

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO
Campus Rio Verde - GO

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SUDOESTE GOIANO

Guilherme Luiz da Silva

Rio Verde – GO
2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE.**

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM
UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SUDOESTE GOIANO**

GUILHERME LUIZ DA SILVA

Trabalho de Curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Câmpus
Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr. Lucas Peres Angelini

Rio Verde - GO
Julho, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S 586a Silva, Guilherme Luiz
Análise espaço-temporal da fragilidade ambiental
em uma bacia hidrográfica no sudoeste goiano /
Guilherme Luiz Silva; orientador Lucas Peres
Angelini. -- Rio Verde, 2022.
38 p.

TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Agricultura. 2. Desmatamento. 3.
Geoprocessamento. 4. SIG. I. Angelini, Lucas Peres,
orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Guilherme Luiz da Silva

Matrícula: 2017102200740556

Título do Trabalho: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SUDOESTE GOIANO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 08/08/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local Rio Verde, 08/08/2022.
Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 20/2022 - CCGRAD-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

No dia 04 de Agosto de 2022, às 14 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Lucas Peres Angelini (orientador), Wellington Donizete Guimarães (membro), Wilker Alves Morais (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SUDOESTE GOIANO” do estudante Guilherme Luiz da Silva, Matrícula nº 2017102200740556 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do Trabalho de Curso, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Lucas Peres Angelini

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Wellington Donizete Guimarães

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Wilker Alves Morais

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wilker Alves Morais**, 2017102320140165 - Discente, em 04/08/2022 15:40:45.
- **Wellington Donizete Guimaraes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/08/2022 15:35:08.
- **Lucas Peres Angelini**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/08/2022 15:33:34.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/08/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 412770

Código de Autenticação: 107e984c36



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Maria Neta e Juber
Cezar.
A minha avó Adalice de Souza.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as bênçãos e por mais essa conquista na minha vida.

Aos meus pais Maria Neta e Juber Cezar, por todo amor, incentivo, carinho, ensinamentos e compreensão nesses anos importantes da minha vida, por nunca medir esforços para que meus sonhos sejam concluídos.

Ao meu irmão Wesley Fernando que sempre me acompanhou nessa jornada, nunca me abandonou e teve muita paciência.

A minha avó Adalice de Souza que sempre me incentivou e orou pelo meu sucesso e meu bem.

A minha namorada Izabela Karoline e sua família, por sempre estar do meu lado e pelo amor, apoio, incentivo e companheirismo nesta etapa.

Ao meu amigo Gabriel Felipe, por todo companheirismo e conselhos nesses longos anos de amizade que mesmo longe fez parte dessa conquista.

Aos meus professores e orientadores, Lucas Angelini e Wellington Donizete, que sempre estive a disposição para me ajudar com muita paciência. Obrigado por tudo.

Aos meus colegas de sala, Jean Lucas, Geovana Alievi, Maria Antônia, Jair Jefersom e Isac Gonçalves pelo companheirismo e por fazer as manhãs melhores.

A todos meus professores nesse período no Instituto Federal Goiano, por todo ensinamento e paciência. Em especial ao professor Wilker por ter aceito participar da banca de defesa. Muito obrigado.

RESUMO

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SUDOESTE GOIANO

AUTOR: GUILHERME LUIZ DA SILVA

ORIENTADOR: LUCAS PERES ANGELINI

O cerrado é um dos bioma com maior ocupação do território nacional, sendo reconhecida como uma das savanas mais ricas do mundo. As substituições do cerrado por atividades agropecuárias na região da bacia hidrográfica do Rio Verdinho trouxeram impactos sobre o meio ambiente. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Verdinho utilizando a metodologia implantada por Ross (1994) e adaptada para a região, sendo utilizado o geoprocessamento e sistema de informação geográfica (SIG) para a geração e comparação dos mapas da fragilidade ambiental nos anos de 1985 e 2020. Utilizando o método de classificação para padronizar os mapas dando notas de 1 a 5 para cada variável. Para tal análise foi utilizado os seguintes parâmetros, declividade, clima e uso e cobertura do solo. Em 1985 o uso predominante era o de pastagens e formações não florestais, já em 2020 houve a mudança e o uso predominante é da agricultura. A bacia hidrográfica do Rio Verdinho com o decorrer dos anos teve sua fragilidade ambiental aumentada em certas áreas de até 66% devido a exploração do uso do solo, e também em algumas áreas protegidas por lei teve uma diminuição no grau de fragilidade ambiental em até 40%.

Palavras-chave: Agricultura. Desmatamento. Geoprocessamento. SIG.

ABSTRACT

SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN A WATER BASIN IN SOUTHWEST GOIANO

AUTHOR: GUILHERME LUIZ DA SILVA

ADVISOR: LUCAS PERES ANGELINI

The cerrado is one of the most occupied biomes in the national territory, being recognized as one of the richest savannas in the world. The substitution of the cerrado for agricultural activities in the region of the Verdinho River watershed brought impacts on the environment. The present work aims to carry out an assessment of environmental fragility in the Verdinho River basin using the methodology implemented by Ross (1994) and adapted by some authors, using geoprocessing and geographic information system (GIS) to generate and compare of the maps of environmental fragility in the years 1985 and 2020. Using the classification method to standardize the maps, giving scores from 1 to 5 for each variable. For this analysis, the parameters of slope, climate and land use and cover were used. In 1985 the predominant use was pastures and non-forest formations, in 2020 there was a change and the predominant use is agriculture. The watershed of Verdinho River over the years had its environmental fragility increased in certain areas by up to 66% due to the exploitation of land use, and also in some areas protected by law it had a decrease in the degree of environmental fragility by up to 40 %.

Keywords: Agriculture. Logging. Geoprocessing. GIS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil	16
FIGURA 2: Esquema utilizado para o mapeamento da fragilidade da bacia	18
FIGURA 3: Mapa da fragilidade em relação a declividade da área da bacia hidrográfica	24
FIGURA 4: Mapa da fragilidade da bacia em relação ao clima da região	25
FIGURA 5: Mapa de cobertura e uso do solo na bacia no ano de 1985	26
FIGURA 6: Mapa de cobertura e uso do solo na bacia no ano de 2020	27
FIGURA 7: Mapa da fragilidade em relação ao uso e cobertura do solo nos anos de 1985 e 2020	29
FIGURA 8: Mapa da fragilidade ambiental da bacia no ano de 1985	30
FIGURA 9: Mapa da fragilidade ambiental da bacia no ano de 2020	30
FIGURA 10: Mapa da porcentagem da fragilidade ambiental na bacia	31
FIGURA 11: Área onde teve aumento da fragilidade ambiental na bacia, esquerda ano de 1985 e direita ano de 2020	32
FIGURA 12: Área onde teve diminuição da fragilidade ambiental na bacia, esquerda ano de 1985 e direita ano de 2020	32

LISTAS DE TABELAS

TABELA 1 – Área de cada município na Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho	16
TABELA 2: Fragilidade das classes de declividade segundo Franco (2012)	19
TABELA 3: Fragilidade das classes de uso e cobertura do solo	20
TABELA 4: Níveis de fragilidade dos climas nas regiões brasileiras	21
TABELA 5: Distribuição de cada classes e sua área da bacia hidrográfica do Rio Verdinho ..	24
TABELA 6: Classificação das áreas em relação ao tipo de uso e cobertura do solo na BHRV .	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos	14
1.1.1. Objetivo Geral	14
1.1.2. Objetivo Específicos.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Caracterização da área: Rio Verde - Goiás	14
2.2. Fragilidade Ambiental	16
2.3. Geoprocessamento aplicado a análises ambientais	17
2.4. Geoprocessamento: SIG	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Localização da área da bacia	18
3.2. Materiais	20
3.3. Metodologia	20
3.3.1. Projeção da Bacia.....	21
3.3.2. Elaboração de Mapas.....	21
3.3.3. Mapa da Declividade	22
3.3.4. Mapa do Uso e Cobertura do solo	23
3.3.5. Mapa do Clima	24
3.3.6. Mapa Final da Fragilidade Ambiental	26
3.3.7. Mapa da Porcentagem da Fragilidade Ambiental na Bacia.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado está na mesma faixa latitudinal de outras importantes savanas tropicais no mundo distribuídas na África, Ásia e Oceania (GOEDERT et al., 2008). Entretanto se diferencia dos demais, em razão da alta riqueza de espécies de vegetação e alta diversidade espacial, sendo características que contribuem para sua classificação como a savana tropical mais biodiversa do mundo (STRASSBURG et al., 2017). O cerrado está localizado basicamente no Planalto Central do Brasil, sendo o segundo maior bioma do país em área, superado apenas pela Floresta Amazônica, abrangendo uma área contínua dos estados de Goiás, Tocantins, Distrito Federal e parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo (RIBEIRO E WALTER, 2008).

O termo “cerrado: o berço das águas do Brasil” passou a ser utilizado por diversos autores, devido a sua rede de drenagem ser um dos principais elementos dessas bacias e pelo fato do domínio morfoclimático do cerrado abrigar importantes nascentes de grandes rios, sendo eles divisores de águas das principais Bacias Hidrográficas brasileiras (SOUZA et al., 2019).

O cerrado ocupa cerca de 204 milhões de hectares, dos quais restam aproximadamente 20% da área total em decorrência do crescimento acelerado da agricultura, tornando o cerrado o sistema ambiental brasileiro que mais sofreu alterações com a ocupação humana (EMATER, 2009). Tal crescimento surgiu a partir das décadas de setenta e oitenta onde houveram a expansão das fronteiras agrícolas, nesse período a agricultura em solos do cerrado exatamente em 1985 mostrou um crescimento de 10 pontos percentuais acima da mesma marca em 1970 (CUNHA et al., 1993).

As análises de avaliação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas, sendo baseadas em fatores como o solo, o potencial de erosão causados pelas chuvas, a declividade e a cobertura vegetal, são necessárias para o planejamento ambiental da bacia. O conhecimento dos níveis de fragilidade presentes em uma bacia hidrográfica, por meio da agregação de diversas variáveis que pode interferir nas potencialidades dos recursos naturais, possibilita compreender a realidade e obter uma visão mais clara sobre quais são as opções mais adequadas para o uso da terra (SPÖRL, 2001).

Os estudos sobre a fragilidade ambiental têm como objetivo fazer identificações no ambiente, tornando claro as características da vulnerabilidade aos processos antrópicos. Então tem-se a necessidade de quantificar a relação desses processos em questão ambiental, utilizando métodos de avaliação da fragilidade ambiental permitindo observar os graus dos danos

ambientais e contribuir com o planejamento para a adequação do uso e ocupação da terra, visando na minimização dos futuros problemas ambientais (VASCONCELLOS, 2013). Dessa forma, podendo mostrar e evitar que ocorra alterações que podem acarretar em efeitos diretos e indiretos, produzindo em impactos cumulativos, transmudando inteiramente as condições econômicas e sociais da região (CAMPOS, 2018).

Parte das áreas da bacia em pesquisa vem sendo alterada nesses últimos anos em diferentes usos, como pastagens que é um recurso de grandes produtores locais (ALVES et al., 2019). Faz se necessário o estudo da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica como forma de uma ferramenta para ajudar nas ações que minimizam os prejuízos e riscos causados na população, e fornecer alternativas para preservar os recursos naturais que a região oferece.

Outro aspecto que contribuiu para a justificativa deste estudo, é a devida importância da bacia hidrográfica do Rio Verdinho para a região Sudoeste de Goiás e principalmente porque a bacia estudada possui um projeto em andamento para ser utilizada na demanda hídrica da população urbana de Rio Verde Goiás.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar espaço-temporalmente a evolução da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho, salientando os locais onde ocorreram as maiores alterações no grau de fragilidade ambiental, em relação ao uso e cobertura do solo.

1.1.2. Objetivo Específicos

Avaliar a mudança espaço-temporal do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica; Identificar as principais áreas de fragilidade; Categorizar os níveis de fragilidade ambiental presentes na Bacia Hidrográfica estudada; Elaborar uma síntese do grau de fragilidade ambiental multitemporal da Bacia estudada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização da área: Rio Verde - Goiás

O município de Rio Verde está localizado no Sudoeste Goiano, na região Centro-Oeste do Brasil, é uma das cidades mais antigas de Goiás, fundada em 1854, sendo hoje a quarta maior cidade de Goiás. Segundo Prado e Santos (2017), Rio Verde possui uma taxa de crescimento urbano que chega a 7,3% ao ano, cerca de 77 ha/ano. A taxa de crescimento populacional chega a 1,77% ao ano, cerca de 3.841 habitantes/ano. O crescimento da cidade se deve ao fato da chegada de grandes empresas, dentre elas podemos citar a COMIGO, BRF, SIOL, Refrigerantes Rinco, Videoplast, Brasilata, entre outras.

É uma cidade com boas características topográficas, edafoclimáticas, cuja atividade econômica esteve sempre ligada à agricultura e, mais recentemente, à agroindústria. Inicialmente, a principal atividade econômica era a criação de gado, a partir da década de 1960, a região do município de Rio Verde teve um desenvolvimento agrícola, que ficou conhecida como a modernização da agricultura.

A agricultura no município de Rio Verde foi beneficiada por diversas políticas públicas de expansão da fronteira agrícola no estado, por já possuir uma tendência para a agropecuária, além de possuir características proveitoso, como solo e clima, se tornando um expoente em Goiás e no Brasil, chegando a ser chamada de “A capital do agronegócio” (GUIMARÃES, 2010).

Com a quebra de safra no Centro-Sul brasileiro, Goiás passou a ser o segundo maior produtor de soja do Brasil na temporada de 2021/2022, com 16 milhões de toneladas, conforme a estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). A produtividade média esperada é de 3.958 kg/hectare (65,9 sacas), em uma área de quatro milhões de hectares (FAVERIN, 2022).

Em Rio Verde a soja foi introduzida em áreas que antes eram cultivadas por milho, arroz, pastagem e algodão, além de outras atividades, se tornando o principal produto de grandes e pequenas empresas rurais na região (MORAES, 2006). Segundo o IBGE em 2022 o município de Rio Verde foi o principal produtor de soja goiano, totalizando mais de 1,4 milhão de toneladas de soja.

O município de Rio Verde fica localizado na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, ou seja, uma bacia de grande porte, a bacia é cortada por nove grandes rios, e que compreende vários estados brasileiros, como o de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal.

No município de Rio Verde possui 15 ottobacias, sendo elas: Região hidrográfica Foz Rio Verdinho/Rib. Monte Alegre; Bacia hidrográfica do Rio Verdinho; Região hidrográfica Foz Rio S. Tomaz; Região hidrográfica Foz Rib. Monte Alegre/ Rio Ponte de Pedra; Bacia hidrográfica Rio Ponde de Pedra; Região hidrográfica a montante Foz Rio Ponte de Pedra;

Bacia hidrográfica Rib. Monte Alegre; Bacia hidrográfica Rio Doce; Bacia hidrográfica Rio S. Tomaz; Região hidrográfica Foz Rio Verdão/ Rio S. Tomaz; Região hidrográfica a montante Rib. Foz João Pinto; Região hidrográfica a montante Foz Corr. Poca; Bacia hidrográfica Corr. Poca; Bacia hidrográfica Corr. Água Limpa; Região hidrográfica Foz Corr. Água Limpa/ Corr. Poca.

A região de Rio Verde possui uma paisagem dominante caracterizada por extensos chapadões modelados em arenitos e basaltos, e uma vegetação natural do Cerrado. A maior parte dos solos é um resultado da decomposição dos arenitos das chapadas presentes na região. O município possui um clima quente e semiúmido e apresenta estações bem definidas: Seca (de maio a outubro) e chuvosa (novembro a abril).

2.2. Fragilidade Ambiental

A crescente industrialização concentrada em cidades, a mecanização da agricultura em sistema de monocultura, a generalizada implantação de pastagens, a intensa exploração de recursos energéticos e matérias-primas como o carvão mineral, entre outros, tem alterado de modo irreversível o cenário do planeta, tendo uma maior frequência a processos degenerativos profundos da natureza. Sendo assim levando grandes consequências no agravamento da fragilidade ambiental (ROSS, 1994).

A análise da fragilidade ambiental é precedida por uma classificação ou organização de todos os elementos que faz parte da porção do espaço da área a ser estudada, sendo importante considerar os enfoques naturais e principalmente os antrópicos. Portanto, fazendo com que o estudo da vulnerabilidade da área em questão transite em itens como grau de uso antrópico, relevo da área, uso e ocupação do solo, vegetação (CRUZ, 2010).

Ter o conhecimento dos níveis de fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica, por meio da adaptação das possíveis variáveis que interferem na capacidade dos recursos naturais do local, possibilita compreender a realidade e ter uma visão mais clara sobre o uso e ocupação da terra na bacia estudada (SPÖRL, 2001).

É fundamental que se tenha uma abordagem completa das variáveis do ambiente, envolvendo os diversos aspectos do meio físico e biológico, avaliando os mecanismos que interferem nas constantes mudanças que nelas ocorrem, e constatando os graus de degradação das áreas de estudo, como sua fragilidade ambiental natural ou ação antrópica (GHEZZI E SANTOS, 1999).

O estudo da fragilidade ambiental potencial, pode-se ter uma referência para o seu grau de proteção necessária, visando o equilíbrio do ambiente estudado. Segundo Ross (1994), não considera a cobertura vegetal presente, indicando, portanto, a fragilidade em função do seu potencial indicado pelo tipo de solo e declividade. Por outro lado, a fragilidade ambiental emergente, indica qual o seu grau de proteção que a cobertura vegetal presente está oferecendo a determinadas áreas. Fazendo a comparação do grau de fragilidade potencial, tem-se um panorama da interferência antrópica no ambiente estudado (ROSS, 1994).

O estudo da fragilidade ambiental, determina se a vulnerabilidade de um ambiente a algum tipo de uso ou ocupação, seja devido a alguma forma de exploração, quer seja em decorrência de fatores naturais. Seu estudo objetiva observar como um ambiente, que naturalmente pode apresentar graus de fragilidade diferentes, se comporta ou pode vir a se comportar com o início da interferência humana (GHEZZI, 2003).

Com a análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio São João de Tiba no sul da Bahia obteve um resultado que aponta que as atividades antrópicas acentuaram os níveis de fragilidade em áreas propensas a movimentos de encostas, com maior ocorrência de processos erosivos devido à maior susceptibilidade erosiva, sendo que esses problemas são agravados pelo uso do solo (ALMEIDA TEIXEIRA, 2021).

A fragilidade ambiental é um importante instrumento para o planejamento e gestão ambiental, principalmente nas bacias hidrográficas, identificando locais onde precisa de mais atenção para o monitoramento ambiental dos recursos naturais (SAMPAIO E PINTO, 2019). O método proposto por Ross constatou resultados satisfatórios e atendeu os objetivos, sendo uma metodologia bastante consolidada e muito utilizada em várias bacias hidrográficas (DOS SANTOS E MARCHIORO, 2020).

2.3. Geoprocessamento aplicado a análises ambientais

Entende-se por sensoriamento remoto a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos e ferramentas (hardwares e softwares) para o processamento de dados, tendo como objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e a superfície da terra (NOVO, 1995).

Existem várias definições de sensoriamento remoto para alguns autores. Para Novo (1998), cita que o sensoriamento remoto pode ser conceituado como sendo a aquisição de informações de objetos na superfície da terra, por meio de um sensor, sem que este sensor mantenha contato físico com o local estudado.

Segundo Florenzano (2005), obtiveram avanços com os novos sensores remotos, produzindo dados com melhores resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, possibilitando mapear, medir e estudar fenômenos geomorfológicos e ambientais, com rapidez e precisão. Esses dados permitem a visualização do espaço geográfico em três dimensões, por meio da utilização de um SIG conseguem obter automaticamente variáveis morfométricas, tais como: altitude, declividade, orientação de vertentes, dados importantes para estudos ambientais.

2.4. Geoprocessamento: SIG

Como o sensoriamento remoto o geoprocessamento tem algumas definições. Para Câmara e Medeiros (1996), o termo geoprocessamento indica a área do conhecimento que utiliza dados matemáticos e computacionais para a manipulação de informações geográficas.

O geoprocessamento envolve diferentes tecnológicas de processamento e manipulação de dados geográficos, por meio de softwares, tecnologias como Sensoriamento Remoto, o uso de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informações Geográficas (CARVALHO et al., 2000).

Para Souza (2005) o geoprocessamento ele tem como objetivo fornecer suporte computacional e tecnológico para a determinação de mudanças espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e as interações entre os diferentes fenômenos.

Apresenta importante aplicação para análises de fragilidade ambiental em determinada área utilizando técnicas do geoprocessamento, contribuindo para o manejo florestal, preservação permanente, monitoramento de impactos ambientais, agricultura, etc., fornecendo importantes informações ambientais necessárias ao apoio de decisões nas etapas de planejamento (LEMKE et al., 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização da área da bacia

A bacia hidrográfica do Rio Verdinho está localizada na região sudoeste do estado de Goiás, representada na figura 1, ela possui uma área de aproximadamente 161.166,04 ha. Está

presente nos municípios de Rio Verde e Santo Antônio da Barra, como podemos ver na tabela 1. Sendo que sua maior parte fica localizada em Rio Verde com um percentual de 92,22% de sua área e em Santo Antônio da Barra um percentual de 7,78%.

Tabela 1 – Área de cada município na Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho.

Município	Área total da Bacia nos municípios (ha)
Rio Verde	148.630,021
Santo Antônio da Barra	12.536,019
Total	161.166,04

Organização: Próprio autor, 2022.

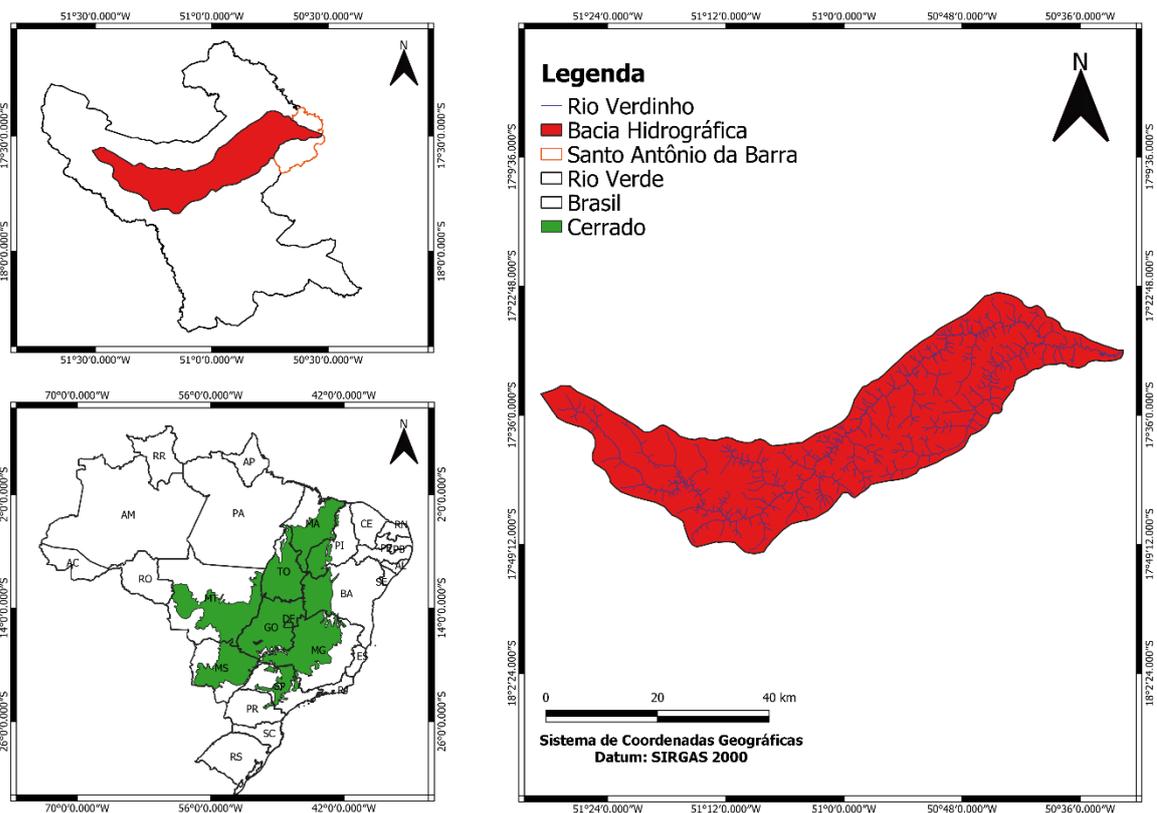


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A bacia hidrográfica (BH) encontra-se entre as coordenadas geográficas 17°29'20,40"S/50°31'37,20"O e 17°33'50,40"S/51°30'46,80"O, região com dominância de chapadões centrais recobertos por cerrados, cerradões e formações campestres. Sua região possui clima com estações definidas, entre maio a outubro um período de seca, novembro a abril um período chuvoso, uma região que possui boas características para o crescimento da agricultura (RIO VERDE, 2021).

3.2. Materiais

Para a elaboração da fragilidade ambiental neste presente trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Software computacionais para mapeamento: QGIS;
- Arquivos em formato shapefile disponibilizados em sites gratuitos como Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG);
- Imagens de satélite com projeção UTM, sistema geodésico SIRGAS2000 (EPSG 31982);
- Modelo digital de elevação, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de Goiás;
- Cobertura e uso do solo mapeados pelo site MapBiomas;
- Modelo de classificação climática Koppen disponibilizado pelo site do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - (IPEF).

3.3. Metodologia

A metodologia utilizada baseia-se em uma análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, proposta por Ross em 1994 e adaptado pelo os seguintes autores, Ferreira (2021), Franco (2012), Souza, Costa e Carvalho (2011) e Massa (2012). Essa metodologia consiste em estudos de geoprocessamento sobre o relevo, clima e o uso da terra e cobertura vegetal.

As informações obtidas foram analisadas de forma integrada criando um produto, onde o mesmo mostrará a evolução do seu grau de fragilidade ambiental que a bacia hidrográfica do Rio Verdinho (BHRV) sofreu ao longo dos anos, isso levando em conta suas características naturais e antrópicos.

Utilizando métodos de levantamentos bibliográficos e gerando produtos cartográficos foi possível realizar o processo de mapeamento do estudo, a avaliação dos resultados encontrados é definida como pesos para cada tipo de variável utilizada. Sendo assim os parâmetros pode apresentar-se como, muito baixa, baixa, intermediário, alta e muito alta, ou através de valores numéricos que varia entre 1 a 5. O mapa final da fragilidade ambiental é o

cruzamento de dados que vamos conseguir comparar o quão a fragilidade ambiental aumentou, ou seja, é a soma das variáveis (tipo de uso e cobertura do solo, declividade) que mostrará a área média final.

3.3.1. Projeção da Bacia

Com o arquivo baixado no SIEG da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, foi possível encontrar quais os municípios que fazem parte da bacia, utilizando o arquivo vetorial (shapefile) do estado de Goiás, fazendo um recorte usando a bacia como base.

Todo processo de mapeamento foi realizado no QGIS, que é um software gratuito com aplicação de SIG (Sistema de Informações Geográficas), que possui um ótimo desempenho e ferramentas que facilita todo procedimento.

3.3.2. Elaboração de Mapas

Todos os mapas realizados foram obtidos após o procedimento de recorte, tendo como arquivo de base os limites da Bacia Hidrográfica estudada.

O arquivo da bacia foi baixado do site SIEG com o nome de Otto bacias hidrográficas, onde foi possível encontrar todas as bacias presentes no estado de Goiás. A elaboração dos mapas de fragilidade ambiental foi conforme um esquema (figura 02) do autor Ferreira (2021b), que foi adaptado de um conjunto de autores Franco et. al. (2012), Souza, Costa e Carvalho (2011) e Massa e Ross (2012). A escolha desse método é pelo fato que trabalhando parcialmente dividindo as camadas e a partir delas ir criando outras, torna no final um produto com o mínimo de erros.

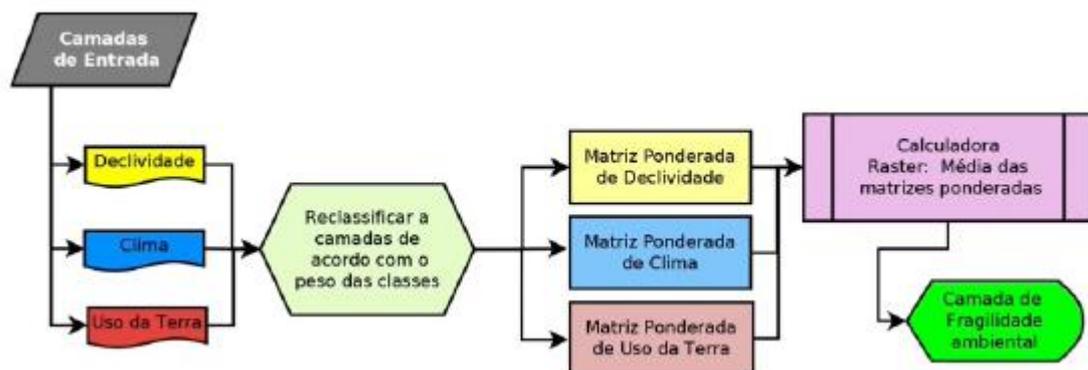


Figura 2: Esquema utilizado para o mapeamento da fragilidade da bacia.

Fonte: Ferreira (2021b).

Logo após fazer o download do arquivo, a princípio foi realizado o recorte da área estudada onde obteve a delimitação completa da bacia hidrográfica do Rio Verdinho (BHRV). Logo, facilitando as confecções dos mapas de fragilidade.

3.3.3. Mapa da Declividade

Segundo Padilha (2008), a declividade é um fator muito importante para análise no estudo da fragilidade, pois os processos erosivos podem contribuir acelerando futuros problemas na bacia hidrográfica. Porém que esse fator não se analisa isoladamente, precisa ser combinado com outros fatores (tipo de uso e ocupação do solo), para ter uma melhor precisão nos resultados encontrados da fragilidade ambiental na área estudada.

Neste trabalho utilizou-se a adaptação da classificação de Franco et. al. (2012), por ser uma referência, sendo assim a fragilidade é dividida em 5 classes (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto), (Tabela 2).

Tabela 2: Fragilidade das classes de declividade segundo Franco (2012)

Classes de Declividade		Classes de Fragilidade
Até 3%	Plano	Muito Baixo
De 3 a 8%	Suave Ondulado	Baixo
De 8 a 20%	Ondulado	Médio
De 20 a 45%	Forte ondulado	Alto
De 45 a 75%	Montanhoso	Muito Alto
Maior que 75%	Escarpado	Muito Alto

Fonte: Adaptado de Franco et. Al. (2012).

Na confecção do mapa foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) baixado do site SIEG, quando realiza o download do arquivo ele vem com o estado completo escolhido, portanto utilizando o limite da bacia hidrográfica pôde ser feito o recorte do MDE da área estudada.

Segundo De Biasi (1992), para encontrar os dados de declividade baseia-se na fórmula seguinte:

$$D = \frac{nx100}{E}$$

Onde:

D= Declividade, em porcentagem;

n = Diferença de níveis;

E = Espaçamento entre as curvas de níveis (horizontal).

O mapa foi elaborado utilizando o comando Declividade, onde se permite calcular a declividade em percentuais e utilizando o arquivo SRTM que possui as elevações da região estudada, isso resulta em um arquivo de declividades percentuais. Logo após foi confeccionado o mapa final padronizando nos pesos de 1 a 5. Para finalizar o mapa foi utilizado o comando reclassificar por tabela e adicionando o arquivo em percentual como base de entrada. Mostrado na Tabela 2.

3.3.4. Mapa do Uso e Cobertura do solo

A análise do uso e ocupação da terra foram utilizados imagem de satélite, as quais qualquer pessoa tenha acesso pelo site do MapBiomias. Justifica-se a escolha pelo site do MapBiomias pelo fato de ser uma imagem com alta qualidade e por ser atualizada anualmente.

A metodologia utilizada para a classificação da fragilidade ambiental é conforme o de Ross (1994) e adaptado pelos autores Souza, Costa e Carvalho (2011), onde se tem 5 classes de fragilidade, representado na tabela 03.

Tabela 3: Fragilidade das classes de uso e cobertura do solo

Classes do MapBiomias	Tipos de uso e cobertura do solo	Peso da fragilidade	Fragilidade
Floresta	Florestas Ombrófila Densa Aluvial; Associação de Floresta ombrófila aberta com palmeiras com floresta ombrófila densa aluvial; Floresta ombrófila aberta com palmeiras; etc.	1	Muito Baixa
Formação Natural não Florestal	Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo; Vegetação secundária (capoeira); Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo/arbóreo); etc.	2	Baixa
Agropecuária	Associação de vegetação secundária com área cultivada.	3	Média
	Área cultivada, Pastagem.	4	Alta

Área não vegetada	Extração mineral; Áreas urbanas, povoados, estruturas associadas, Corpo de água, Areia.	5	Muito Alta
Corpos d'água	Extração mineral; Áreas urbanas, povoados, estruturas associadas, Corpo de água, Areia.	5	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Souza, Costa e Carvalho (2011).

Para realizar o mapa do uso e cobertura do solo de 1985 e 2020 foi feito o download do arquivo no site do MapBiomas e também o download do arquivo para utilizar como modelo de reclassificação, sendo possível identificar cada área e seu determinado uso. Utilizando o comando reclassificar por tabela e o arquivo do MapBiomas, foi possível realizar o mapa da fragilidade de ambos os anos, afim de compará-los.

3.3.5. Mapa do Clima

Um fator muito importante para analisar a fragilidade da BH é o clima, onde suas características somadas com outros fatores podem trazer bastante problemas. Para essa análise é utilizado o modelo de classificação climática Koppen da bacia. O plano de informação da classificação foi retirado do site gratuito da IPEF – Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais.

A região do estado de Goiás tem como características um clima tropical, sendo um período seco entre 3 a 6 meses e uma alta concentração de chuva entre o final do ano e o início, se enquadrando na classe de clima AW. Na tabela 4 mostra os pesos da fragilidade conforme todas as classes das regiões brasileiras.

Tabela 4: Níveis de fragilidade dos climas nas regiões brasileiras

Classes de clima	Situação da precipitação pluviométrica	Fragilidade
Cwa	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses.	Média
Am	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.	Baixa
Af	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano.	Muito Alta
Cfa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.	Baixa

Cwb	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.	Média
Csb	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.	Média
Csa	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.	Média
Cfb	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.	Baixa
Bsh	Comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).	Muito Alta
As	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.	Alta
Cwc	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.	Alta
Aw	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.	Alta

Fonte: Adaptado de Massa e Ross (2012).

Utilizando o arquivo baixado do site IPEF, temos todos os tipos de clima do Brasil, sendo possível diferenciar todas as regiões. Após o download do arquivo foi feito o recorte utilizando a área da bacia como entrada, assim finalizando o mapa do clima. Com a tabela 3 foi possível saber qual o nível da fragilidade em relação ao clima.

3.3.6. Mapa Final da Fragilidade Ambiental

Após realizar o mapeamento dos parâmetros estudados podemos observar os valores em cada pixel do mapa nas matrizes, sendo possível ver o nível de fragilidade de cada parâmetro. Para realizar o mapa final da fragilidade ambiental foi utilizado o comando calculadora raster no QGIS, onde é capaz de fazer a soma e divisão, ou seja, realizar a álgebra de mapas.

Na calculadora raster foi feito o ponderamento dos mapas confeccionados. Para o mapa da fragilidade do ano de 1985 foi utilizado os mapas do clima, declividade e o mapa de uso e cobertura do solo de 1985. Para o mapa da fragilidade de 2020 foi utilizado os mapas de clima, declividade e uso e cobertura do solo de 2020. Os mapas foram somados e divididos por 3.

Por fim foi gerado os dois mapas da fragilidade ambiental da bacia do Rio Verdinho dos anos de 1985 e 2020, sendo possível realizar a análise e verificar o quanto a fragilidade ambiental aumentou nesse período.

3.3.7. Mapa da Porcentagem da Fragilidade Ambiental na Bacia

Para analisar qual foi a porcentagem que aumentou e diminuiu da fragilidade ambiental na bacia do Rio Verdinho, foi feito o mapa da porcentagem utilizando como base os mapas finais da fragilidade nos anos de 1985 e 2020.

O mapa foi feito no QGIS utilizando o comando de calculadora raster para fazer a álgebra de mapas e utilizando os mapas finais da fragilidade ambiental nos anos de 1985 e 2020. Na calculadora foi usada a seguinte fórmula:

$$\text{Porcentagem} = \left(\frac{\text{Fragilidade 2020} - \text{Fragilidade 1985}}{\text{Fragilidade 1985}} \right) \times 100$$

Executando essa fórmula na calculadora raster, foi possível confeccionar o mapa da porcentagem da fragilidade ambiental e analisar cada área e estabelecer se aumentou ou diminuiu.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Rio Verdinho possui uma extensão de aproximadamente 161.166,04 ha. Deste modo com a realização do mapeamento e padronização dos parâmetros estudados é possível observar que com o passar dos anos a bacia estudada passou por um grande

aumento no uso do solo, devido a suas características e clima da região, sendo uma grande parte deste uso e cobertura destinada à agricultura, características essas que favorece a agricultura e o plantio.

Com o mapa da declividade podemos observar que a bacia hidrográfica possui uma grande área pertencente a classe suave ondulada e plano. A bacia possui poucos locais montanhosos tornando uma área com fragilidade baixa em relação a sua declividade, como podemos ver na figura 3.

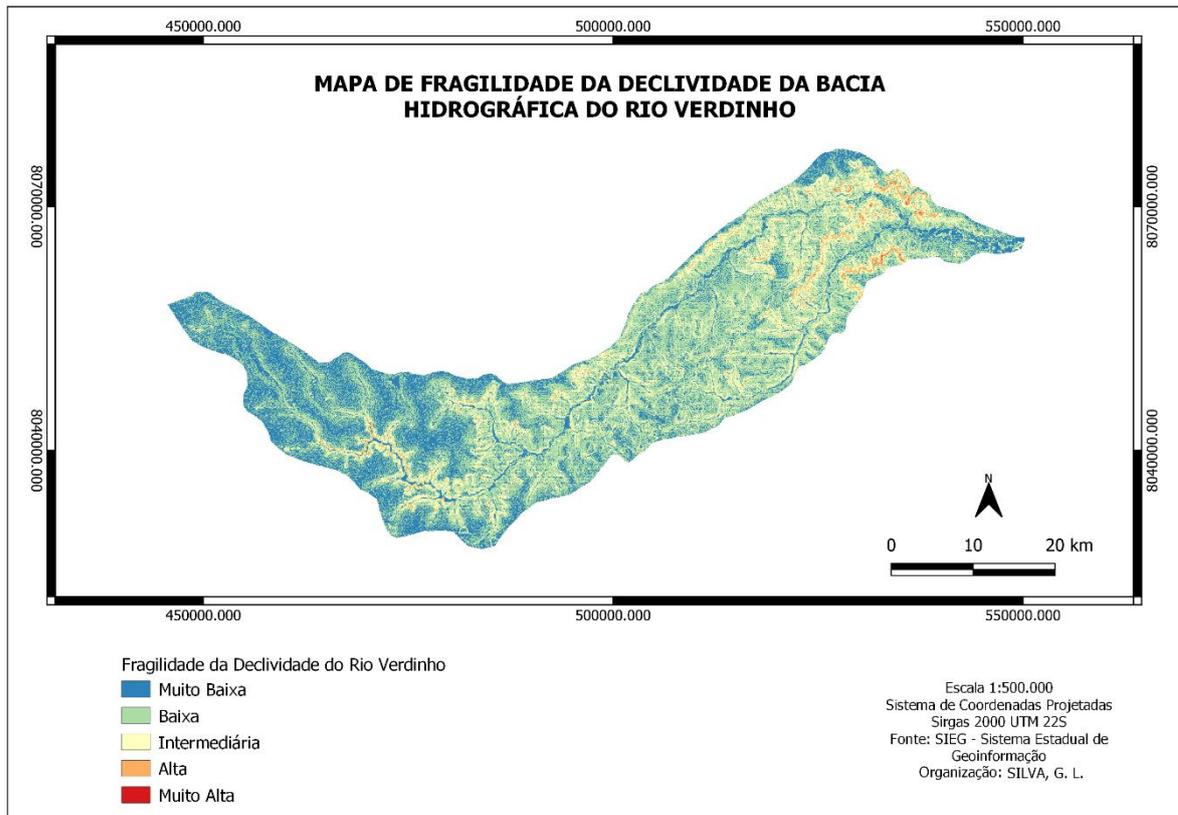


Figura 3: Mapa da fragilidade em relação a declividade da área da bacia hidrográfica
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021)

A bacia hidrográfica do Rio Verdinho possui uma declividade onde a classe que prevalece na região é a suave ondulada com 50% de toda a área da bacia, em sequência vem a classe plana que possui cerca de 27,96% e a ondulada com 20,32%. A região da bacia possui poucas áreas montanhosas com apenas 64,03 ha, como podemos observar na tabela 5.

Tabela 5: Distribuição de cada classes e sua área da bacia hidrográfica do Rio Verdinho

Declividade por Área	ID	Área da Bacia (ha)	Porcentagem na Bacia (%)
1 – 3% Plano	1	44.779,53	27,96
3 – 8% Suave ondulado	2	80.082,72	50,00

8 – 20% Ondulado	3	32.545,87	20,32
20 – 45% Forte ondulado	4	2.696,59	1,68
45 – 75% Montanhoso	5	64,03	0,04
>75% Escarpado	6	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Quanto ao clima, a bacia está localizada em uma região onde sua situação climática é enquadrada no tipo AW clima tropical, ou seja, a precipitação é desigual, sua característica é meses com alto volume de precipitação e meses com um período de seca. Podemos observar na figura 4, que por ser desigual resulta que sua fragilidade seja classificada alta.

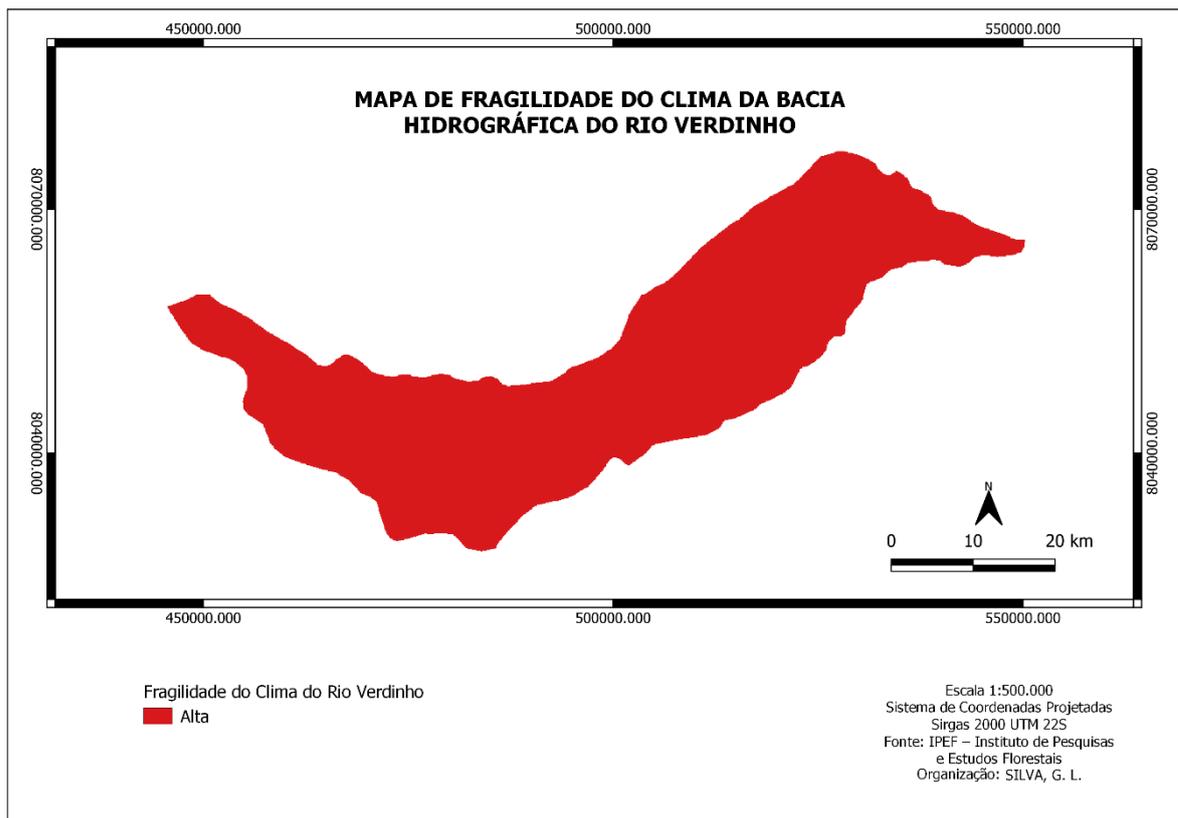


Figura 4: Mapa da bacia em relação ao clima da região

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021)

Como já foi mencionado no trabalho, a exploração do uso do solo da bacia hidrográfica do Rio Verdinho aumentou consideravelmente. O uso do solo que predominava em 1985 era a área de pastagens e outras formações não florestais, como podemos observar na figura 5.

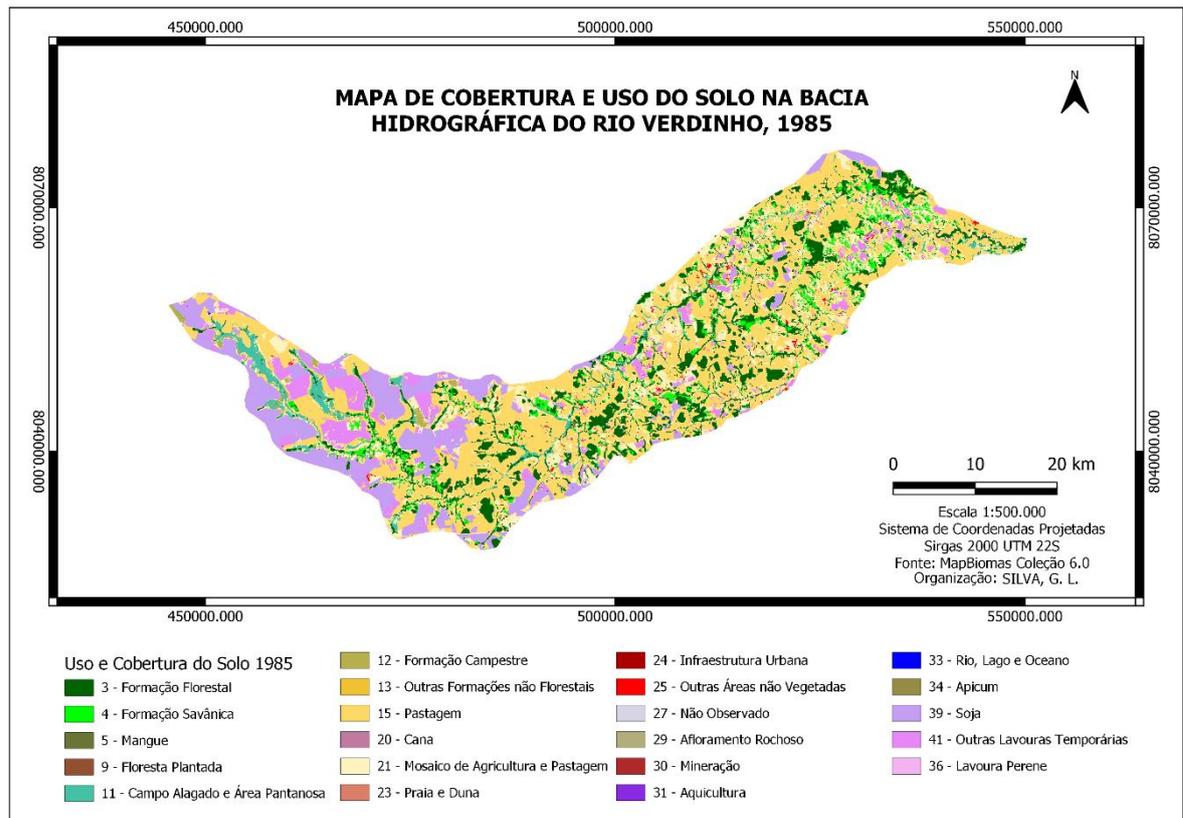


Figura 5: Mapa de cobertura e uso do solo na bacia no ano de 1985

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021)

Com a figura 6 podemos ver o quão a exploração da bacia aumentou em 35 anos. Agora em 2020, a área predominante é a de culturas agrícolas, onde tem a soja como sua principal representante. A pastagens e outras formações não florestais ainda é presente na bacia sendo a segunda predominantes.

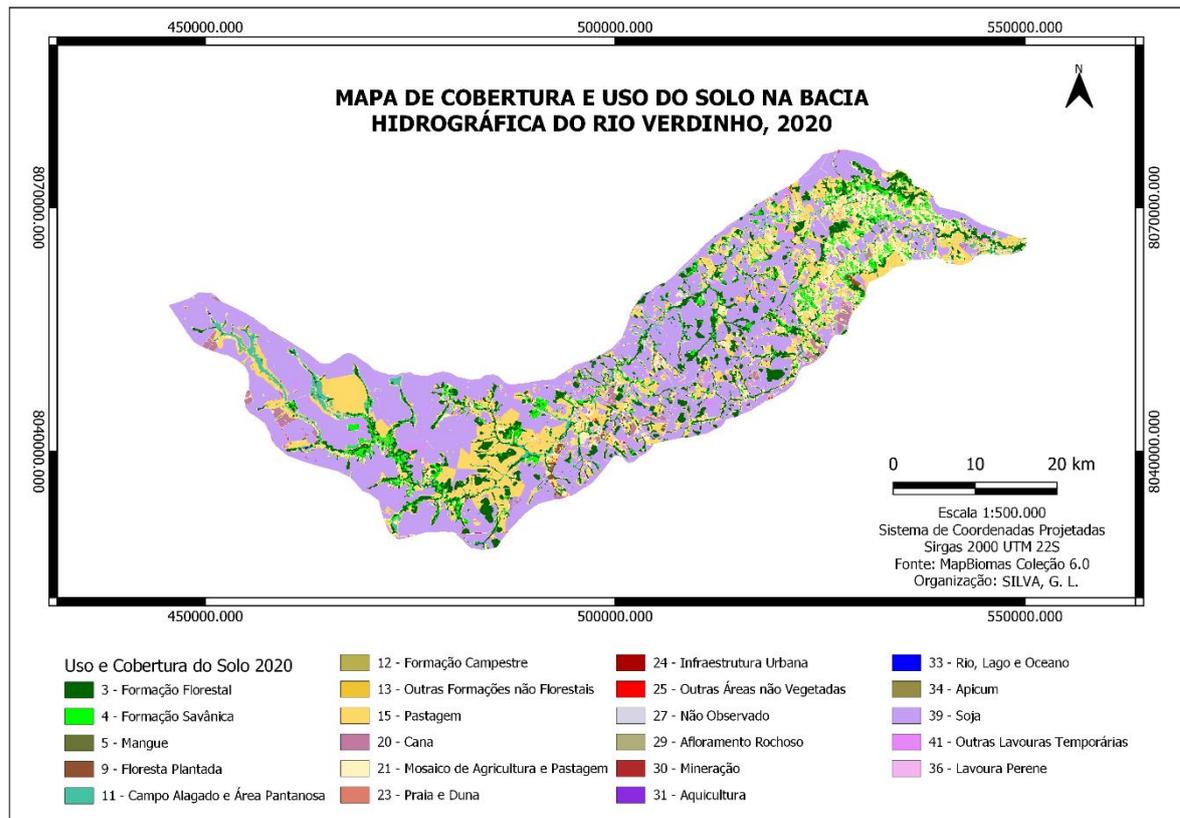


Figura 6: Mapa de cobertura e uso do solo na bacia no ano de 2020

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021)

Com os dois mapas acima da cobertura e uso do solo conseguimos observar que houve a alteração de predomínio nesse período de 35 anos, em 1985 temos que a pastagem tem cerca de 69.062 de ha cerca de 40,59% da bacia hidrográfica do Rio Verdinho. A soja nesse período possuía cerca de 11,88% de toda área, como podemos observar na tabela 6.

Em 2020 teve a mudança do uso predominante, que era a de pastagem passou a ser a da soja que corresponde a 48,41% de toda bacia. Teve a diminuição de toda formação florestal, savânica, campestre e área pantanosa, que em 1985 correspondia a 22,13%, passou a ser cerca de 19,09%. Nesse período surgiram novos uso e cobertura do solo como as florestas plantadas, cana e infraestrutura urbana.

Tabela 6: Classificação das áreas em relação ao tipo de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Verdinho

Classes dos Usos	Área em 1985 (ha)	Porcentagem em 1985	Área em 2020 (ha)	Porcentagem em 1985
Formação florestal	21.437,91	12,60	20.166,84	11,85
Formação savânica	7.944,93	4,67	7.318,71	4,30
Floresta plantada	-	-	572,85	0,34

Campo alagado e área pantanosa	5.816,52	3,42	3.907,35	2,30
Formação campestre	2.448,36	1,44	1.088,37	0,64
Pastagem	69.062,76	40,59	27.907,2	16,40
Cana	-	-	2.546,19	1,50
Mosaico de agricultura e pastagem	28.925,82	17,00	21.891,33	12,87
Infraestrutura urbana	-	-	2,43	0,001
Outras áreas não vegetadas	1.017,36	0,60	362,88	0,21
Rios, lagos	118,44	0,07	74,52	0,04
Soja	20.215,71	11,88	82.357,74	48,41
Outras lavouras temporárias	12.769,29	7,51	1.915,11	1,13
Café	370,35	0,22	15,93	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com isso podemos ver na figura 7 como a fragilidade aumentou levando em consideração o uso e cobertura do solo nesse período. Em 1985 mesmo com as pastagens e formações florestais e não florestais sua fragilidade é considerável alta com alguns locais onde é possível observar ser muito baixa. Já em 2020 com toda a exploração da área sua fragilidade aumentou muito sendo muito alta em quase toda bacia.

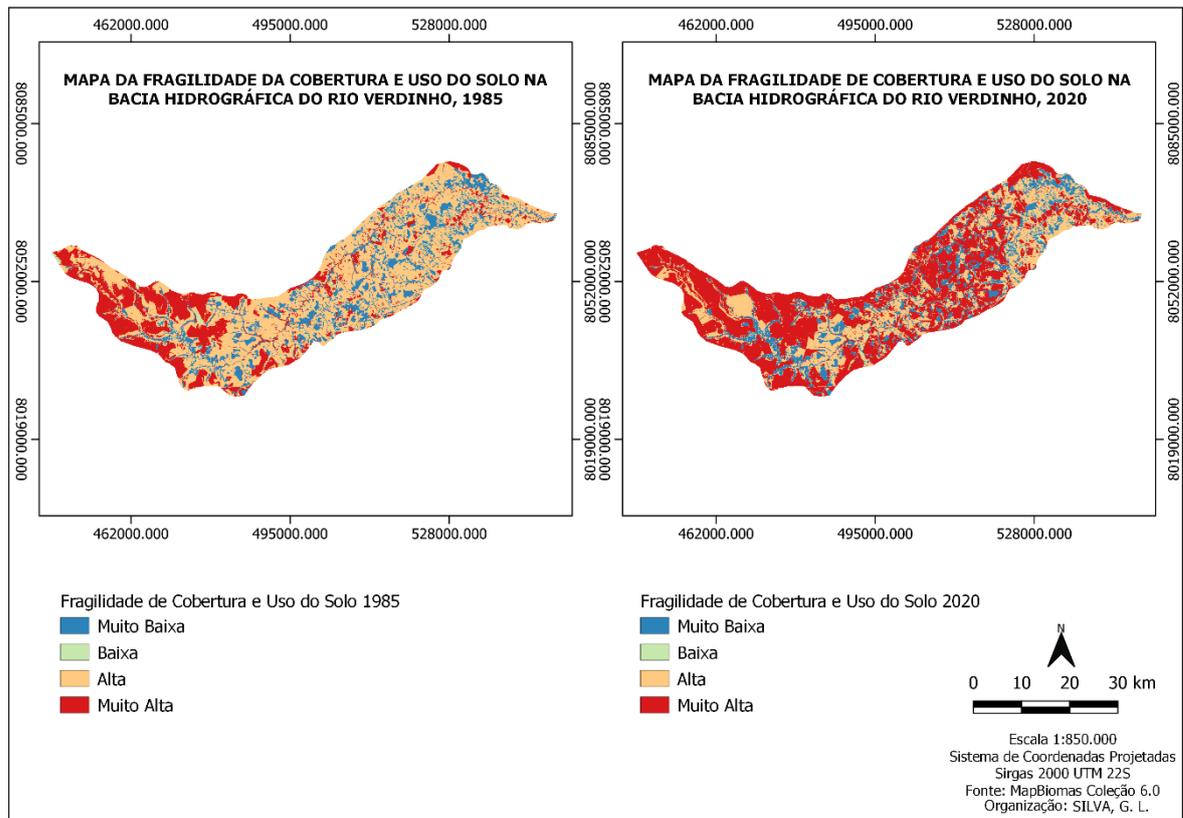


Figura 7: Mapa da fragilidade em relação ao uso e cobertura do solo nos anos de 1985 e 2020

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021)

Com todo mapeamento, categorização das áreas em classes de 1 a 5 e cruzamentos de dados dos mapas, temos que o resultado final da Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho no ano de 1985 sua fragilidade era baixa-média, como é possível observar na figura 8. Já em 2020 a bacia passou por modificações e uso desenfreado do solo, sendo assim tornando a área com uma fragilidade alta, observado na figura 9.

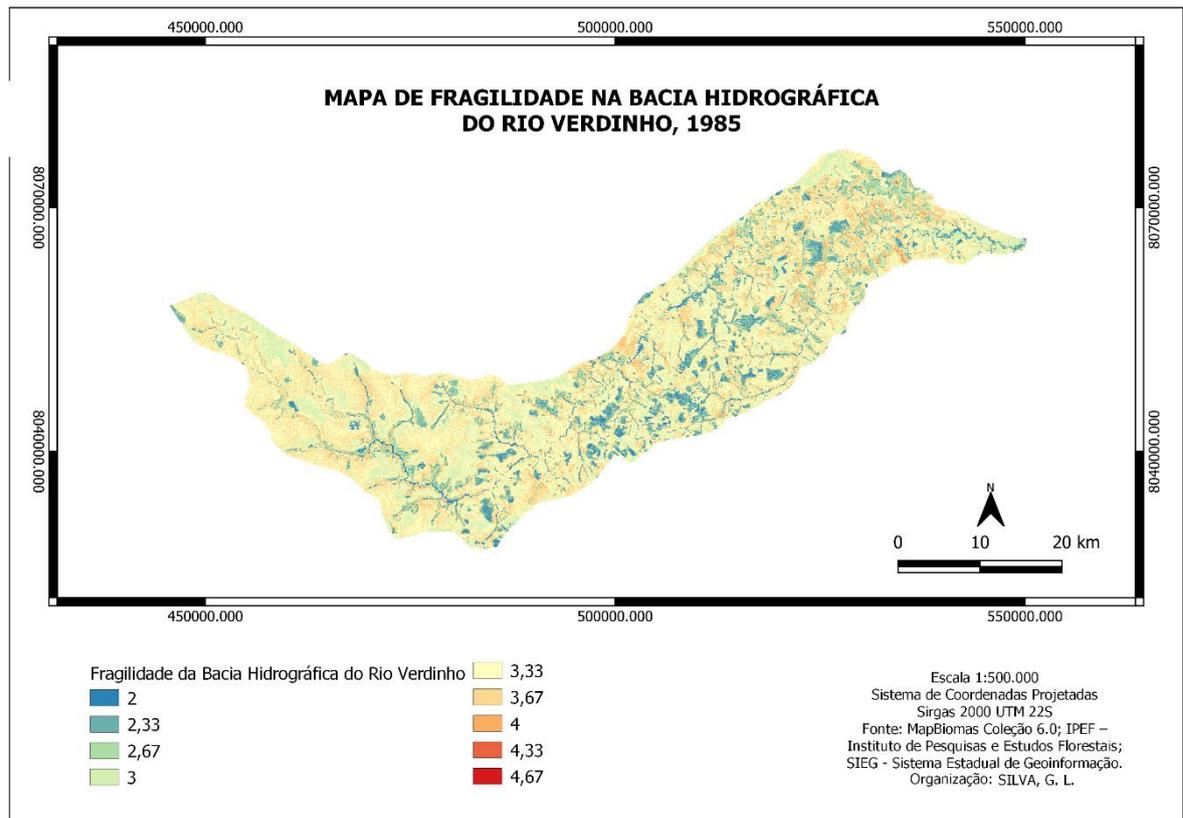


Figura 8: Mapa da fragilidade ambiental da bacia no ano de 1985

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021)

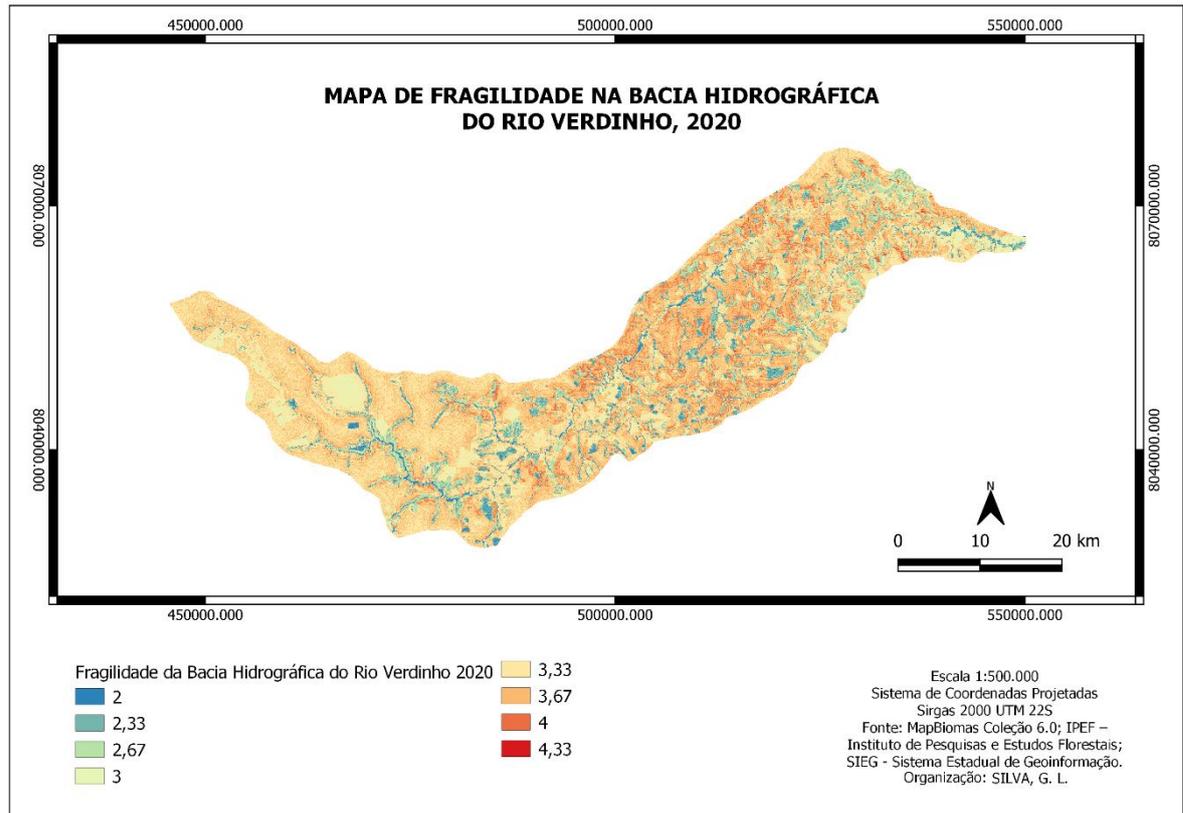


Figura 9: Mapa da fragilidade ambiental da bacia no ano de 2020

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021)

Utilizando os dois mapas finais da fragilidade ambiental dos anos de 1985 e 2020, foi possível constatar que em algumas áreas teve uma diminuição nos níveis de fragilidades com o decorrer dos anos, sendo em áreas que são protegidas por leis vigentes. Também foi possível notar que em algumas áreas teve um aumento de até 66%, sendo essas áreas de aumento locais onde teve maior mudança do uso do solo, podemos observar na figura 10.

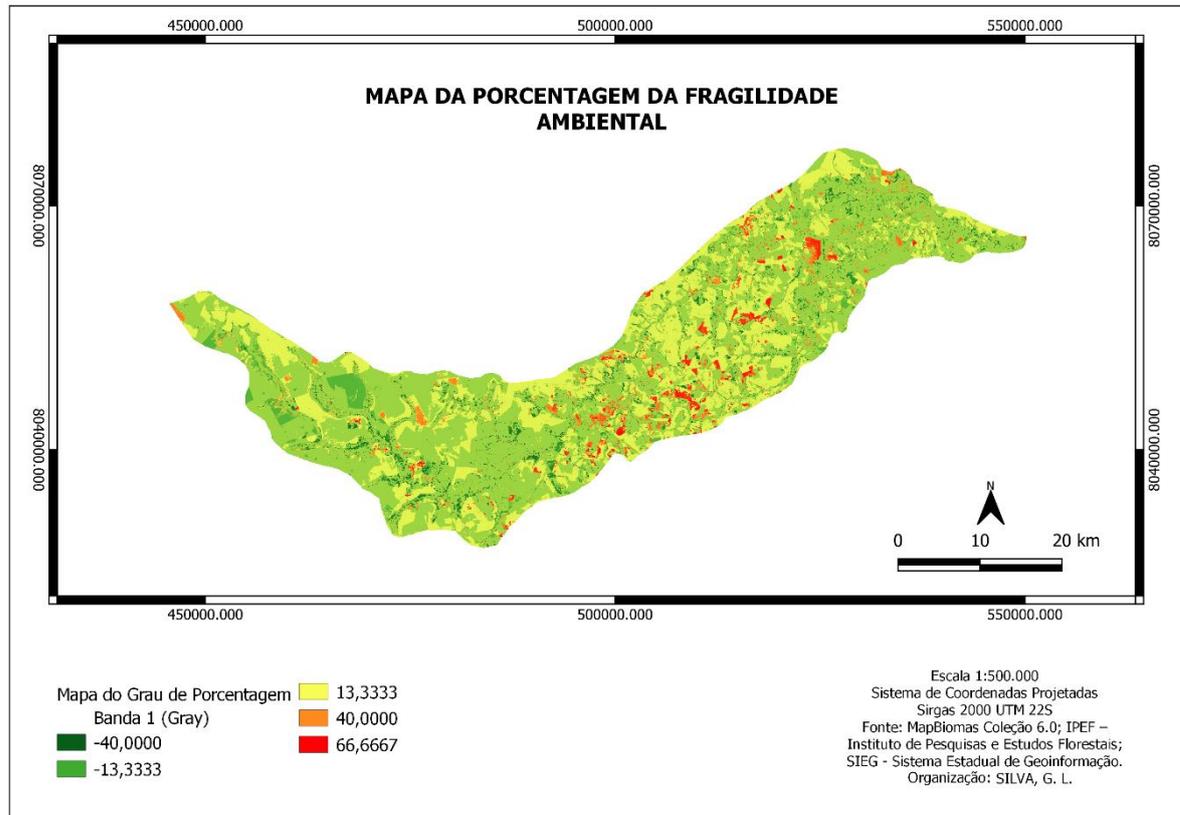


Figura 10: Mapa da porcentagem da fragilidade ambiental na bacia.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2022)

Na figura 11 podemos constatar o quanto que houve a mudança do uso do solo alavancando o aumento da fragilidade. Já na figura 12 é uma área onde teve uma diminuição na fragilidade, e também podemos perceber que é uma área de reserva legal, ou seja, uma área que possui leis e regras para sua proteção.



Figura 11: Área onde teve aumento da fragilidade ambiental na bacia, esquerda ano de 1985 e direita ano de 2020.

Fonte: Google Earth Pro (2022)



Figura 12: Área onde teve diminuição da fragilidade ambiental na bacia, esquerda ano de 1985 e direita ano de 2020.

Fonte: Google Earth Pro (2022)

Neste estudo constatou-se que embora a presença de vegetação natural em toda a bacia hidrográfica do Rio Verdinho seja significativa, sua redução ao longo do tempo é um fator preocupante, pois expõe o solo a fatores de degradação ambiental.

5. CONCLUSÃO

Com o presente estudo constatou que a bacia hidrográfica do Rio Verdinho teve um aumento da sua fragilidade ambiental de 66% em algumas áreas com o passar do tempo, tendo a exploração da agricultura na região o seu maior contribuidor para tal resultado, já em algumas áreas teve uma diminuição de até 40%, e seu maior contribuidor para tal fato é que em algumas áreas são protegidas por lei.

Os resultados apresentados mostram a importância de se implantar um plano de manejo, do uso e ocupação do solo para um desenvolvimento sustentável. Buscar formas de se evitar que a região seja usada de forma que prejudique o ambiente, através do cumprimento das exigências das leis ambientais vigentes.

Com toda essa análise, é importante preocupar-se com a utilização dos recursos naturais que ainda sobrevivem na região, se preocupar com que sejam usados de uma forma racional, sempre visando a preservação do meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Wellmo et al. **Geotecnologias aplicadas em estudos hidrogeográficos na bacia do Rio Verdinho–Sudoeste de Goiás–Brasil**. 2019.

CAMPOS, Jasmine Alves. **Fragilidade ambiental e capacidade de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Caratinga, MG**. 2018.

CUNHA, A. S. C. et al. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1993.

DE ALMEIDA TEIXEIRA, Thiara Messias; DE OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal; DE OLIVEIRA, Amom Chrystian. **Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Extremo Sul da Bahia**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 04, p. 1941-1956, 2021.

DE SOUZA, Clara Lúcia Francisca et al. O cerrado como o “berço das águas”: potencialidades para a educação geográfica. **Revista Cerrados (Unimontes)**, v. 17, n. 1, p. 86-113, 2019.

DOS SANTOS, James Rafael Ulisses; MARCHIORO, Eberval. Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 39, p. 72-87, 2020.

FAVERIN, Victor. **10 Municípios de Goiás que mais produzem soja**. Canal Rural, 2022. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/dez-municipios-goias-mais-produzem-soja/>>. Acesso em: 09, Jul, 2022.

FERREIRA, J.H.D. 1 Vídeo (13min44s). Inferência Geografica com o QGIS: Gerando Matrizes ponderadas. **Publicado pelo canal Prof. Jose Hilario Delconte Ferreira**, 2021. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=OM3ryQCEGI0>>. Acesso em: 27 nov 2021.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, p. 24-29, 2005.

FRANCO, Gustavo Barreto et al. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 1, n. 42, p.114-127, dez. 2012. Disponível em https://docs.google.com/file/d/0B_M0CemKNM4IWIROTHRHMfZDMTg

GHEZZI, A. O.; SANTOS, C. D. T. Abordagem Biogeográfica da Paisagem na Microbacia do Rio Bariguizinho. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, 8., 1999. Anais... Belo Horizonte- BH, 1999. p. 1-5.

GHEZZI, A. O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da Bacia do Rio Xaxim, Baía de Antonina- PR, com o auxílio de geoprocessamento**. 2003. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR, 2003.

GOEDERT, Wenceslau J.; WAGNER, Elmar; BARCELLOS, Alexandre de Oliveira. Savanas tropicais: dimensão, histórico e perspectivas. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 49-80, 2008.

GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Fragilidade ambiental: uma proposta de aplicação de geomorphons para a variável relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 123-136, 2019.

GUIMARÃES, G. M. A. Rio Verde (GO) – um expoente do agronegócio no cerrado. *Revista UFG*, v.XII, n. 9, dez. 2010. Disponível em: <http://www.proec.ufg.br/revista_ufg/Revista%20UFG%20-%20Dezembro%202010/Files/Rio%20Verde%20GO%20um%20expoente%20do%20agronegocio%20no%20cerrado.pdf> Acesso em: 08 jul. 2022.

MASSA, Eric Macedo; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia – Usp**, São Paulo, v. 24, p.57-79, ago. 2012. Disponível em: https://docs.google.com/file/d/0B_M0CemKNM4INWIJcUU3V2hNYWc/

MORAES, C. L.; LIMA, D. L.; NEVES, J. F. S.; NASCIMENTO, P. C. D.; FRANCISCHINI, R. Transferência e apropriação de tecnologias através da unidade de teste e demonstração – UTD, no cultivo do algodão para a agricultura familiar no Sudoeste de Goiás, com enfoque no município de Rio Verde, safra 2004/2005. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44, 2006, Fortaleza (CE). Questões agrárias, educação no campo e desenvolvimento: Anais... Fortaleza (CE): Saber, 2006. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/604.pdf>> Acesso em: 09 jul. 2022.

PADILHA, D. G. et al. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Grande, RS**. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

PRADO, F. S. do; SANTOS, G. O. S. **Expansão urbana e áreas de conflito no município de Rio Verde, Goiás. 2017**. 20p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental. Universidade de Rio Verde, Rio Verde.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 151-212, 2008.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizado. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo - SP, n. 8, p.24-30, 1994.

SAMPAIO, Bruna Dienifer Souza; PINTO, André Luiz. **Análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Córrego do Bebedouro, Mato Grosso do Sul.** Geografia em Atos (Online), v. 8, n. 15, p. 55-78, 2019.

SILVA, Franco César Belchior da et al. Avaliação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho localizado no município de Rio Verde-Goiás. 2016.

SOUZA, Michel Madureira; COSTA, Luiz Hermes da; CARVALHO, Daniela Antônia Soares de. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA MAPEAR AS FRAGILIDADES AMBIENTAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DA UHE DE BELO MONTE, NO ESTADO DO PARÁ. **Espaço Plural**, São Paulo, n. 25, p.73-85, ago. 2011
Disponível em:
https://docs.google.com/file/d/0B_M0CemKNM4lZk9HeVJzYU5GczA

SPÖRL, Christiane. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas aacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.** 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

STRASSBURG, Bernardo BN et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 1-3, 2017.