

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – MG

Instituto de Ciências da Natureza

Curso de Geografia – Bacharelado

MARIA EDUARDA DE SOUZA GOMES QUINTELA

**SÉRIES TEMPORAIS APLICADAS AS DINÂMICAS DA
FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE
TRÊS CORAÇÕES/MG.**



ALFENAS/MG

2024

MARIA EDUARDA DE SOUZA GOMES QUINTELA

**SÉRIES TEMPORAIS APLICADAS AS DINÂMICAS DA
FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE TRÊS
CORAÇÕES/MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Geografia pela Universidade Federal de
Alfenas.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo José Pisani

ALFENAS/MG

2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo José Pisani, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL/MG

Prof. Dr. Diogo Oliveti, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL/MG

Prof. Dr. Felipe Gomes Rubira, Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL/MG

Alfenas (MG), __/__/____

Resultado

Dedico este trabalho à minha família que nunca mediram esforços para me ajudar e me deram forças para continuar. Dedico, também, à minha pessoa, por todo empenho para tornar real este momento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família pelo apoio e incentivo ao longo de todos os anos de estudo. Um agradecimento para minha mãe, Núbia, cuja influência foi essencial na minha formação e desenvolvimento educacional. Também sou grata à minha avó, Ana Luci, pelo apoio constante em todos os momentos da minha vida. Agradeço ao meu padrasto, Vitor, e ao meu pai, Rafael, pela assistência inestimável ao longo da minha trajetória acadêmica. Meus irmãos, João Victor e Alice Victória, merecem reconhecimento por sua motivação e inspiração em minhas conquistas. Agradeço ainda às minhas tias, Nuccia e Nuciene, e às minhas primas, Júlia e Isabelly, pelo apoio contínuo. Minhas melhores amigas, Andressa, Daniela, Laís e Lorena, também são dignas de reconhecimento pela ajuda emocional que construímos ao longo do tempo.

Expresso minha gratidão aos amigos que compartilharam comigo a jornada da graduação. A todos que estiveram ao meu lado durante o período universitário, especialmente àqueles que tornaram minha vida acadêmica mais leve e alegre, sou grata pelas trocas diárias e pela colaboração recebida.

Ao meu namorado, Allyson, agradeço por acreditar em meu potencial e por ser meu suporte nos momentos cruciais da minha trajetória, tanto acadêmica quanto pessoal. Agradeço pela felicidade, paciência e apoio que me proporcionou em todas as circunstâncias.

Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo José Pisani, pelo compartilhamento de seu conhecimento e experiência, assim como pela orientação fundamental na minha formação acadêmica e na elaboração deste trabalho. Sem seu apoio, não teria alcançado este estágio.

A todos, muito obrigada!

RESUMO

Em virtude da escassez de estudos ambientais focados no município de Três Corações/MG e da ausência de dados que possibilitem a interpretação das condições ambientais, o presente trabalho objetivou analisar as transformações relacionadas à fragilidade ambiental decorrentes das ações antrópicas na área em questão. Para isso, utilizou-se o conceito de séries temporais como ferramenta para observar as alterações do meio físico. A pesquisa fundamentou-se na compreensão da fragilidade ambiental em função das atividades desenvolvidas na interação entre o homem e o meio no município de Três Corações/MG, realizando uma análise temporal do período compreendido entre 1992 e 2023. O intuito é fornecer subsídios para a tomada de decisões pelos órgãos públicos no que se refere ao planejamento e monitoramento ambiental. Considerando as características da área de estudo, o trabalho foi estruturado de maneira a permitir a avaliação da fragilidade em diferentes temporalidades, delineando os elementos ambientais e suas interações com a ação antrópica, assim como identificando as áreas que apresentam maior potencial para riscos ambientais. Entre os principais resultados obtidos, destaca-se um aumento substancial das áreas identificadas como mais fragilizadas, especialmente em regiões onde se observou uma significativa diminuição da cobertura vegetal nativa, o crescimento das atividades agrícolas e uma intensificação das intervenções antrópicas sobre o meio ambiente. Esses fatores indicam uma relação direta entre a degradação ambiental e a ação humana. Adicionalmente, é fundamental ressaltar a importância das geotecnologias no monitoramento das condições ambientais, uma vez que estas ferramentas permitem a análise robusta das dinâmicas das classes de fragilidade. A compreensão dessas dinâmicas é crucial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão ambiental. Tal entendimento não apenas contribui para a mitigação dos impactos negativos das atividades humanas, mas também fornece subsídios essenciais para o ordenamento das questões ambientais, sociais, políticas e econômicas, visando à sustentabilidade e à conservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental, Geotecnologias, Séries Temporais.

ABSTRACT

Given the scarcity of environmental studies focused on the municipality of Três Corações/MG and the lack of data to interpret environmental conditions, this study aims to analyze the transformations related to environmental fragility resulting from anthropic actions in the area in question. To this end, the concept of time series is used as a tool to observe changes in the physical environment. The research was based on understanding environmental fragility as a result of the activities developed in the interaction between man and the environment in the municipality of Três Corações/MG, carrying out a temporal analysis of the period between 1992 and 2023. The aim is to provide subsidies for decision-making by public bodies with regard to environmental planning and monitoring. Considering the characteristics of the study area, the work was structured in such a way as to allow the assessment of fragility in different time periods, outlining the environmental elements and their interactions with anthropic action, as well as identifying the areas with the greatest potential for environmental risks. Among the main results obtained is a substantial increase in the areas identified as most fragile, especially in regions where there has been a significant decrease in native vegetation cover, an increase in agricultural activities and an intensification of anthropic interventions on the environment. These factors indicate a direct correlation between environmental degradation and human action. In addition, it is essential to emphasize the importance of geotechnologies in monitoring environmental conditions, since these tools allow precise analysis of the dynamics of fragility classes. Understanding these dynamics is crucial for developing effective environmental management strategies. Such an understanding not only helps to mitigate the negative impacts of human activities, but also provides essential input for the planning of environmental, social, political and economic issues, with a view to sustainability and the conservation of natural resources for future generations.

Keywords: Environmental Fragility, Geotechnologies, Time Series.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Três Corações/MG	16
Figura 2 – Declividade do município de Três Corações/MG	18
Figura 3 – Pedologia do município de Três Corações/MG	19
Figura 4 – Metodologia adotada para a determinação da Fragilidade Ambiental	27
Figura 5 – Fluxograma dos processos metodológicos da pesquisa	28
Figura 6 – Fragilidade potencial do município de Três Corações/MG	29
Figura 7 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 1992.	30
Figura 8 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 1992.....	32
Figura 9 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 2002.	33
Figura 10 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 2002.....	35
Figura 11 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 2012.	36
Figura 12 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 2012.....	38
Figura 13 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 2023.....	39
Figura 14 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 2023.....	40
Figura 15 – Cultivo de café, exemplo de cultura perene (Ponto 1)	41
Figura 16 – Área representante de local altamente fragilizado (Ponto 1).	41
Figura 17 – Representação de solo exposto em área altamente fragilizada (Ponto 2).	42
Figura 18 – Cultivo de eucalipto, exemplo de atividades silviculturais (Ponto 3).	43
Figura 19 – Área de fragilidade média próxima à urbanização (Ponto 3).....	43
Figura 20 – Representação de área de pasto (Ponto 4).	44
Figura 21 – Exemplo de área com formações florestais (Ponto 4).	44
Figura 22 – Proporcionalidade entre os dados das classes extremas de fragilidade	45
Figura 23 – Comparativo de área, em quilômetros, pelo grau de Fragilidade Ambiental através dos anos	46
Figura 24 – Série temporal da Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, de 1992 à 2023	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 1992.	31
Quadro 2 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2002.	34
Quadro 3 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2012.	37
Quadro 4 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2023.	39
Quadro 5 – Área, em quilômetros, por grau de Fragilidade Ambiental através dos anos	46

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SRTM	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UGI	União Geográfica Internacional
UNIFAL-MG	Universidade Federal de Alfenas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. JUSTIFICATIVA	15
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
4.1 LOCALIZAÇÃO.....	16
4.2 ASPECTOS FÍSICOS	17
5. REFERENCIAL TEÓRICO	19
5.1 ECODINÂMICA.....	19
5.2 VULNERABILIDADE E FRAGILIDADE AMBIENTAL	20
5.3 GEOTECNOLOGIAS	22
5.4 USO E COBERTURA DA TERRA.....	24
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
6.1 COLETA E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	26
6.2 ANÁLISE, INTERPRETAÇÃO E ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS	27
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
7.1 CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 1992	30
7.2 CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 2002	33
7.3 CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 2012.	35
7.4 CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 2023.	38
7.5 ANÁLISE COMPARATIVA DAS FRAGILIDADES	45
8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
9. REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A agricultura e a pecuária são atividades de destaque no Brasil e precisam de atenção cautelosa para atender a grande demanda da população sem causar danos ao meio ambiente. No município de Três Corações/MG, objeto de estudo do presente trabalho, destacam-se as produções de café, milho e batata inglesa, juntamente com cultivos menores de feijão, arroz e frutas regionais, a criação de gado leiteiro e de corte, desempenhando um papel central na economia local (Três Corações, 2023). Além disso, o setor industrial abrange diversas áreas, contribuindo para a diversificação econômica da região.

Nesse cenário em análise temporal aplicada as dinâmicas da fragilidade ambiental no município de Três Corações, Minas Gerais, surgem alguns questionamentos: Como o avanço das culturas agrícolas – anuais e perenes impactam a fragilidade do meio físico da área de estudo? De que maneira esse avanço tem impactado de alguma forma o Rio Verde em quanto recurso hídrico da região? Qual o potencial das geotecnologias para esse tipo de análise e como essa abordagem pode auxiliar gestores públicos na tomada de decisões

Frente aos problemas mencionados, surgem as seguintes reflexões: O avanço das práticas agrícolas impacta negativamente o solo, levando à sua degradação, a perda de nutrientes e ao desmatamento, resultando na redução da biodiversidade local. Vale ressaltar que essas atividades têm um impacto adverso no recurso hídrico, causando a contaminação da água devido ao uso excessivo de agrotóxicos e ao descarte inadequado de resíduos industriais, que acabam atingindo os lençóis freáticos, uma vez que a região carece de um sistema adequado de saneamento e tratamento de água específico para tal atividade levando problemas de saúde na população local.

As adversidades apontadas evidencia que o agronegócio precisa coexistir de maneira eficiente com as geotecnologias, que possuem conexões diversas com a geografia, como a Geografia Agrária, que auxilia no monitoramento da qualidade do solo, das culturas e da água em propriedades rurais; a Geografia Física, a qual ajuda na identificação de riscos como, queimadas, exposição do solo e vegetação; a Geografia Regional possibilitando uma análise detalhada das características locais; e a Geografia de Redes, que são utilizadas para mapear conexões e fluxos entre diferentes lugares, oferecendo uma compreensão abrangente das dinâmicas espaciais em diversas escalas geográficas.

Diante disso, a proposta do presente trabalho tem como objetivo evidenciar a importância do uso das geotecnologias nessa temática, pois desempenha um papel crucial na identificação ampla e rápida das fragilidades, permitindo analisar extensas áreas geográficas ao longo de diferentes períodos de tempo em uma única análise. Além disso, reside também a importância de subsidiar iniciativas de planejamento territorial e ações relacionadas à gestão pública, pois após a conclusão dessa análise, os resultados são disponibilizados para o setor público, o que facilita a visualização dos problemas e ajuda a determinar como podem ser solucionados.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar um estudo a fim de compreender uma análise a partir do tema: Séries temporais aplicadas às dinâmicas da fragilidade ambiental do município de Três Corações/MG ao longo de 31 anos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a coleta de dados vetoriais e matriciais de diversas fontes, como IBGE, INPE e Map Biomas, para a construção de uma base cartográfica adequada à escala de 1:200.000.
- Analisar os impactos decorrentes da evolução das classes de uso e cobertura do solo, bem como da fragilidade ambiental, sobre o meio físico do município.
- Identificar as áreas que apresentam maior impacto ambiental e que demandam atenção prioritária.
- Compreender as principais transformações do meio físico por meio de visitas de campo.
- Utilizar ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para examinar as alterações no meio físico e o potencial de fragilidade ao longo dos últimos 31 anos.
- Identificar e correlacionar à fragilidade potencial e as fragilidades emergentes em séries temporais.
- Produzir um documento que possa ser útil para gestores de órgãos públicos municipais e regionais, visando o planejamento, o ordenamento territorial e o monitoramento do meio físico.

3. JUSTIFICATIVA

O município de Três Corações, inserido no Estado de Minas Gerais, representa uma área de relevância que demanda atenção especial em relação ao uso da terra. A valorização deste espaço remonta à luta histórica de nossos antepassados, cuja dedicação fez deste território um símbolo de estima e reconhecimento em âmbito nacional, com seus frutos apreciados internacionalmente.

Neste contexto, justifica-se a motivação para o presente projeto de pesquisa, que visa analisar as alterações no solo ao longo de trinta e um anos. Tal análise não apenas contribuirá para o avanço do conhecimento acadêmico, mas também permitirá a formulação de estratégias de planejamento territorial fundamentadas em dados empíricos. Essa abordagem é imprescindível para promover práticas sustentáveis que preservem a identidade cultural e os recursos naturais da região, garantindo que as transformações sociais e econômicas respeitem a integridade ambiental do território.

Ademais, é fundamental que o setor público municipal se aproprie dos resultados deste estudo para a implementação de ações voltadas à gestão pública. A articulação entre as iniciativas de planejamento territorial e a pesquisa é essencial para assegurar que as decisões sejam orientadas por informações robustas, promovendo um desenvolvimento equilibrado e responsável. A adoção dessas políticas pode resultar em uma gestão mais eficaz, priorizando o bem-estar da população e a saúde ambiental, além de fomentar um ambiente de cooperação entre os diferentes setores da sociedade.

O presente projeto se configura como uma ferramenta valiosa para o planejamento e monitoramento ambiental, possibilitando a identificação de áreas potencialmente sensíveis em relação ao uso da terra. Além disso, é importante ressaltar que a temática abordada neste estudo não foi explorada anteriormente no contexto de Três Corações/MG. Ao investigar as dinâmicas do solo e suas transformações, busca-se fomentar um diálogo crítico sobre as melhores práticas de manejo e conservação, estabelecendo uma base sólida para a construção de políticas públicas eficazes e inclusivas.

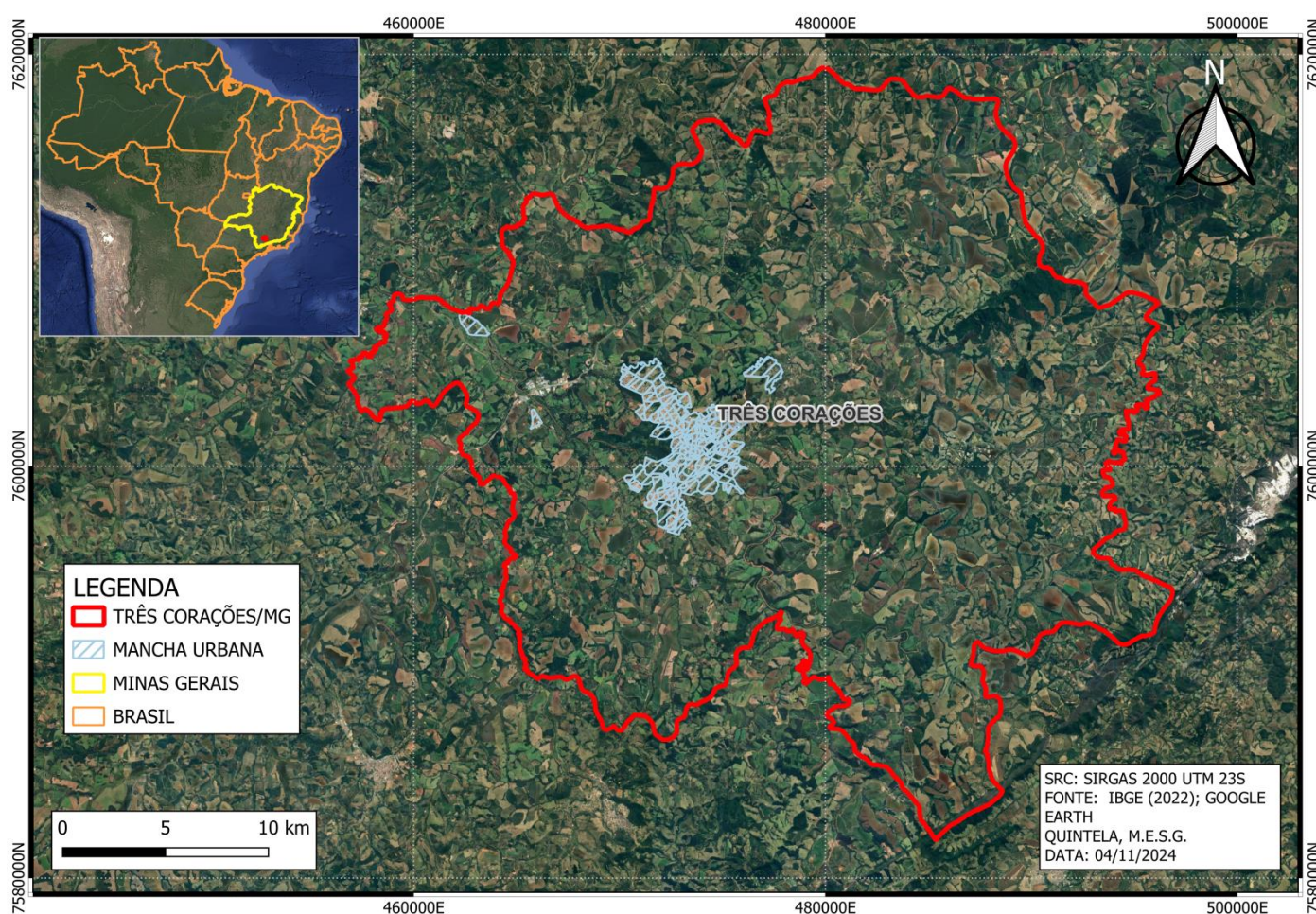
Por fim, espera-se que o impacto deste estudo transcenda as fronteiras do município. Os dados e análises gerados poderão servir como referência para outras regiões que enfrentam desafios semelhantes em relação ao uso do solo e à preservação ambiental. Dessa forma, Três Corações pode se consolidar como um modelo de boas práticas, representando um ponto de referência para iniciativas que busquem equilibrar desenvolvimento econômico, social e ambiental, assegurando um futuro sustentável para as próximas gerações.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. LOCALIZAÇÃO

Três Corações (Fig.1) é um município localizado no Sul de Minas Gerais, inserido na microrregião de Varginha, com principal via de acesso sendo as rodovias BR-381; MG-167 e MG-862, estando a 267 km da capital Belo Horizonte; e de outros estados, a 295 km de São Paulo; 366 km do Rio de Janeiro e 1.000km de Brasília. O município tem uma população de 75.485 habitantes, conforme o censo (IBGE, 2022), apresentando a extensão territorial de 828,038 km² com uma taxa densidade demográfica de 91,96 habitantes por km².

Figura 1 – Localização do município de Três Corações/MG.



Fonte: Autor, 2024.

4.2.ASPECTOS FÍSICOS

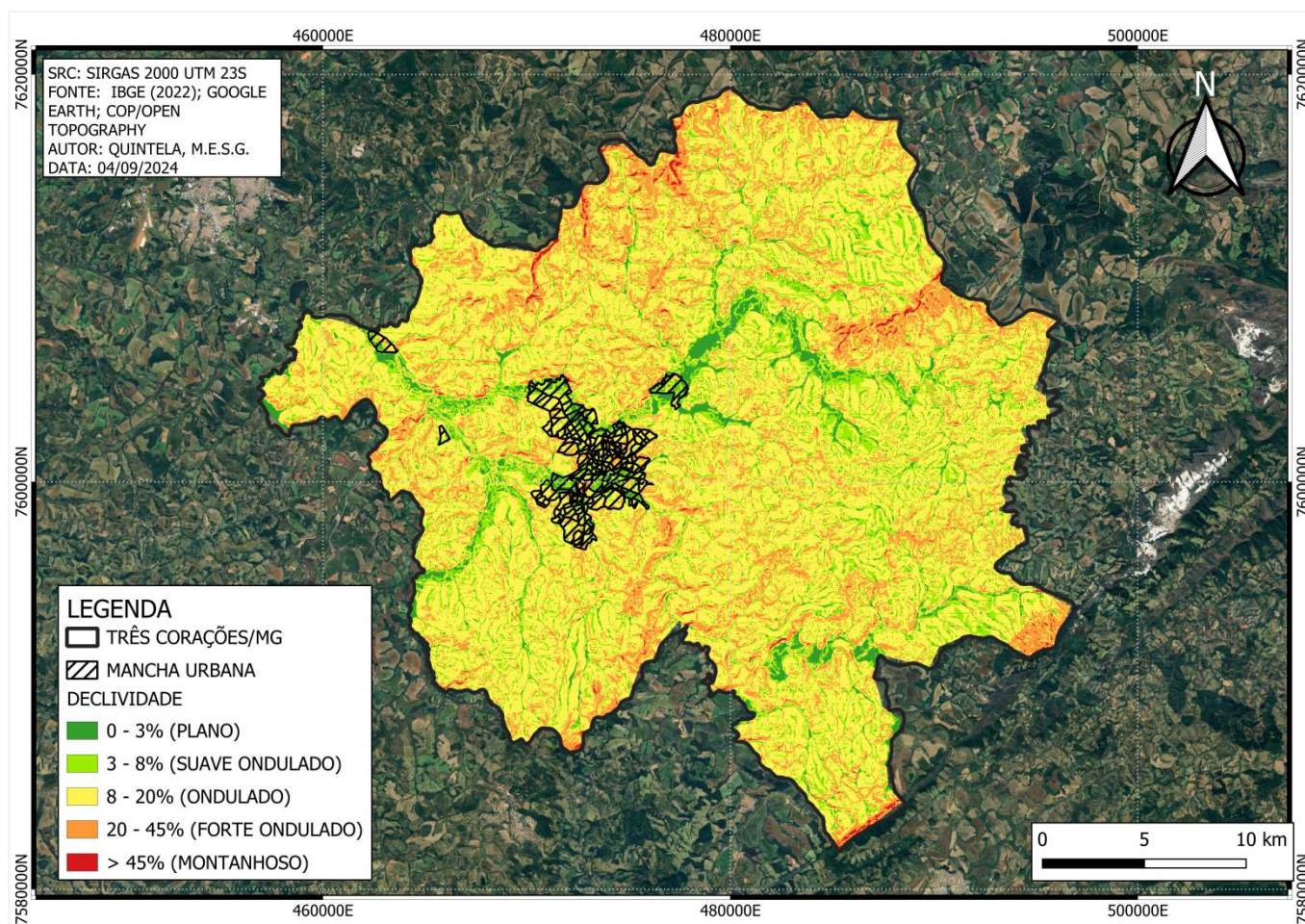
A área de estudo está situada na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, na Região Sudeste do Brasil, abrangendo os estados de São Paulo e Minas Gerais. O município de Três Corações localiza-se na margem esquerda desta extensa bacia, inserindo-se na sub-bacia do Rio Verde.

Do ponto de vista climático, a região é classificada, de acordo com as categorias de Köppen-Geiger, como apresentando um clima Tropical de Altitude (Cwb). As temperaturas variam entre 18°C e 28°C, caracterizando verões quentes e úmidos, seguidos por invernos secos e frios. Este regime climático exerce influência significativa sobre a dinâmica ecológica e as práticas agrícolas locais, moldando tanto a vegetação quanto os padrões de uso do solo.

Geologicamente, o município insere-se no Cráton São Francisco, apresentando uma diversidade de rochas que inclui xistos, gnaisses, filitos e metapelitos. Essa variabilidade geológica é fundamental para a formação de diferentes tipos de solos, impactando a biodiversidade e a distribuição de ecossistemas na região.

A topografia da área de estudo demonstra uma diversidade considerável de declives, variando desde porções planas até áreas montanhosas, conforme ilustrado na Figura 2. Essa variação topográfica não apenas molda os padrões de uso do solo, mas também desempenha um papel crucial nos processos hidrológicos e na dinâmica da vegetação, conferindo à região um caráter singular e dinâmico. Essa complexidade geoespacial demanda atenção especial em estudos voltados à gestão ambiental e ao planejamento territorial, destacando a necessidade de abordagens integradas e sustentáveis.

Figura 2 – Declividade do município de Três Corações/MG.

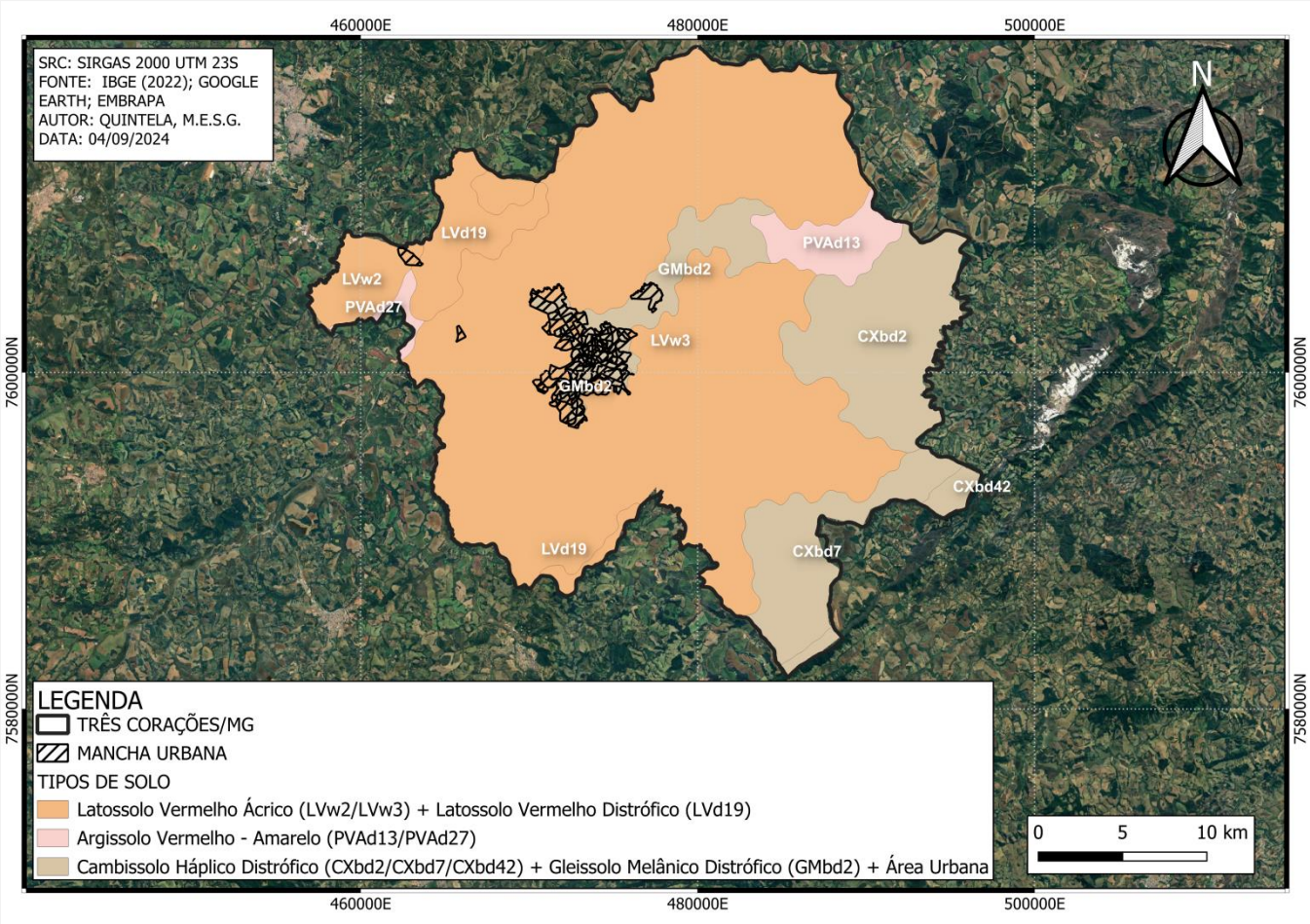


Fonte: Autor, 2024.

Ao examinar os aspectos pedológicos, o município de Três Corações destaca-se pelo predomínio de solos da ordem dos Latossolos, com a presença adicional de Argissolos, Cambissolos e Gleissolos. Essa diversidade de tipos de solo permite uma compreensão mais abrangente da área de estudo, incluindo o Latossolo Vermelho Ácrico, o Latossolo Vermelho Distrófico, o Argissolo Vermelho-Amarelo, o Cambissolo Háplico Distrófico e o Gleissolo Melânico Distrófico (Fig.3).

A variabilidade dos solos reflete as condições ambientais e geológicas específicas da região, impactando significativamente os padrões de uso do solo, a dinâmica ecológica e a viabilidade das práticas agrícolas. Essa análise aprofundada é crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável e para a preservação dos recursos naturais, assegurando que as intervenções realizadas no território sejam bem fundamentadas e eficazes.

Figura 3 – Pedologia do município de Três Corações/MG.



Fonte: IBGE (2022); EMBRAPA. Org: Autor, 2024.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

5.1. ECODINÂMICA

Sob a perspectiva ecológica, um ecossistema é caracterizado pelas interações mútuas entre os organismos que dependem uns dos outros e do meio em que habitam. Nesse contexto, o conceito de Ecodinâmica, conforme proposto por Tricart (1977), tem como objetivo investigar as interações dinâmicas entre os componentes dos ecossistemas, analisando o ambiente à luz da Teoria Geral dos Sistemas.

“O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado ao conceito de ecossistema [...]. Enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente” (Tricart, 1977, p. 32).

A fundamentação teórica de Tricart baseia-se em três componentes principais: biocenose, morfogênese e pedogênese.

Seu enfoque busca estabelecer correlações entre geomorfologia, pedologia e geologia, sustentando que a configuração do planeta resulta das interações entre processos físico-geográficos e organismos vivos. Ele ressalta que “a morfodinâmica é o elemento determinante [...]”. A morfologia depende do clima, da topografia e do material rochoso. Ela permite a integração desses vários parâmetros” (Tricart, 1977, p. 32). A partir dessa base, Tricart classifica os ambientes morfodinâmicos em três categorias, segundo a intensidade dos processos atuais: “meios estáveis”, “meios intergrades” e “meios fortemente instáveis”, que decorrem do balanço entre pedogênese e morfogênese (Tricart, 1977).

De acordo com o mesmo autor, os meios estáveis são caracterizados por uma evolução lenta e constante, resultante da permanência, ao longo do tempo, de uma combinação de fatores que levam à formação de mecanismos de compensação e autorregulação. Por outro lado, os meios intergrades são considerados transitórios, promovendo uma transição gradual entre meios estáveis e instáveis. Este tipo de ambiente é caracterizado pela interferência concorrente de morfogênese e pedogênese em um mesmo espaço, variando conforme critérios qualitativos e quantitativos; além disso, são ambientes frágeis e suscetíveis a fenômenos de amplificação, podendo, portanto, se tornar instáveis.

Por fim, os meios fortemente instáveis são definidos pela predominância de dinâmicas naturais, nas quais outros fatores são subordinados. Ao considerar as ações humanas, como a extração de recursos naturais e a degradação da cobertura vegetal, seja para fins lucrativos ou por falta de planejamento, observam-se consequências severas para o meio ambiente. Essas intervenções comprometem a capacidade de reposição dos recursos ecológicos, resultando em um ecossistema fragilizado, aspecto que será explorado na próxima seção.

5.2. VULNERABILIDADE E FRAGILIDADE AMBIENTAL

O conceito de vulnerabilidade é frequentemente entendido como a condição que torna um ambiente mais suscetível a ataques ou perturbações, sendo intrinsecamente relacionado à fragilidade do sistema ecológico. Em essência, quanto mais frágil for um ambiente, maior será sua vulnerabilidade às pressões externas, especialmente aquelas decorrentes de atividades antrópicas. Essa vulnerabilidade é amplamente reconhecida como um fator determinante na forma como determinadas áreas respondem a intervenções humanas, que podem exacerbar condições preexistentes ou criar novos riscos (Cabral et al, 2011; Figueiredo, 2007; Pavlickova; Vyskupova, 2015; Qiu et al, 2015).

Manoel (2017), em sua análise da vulnerabilidade ambiental da sub-bacia do Córrego Pitangueiras, em Minas Gerais, salienta a importância de compreender e avaliar a vulnerabilidade de uma área em relação a fatores de pressão ambiental. Ele afirma que:

“Compreender e analisar a vulnerabilidade de uma área a determinados fatores de pressão ambiental auxilia na escolha de ações e na priorização das demandas de cada região, para que haja a manutenção estável do ambiente e dos recursos naturais” (MANOEL, 2017, p. 15).

Este entendimento é crucial, uma vez que a presença humana inevitavelmente provoca modificações no ambiente natural. Portanto, diversas regiões do planeta estão em constante transformação, frequentemente sob a influência de atividades que podem ser intensificadas e descontroladas. Ross (1993) observa que:

“A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais” (ROSS, 1993, p. 33).

Com base nesse contexto, Ross desenvolveu uma abordagem analítica conhecida como Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Em seu trabalho, ele estabeleceu critérios fundamentais para a coleta e análise de dados, visando compreender e classificar as hierarquias de fragilidade dos ambientes. Ross categoriza a vulnerabilidade, particularmente em relação aos processos de erosão, em cinco classes: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte. Além disso, ele incorporou novos critérios ao considerar o conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), que propõe que o ambiente deve ser analisado a partir do pressuposto de que as trocas de energia e matéria ocorrem em um equilíbrio dinâmico.

Consequentemente, Ross (1993) argumenta que, ao aplicar essas informações no planejamento territorial, que abarca dimensões ambientais, econômicas e sociais, é imperativo levar em conta a avaliação das fragilidades presentes nos ambientes analisados. Uma das ferramentas eficazes para o monitoramento dessas fragilidades é o sensoriamento remoto, incluindo iniciativas como o Mapbiomas, que utiliza tecnologia avançada para beneficiar o meio ambiente, a sociedade e a economia.

Esse enfoque não apenas permite uma melhor compreensão das dinâmicas ambientais, mas também facilita a implementação de estratégias de gestão sustentável que visam mitigar os impactos negativos das atividades humanas.

5.3. GEOTECNOLOGIAS

Para início de análise, é preciso levar em consideração que os estudos que envolviam a análise da distribuição geográfica de recursos e características físicas, tanto naturais quanto humanas, eram realizados de modo manual, o que limitava a integração de uma grande quantidade de dados. No entanto, com o rápido desenvolvimento da tecnologia da informática na segunda metade do século XX, tornou-se possível armazenar e representar essas informações de maneira digital.

O Sensoriamento Remoto é uma dessas tecnologias digitais que nos permite coletar informações sobre a superfície da Terra de modo prático e ágil, desempenhando um papel importante e fundamental na transcrição dos dados e informações coletados. Como Jensen (2009) define:

O termo Sensoriamento Remoto consiste no registro da informação de uma determinada região, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagem (JENSEN, 2009, p.4).

Em concomitância, Fonseca (2000) destaca que o emprego de imagens provenientes do Sensoriamento Remoto para a geração de mapas desempenha um papel fundamental no estímulo às inovações na área do Geoprocessamento. O interesse substancial em utilizar esse tipo de fonte de informação, se deve à sua capacidade de fornecer atualizações frequentes e ao seu custo relativamente acessível, especialmente ao lidar com informações relacionadas ao uso e à cobertura do solo.

Dado que a paisagem é constantemente alterada pelas atividades humanas, a interpretação de imagens de satélite se torna uma ferramenta valiosa para compreender a dinâmica dos processos econômicos e a expansão urbana no contexto do Geoprocessamento. Outra tecnologia que merece destaque nesse trabalho é o uso da energia eletromagnética, através da captura dessa, emitida ou refletida pelos objetos, denominada como radiação eletromagnética que presta papel fundamental na identificação e análise das propriedades dos objetos, sendo crucial em inventários, mapeamentos e monitoramentos de recursos naturais. Além disso, a

energia eletromagnética é emitida por corpos que possuem a temperatura maior que zero absoluto.

Dessa forma, o Sol e a Terra representam as principais fontes naturais para o Sensoriamento Remoto, pois a energia move-se na forma de ondas eletromagnéticas à velocidade da luz, sendo caracterizada pelo comprimento de onda e frequência.

De acordo com os estudos desenvolvidos por De Moraes (2002), a autora busca destacar as diversas regiões do espectro eletromagnético, sendo algumas delas a Radiação Gama, muito utilizada em medicina e na indústria; os Raios X, úteis na medicina e também no controle industrial; ultravioleta, nocivo aos seres vivos (podendo causar doenças graves); e, por fim, o Visível, que se encontra associado à luz percebida pelo olho humano. Além disso, há também o Infravermelho, que é dividido em sub-regiões, sendo: IV próximo (encontrado em fontes de luz), IV médio e IV distante, também conhecido por radiação térmica, proveniente da emissão de objetos terrestres. Além disso, as Micro-ondas e as ondas de Rádio, bastante utilizadas em radar e telecomunicações, respectivamente, também são destacadas, sendo a partir dessa diversidade de regiões e características específicas responsáveis por enriquecer as aplicações do sensoriamento remoto.

Ainda, de acordo com De Moraes (2002), o espectro eletromagnético é categorizado de modo distintivo, tendo assim as seguintes regiões: Espectro Óptico – correspondente às energias captadas como ultravioleta, visível e infravermelho; Espectro Solar – correspondente a energia emitida pelo Sol; Espectro Visível – correspondente as energias perceptíveis pelo o sistema humano; e por fim, Espectro Térmico – correspondente as energias emitidas pelos objetos dispostos na superfície terrestre.

Nesse contexto, a autora (Moraes, 2002) discorre que a utilização do Sol como fonte de energia resulta na detecção da energia refletida pelos objetos terrestres, realizando-se na faixa do espectro solar, enquanto a Terra como fonte leva à detecção da energia emitida pelos corpos terrestres, ocorrendo na faixa do espectro térmico. Tal distinção facilita a análise diferenciada dessas formas de energia.

Quanto à atenuação atmosférica, destaca-se que a energia eletromagnética, ao atravessar a atmosfera, é sujeita a processos de absorção, reflexão e dispersão (janelas atmosféricas), sendo influenciada pelas diferentes capacidades de absorção dos gases atmosféricos em relação ao comprimento de onda da energia solar e terrestre.

[...] a atmosfera pode ser comparada com uma cortina que age como um filtro da luz. Neste caso os diferentes tipos de tecidos da cortina poderiam ser comparados com os diferentes gases existentes na atmosfera terrestre, os quais atenuam a energia eletromagnética diferentemente (De Moraes, 2002, p. 13).

Ao contemplarmos a colaboração do Map Biomas, Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, projeto que partiu do Observatório do Clima, cocriado e desenvolvido por uma rede que abrange diversas instituições, incluindo ONGs, universidades, empresas de tecnologia, o projeto tem o intuito de desenvolver mapas anuais a respeito do uso e cobertura da terra para todo o Brasil (Map Biomas, 2023). “Os recortes espaciais, temporais e temáticos podem ser cruzados gerando um sem fim de possibilidades para uso no processo de ensino-aprendizagem, incluindo atividades de pesquisa e extensão” (Souza et. al. 2020 p. 2973).

A junção das técnicas do Sensoriamento Remoto com o Map Biomas nos permite monitorar as mudanças na paisagem, nos permitindo ainda desenvolver mapas comparativos ao decorrer do tempo, tornando-se uma ferramenta valiosa para o planejamento e desenvolvimento ambiental.

5.4. USO E COBERTURA DA TERRA

Dentro de um estudo sobre o uso e cobertura da Terra, a compreensão sobre as interações entre sociedade e ambiente natural é fundamental. Com as mudanças contínuas nas paisagens, devido à urbanização e expansão agrícola, para Turner (2015), o uso da Terra é um indicador crítico para avaliar as alterações ambientais e as da biodiversidade. Diante disso, Foley (2005) destaca que “as mudanças na cobertura da terra têm implicações importantes nos ciclos de água, nutrientes e carbono, afetando o funcionamento dos ecossistemas” (Foley, 2005, p.570).

Para Rosa; Sano (2014), o estudo do uso da terra é crucial para compreender os padrões de organização do espaço, exigindo a constante atualização dos registros de uso da terra e cobertura vegetal e, através do sensoriamento remoto, uma técnica eficaz, obtêm-se rapidamente informações sobre esses registros. Além disso, a pesquisa sobre o uso da terra tem como objetivo compreender não apenas a maneira como os seres humanos utilizam o solo, mas também realizar a caracterização da vegetação natural que o cobre.

Sendo assim, o Sensoriamento Remoto juntamente com a ferramenta do MapBiomas ajuda a desenvolver meios para diminuir os impactos das atividades antrópicas na natureza. Através de análises de imagens de satélite ocorrem mapeamentos e quantificação do uso da terra, ferramentas cruciais na gestão sustentável dos recursos naturais e meio ambiente.

A partir disso, uma classificação do uso e cobertura da terra se fez necessário para compreender as características que a compõe. Como destaca Turner (2015), “O conhecimento

do uso da terra é essencial especialmente em um mundo em que as atividades humanas estão causando alterações significativas na paisagem” (Turner, 2015, p.174).

Em consonância com o desenvolvimento da classificação do uso e cobertura da terra, em 1976, um grupo de geógrafos da USGS, inspirados pelas classificações da UGI propôs uma nova hierarquização de categorias para os levantamentos de uso e cobertura da terra nos Estados Unidos da América. Esse esforço resultou em um importante marco na padronização das categorias de uso da terra, permitindo uma classificação mais precisa e consistente da superfície terrestre (Anderson et al, 1979). Tais classificações mais comuns são: “urbana”, “florestal”, “agrícola”, etc.

Quanto à importância da classificação, Weng (2012) ressalta ao afirmar que “Classificações precisas de uso e cobertura da terra são essenciais para estudos ambientais e fornecem dados valiosos para a tomada de decisões em planejamento territorial” (Weng, 2012, p.36).

Com o explanado, resultado dos estudos para alcançar os objetivos propostos, ficou em evidência que é de significativa relevância nas ciências Geoespaciais tal estudo, visto que fornece percepções críticas sobre a organização da superfície terrestre e as atividades humanas que a influenciam, podendo ser traçadas metas juntamente com o setor público para melhor compreensão e consciência do uso da terra.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. COLETA E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Para esta etapa foram seguidos os seguintes passos metodológicos a fim de reunir estudos, coletar dados secundários, organizar, analisar, interpretar e elaborar os produtos finais da pesquisa em questão:

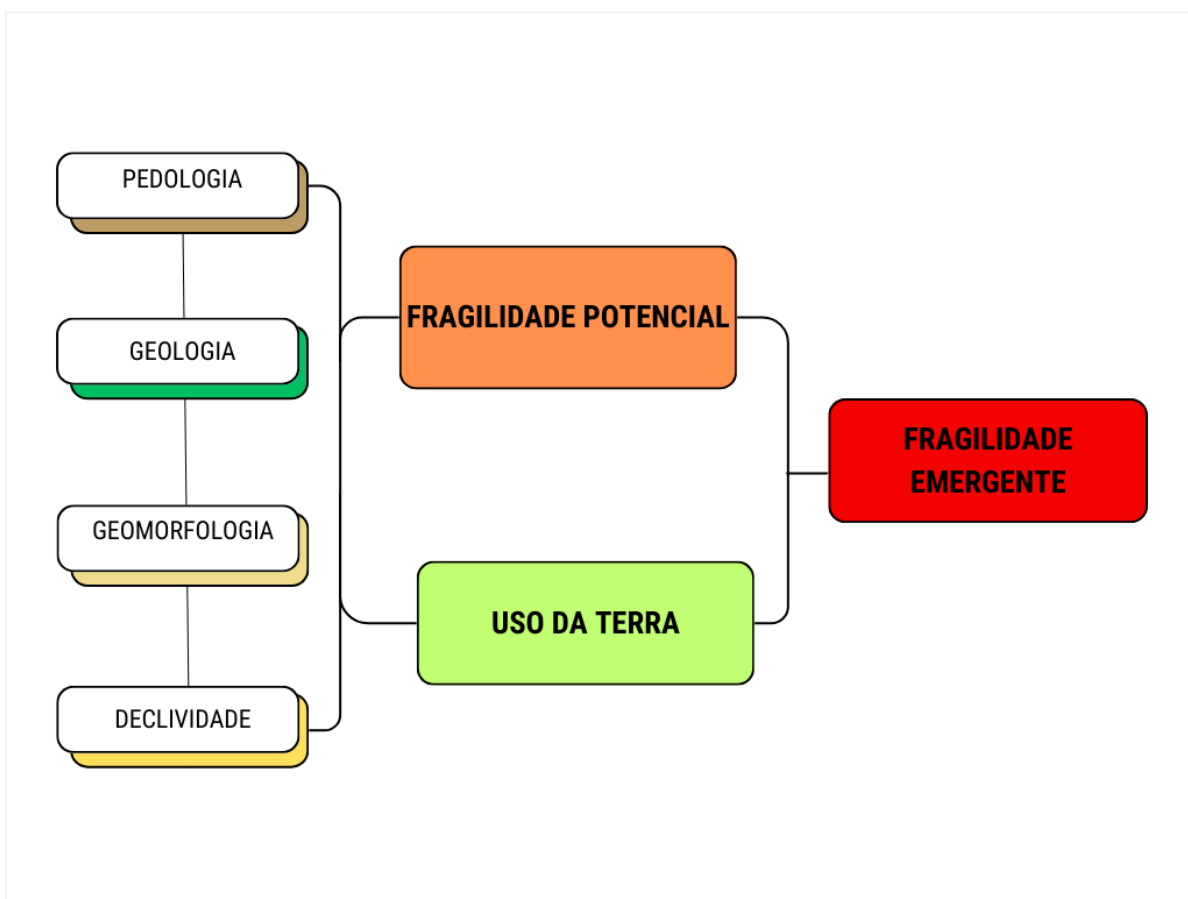
- Realização da coleta de dados sobre o meio físico, incluindo aspectos como geomorfologia, geologia, hidrografia, pedologia, clima e vegetação do município de Três Corações/MG.
- Levantamento de informações sobre o uso da cobertura do solo em períodos específicos, como 1992, 2002, 2012 e 2023, visando à análise da intensidade das principais transformações ocorridas.
- Classificação das categorias de uso e cobertura do solo, conforme as diretrizes do manual de uso da terra e suas sistematizações hierárquicas, relacionadas à dinâmica local da área em estudo, como mata nativa, pastagem, cultura anual, cultura perene, área urbanizada e corpo hídrico.
- Avaliação quantitativa das fragilidades potenciais e emergentes, acompanhada de uma análise comparativa da expansão dessas fragilidades no contexto municipal.
- Realização de visitas a campo durante o período mais recente do mapeamento, com o objetivo de investigar as questões relacionadas às classes identificadas e registrar fotograficamente as condições observadas.
- Implementação de rotinas de mapeamento temático, incluindo a quantificação, análise e interpretação dos dados utilizando a plataforma Quantum GIS Grenoble 3.38.2.
- Utilização do plugin Map Biomas disponível no Quantum GIS, e, se necessário, emprego do Map Biomas na plataforma Google Earth Engine (GEE).
- Processamento geoespacial dos dados ambientais em relação às classes de uso da terra, a fim de identificar fragilidades potenciais e emergentes entre 1992 e 2023 no município.
- Para a caracterização da área de estudo, serão coletados dados do SRTM para análise da hipsometria e declividade, informações pedológicas da plataforma EMBRAPA, dados geológicos do SGB, informações geomorfológicas do IDE-Sisema, dados hidrológicos da ANA e IGAM, além de dados cartográficos do IBGE.

6.2. ANÁLISE, INTERPRETAÇÃO E ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS

A aplicação dos métodos propostos neste estudo sobre a fragilidade ambiental em séries temporais fornece informações valiosas sobre seu comportamento ao longo dos anos. A análise multicritério é realizada com base em variáveis como pedologia, geologia, geomorfologia, declividade e uso da terra. A técnica de sobreposição de camadas é utilizada como um recurso complementar para integrar os resultados, constituindo a base metodológica para a avaliação da fragilidade ambiental. Nesse contexto, tanto os elementos ambientais quanto o uso do solo são fundamentais para a elaboração do produto final. A interpretação dos dados fundamenta-se na abordagem de Ross (1994), conforme descrito no Tópico 5.2, que se concentra na análise da fragilidade ambiental.

Dessa maneira, foram caracterizadas as variáveis físicas empregadas para delinear a fragilidade potencial. Esta, ao ser combinada com as ações antrópicas e a composição natural da cobertura do solo ao longo do tempo, revela a fragilidade ambiental emergente e sua evolução na paisagem, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Metodologia adotada para a determinação da Fragilidade Ambiental.



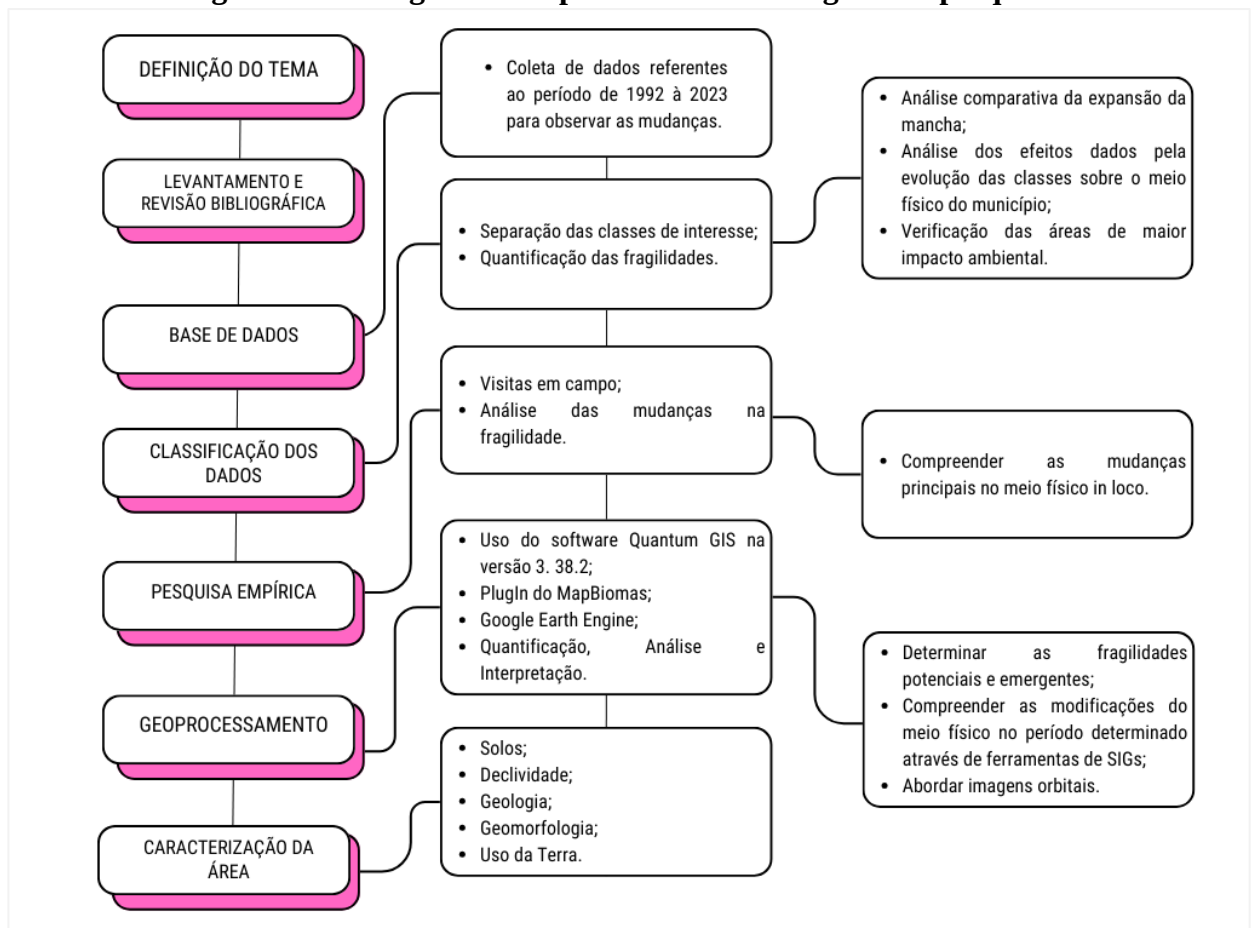
Fonte: Autor, 2024.

A investigação da influência da atividade humana no uso da terra é fundamental para compreender suas implicações na fragilidade ambiental. A forma como a terra é utilizada pelos seres humanos determina a vulnerabilidade dos ecossistemas, especialmente em áreas de intensa intervenção, como a urbanização e a agricultura, onde se observa um aumento significativo na fragilidade ambiental.

A caracterização das diferentes classes de uso da terra é essencial para identificar locais de modificações substanciais e entender o impacto dessas práticas na composição natural do meio ambiente. Além disso, as transformações nas práticas de uso são evidentes e podem resultar em efeitos positivos ou negativos. Este estudo adota a análise de séries temporais, permitindo uma investigação detalhada da evolução da fragilidade ambiental ao longo do tempo.

Por meio de análises específicas para cada período considerado, busca-se compreender as mudanças nas práticas de uso da terra e suas consequências para o meio ambiente. A inclusão de um fluxograma das etapas do projeto, figura 5, reforça a clareza e a estrutura da pesquisa, facilitando a compreensão dos processos envolvidos. Assim, a relação entre o uso da terra e a fragilidade ambiental emerge como uma questão central para o planejamento e a gestão ambiental sustentável.

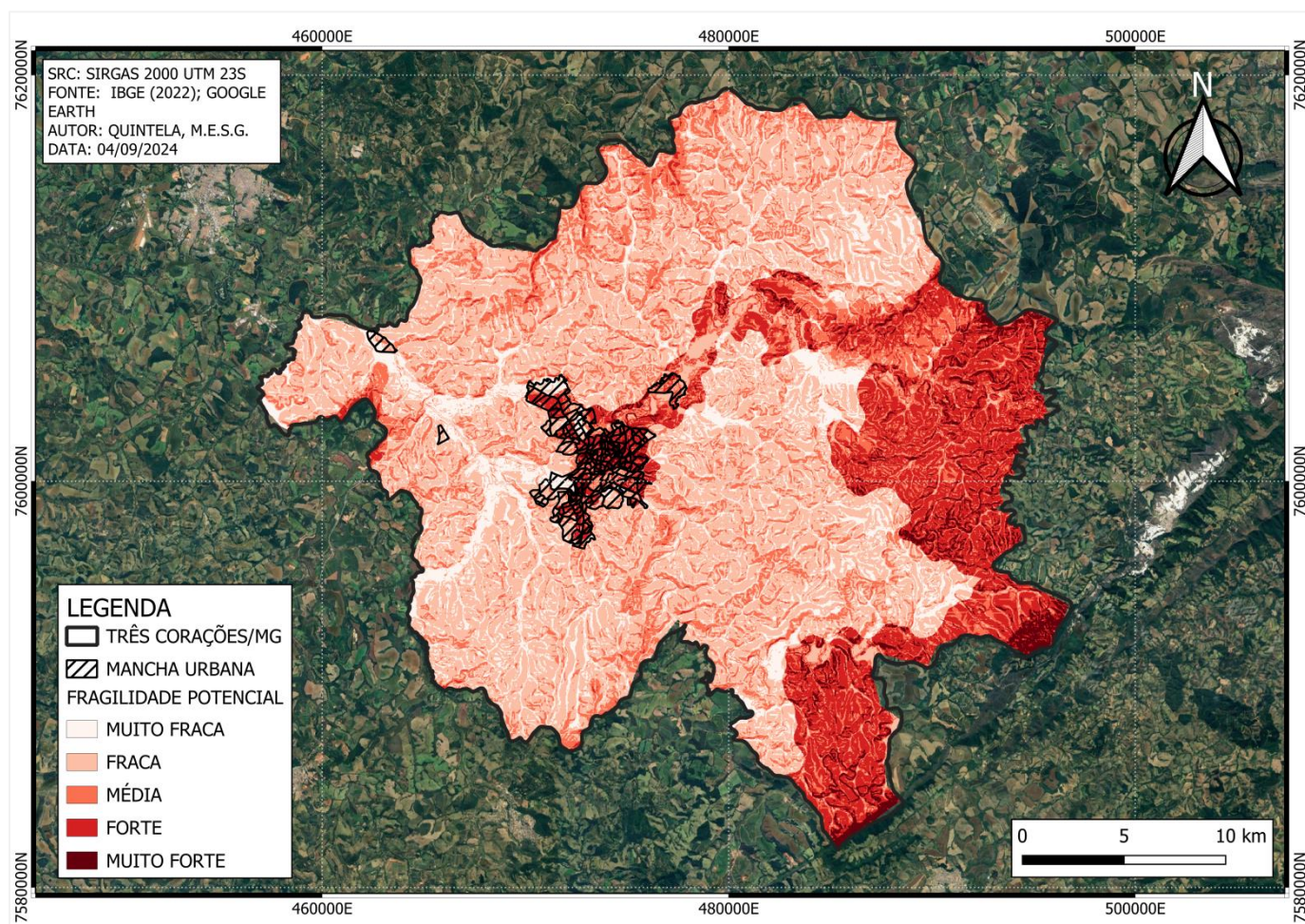
Figura 5 – Fluxograma dos processos metodológicos da pesquisa.



7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Assim, a metodologia fundamentada na abordagem de Ross (1994) e ilustrada na figura acima possibilitou a determinação da fragilidade potencial, entendida como a vulnerabilidade intrínseca do meio, influenciada pelos elementos físicos da área. A análise baseou-se em aspectos geomorfológicos, geológicos, pedológicos e de declividade, permitindo uma interpretação abrangente da fragilidade do meio natural, corroborada por estudos de séries temporais. Esse processo valida a investigação sobre a fragilidade emergente (Fig. 6), considerando a influência das atividades antrópicas na cobertura do solo.

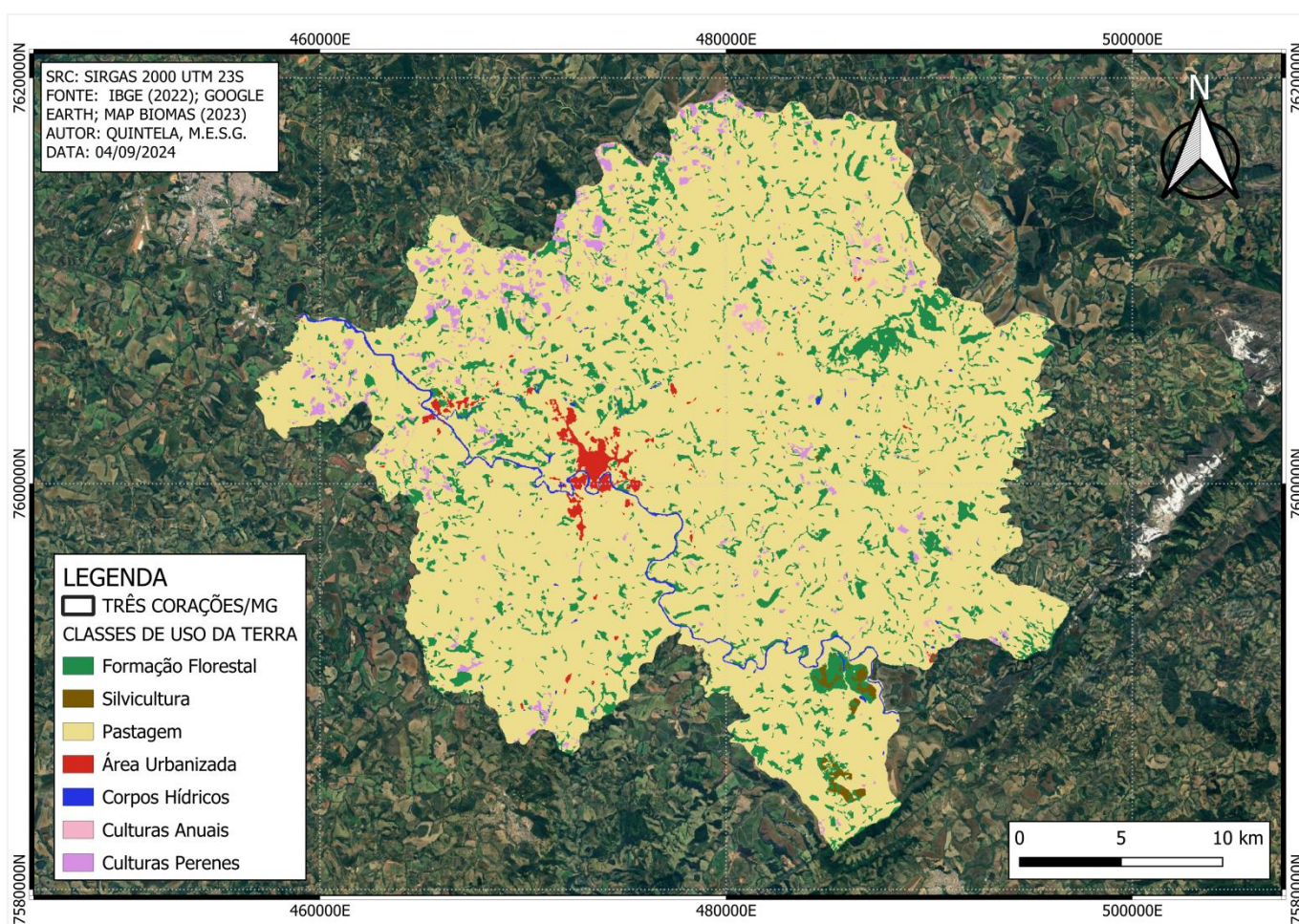
Figura 6 – Fragilidade potencial do município de Três Corações/MG.



7.1. CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 1992

Com base nos recursos disponíveis, o mapeamento das classes de uso da terra foi efetuado utilizando os dados do Map Biomas, com um enfoque específico no território municipal. Esse procedimento resultou na identificação de sete classes, que se revelaram particularmente pertinentes para os objetivos da pesquisa, conforme evidenciado no mapa abaixo.

Figura 7 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 1992.



Fonte: Autor, 2024.

Sob uma perspectiva quantitativa (Quadro 1), a caracterização da área indica que a maior parte do território é ocupada por pastagens, representando 84,92% da superfície total, seguida por uma significativa área de formação florestal, que abrange 10,46%, conforme os dados do Map Biomas (2023). Além disso, a área dedicada a culturas perenes, como o café, corresponde a 2,14%. No contexto de 1992, a área urbana representava apenas 0,99% da extensão total, evidenciando uma paisagem com predominância rural, acompanhada de um crescimento urbano.

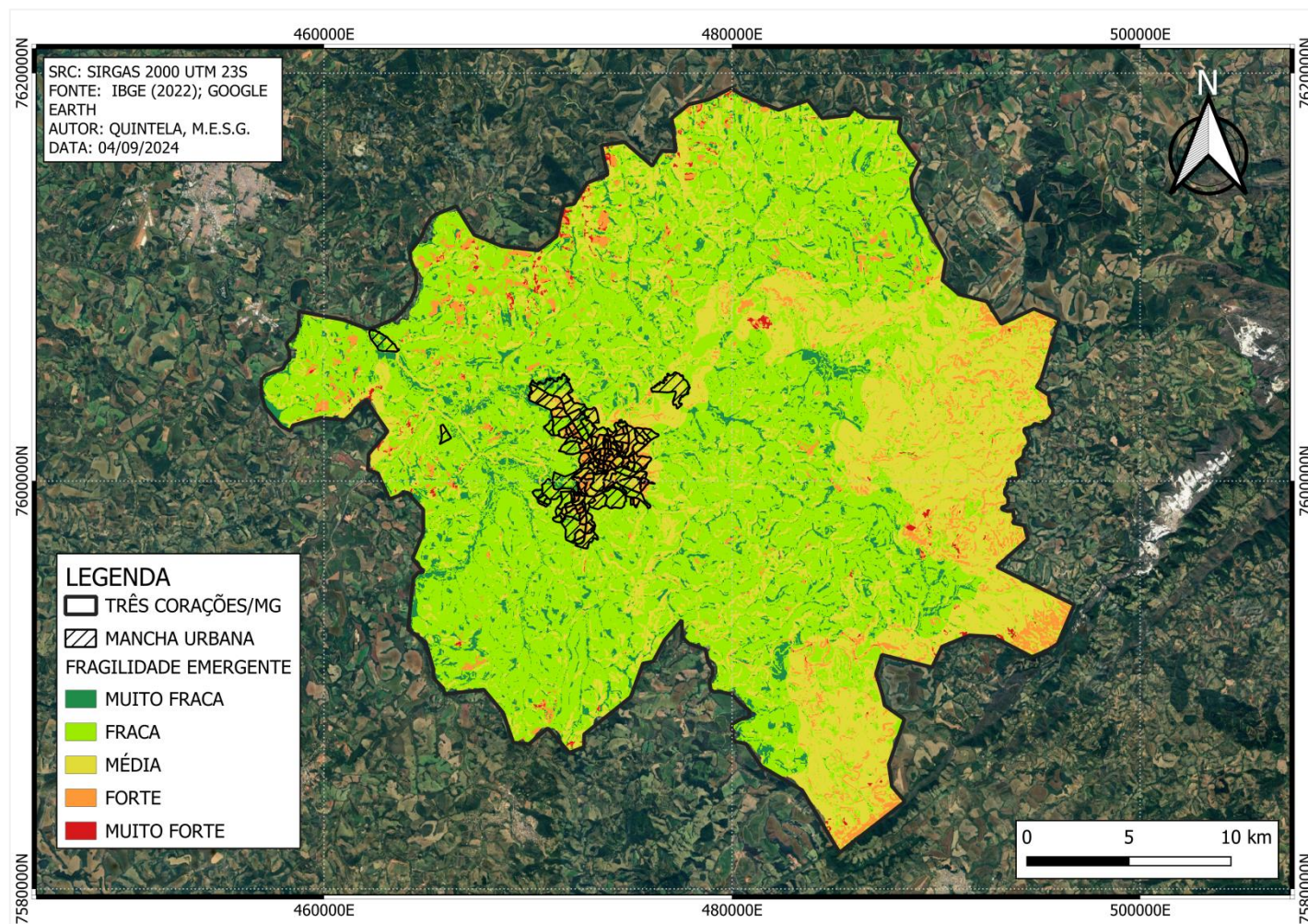
Quadro 1 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 1992

1992		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Km²	%
Formação Florestal	86,92	10,46
Silvicultura	2,65	0,32
Pastagem	705,87	84,92
Área Urbanizada	8,23	0,99
Corpo Hídrico	6,36	0,77
Culturas anuais	3,36	0,40
Culturas perenes	17,77	2,14
TOTAL	831,16	100

Fonte: Map Biomas, 2024. Org: Autor

Sob a ótica da fragilidade ambiental, a compreensão das classes de uso da terra é de suma importância, uma vez que os níveis de fragilidade estão intrinsecamente relacionados a essas categorias. As intervenções no ambiente, especialmente aquelas que alteram a composição natural, tendem a resultar em graus elevados de fragilidade. Isso inclui a remoção da cobertura vegetativa nativa e a ocupação por grandes áreas de pastagem e cultivo, que afetam a capacidade pedológica local e atuam como fatores determinantes na análise da fragilidade ambiental, conforme mostrado na figura 8.

Figura 8 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 1992



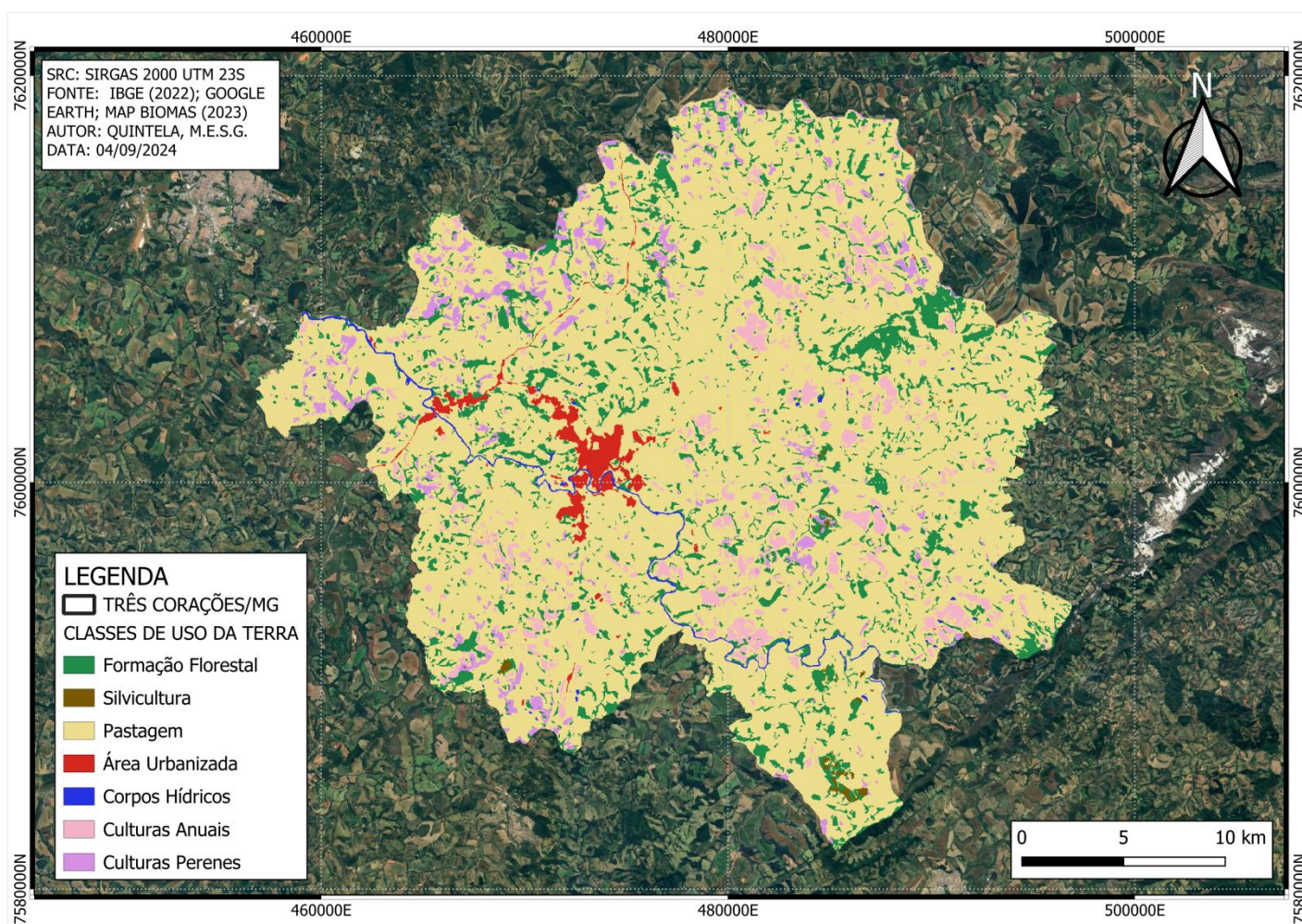
Fonte: Autor, 2024

A partir das informações contidas na figura anterior, constata-se que as áreas classificadas como apresentando fragilidade muito fraca ou fraca são predominantemente ocupadas por formações florestais que mantêm a cobertura de vegetação nativa. Em contrapartida, as zonas caracterizadas por fragilidade média são associadas a áreas de pastagem, voltadas para a atividade agropecuária, situadas nas proximidades de lavouras. Por sua vez, as porções identificadas com fragilidade forte ou muito forte estão ligadas à presença de lavouras anuais e perenes. Essa categorização permite uma análise dos riscos potenciais decorrentes dessas atividades antrópicas, levando em consideração também o grau de declividade do terreno.

7.2. CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 2002

Após a análise do cenário referente ao ano de 1992, foram examinados os dados de 2002, com o objetivo de iniciar uma abordagem comparativa, conforme ilustrado na figura 9.

Figura 9 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 2002.



Fonte: Autor, 2024.

A análise das alterações no uso e cobertura da terra (Quadro 2) revela uma diminuição nas áreas destinadas a pastagens, que passaram de 84,92% em 1992 para uma porcentagem menor nos anos subsequentes. Em contrapartida, observou-se um aumento nas áreas de formação florestal, que alcançaram 11,90%. Além disso, houve um crescimento considerável nas áreas dedicadas a culturas anuais (4,97%), culturas perenes (3,64%) e na extensão da área urbana (1,58%). Um aspecto relevante dessa transformação é a introdução do cultivo de soja, milho e trigo, que anteriormente não possuíam uma representação significativa no território municipal.

Esses cultivos, que se tornaram monoculturas predominantes ao longo dos anos, estão associados a impactos ambientais que contribuem para a degradação do solo, resultando em um ambiente mais fragilizado.

Quadro 2 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2002

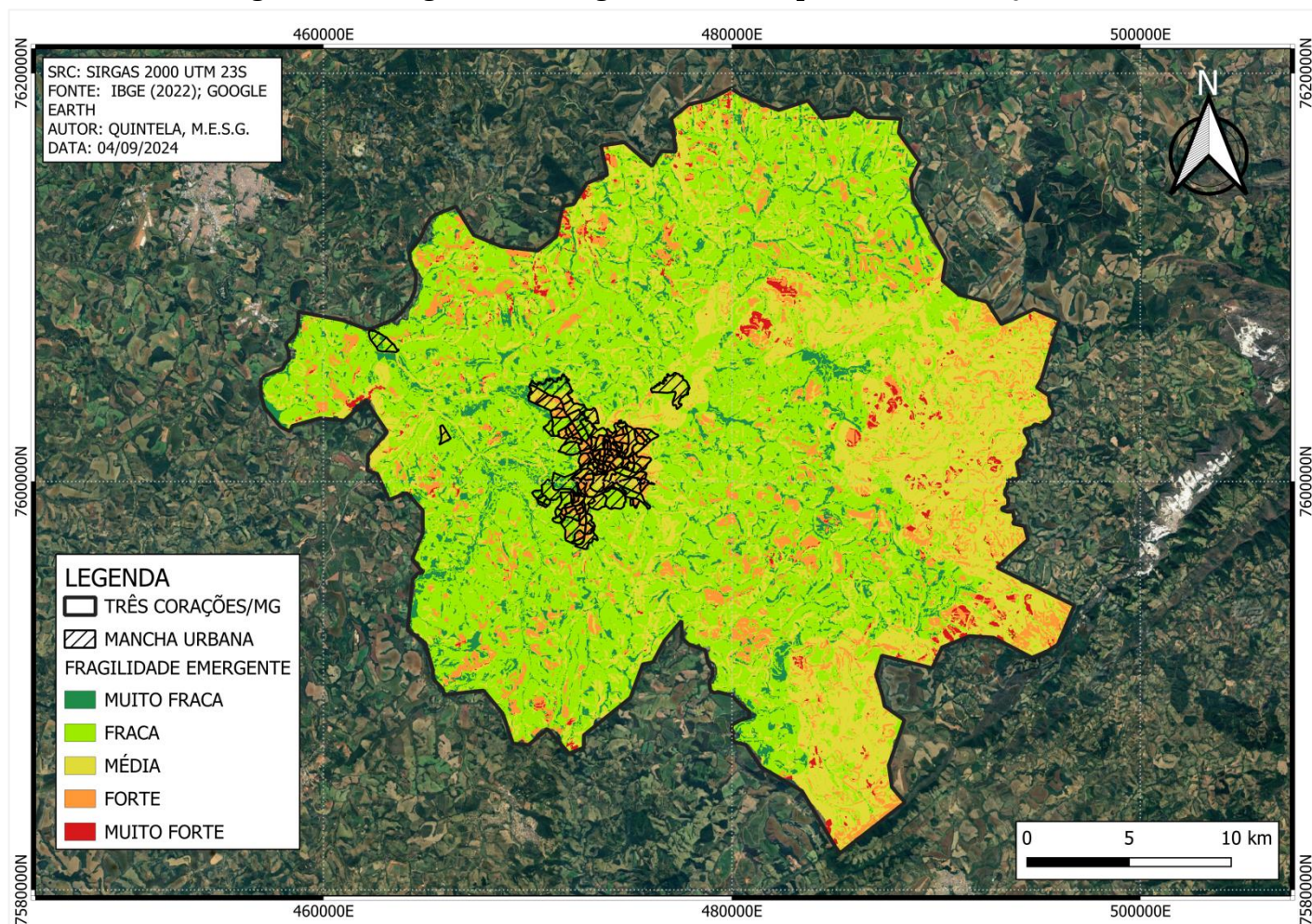
2002		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Km²	%
Formação Florestal	98,92	11,90
Silvicultura	1,79	0,22
Pastagem	640,24	77,03
Área Urbanizada	13,15	1,58
Corpo Hídrico	5,53	0,67
Culturas anuais	41,28	4,97
Culturas perenes	30,25	3,64
TOTAL	831,16	100

Fonte: Map Biomas, 2024. Org: Autor.

A figura 10 ilustra que o crescimento das lavouras e a implementação de novas práticas agrícolas, apesar de um ligeiro aumento nas áreas de formação florestal, justificam o incremento nas áreas classificadas com fragilidade média e muito forte. Isso se deve, em grande parte, ao desmatamento contínuo em determinadas regiões para viabilizar essas novas atividades.

Ademais, observa-se um aumento nas áreas de fragilidade forte, onde pastagens passaram a ser utilizadas como áreas de cultivo. Essa transformação indica que, mesmo com certa recuperação da cobertura vegetal, a fragilidade do ambiente persiste. Assim, é possível concluir que o comportamento, a intensidade e o tempo de intervenção antrópica no meio ambiente são fatores cruciais na configuração da fragilidade ambiental.

Figura 10 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 2002.

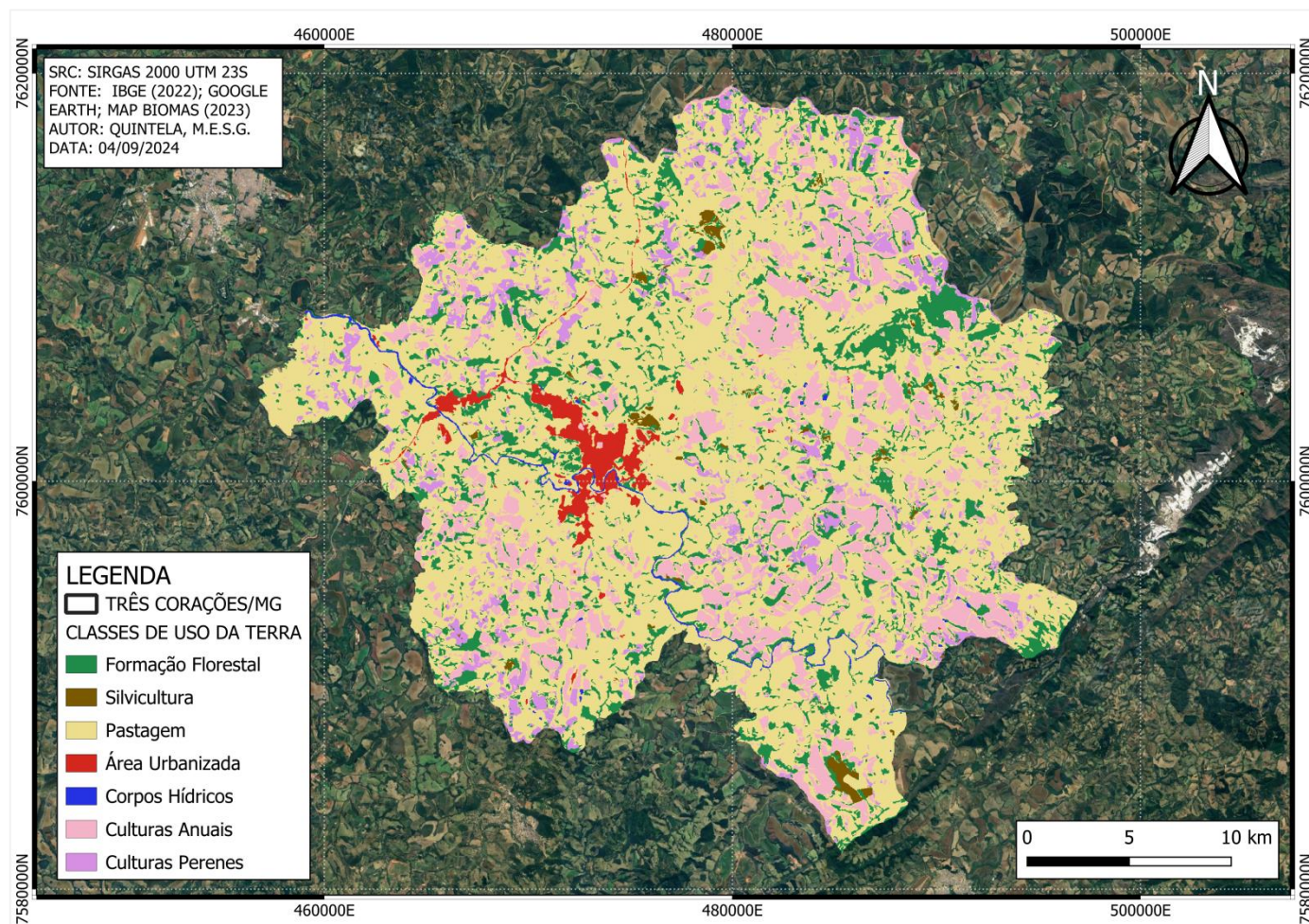


Fonte: Autor, 2024.

1.1. CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 2012

As reconfigurações observadas, compreendida entre 2002 e 2012, são caracterizadas, novamente, pela diminuição das áreas de pastagem. No entanto, diferentemente do cenário previamente descrito, as áreas destinadas a cultivos perenes demonstraram um aumento menos significativo em comparação às áreas voltadas para as culturas anuais. Ademais, as áreas de formação florestal em Três Corações apresentaram um crescimento gradual (Fig. 11).

Figura 11 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 2012.



Fonte: Autor, 2024.

Quantificando a imagem, as lavouras temporárias sofreram grande aumento de um montante de 4,97% para 15,67 em 2012, colaborando com a intensificação de áreas que concentram fragilidades fortes (Quadro 3). Compreendendo assim o surgimento de novas culturas ao longo de todo o território tricordiano.

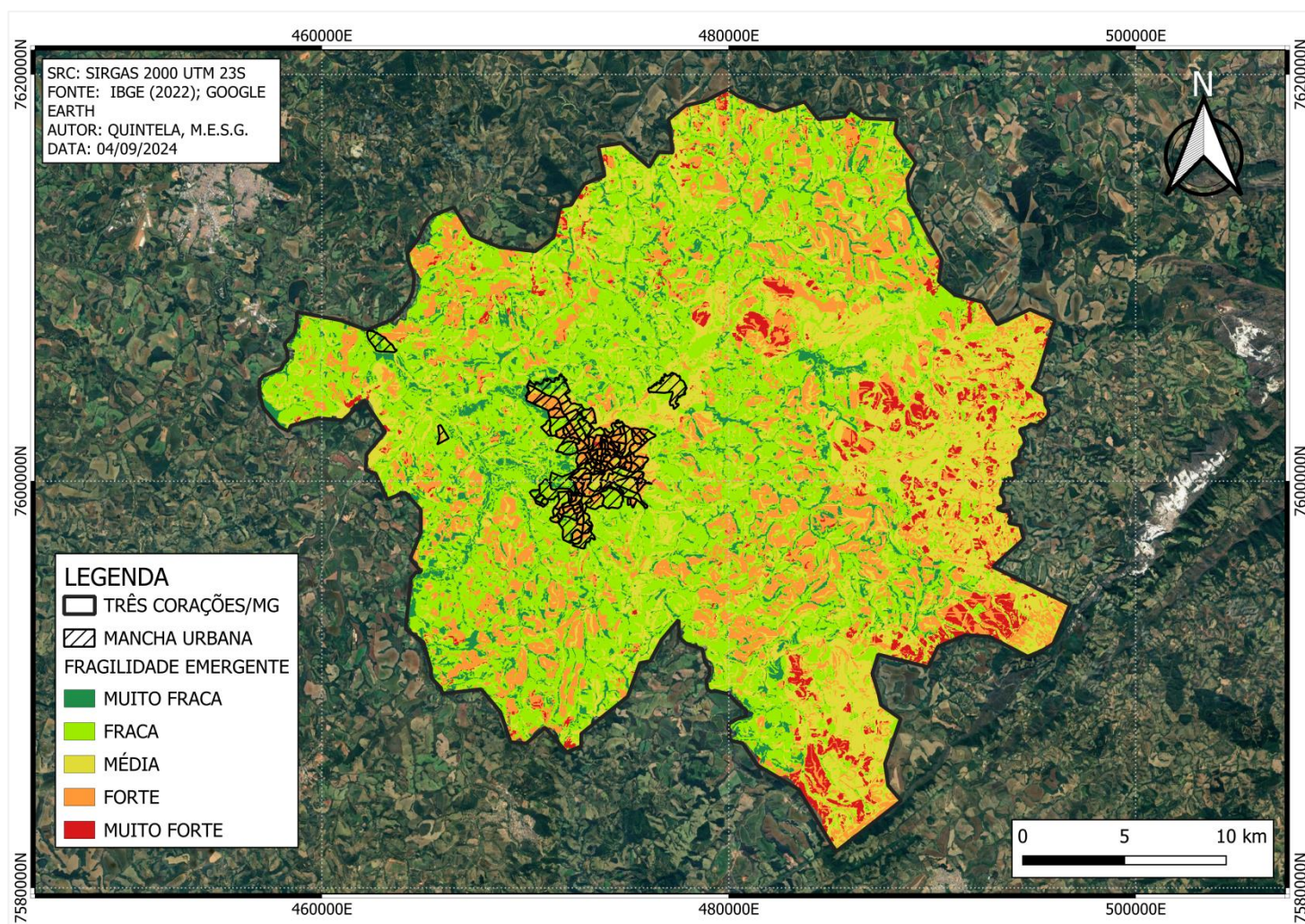
Quadro 3 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2012

2012		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Km²	%
Formação Florestal	106,69	12,84
Silvicultura	6,41	0,77
Pastagem	516,08	62,09
Área Urbanizada	16,62	2,00
Corpo Hídrico	4,99	0,60
Culturas anuais	130,23	15,67
Culturas perenes	50,15	6,03
TOTAL	831,19	100

Fonte: Map Biomas, 2024. Org: Autor

Analisando a fragilidade que o município apresenta no ano de 2012 (Fig. 12), é possível identificar as áreas que desenvolvem graus mais fragilizado devido o aumento nas culturas anuais, mas, em contrapartida a desconcentração das áreas com esses níveis de fragilidade nos locais que outrora eram pastagem, contribui para a diminuição da fragilidade territorial. A classe de análise de fragilidades fracas diminuiu enquanto áreas de médias e fortes fragilidades estão crescendo, especialmente em regiões próximas à agropecuária. Por outro lado, as áreas com fragilidades mais baixas, apesar de algumas delas estarem ganhando vegetação nativa, ainda apresentam um declínio geral em sua condição.

Figura 12 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 2012.

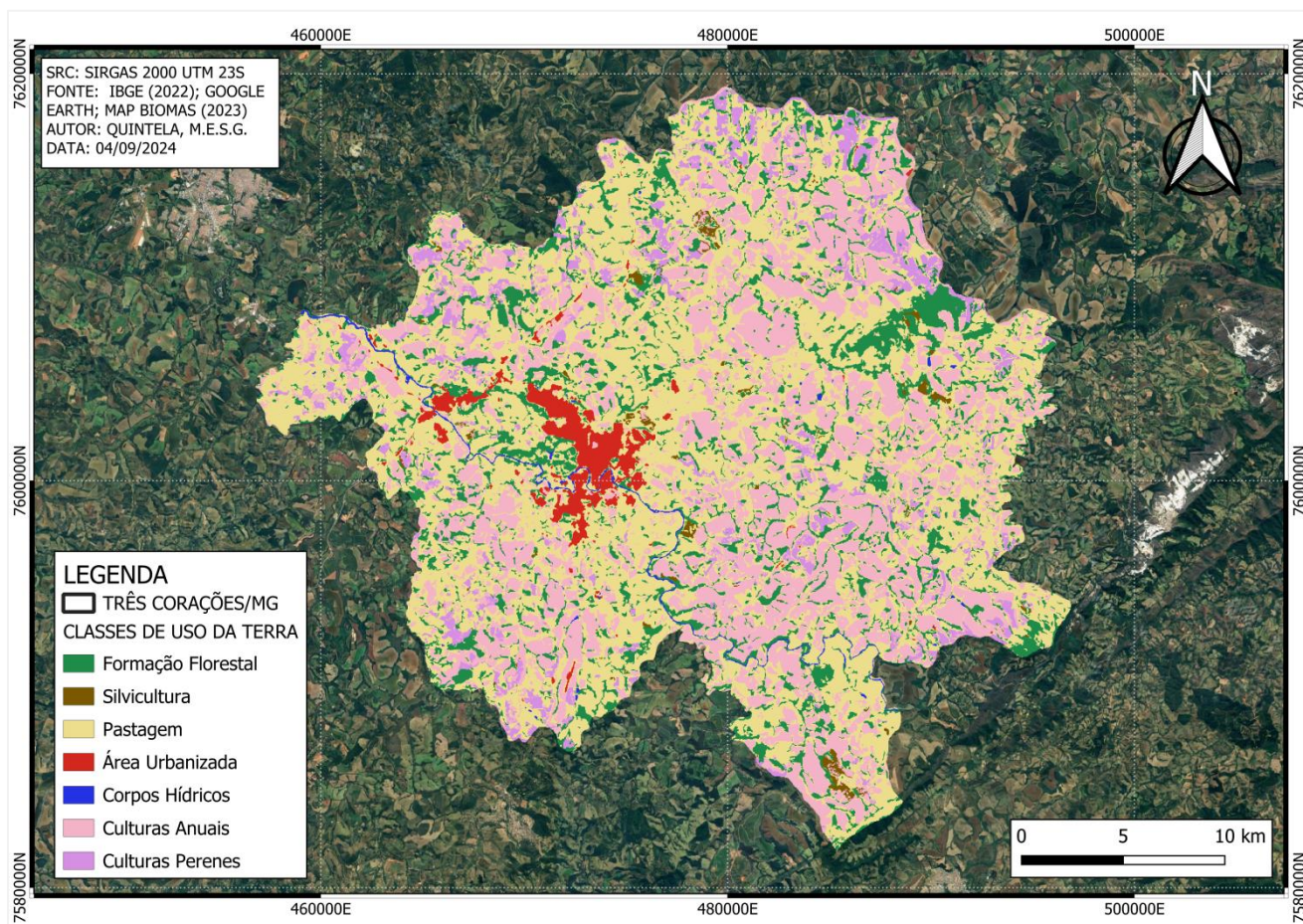


Fonte: Autor, 2024.

1.2. CENÁRIO DE USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGILIDADE EM 2023

Para caracterizar os usos e a cobertura do solo, bem como para mapear a fragilidade ambiental em 2023, foi realizada uma pesquisa de campo. Essa abordagem permitiu a verificação das condições apresentadas em locais de referência correspondentes a diversas classes identificadas (Fig. 13) no período mais recente de mapeamento.

Figura 13 – Uso e Cobertura da Terra no município de Três Corações em 2023.



Fonte: Autor, 2024.

Em comparação com o ano de 2012, houve diversas mudanças nas classes de uso da terra, apresentando, diferente dos outros anos, queda significativa nas áreas de pastagem. Considera-se essa diminuição nas porções de pastagem, devido o aumento nas culturas anuais, como a soja, o milho, entre outros. Já as culturas perenes, especialmente a cafeicultura, revela um avanço discreto se comparado a outros setores. Outro ponto que se apresenta é a expansão urbana, com crescimento na sede e nos distritos, como mostrado no quadro 4 abaixo.

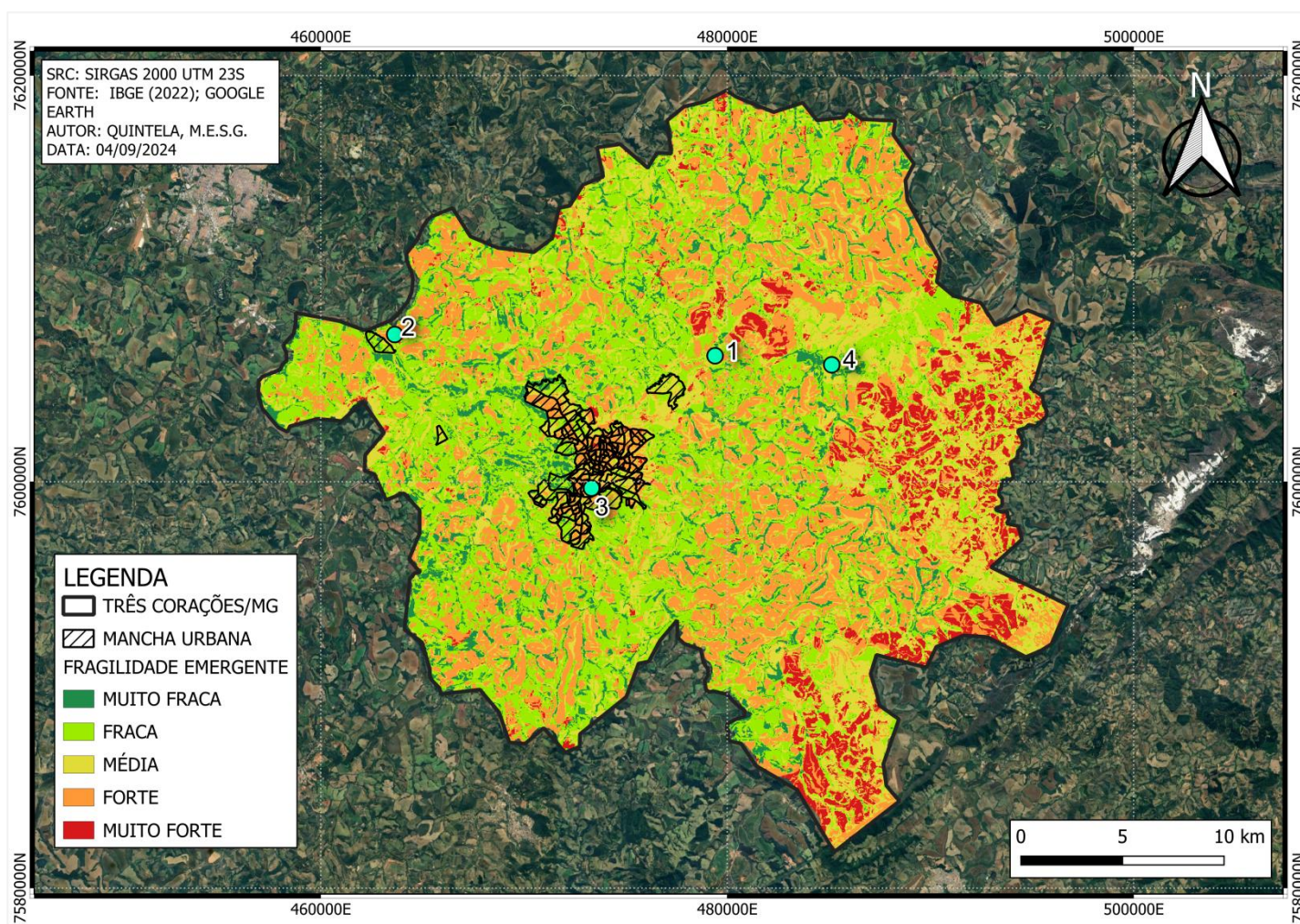
Quadro 4 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2023

CLASSES DE USO DA TERRA	2023	
	Área	
	Km²	%
Formação Florestal	113,92	13,71
Silvicultura	5,51	0,70
Pastagem	398,14	47,90
Área Urbanizada	19,90	2,39
Corpo Hídrico	4,70	0,60
Culturas temporárias	237,69	28,60
Culturas perenes	51,04	6,10
TOTAL	831,19	100

Fonte: Map Biomas, 2024. Org: Autor

No que tange às classes de fragilidade, verifica-se que as áreas classificadas como fortes e mais fortes experimentaram um aumento considerável, sendo encontradas ao longo de toda a extensão territorial do município, em decorrência da expansão agrícola de culturas anuais e perenes. Por outro lado, as áreas com fragilidade classificada como fraca e muito fraca, embora estejam passando por um incremento na cobertura de vegetação nativa, continuam a apresentar um padrão de declínio. As áreas de fragilidade média, por sua vez, estão diminuindo, especialmente nas regiões que vivenciam a expansão agropecuária e urbana, evidenciando um aumento das classes de fragilidade em suas adjacências (Fig. 14).

Figura 14 – Fragilidade emergente no município de Três Corações/MG, em 2023.



Fonte: Autor, 2024.

Em busca da visualização dos diferentes graus de fragilidade, foram estabelecidos pontos de visitação com o objetivo de realizar interpretações específicas de cada nível de fragilidade.

Diante disso, a visualização nos ambientes altamente fragilizados revela a presença de plantações de culturas perenes (Fig. 15), além de áreas com solo exposto e sinais de intervenção humana (Fig. 17).

Assim, as áreas que possuem os graus de fragilidade mais altos (Fig. 16) se demonstram mais suscetíveis aos impactos ambientais, como as porções de solo exposto, desnutrição pedológica, entre outros, desequilibrando todo o sistema, com perda da fauna e flora, além de contribuir com as alterações climáticas.

Figura 15 – Cultivo de café, exemplo de cultura perene (Ponto 1).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 16 – Área representante de local altamente fragilizado (Ponto 1)



Fonte: Autor, 2024.

Figura 17 – Representação de solo exposto em área altamente fragilizada (Ponto 2).



Fonte: Autor, 2024.

As áreas caracterizadas por fragilidades de nível médio, em sua maioria, situam-se em locais próximos as zonas urbanizadas (Fig. 19) e com atividades de silvicultura (Fig. 18) e agrícolas, sendo entendido como uma área de transição, sendo possível observá-la entre os níveis mais baixos e os mais altos de vulnerabilidade. A observação feita em campo revela a presença de urbanização, área de pastagem, ao mesmo tempo em que há áreas vegetadas.

No que se diz respeito aos níveis fracos e muito fracos, a composição da paisagem dessa área é caracterizada pela predominância de áreas de pastagens (Fig 20). Além disso, é possível visualizar presença de formações florestais, distribuídos por toda extensão territorial do município, sendo capaz de favorecer a absorção e escoamento de água pelo solo, enriquecendo-o e contribuindo para permanência da diversidade ecológica local (Fig.21).

Figura 18 – Cultivo de eucalipto, exemplo de atividades silviculturais (Ponto 3).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 19 – Área de fragilidade média próxima à urbanização (Ponto 3).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 20 – Representação de área de pasto (Ponto 4)



Fonte: Autor, 2024.

Figura 21 – Exemplo de área com formações florestais (Ponto 4)



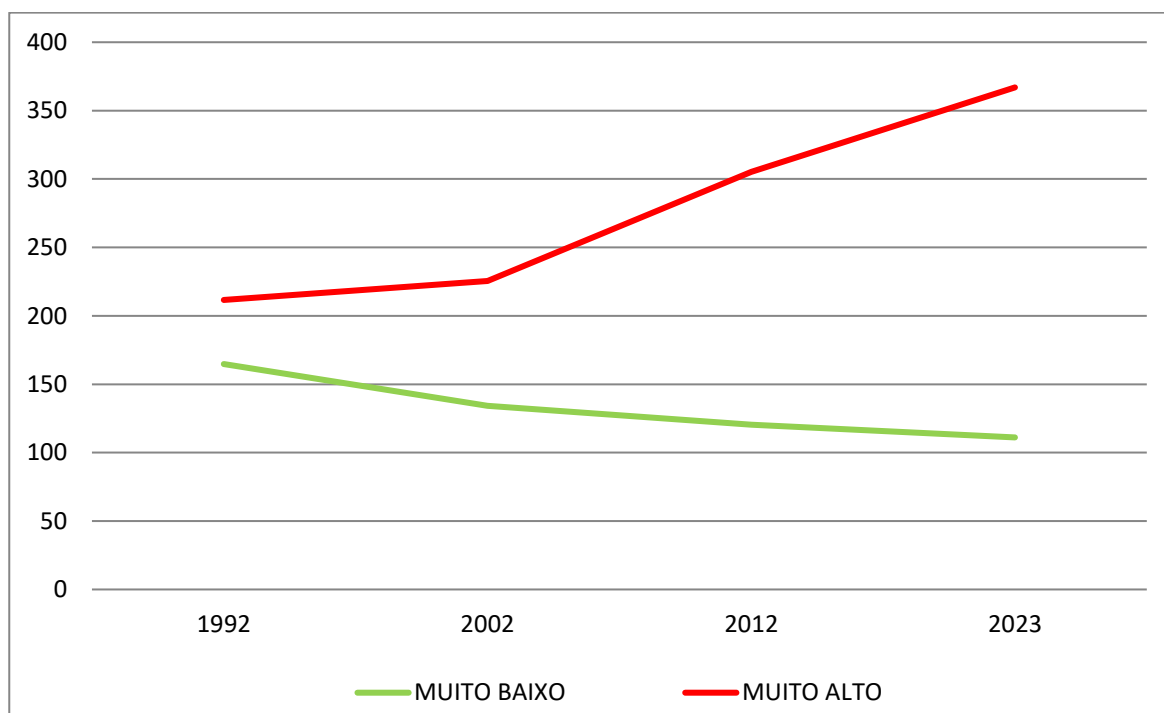
Fonte: Autor, 2024.

1.1. ANÁLISE COMPARATIVA DAS FRAGILIDADES

Ao realizar uma análise abrangente ao longo dos anos, é possível identificar um aumento na classe de fragilidades altas. Esse crescimento pode ser explicado principalmente pela perda de vegetação nativa, resultante da ampliação das áreas destinadas ao cultivo de espécies anuais e perenes. Ademais, as classes de fragilidades fracas apresentaram variações significativas ao longo do tempo, evidenciando uma diminuição em sua extensão territorial.

Durante toda a análise é possível perceber que as classes de extremas fragilidades, muito altas e muito baixas (Fig. 22), se encontram em equilíbrio. Ou seja, à medida que as fragilidades muito baixas se reduzem, as fragilidades muito altas crescem, na mesma proporção.

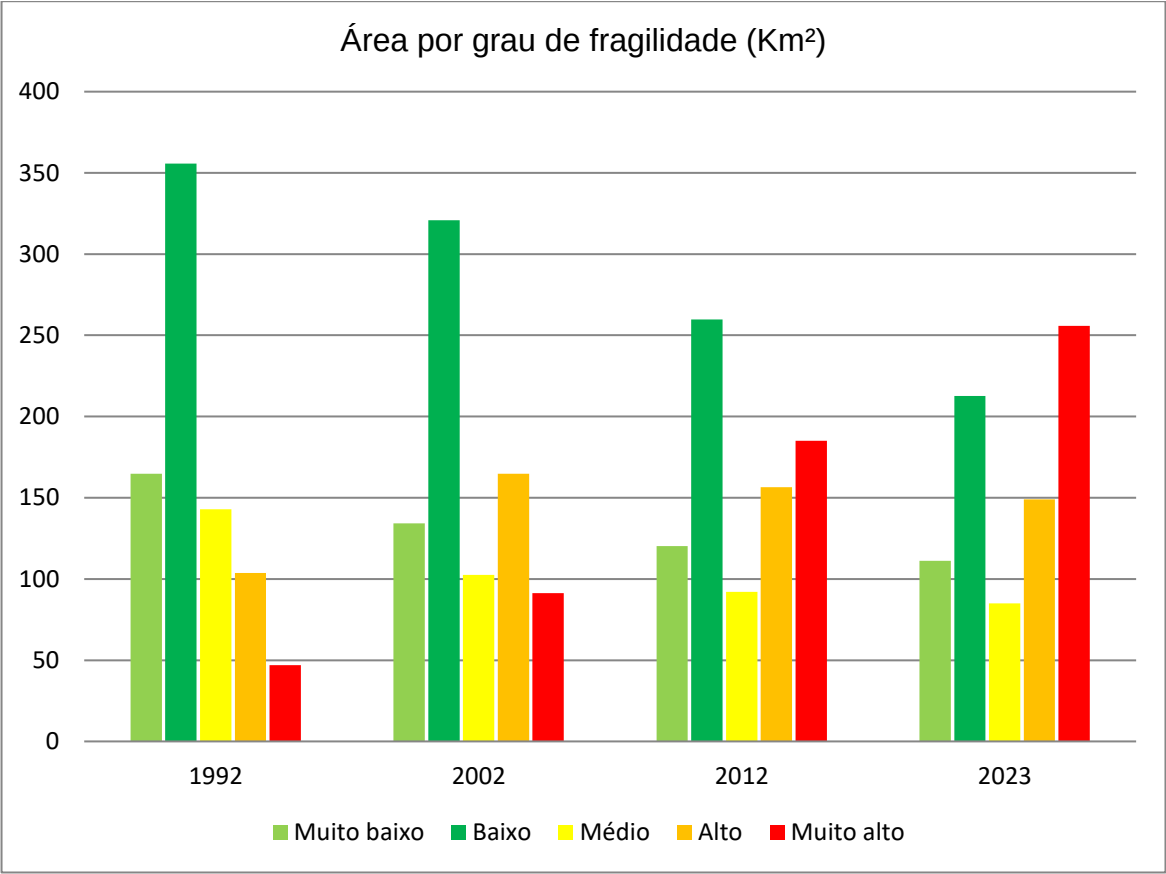
Figura 22 – Proporcionalidade entre os dados das classes extremas defragilidade.



Fonte: Autora, 2024.

Ao quantificar os dados gerais sobre as fragilidades ambientais no município de Três Corações, obtém-se uma amostra das áreas representativas de cada uma das classes (Quadro 5). Esse procedimento visa verificar a classificação, garantindo que ela seja consistente e sirva como fundamento para a interpretação da veracidade dos dados em relação à realidade, conforme ilustrado na figura 23.

Figura 23 – Comparativo de área, em quilômetros, pelo grau de Fragilidade Ambiental através dos anos.



Fonte: Autor, 2024.

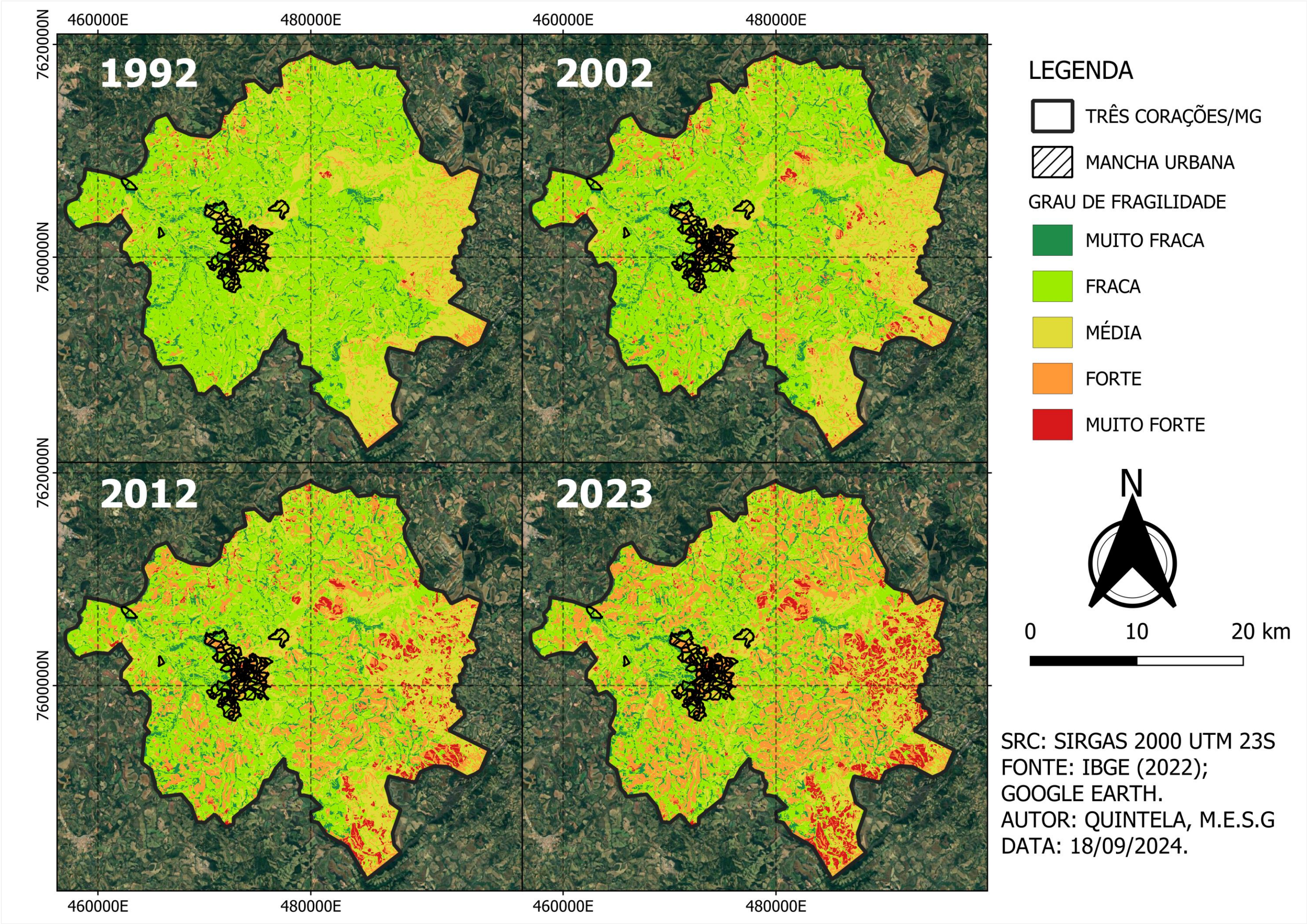
Quadro 5 – Área, em km², por grau de Fragilidade Ambiental através dos anos.

	1992	2002	2012	2023
MUITO BAIXA	164,763	134,21	120,345	111,137
BAIXA	355,626	320,834	259,84	212,73
MÉDIA	142,87	102,522	92,086	85,069
ALTA	103,62	164,876	156,484	148,967
MUITO ALTA	46,861	91,298	184,985	255,837

Fonte: Autor, 2024.

O mapa de comparação temporal (Fig. 24) proporciona uma análise detalhada das dinâmicas das classes ao longo dos anos, configurando-se como uma ferramenta indispensável na aplicação de séries temporais em pesquisas ambientais. Esta representação gráfica não apenas aprimora a compreensão das transformações na paisagem do município de Três Corações, mas também permite a identificação de padrões e tendências significativas, essenciais para a gestão ambiental e para a formulação de políticas públicas fundamentadas. Além disso, contribui para uma interpretação mais aprofundada das interações ecológicas, promovendo uma abordagem holística na análise das mudanças ambientais.

Figura 24 – Série temporal da Fragilidade Emergente no município de Três Corações, de 1992 à 2023.



Fonte: Autor, 2024.

Em síntese, a análise da fragilidade ambiental sublinha a importância vital da cobertura vegetal na manutenção de condições ambientais favoráveis. A preservação da vegetação desempenha um papel fundamental na estabilização do solo, mitigando a vulnerabilidade a processos erosivos e deslizamentos, devido à sua capacidade de retenção de água e fortalecimento da estrutura do solo. Em contrapartida, as áreas que apresentam alta fragilidade, frequentemente associadas à agricultura intensiva, estão mais suscetíveis à degradação. O uso contínuo do solo, aliado a práticas agrícolas agressivas, pode comprometer gravemente a integridade do solo ao longo prazo.

Os dados coletados revelam que a maior parte da área analisada apresenta níveis de fragilidade ambientais classificados como médios e altos. Isso indica que essas regiões estão relativamente em transição, em que as áreas de fragilidades média, forte e muito forte estão se sobressaindo em comparação com outras áreas menos vulneráveis. Assim, a constância no uso dos elementos físicos do ambiente sugere que o modo que o solo é utilizado nessas áreas possui um impacto negativo na saúde ambiental.

Diante desse cenário, é essencial a elaborar uma gestão saudável dos recursos naturais, priorizando a conservação da vegetação e promover técnicas agrícolas que minimizem os danos ao solo e ao ecossistema. A adoção de práticas menos prejudiciais não apenas protege a integridade ambiental, mas também é fundamental para garantir a capacidade de se recuperar de impactos e manter suas funções.

Além disso, uma abordagem sustentável assegura um equilíbrio entre a produção agrícola e a preservação do meio ambiente. Ao considerar tanto a necessidade de produção de alimentos quanto a proteção dos recursos naturais, é possível criar um modelo de uso da terra que beneficie tanto a economia quanto o meio ambiente ao longo prazo. Essa estratégia é vital para a mitigação dos impactos ambientais, contribuindo para um futuro mais sustentável.

8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de séries temporais da fragilidade ambiental é um componente fundamental para a compreensão das transformações da paisagem ao longo do tempo, possibilitando a identificação de padrões e tendências relevantes. O mapeamento e a avaliação de dados proporcionam uma base robusta que orienta decisões voltadas para a melhoria das condições ambientais e a recuperação de áreas degradadas.

A compreensão da evolução do uso da terra é essencial para a análise das dinâmicas de fragilidade, especialmente ao considerar a interação entre a cobertura vegetal e as atividades antrópicas. Essa abordagem geossistêmica permite a identificação de riscos e suas implicações, resultando em informações valiosas para o planejamento do uso do solo e para a formulação de políticas socioeconômicas adequadas.

Ademais, órgãos públicos podem utilizar essas análises para prever os impactos da ação humana, contribuindo para a prevenção da ocorrência de desastres ambientais. A capacidade de antecipar riscos possibilita o monitoramento de áreas vulneráveis e a realização de medidas preventivas eficazes.

A aplicação de geotecnologias, como sistemas de informação geográfica, enriquece a análise da realidade ambiental, facilitando a criação de mapas e a manipulação de dados relacionados à fragilidade. Essa integração é crucial para a mitigação de desastres, contribuindo de forma significativa para a proteção do meio ambiente e da vida humana.

Em síntese, a combinação de análises, mapeamento e tecnologias avançadas é indispensável para promover uma gestão ambiental eficaz e sustentável, assegurando um futuro mais equilibrado e adaptável para as comunidades e os ecossistemas.

9. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, James Richard. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. US Government Printing Office, 1976.
- Bacia Hidrográfica do Rio Grande – BHRG. ARPA Rio Grande. Disponível em: <https://arpariogrande.org.br/bhrg/>. Acesso em: 23 set. 2024.
- BRAGA, Allana Paula. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra no limite municipal entre Campos Gerais e Alfenas, sul de Minas Gerais. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG. Alfenas, 2023.
- BATISTA, W. J.; BELLINI, A. L. S.; PISANI, R. J. Carta de sensibilidade para o meio físico do município de Campos Gerais-MG: uma proposta metodológica. *Revista Formação (Online)*, v. 30, n. 57, p. 295-323, 2023.
- CABRAL, J. B. P.; ROCHA, I. R.; MARTINS, A. P.; ASSUNÇÃO, H. F.; BECEGATO, V. A. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO): utilizando técnicas de geoprocessamento”. *GeoFocus*, nº 11, p. 51-69, 2011.
- CÂMARA MUNICIPAL DE TRÊS CORAÇÕES. Três Corações. Disponível em: <https://www.camaratc.mg.gov.br/texto.php?Id=7>. Acesso em: 09 de outubro de 2023.
- CÔRTEZ, Julia Corrêa; D'ANTONA, Álvaro de Oliveira. Dinâmicas no uso e cobertura da terra: perspectivas e desafios da Demografia. *Revista brasileira de estudos de população*, v. 31, p. 191-210, 2014.
- CREPANI, E. et al. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico: metodologia desenvolvida para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico. D'ANTONA, Álvaro de Oliveira. Dinâmicas no uso e cobertura da terra: perspectivas e desafios da Demografia. *Revista brasileira de estudos de população*, v. 31, p. 191-210, 2014.
- DE ALFENAS, Deivison Samuel Pereira. Zoneamento da fragilidade ambiental associado à expansão urbana na bacia do Córrego do Pântano, Alfenas-MG. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG. Alfenas, 2023.
- DEMARCHI, Júlio Cesar; PISANI, Rodrigo José; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. Análise da vulnerabilidade à erosão da sub-bacia do Ribeirão das Perobas por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Geografia e Pesquisa**, v. 7, n. 1, 2013.
- DE MORAES, Elisabete Caria. Capítulo 1 fundamentos de sensoriamento remoto. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos**, 2002.
- DE SOUZA, João Batista Alves et al. MapBiomass na escola: relato de experiências da aplicabilidade de geotecnologia no ensino de Geografia. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, v. 21, n. 5, p. 2969-2991, 2023.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020 – Shapefile. Escala 1:5000000. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasilsolos_5m_20201104#more. Acesso em: 31 ago. 2023.

FARIA, Matheus Vizoto de Lima. SÉRIES TEMPORAIS APLICADAS AS DINÂMICAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BRAZÓPOLIS/MG. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG. Alfenas, 2023.

FERRARIO, R.; KUHN, W. Land use and land cover semantics: Distinguishing occurrents from continuants. In: Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the 9th International Conference (FOIS 2016). IOS Press, 2016. p. 3

FIGUEIREDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Artigos Técnicos. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

FOLEY, Jonathan A. et al. Global consequences of land use. Science, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico 2022. Disponível em: [Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA](#). Acesso em: 18 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA – IBGE. Cidades e Estados. Três Corações. Disponível em: [Três Corações \(MG\) | Cidades e Estados | IBGE](#). Acesso em: 18 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manual técnico de uso da terra. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 170 p. v. 7.

IDE-SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Licenças ambientais emitidas pelo Sistema de Licenciamento Ambiental da Semad. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2023. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 set.2023.

São José dos Campos, INPE, São Paulo, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1996. 25p. Disponível em: <http://mtc.m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/05.13.15.34/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.

JENSEN, John R.; EPIPHANIO, José Carlos Neves. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2009.

MANOEL, Douglas Henrique. Análise da vulnerabilidade ambiental da sub-bacia do Córrego Pitangueiras, Alfenas-MG. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG. Alfenas, 2017.

MAPBIOMAS (Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil) (2023). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 29 de outubro de 2023.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas, 2010. MOREIRA, R. Pensar e ser em geografia: ensaios de história, epistemologia e ontologia do espaço geográfico. São Paulo: Contexto, 2011.

MOREIRA, R. Para onde vai o pensamento geográfico? São Paulo: Contexto, 2006.

PRAÇA, F. S. G. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. Diálogos acadêmicos, Fortaleza, n. 1, p. 72-87, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS CORAÇÕES. Três Corações. Disponível em: <https://trescoracoes.mg.gov.br/a-cidade/historia>. Acesso em: 10 de outubro de 2023.

PAVLICKOVA, K.; VYSKUPOVA, M. A method proposal for cumulative environmental impact assessment based on the landscape vulnerability evaluation. Environmental Impact Assessment Review, v.50, p.74-84, 2015

QIU, B.; LI, H.; ZHOU, M.; ZHANG, L. Vulnerability of ecosystem services provisioning to urbanization: A case of China. Ecological Indicators, v.57, p.505- 513, 2015.

REZENDE, Éric Andrade. Estudo da influência da Zona de Cisalhamento de Três Corações na ocorrência de voçorocamentos. Revista de Geografia-PPGEO UFJF, v. 11, n. 1, p. 120-135, 2021.

ROSA, Roberto; SANO, Edson Eyji. USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO PARANAÍBA LAND USE AND VEGETATION COVER IN THE PARANAIBA RIVER BASIN. CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária, v. 9, n. 19, p. 32-56, 2014.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. Revista do departamento de geografia, v. 8, p. 63-74, 1994.

SANTOS, M. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: EdUSP, 2006.

SPÓSITO, E. S. Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico. São Paulo: Unesp, 2003.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro IBGE/SUPREN. 91 p, 1977.

TURRA NETO, N. Pesquisa qualitativa em Geografia. XVII Encontro Nacional de Geógrafos - XVII ENG. Anais...Belo Horizonte: Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB), 2012.

TURNER, W., et al. (2015). Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation. Biological Conservation, 182, 173-176.

USGS (U.S. Geological Survey). (2020). Land Cover Institute. . Acesso em: 05 de outubro de 2023.

VERÇOSA, JP dos S. et al. Uso de Sensoriamento Remoto e de Dados Oriundos do Projeto Mapbiomas para Análise do desmatamento no Município de Rio Largo/AL. Estudos em Ciências exatas, naturais e biológicas. João Pessoa: Periodicojs Editora, p. 54-67, 2021.

VITOR, Wender da Silva. A escola no contexto de um bairro rural: Saberes e vivências rurais, educação do campo e agricultura familiar. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG. Alfenas, 2021.

WENG, Qihao. Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. Remote Sensing of Environment, v. 117, p. 34-49, 2012.