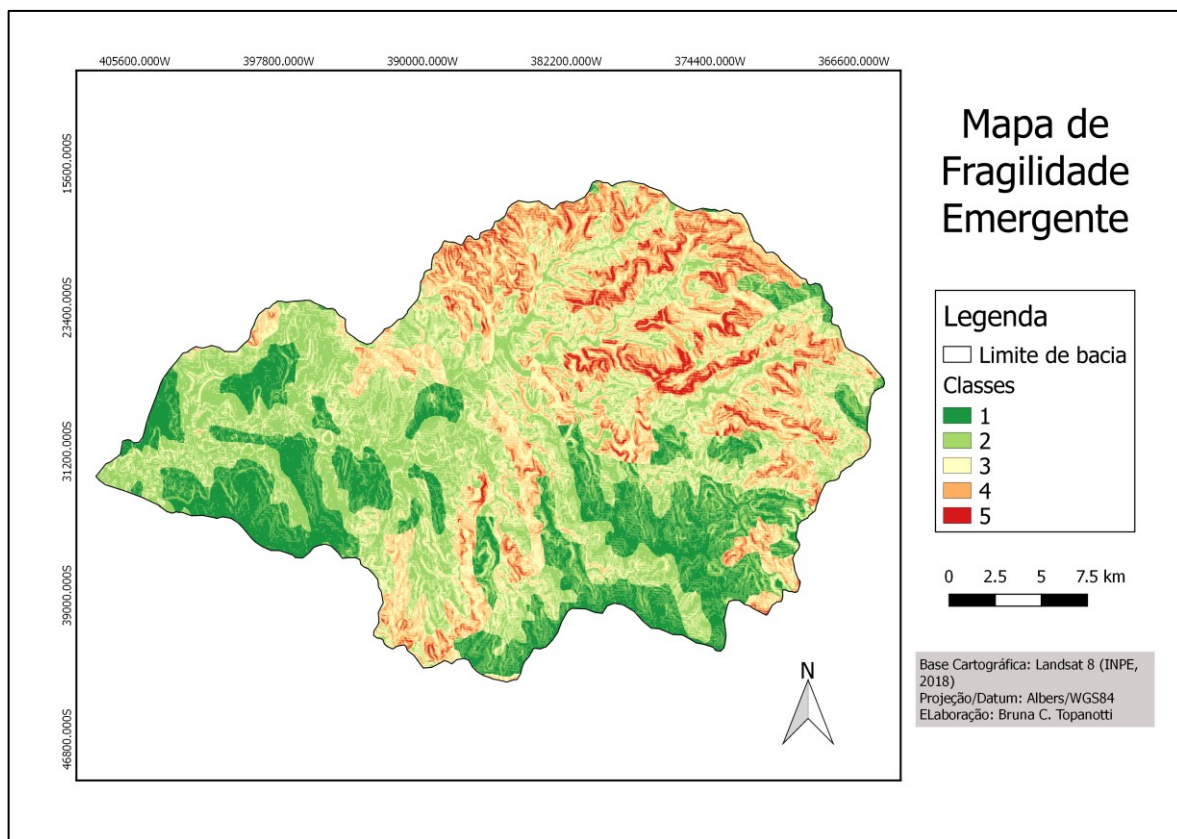


Figura 7 - Mapa de fragilidade emergente

Fonte: Autoria própria

4.2 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE PELO MÉTODO DE CREPANI

Para o mapa de declividade seguindo Crepani (2001), representado na Figura 8, praticamente toda a área da bacia caracterizou-se com classes muito baixa, baixa e média no declive (<2% a 20%), variando entre os pesos 1 a 2. Em algumas regiões na região nordeste, a declividade é alta (até 50%), possuindo peso 2,5. Isso demonstra que a velocidade de escoamento da água na bacia é menor, dificultando a erosão dos solos.

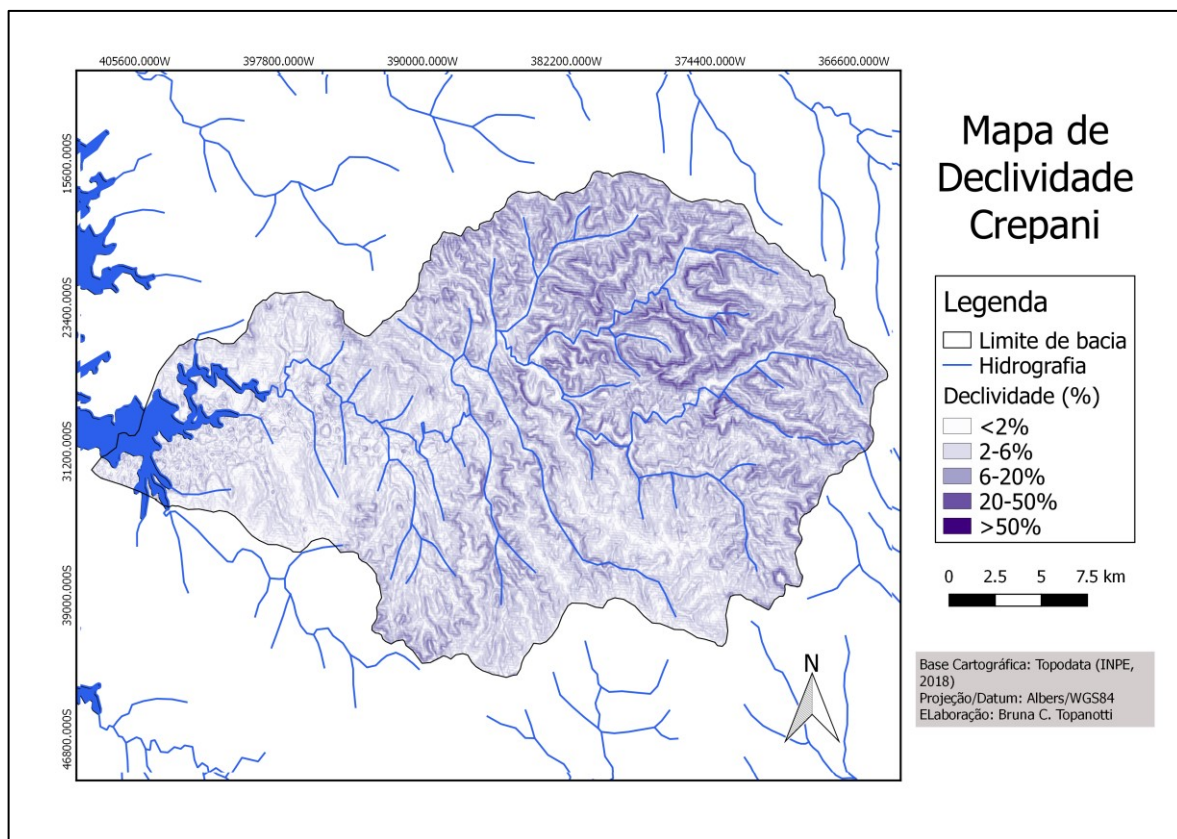


Figura 8 - Mapa de Declividade Crepani

Fonte: Autoria própria

A fragilidade dos solos (Figura 9) segue as mesmas observações feitas para Ross (1994), em que os solos de baixa vulnerabilidade são os Latossolos e os de alta vulnerabilidade são os Neossolos, com pesos 1 e 3, respectivamente, de acordo com a Figura 7. Assim como as considerações feitas para uso e ocupação do solo, focando na grande área de agricultura e pastagens, e na falta de vegetação densa.

Então, com o mapa da fragilidade ambiental (Figura 10) observa-se que praticamente toda a área da bacia hidrográfica é classificada com muito baixa e baixa vulnerabilidade. Isso se deve pela declividade nas regiões variarem até 20%, com predominância de Latossolos e Nitossolos, com campos de agricultura e pastagem. Enquanto que, nas pequenas áreas onde a vulnerabilidade passa a ser alta, a declividade é superior a 20% e Neossolo em maioria, e mesmo sem predomínio da agropecuária, o nível de vegetação é baixo.

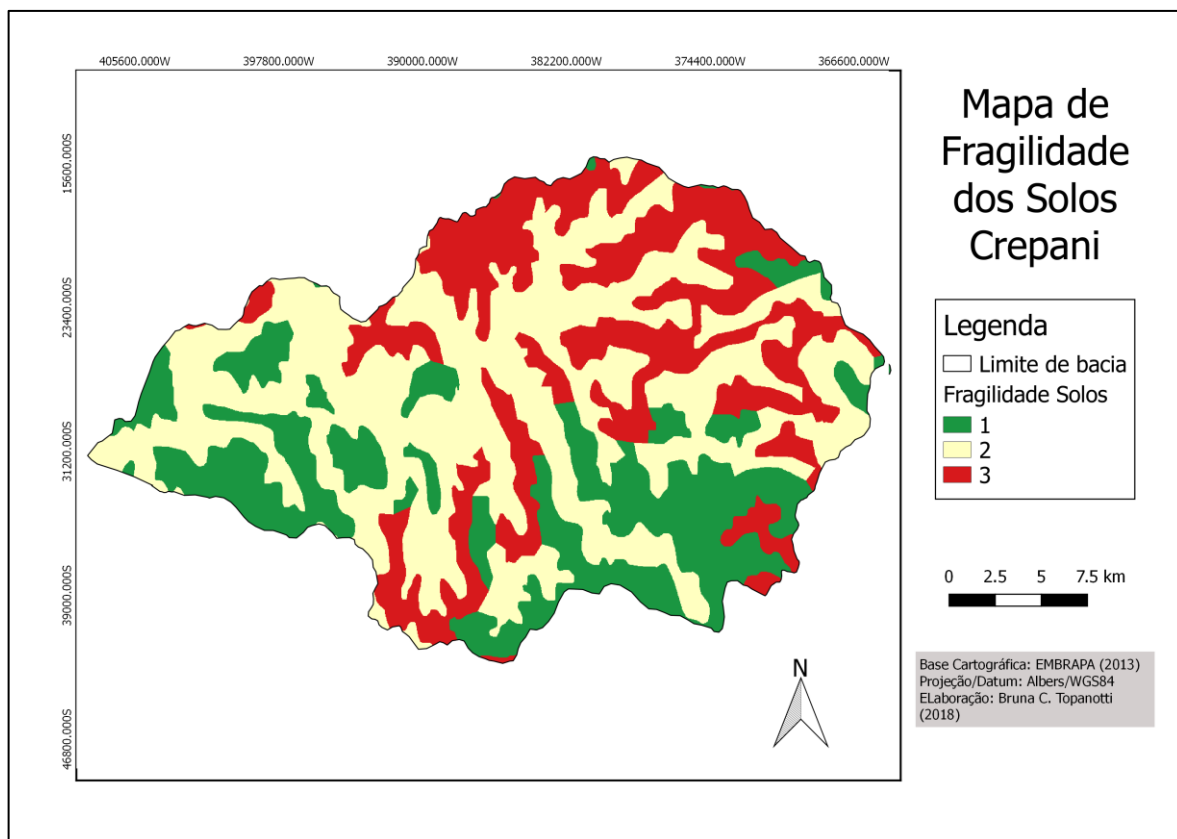


Figura 9 - Mapa de Fragilidade dos Solos Crepani
 Fonte: Autoria própria

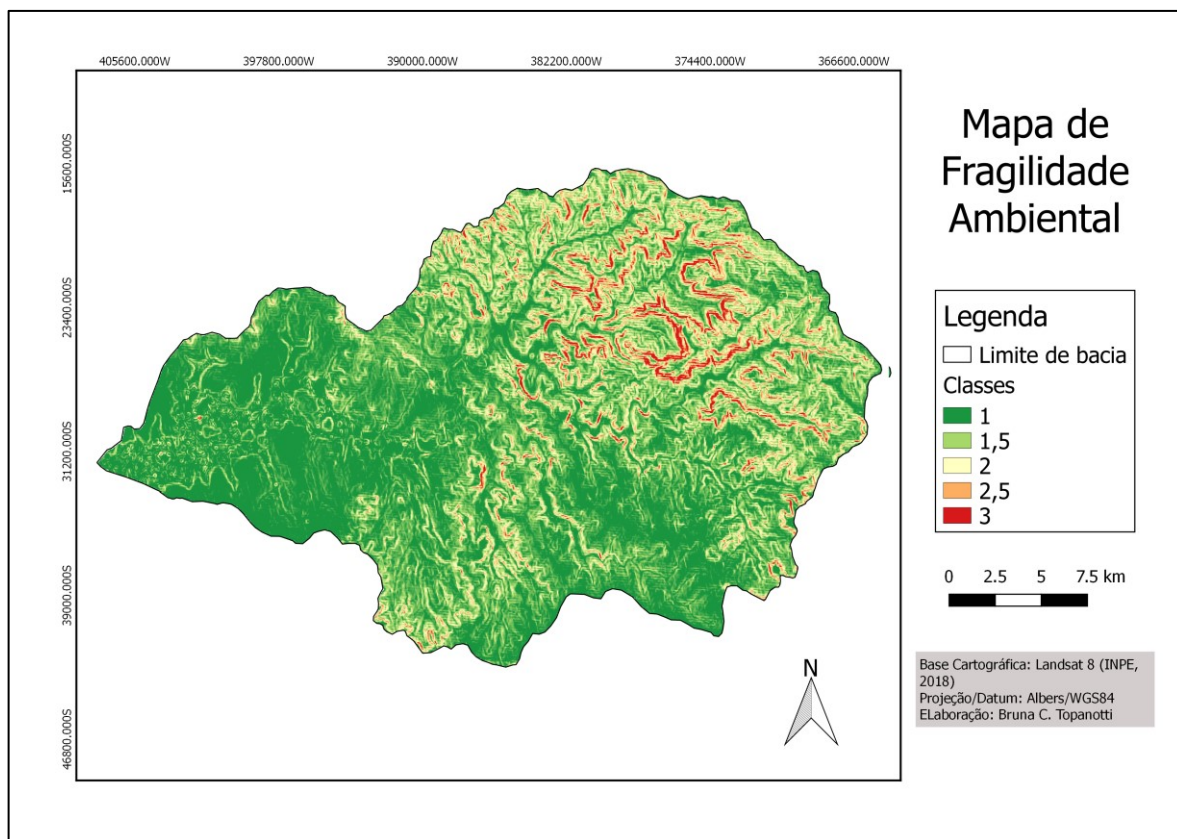


Figura 10 - Mapa de fragilidade ambiental

Fonte: Autoria própria

4.3 COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Sendo assim, de acordo com as características da bacia do rio Ocoy, percebe-se que a metodologia de Ross (1994) é a mais aplicável aos estudos. Isso se deve, principalmente, às faixas de classificação das declividades, uma vez que a variação na bacia é de 1,26 a 33,43%, e Ross (1994) as classifica em faixas dentro desses valores. Além disso, essas características da declividade tornaram a fragilidade emergente mais adequada com a situação da mesma, com classes mais equilibradas entre muito baixa, baixa e média vulnerabilidades.

Enquanto que, para Crepani (2001), as classificações de declividade são muito amplas, além de que houve predomínio apenas da classe de muito baixa vulnerabilidade no mapa de fragilidade ambiental. Entretanto, a metodologia de Crepani (2001) pode ser muito bem aplicada em áreas maiores, com mais diferença entre as declividades, fazendo com que a fragilidade gerada se encaixe nas respectivas características.

5 CONCLUSÃO

De maneira geral, a fragilidade emergente para Ross (1994), representou um equilíbrio entre a paisagem e a ocupação humana, com as classes de baixa/média vulnerabilidades em maioria. Contudo, a fragilidade ambiental de Crepani (2001), não representou coerentemente a relação entre os fatores de uso e paisagem. Para uma bacia com o tamanho e as características da bacia hidrográfica do rio Ocoy, a metodologia da Fragilidade Potencial Natural com Apoio em UTB's, não é muito bem aplicável.

A utilização do geoprocessamento para a elaboração de toda a base cartográfica, mesmo que trabalhosa e que demanda bastante tempo de trabalho, só acrescenta ao pesquisador e às geotecnologias, proporcionando diversas possibilidades relacionadas ao desenvolvimento de estudos posteriores somando assim à produção do conhecimento acadêmico e retorno a sociedade em geral.

Os procedimentos e mapeamentos apresentados neste trabalho possibilitaram uma análise mais detalhada com relação a disponibilidade e utilização dos recursos oferecidos pela bacia hidrográfica do rio Ocoy. Os resultados obtidos mostraram que algumas áreas devem ser monitoradas e fiscalizadas a fim de se evitar o uso intensivo agrícola e pastoril dos sistemas ambientais, além da expansão urbana desordenada. Também possibilitaram na contribuição como instrumento de planejamento ambiental de bacias hidrográficas e de municípios situados em outras áreas de proteção ambiental.

Para tanto, o estudo realizado pode ser utilizado em trabalhos futuros, relacionados ao manejo e restauração ambiental, hidrologia, planejamento urbano e ambiental, entre outros, com o intuito de contribuir e facilitar os mesmos.

6 REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Água. **Mapa de ações de gestão por bacias hidrográficas.** Brasília, 2006. Disponível em: http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/o-programa/antecedentes/1-2-2-mapa-de-acoes-de-gestao-por-bacias-hidrograficas_ana.pdf. Acesso em: 11 de maio de 2018.

ANTONELI, Valdemir; THOMAZ, Edivaldo Lopes. **Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR.** Revista Caminhos da Geografia, v. 8, n. 21, Uberlândia, p. 46-58, 2007.

BARTH, F. T.; BARBOSA, W. E. S. **Recursos Hídricos.** São Paulo, 46 p., 1999.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. **Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental.** Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do Estado do Paraná.** Legenda atualizada. Rio de Janeiro, Embrapa Florestas/Embrapa Solos/Instituto Agronômico do Paraná, 2008.

BONIFÁCIO, C. M. **Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapó, Norte do Paraná: proposta metodológica.** Maringá, 109 p., 2013.

BORDALLO, C. L. A. **A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos.** Belém: NUMA/UFPA, 1995.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias.** p. 95 – 109. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001.

Browner, C.M. **Watershed approach framework.** Washington: U. S. Environmental Protection Agency, 1996.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 345 p., 2001.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Apostila de Hidrologia.** Rio de Janeiro, 119 p., 2006.

CARVALHO, Thiago Morato de. **O uso de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 5, p. 85-93, 2004.

CHORLEY, Richard J. **Geomorphology and the general systems theory.** U.S. Geology Survey Prof. Paper, 10 p., 1962.

COATES, Donald. **Environmental Geomorphology**. Proceedings of Symposium State University. New York, Binghamton, 262 p., 1971.

COELHO, Maria Célia Nunes. **Impactos Ambientais em Áreas Urbanas**. In: GUERRA. Antônio José Teixeira; DA CUNHA, Sandra Baptista. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ª ed, p. 19-46, 2010.

CREPANI, Edison; Medeiros, José Simeão de; Hernandez Filho, Pedro; Florenzano, Tereza Gallotti; Duarte, Valdete. **Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 124 p., 2001. (INPE-8454-RPQ/722)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas; Embrapa Florestas, Colombo. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos / Serviço de Produção e Informação, 2013.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: Florenzano, Teresa Gallotti. (Org.). São Paulo: Editora Oficina de Textos, 318 p., 2008.

GALLOPIN, Gilberto. **El ambiente humano y planificación ambiental**. Centro Internacional de Formación em Ciencias del ambiente. Madri: Opiniones, Fascículos de Medio Ambiente, n. 1, 30 p., 1981.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2ª ed, 291 p., 1988.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização das bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 11ª ed, 474 p., 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de geomorfologia**. Manuais Técnicos em Geociências, Rio de Janeiro, n. 5, 2ª ed, 2009.

LEI FEDERAL (1997). Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília. Legislação Ambiental/MMA.

LEIS MUNICIPAIS. Plataforma on-line de gerenciamento de leis. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/>. Acesso em: 17 de outubro de 2018.

LI, Ainong. et al. **Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China**. Ecological Modeling, v. 192, p. 175-187, 2006.

LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. de M. C. **Microbacias na Região do Parque Estadual de Morro do Chapéu (PEMC): Um Modelo em SIG para Análise Ambiental**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, p. 2769-2776, 2007.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3ª Ed. Curitiba: Imprensa Oficial, UFPR, 350 p., 2002.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Malheiros Editores, 9 ed, 1312 p, 2001.

MAGALHÃES, V. L. **Potencial das imagens de satélite gratuitas para o mapeamento da bacia do Ocoy – Oeste do Pr**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.19.39>. Acesso em: 16 de abril de 2018.

NOGUEIRA, A. C. R. M. **Planejamento e Gestão Territorial: Uma Análise Sobre as Estratégias de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do Município de Maricá/RJ**. Rio de Janeiro, 2015.

PANIZZA, M. **Environmental geomorphology: developments in Earth surface processes 4**. Itália: Elsevier Science B.V., v. 4, 285 p., 1996.

Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3: Características Gerais da Bacia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Itaipu Binacional, Águasparaná e Comitê da Bacia Hidrográfica do Paraná 3. Cascavel, 2014. Disponível em: http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/Parana_3/plano_de_bacia/Produto_01_Caracteristicas_Gerais_da_Bacia_BP3_2014_v07_Final.pdf. Acesso em: 16 de abril de 2018.

ReCESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Princípios básicos de geoprocessamento para seu uso em saneamento**. Guia do profissional em treinamento. Transversal, nível 2, p. 10-80. Disponível em: <http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/principios-basicos-de-geoprocessamento.pdf>. Acesso em: 16 de abril de 2018.

ROSA, R. **Geotecnologias na geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, n. 16, p. 81-90, 2005.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, FFLCHUSP, São Paulo, n. 6, p. 17-30, 1993.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Ed. Contexto. 5 ed, 85 p, 2000.

ROSS, J. L. S., Kawakubo, F. S., Morato, R. G., Campos, K. C., Luchiari, A. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, p. 2203-2210, 2005.

ROYER, Ana Caroline. **Desempenho de classificadores de SIG em imagens Landsat-5 da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro – Oeste do PR, no ano de 1985.** Medianeira, 2017.

SANTOS, J. O. **Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos.** Fortaleza: Mercator, v. 14, n. 2, p. 75-90, 2015.

SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA). **Bacias hidrográficas do Paraná.** Curitiba, 2010. Disponível em: http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf. Acesso em: 16 de abril de 2018.

SLOCOMBE, D. S. **Environmental planning, ecosystem science, and ecosystem approaches for integrating environment and development.** Magazine Environmental Management, v. 3, p. 289-303, 1993.

SPÖRL; C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais.** 72 p. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SPÖRL; C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** São Paulo: GEOUSP - Espaço e Tempo, n. 15, p. 39-49, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: ABRH, 3 ed, 943 p., 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill, 245 p., 1975.

ZAPAROLI, F. C. M.; CREMON, É. H. **Análise comparativa entre quatro metodologias de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do ribeirão jangada, noroeste paulista.** In: VIII Simpósio de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Íbero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Íbero-Americano do Quaternário. Recife, Pernambuco, 2010.