

**CARTA DE SENSIBILIDADE PARA O
MEIO FÍSICO DO MUNICÍPIO DE
CAMPOS GERAIS-MG: UMA PROPOSTA
METODOLÓGICA**



Welder Junho Batista  

Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas
Contato: welder.batista@sou.unifal-mg.edu.br

André Luiz da Silva Bellini  

Graduado em Geografia, Universidade Federal de Alfenas
Contato: andre.bellini@sou.unifal-mg.edu.br

Rodrigo José Pisani  

Professor do Instituto de Ciências da Natureza, Universidade Federal de
Alfenas
Contato: rodrigo.pisani@unifal-mg.edu.br

Como citar: 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.

Recebido: 27/01/2022

Aceito: 30/05/2023

Data de publicação: 02/06/2023

Resumo

A erosão hídrica do solo é um grave problema em escala mundial, o qual ocasiona diversos prejuízos à população e ao meio ambiente cotidianamente. Devido a isso, a identificação de áreas com maior sensibilidade ambiental possibilitaria a tomada de decisão com ações mitigadoras para a prevenção de degradações futuras. Esta pesquisa teve como objetivo propor estudos de sensibilidade do meio físico, a partir da análise de produtos de Fragilidade Ambiental por meio de análise empírica integrada ao Fator LS (Length Slope) tendo como recorte espacial o município de Campos Gerais-MG. Para dar suporte a essas metodologias, foi utilizado o método da Análise Hierárquica de Processos - AHP. Dentre os resultados alcançados, destacam-se os mapas de fragilidade ambiental, fragilidade potencial e, sobretudo, a elaboração das cartas de sensibilidade ao meio físico a partir da associação do fator LS com classes que variaram de potencial muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. As áreas com relevo íngreme associadas ao alto comprimento de rampa, solos com texturas arenosas e médias além da cobertura vegetal incipiente são as que possuem maior sensibilidade na área de estudo. Desta forma, a metodologia, juntamente com os resultados alcançados, se mostrou eficiente na caracterização de diferentes cenários de suscetibilidade à erosão. O trabalho se destaca como ferramenta importante para a gestão do meio físico bem como para um plano de manejo de bacias hidrográficas no município.

Palavras-chave: Erosão, Sensibilidade, Análise Hierárquica de Processos.

SENSITIVITY MAP FOR THE PHYSICAL ENVIRONMENT OF CAMPOS GERAIS-MG: A METHODOLOGICAL PROPOSAL

Abstract

Water erosion of soil is a serious problem on a global scale, causing various damages to the population and the environment on a daily basis. Therefore, the identification of areas with higher environmental sensitivity would enable decision-making with mitigating actions for the prevention of future degradations. This research aimed to propose studies on the sensitivity of the physical environment, based on the analysis of Environmental Fragility products through an empirical analysis integrated with the LS (Length Slope) Factor, focusing on the municipality of Campos Gerais-MG. To support these methodologies, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used. Among the achieved results, the maps of environmental fragility, potential fragility, and, above all, the development of sensitivity charts to the physical environment stand out, based on the association of the LS factor with classes ranging from very low, low, medium, high, to very high potential. Areas with steep relief, associated with high slope lengths, soils with sandy and medium textures, and incipient vegetation cover are the most sensitive in the study area. Thus, the methodology, along with the achieved results, proved to be efficient in characterizing different scenarios of susceptibility to erosion. This work stands out as an important tool for the management of the physical environment, as well as for a watershed management plan in the municipality.

Keywords: Erosion. Sensibility. Hierarchical Process Analysis.

CARTA DE SENSIBILIDAD PARA EL MEDIO FÍSICO DEL MUNICIPIO DE CAMPOS GERAIS-MG: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

Resumen

La erosión hídrica del suelo es un grave problema a nivel mundial, que ocasiona diversos perjuicios a la población y al medio ambiente diariamente. Debido a esto, la identificación de áreas con mayor sensibilidad ambiental permitiría tomar decisiones con acciones mitigadoras para la prevención de futuras degradaciones. Esta investigación tuvo como objetivo proponer estudios de sensibilidad del medio físico, a partir del análisis de productos de Fragilidad Ambiental mediante un análisis empírico integrado al Factor LS (Length Slope), con el municipio de Campos Gerais-MG como área de estudio. Para respaldar estas metodologías, se utilizó el método del Análisis Jerárquico de Procesos (AHP, por sus siglas en inglés). Entre los resultados alcanzados, se destacan los mapas de fragilidad ambiental, fragilidad potencial y, sobre todo, la elaboración de cartas de sensibilidad al medio físico a partir de la asociación del factor LS con clases que varían desde potencial muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Las áreas con relieve pronunciado asociadas a una gran longitud de pendiente, suelos con texturas arenosas y medias, además de una cobertura vegetal incipiente, son las que presentan una mayor sensibilidad en el área de estudio. De esta manera, la metodología, junto con los resultados obtenidos, se mostró eficiente en la caracterización de diferentes escenarios de susceptibilidad a la erosión. Este trabajo se destaca como una

herramienta importante para la gestión del medio físico, así como para un plan de manejo de cuencas hidrográficas en el municipio.

Palabras clave: Erosion. Sensibilidad. Análisis de Procesos Jerárquicos.

INTRODUÇÃO

Os processos erosivos são considerados grandes problemas no mundo todo, principalmente os relacionados à erosão hídrica. A desertificação, o uso indevido da agricultura, a extração mineral, a retirada de cobertura vegetal, dentre outros processos causam assoreamento de rios e reservatórios, influenciando diretamente a disponibilidade de recursos hídricos. Todas essas formas de degradação são aceleradas quando há interferência antrópica no meio físico.

Abordagens utilizando metodologias através da óptica da Vulnerabilidade Natural à erosão dos solos (CREPANI, 1996), e da Análise Empírica da Fragilidade Ambiental (ROSS, 1994) corroboram para melhores resultados nesses estudos.

As bacias hidrográficas em áreas rurais são essenciais para a manutenção do equilíbrio ecológico, pois detêm grande quantidade de fauna e flora normalmente existente em seu interior. Porém, devido à falta de manejo, juntamente a ações humanas que degradam o meio ambiente, essas bacias têm sofrido um processo acelerado de deterioração das suas características físicas, químicas e biológicas, acarretando um amplo saldo negativo ao meio ambiente. Uma bacia hidrográfica sem condições ambientais favoráveis pode sofrer vários impactos, tais como: ocupação indevida do solo, uso indiscriminado da água, desmatamento de matas ciliares, e erosão hídrica laminar, que causa carreamento de sedimentos a rios e córregos, deixando-os assoreados, e diminuindo a produção energética de reservatórios a sua jusante. Dessa forma, a preocupação em conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental nas últimas décadas deixam expostas a necessidade de projetos que busquem compreender tais adversidades, conciliando aspectos físicos, econômicos e sociais, tendo em vista a intensa modificação e degradação ambiental gerada pelo ser humano no atual momento.

Nesse contexto, a utilização das geotecnologias como ferramenta de apoio na tomada de decisão em ações envolvendo meio rural se torna de suma importância. O geoprocessamento, as ferramentas de SIG e o sensoriamento remoto são capazes de produzir dados e transformá-los em informações, dando suporte a produtores rurais, associações e cooperativas sobre como

obter um manejo do solo eficiente sem diminuição de produtividade, perda de áreas agricultáveis e custos acessíveis.

Como exemplo, pode-se citar, Assad e Sano (1998) onde em suas pesquisas tiveram como recorte espacial geográfico uma sub-bacia e realizaram um planejamento integrado dos recursos naturais, caracterizando-a física e socioeconomicamente, identificando problemas da comunidade e das práticas de manejo utilizadas na bacia hidrográfica do Córrego Taquara, no Distrito Federal.

A previsão das condições hídricas e climáticas de determinado recorte geográfico através de estações meteorológicas, tem se destacado como uma das tecnologias mais utilizadas por produtores rurais em todas as escalas. Esses dados são essenciais para o agricultor, pois podem determinar a produtividade de uma cultura, além de definir o calendário de atividades da sua propriedade.

Informações como as citadas acima dão suporte para produtores rurais, gestores, associações, e cooperativas, e evidenciam a mudança no perfil cultural das pessoas que moram no campo, utilizando informações advindas da geotecnologia, juntamente com a integração de pesquisadores, para obter bons resultados em suas produções. A utilização das geoinformações aplicadas no uso e manejo dos solos propicia resultados eficazes e colheitas produtividade satisfatória.

Devido ao fato do município de Campos Gerais possuir poucas e pequenas indústrias e suas atividades econômicas serem majoritariamente do setor agropecuário, a identificação de áreas susceptíveis à erosão hídrica em bacias hidrográficas rurais pode auxiliar os produtores a realizar de modo mais otimizado o manejo do solo, e concomitantemente terem menos prejuízos econômicos.

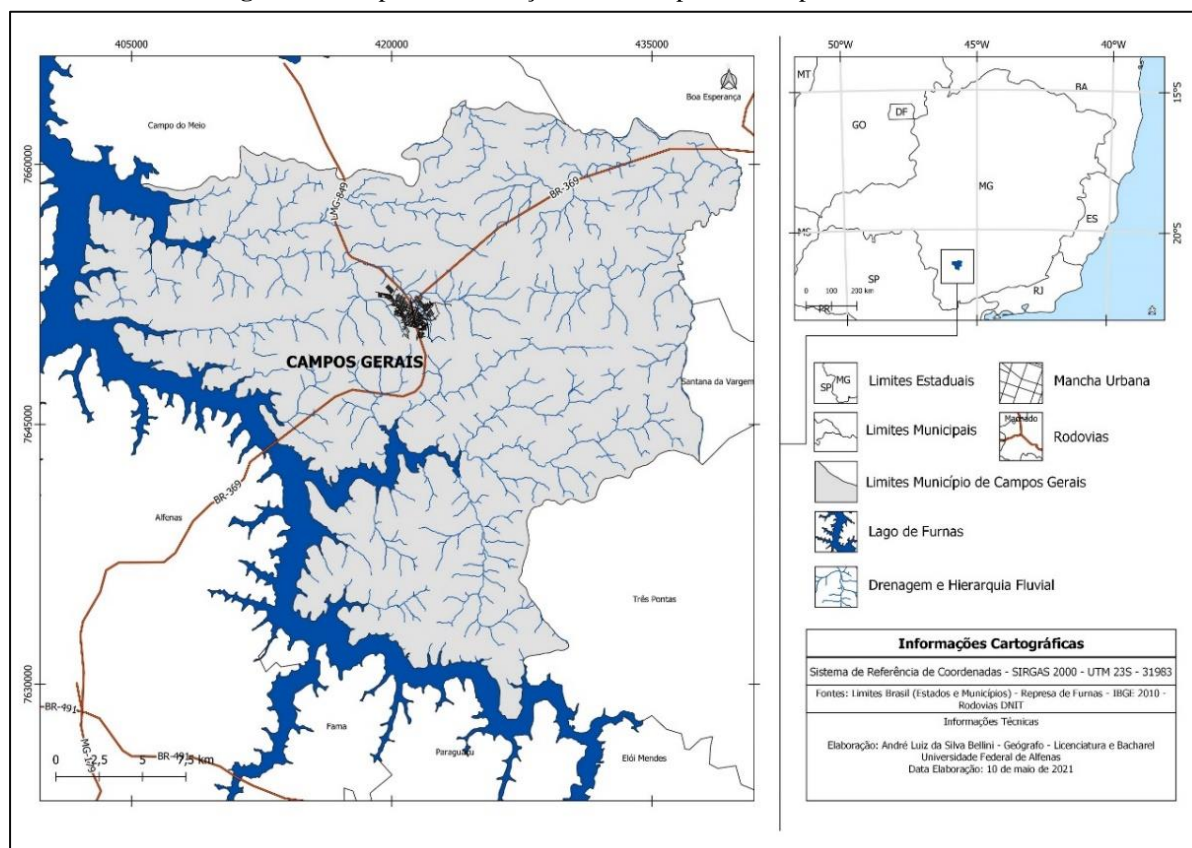
O objetivo da pesquisa baseou-se no desenvolvimento de mapas elaborados a partir das metodologias da Análise Empírica de Fragilidade Ambiental de Ross (1994) que possuem primeiramente o caráter potencial, onde apenas elementos do meio físico são considerados e em segundo lugar o caráter emergente, onde os elementos antrópicos sobretudo os relacionados ao uso e cobertura da terra são considerados. Na presente proposta, chamada de “Carta de Sensibilidade ao Meio Físico”, é integrado o fator LS (onde L representa a extensão de uma vertente em metros, e S sua declividade em porcentagem) por meio do algoritmo de Desmet e Govers (1996) de modo dinâmico a Análise Hierárquica de Processos - AHP elaborado por Saaty (1980) relacionado aos mapas resultantes da Fragilidade Potencial e Emergente, enunciada acima, como mais um fator de alerta para o meio físico.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com os dados do Censo Agropecuário (2017) “Campos Gerais está localizada na região geográfica imediata de Alfenas, sul e sudoeste de Minas Gerais. Tem como limites municipais Alfenas, Campo do Meio, Boa Esperança, Fama, Paraguaçu, Santana da Vargem e Três Pontas” (Figura 01).

Segundo o Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais - DEER-MG (2017), a distância de Campos Gerais para os grandes centros nacionais é de 316 km até a capital mineira, 351 km até a cidade de São Paulo, 480 km até o Rio de Janeiro e 851 km de distância até Brasília. O município conta com a BR-369, e a MG-849, sendo essa primeira a principal rodovia que atende o município.

Figura 01: Mapa de localização do município de Campos Gerais – MG.



Fonte: Limites Brasil (Estados e Municípios) –Represa de Furnas – IBGE, 2010.

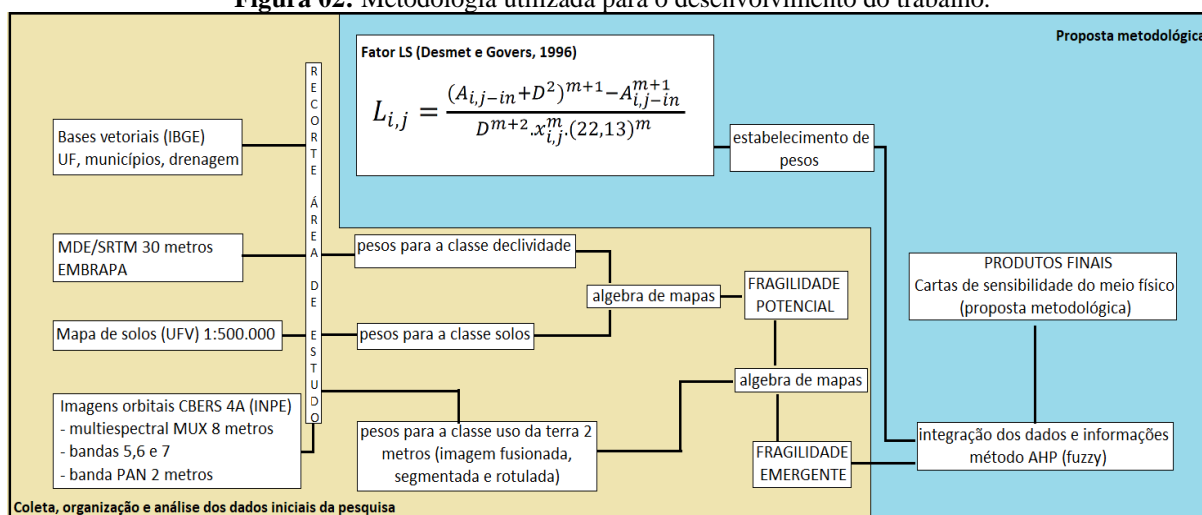
O município de Campos Gerais possui uma cobertura vegetal com características de Cerrado e Mata Atlântica, por estar situada entre os dois tipos de vegetação. De acordo com o

IBGE, (2012), possui uma cobertura vegetal predominante de mata secundária, com Floresta Estacional Semidecidual e Savanas. Porém, apenas uma pequena parte do território do município de Campos Gerais ainda está coberta por remanescentes florestais, pois as áreas destinadas atividades rurais ocupam a maior parte do município. Já os corpos hídricos são representados principalmente pela represa de furnas, que abrange uma área considerável do município. Em síntese, o uso do solo e ocupação vegetal do município é composto pelos seguintes usos: ocupações rurais, ocupações urbanas, água, vegetação de mata, café, pastagem, silvicultura, várzea, solo exposto e outras culturas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados e os métodos empregados para o desenvolvimento do trabalho estão representados na Figura 02. Seu desenvolvimento está embasado nos conceitos de Análise Empírica da Fragilidade Ambiental, proposta por Ross (1994) com o posterior incremento do Fator LS integrado ao processo. Para essa integração, foi utilizada a AHP elaborada por Saaty (1980), para criar uma hierarquia de decisão formar níveis ou classes de maior interesse, com intuito de obter resultados finais com informações precisas e fidedignas.

Figura 02: Metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Base de dados

O levantamento e a revisão dos materiais bibliográficos e cartográficos compõem etapas importantes para o desenvolvimento e evolução da pesquisa. O material cartográfico disponível sobre a área de estudo necessário para organização do banco de dados constitui de carta

topográfica na escala 1:50.000 do município de Campos Gerais (SF-23-V-D-II-1) disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados de radar Shuttle Radar Topography Mission - SRTM ajustados e reamostrados para a resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas pelo site Earth Explorer (disponibilizados gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos em ambiente virtual) e imagens do satélite CBERS 4A (disponibilizadas pelo INPE) sensor WPM (8 metros) e PAN (2 metros) de 10/07/2021, órbita ponto 202/140. As aquisições das imagens de alta resolução foram obtidas através da câmera multiespectral de alta varredura (WPM) do satélite CBERS 4A.

Uso e cobertura da terra

Para a elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi utilizado o método de interpretação visual. Esse procedimento se baseia na observação lógica e dedutiva para assimilar os princípios e processos que criaram as feições e objetos que foram identificados e segmentados na imagem. Para que a fotointerpretação possa de fato surtir informações fidedignas, é de suma importância o preparo e capacitação do analista, principalmente no seu conhecimento em relação a área de estudo abordada. Devido a isso, é essencial aliar o trabalho laboratorial com visitas a campo.

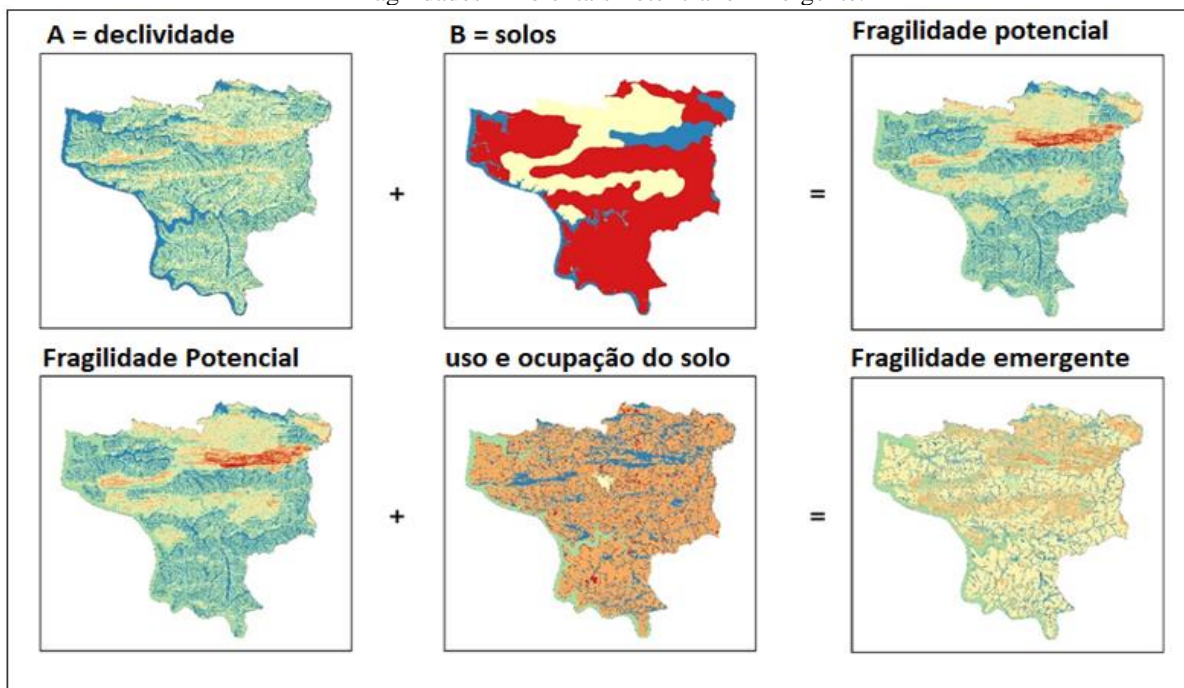
Para avaliar a acurácia da classificação do uso da terra, de acordo com as classes adicionadas ao mapa, foi utilizada a ferramenta Matriz de Confusão disponível no coeficiente Kappa. Esse pode ser definido como uma medida de associação usada para descrever e testar o grau de concordância (confiabilidade e precisão) na classificação. Todo o procedimento metodológico para a realização do índice Kappa pela Matriz de Confusão, foi elaborado no Plugin AcaTama, disponibilizado na plataforma Quantum Gis versão 3.16.10.

Análise espacial por álgebra de mapas

De acordo com Barbosa (1998), Álgebra de Mapas é a combinação de dados raster feita célula a célula, resultando em um grande conjunto de funções locais e de vizinhança, e menor de funções globais para dados raster, podendo ser combinados utilizando operadores como: + ; - ; *; e /.

A presente pesquisa optou por utilizar a Análise Multicriterial simples, sem determinação de pesos ou ponderações de variáveis mais ou menos importantes, ou seja, os pesos adotados foram de importância igual para todas as variáveis (Figura 3).

Figura 3: Modelo esquemático representativo de sobreposição de planos de informações para o mapeamento das Fragilidades Ambientais Potencial e Emergente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O estudo adaptado, optou pelas variáveis: Modelo Digital de Terreno - MDT, obtido pela interpolação das curvas de nível, dados pedológicos, de declividade, e destes obtendo-se mapeamento de fragilidade potencial. Este combinado com mapeamento de uso e cobertura de terra obteve-se o mapa de fragilidade emergente.

Integração dos dados com os fatores LS

A etapa seguinte a elaboração dos mapas de fragilidade ambiental potencial e emergente, foi integrá-los ao fator LS (Comprimento de vertente x declividade) utilizando como método a Análise Hierárquica de Processos, desenvolvida por Saaty (1980). O fator LS é indicado para estimar locais com sensibilidade ao meio físico que poderiam vir a sofrer erosões, principalmente em áreas onde predominam declives mais movimentados, como é o caso do município de Campos Gerais – MG.

O fator de comprimento de vertente (L), pode ser calculado a partir da equação 1 de Desmet e Govers (1996):

$$L_{i,j} = \frac{[(A_{i,j-in} + D^2)^{m+1} - (A_{i,j-in})^{m+1}]}{[D^{m+2} x_{i,j}^m (22,13)^m]} \quad (1)$$

Onde:

$L_{i,j}$: fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i, j);

$A_{i,j-in}$: área de contribuição de uma célula com coordenadas (i, j) (m^2);

D: tamanho da grade de células (m);

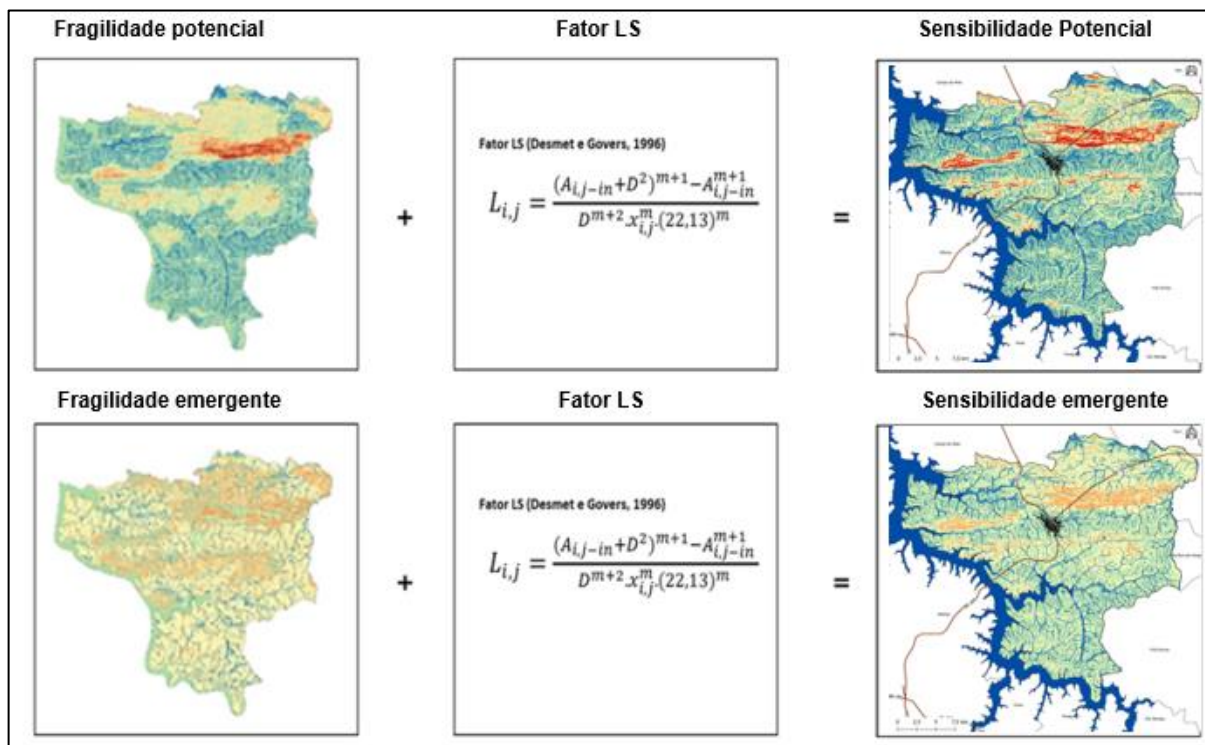
$x_{i,j}$: valor da direção do fluxo; e

m: coeficiente que assume os valores: 0,5, se $s \geq 5\%$ (s é o grau de declividade); 0,4, se $3\% \leq s < 3\%$; e 0,2, se $s < 1\%$.

Renard et al. (1997, página 104) discorre que o “fator L representa uma dimensão linear que corresponde teoricamente a uma distância que vai do início da formação do escoamento) até um ponto onde esse encontra um canal ou uma condição que favoreça a deposição dos sedimentos”.

A integração entre o mapa de fragilidade ambiental potencial ao fator LS originou a carta de sensibilidade ambiental potencial, como representado na Figura 04. Já a sobreposição entre o mapa de fragilidade ambiental emergente ao fator LS deu origem a carta de sensibilidade ambiental emergente. Essa etapa tornou-se crucial no desenvolvimento do trabalho, devido ao fato de que as cartas são o produto final da proposta metodológica.

Figura 4: Modelo esquemático representativo de sobreposição de planos de informações para o mapeamento das Sensibilidades Ambientais Potencial e Emergente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Trabalho de campo

Durante a elaboração da pesquisa foram realizados trabalhos de campo para reconhecimento da área, além de análises realizadas *in loco*. Esse procedimento foi importante para conferência e validação de dados obtidos através da elaboração dos mapas. Essa etapa possibilitou uma maior confiabilidade das informações cartográficas confeccionadas durante a pesquisa. Foram visitados 15 pontos em campo com o registro fotográfico e verificação das áreas de acordo com as classes de sensibilidade encontradas nos mapas resultantes.

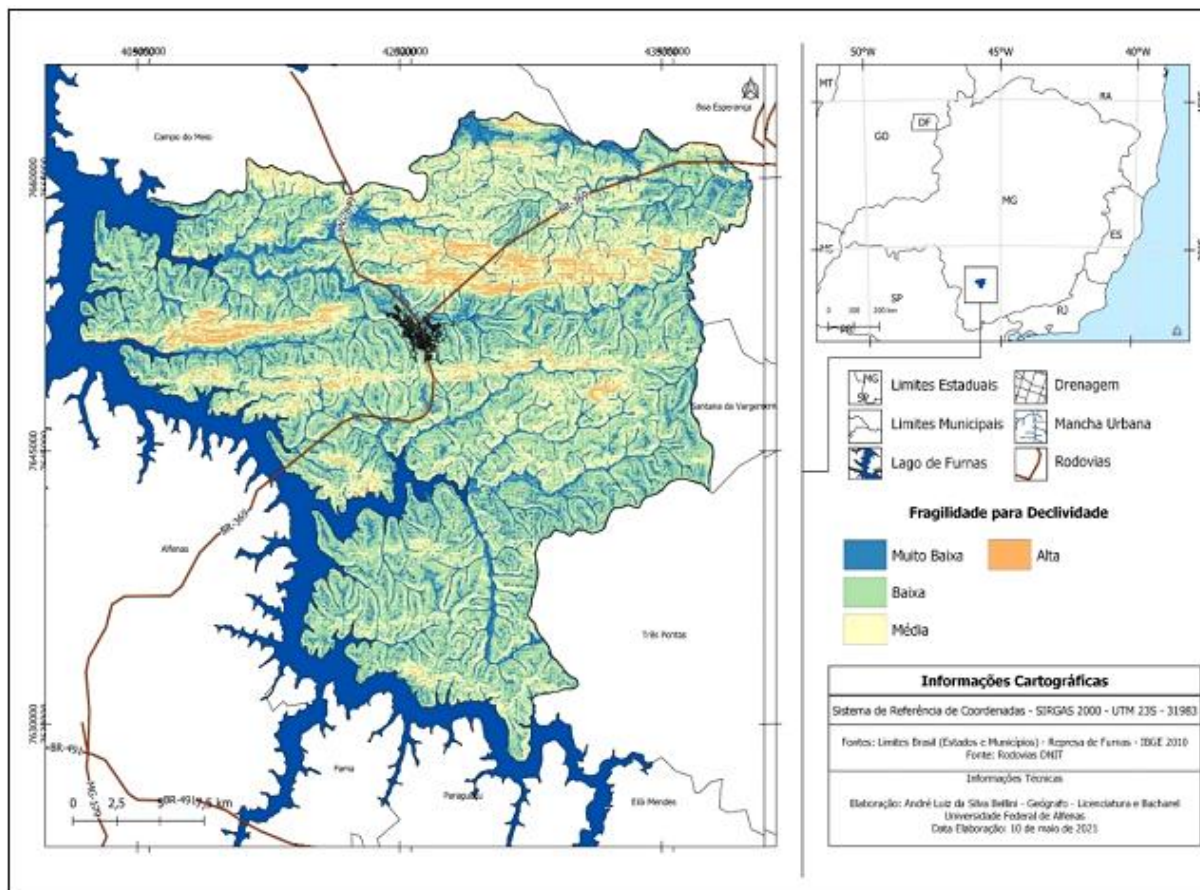
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para essa seção foram elencadas as variáveis que foram inseridas no modelo para a geração, principalmente, dos mapas de Fragilidade Emergente, Fragilidade Potencial e a inserção do fator LS para se chegar na Carta de Sensibilidade ao Meio Físico como proposta metodológica.

Mapa de fragilidade ambiental para declividade

O mapa de fragilidade ambiental para a variável declividade (Figura 5) fornece informações a respeito do comportamento da fragilidade ambiental do município. Neste sentido é de grande valia para o planejamento de uso na área.

Figura 5: Mapa de fragilidade ambiental para declividade do município de Campos Gerais – MG.



Fontes: Elaborado pelo autor.

As áreas que apresentam baixa declividade se localizam na região sul do município. Essas áreas correspondem a planícies fluviais com superfícies relativamente planas. São relevos normalmente formados por acumulação de sedimentos, sendo desprovidos de grandes processos erosivos. Possuem áreas agrícolas, com predomínio de cultura cafeeira convencional, devido ao fato da área possibilitar o cultivo e produção das lavouras por mecanização. Porém, o controle da erosão ainda assim é necessário.

Áreas com declividade média estão distribuídas em todo o território do município. São áreas cujo relevo apresentam ondulações suaves até morrotes e morros. São cobertas por culturas agrícolas, também com predomínio do café, e possuem fragilidade ambiental média, devido ao fato da não exposição direta do solo ao intemperismo. Essa forma de relevo requer maiores cuidados para a implementação de maquinários agrícolas, devido a existência que relevos íngremes, sendo recomendado cultivos em curvas de nível, com cuidados especiais para o controle da erosão.

Já as áreas com altas declividades se localizam nos setores centro e norte do município. Nessas áreas estão localizadas as serras da Fortaleza e do Paraíso, que apresentam as áreas com declividades acentuadas. Possuem fragilidade ambiental alta devido ao relevo com alta declividade. A exploração dessas áreas deve ser sustentada por cobertura de florestas, para evitar sérios problemas de erosão e instabilidade de vertentes, pois áreas fortemente inclinadas não devem ficar sem cobertura vegetal. Apesar disso, o solo é explorado para atividades agrícolas sem o manejo necessário.

Mapa de solos

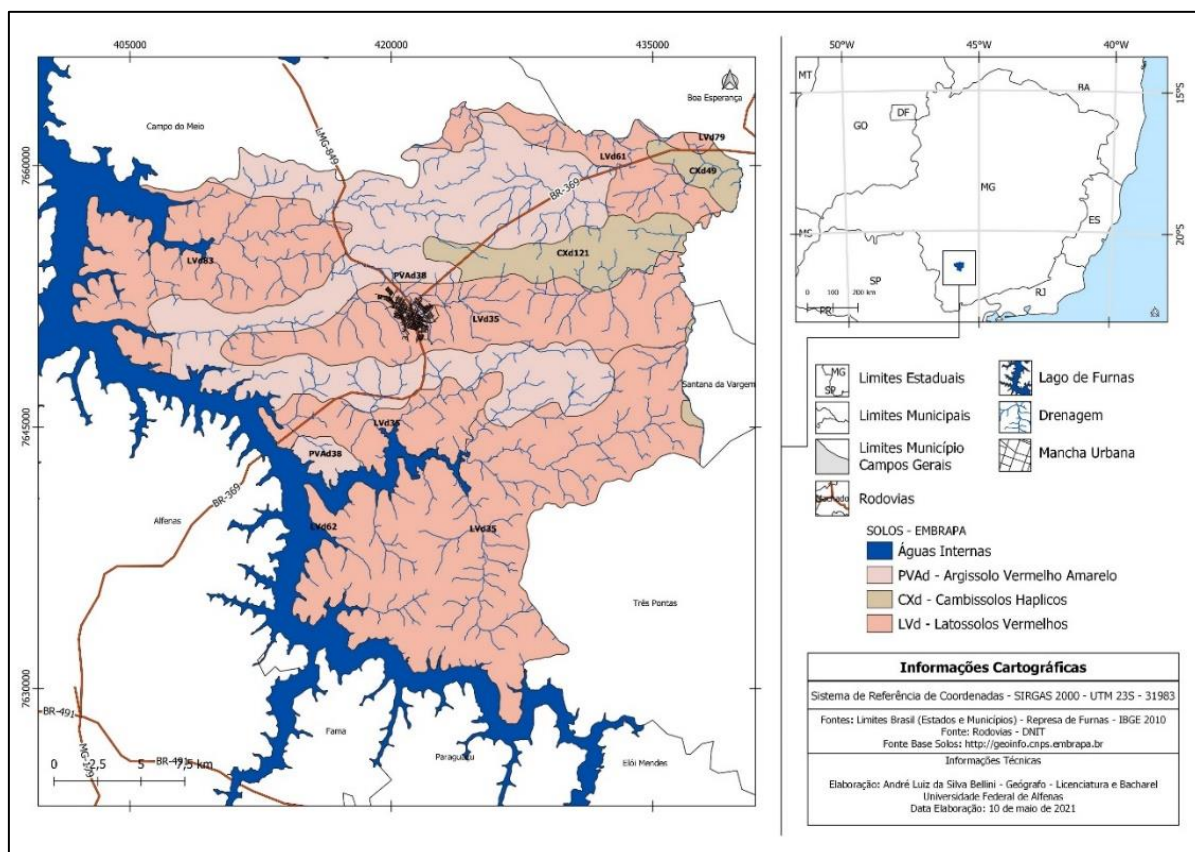
Através do mapeamento pedológico do município de Campos Gerais (Figura 6), foi possível observar que as classes dos solos estão estreitamente vinculadas às características geológicas e geomorfológicas da área em estudo.

É possível observar solos expostos nas áreas de declividade acentuada, o que aumenta a fragilidade ambiental emergente, principalmente na serra da Fortaleza, onde ocorrem diversos processos de ravinamento e voçorocamento. Além disso, no sopé da mesma há um local onde ocorre extração e venda de areia realizada pelo proprietário do sítio.

Conforme a declividade vai se tornando menos acentuada, mais intensas são as atividades agropecuárias desenvolvidas, pois os solos possuem profundidades médias. No setor norte e nordeste do município, há um predomínio de Argissolos vermelho amarelo especializados em áreas maiores.

As áreas elevadas, caracterizadas por rochas mecanicamente resistentes ao intemperismo, predominantemente quartzíticas – faixa central e zona norte da serra de Campos Gerais – são cobertas por Argissolo Vermelho- Amarelo eutrófico e Argissolo Vermelho distrófico, e cobrem 40,73% do relevo do município. Com espessura dos horizontes variando conforme o contexto do relevo, mas geralmente com espessuras muitas vezes inferiores a 50 cm, o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Argissolo Vermelho distrófico normalmente ocupam na paisagem as áreas de relevo mais acidentado, com superfície pouco suave e áreas de relevo suave mais jovem (rebaixada). Quanto à sua fertilidade, ela varia de eutrófico a álico. As condições de relevo de certa forma dificultam o seu aproveitamento agrícola (PLANO DIRETOR DE CAMPOS GERAIS, 2007).

Figura 6: Mapa pedológico do município de Campos Gerais – MG.



Fontes: Limites Brasil (estados e municípios); Represa de Furnas - IBGE, 2010.

Mapa de uso da terra e cobertura vegetal

O uso da terra tem influência direta na qualidade da conservação dos solos. Ambientes cobertos por vegetação evitam que a água da chuva atinja diretamente o solo, pois grande parte dela fica retida nas copas e folhas das árvores, possibilitando uma infiltração mais lenta nas camadas subsuperficiais, e reduzindo o risco do escoamento concentrado na superfície.

De acordo com Cabral (2018) os diversos processos atuantes sobre a superfície terrestre estão diretamente ligados à evolução das sociedades e como o homem se apropriou de meio, e o utiliza como forma de adquirir seu sustento e suas riquezas. O uso da terra se torna constante e assume papel intrínseco na dinâmica superficial da paisagem. A vegetação assume papel importante na proteção do solo, das nascentes e dos rios, evitando processos erosivos, exposição dos solos e assoreamento do canal de drenagem.

Porém, apenas uma pequena parte do território do município de Campos Gerais ainda está coberta por remanescentes florestais. Florestas diminuem a fragilidade ambiental potencial do meio físico, realizando a cobertura do solo contra erosão, e fornecendo-o matéria orgânica e

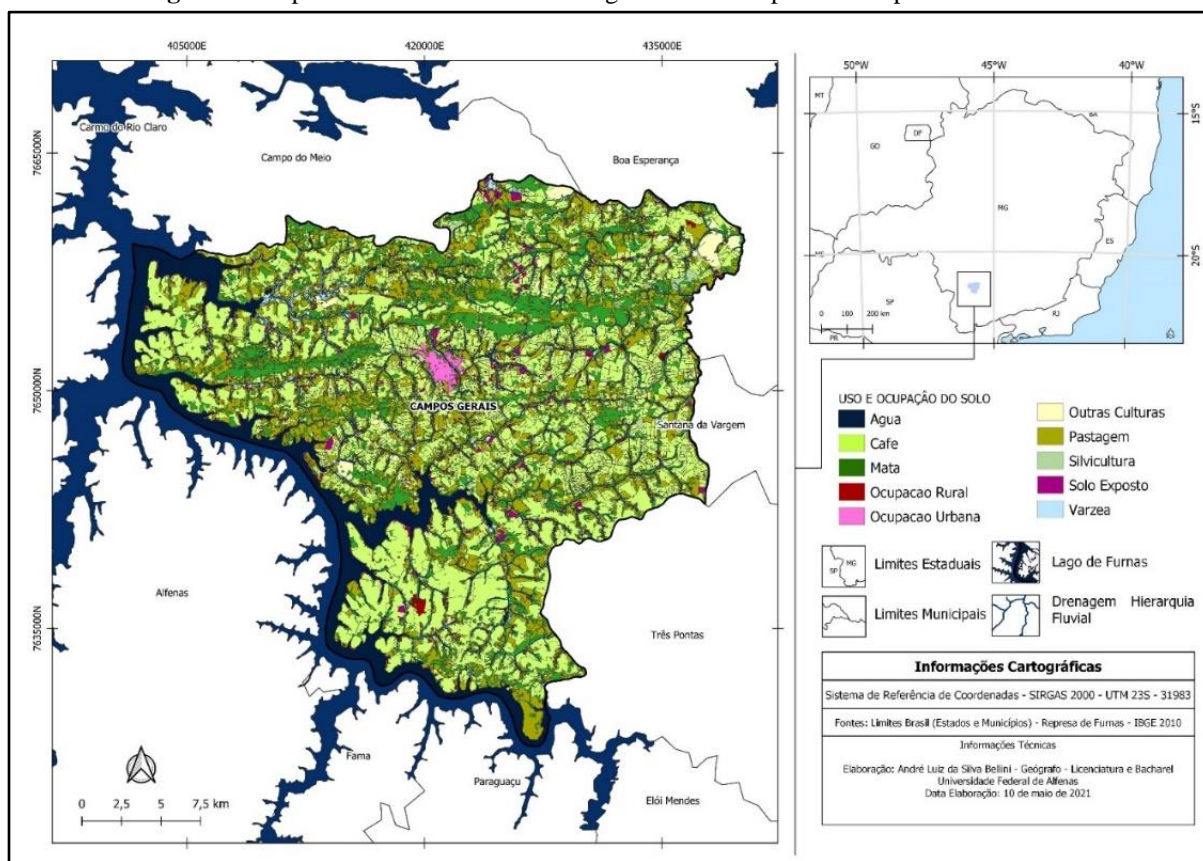
mantendo-o úmido. Além disso, os frutos das árvores servem de alimento para aves e animais silvestres, que são de suma importância para a manutenção da biodiversidade.

Observando o mapa de uso e ocupação da terra juntamente com o mapa de declividade, é possível observar que as áreas de matas do município localizam-se em áreas de relevos íngremes. Isso ocorre pelo fato de que áreas com declives acentuados não são passíveis de mecanização para a agricultura. Portanto, os remanescentes florestais estão localizados nas áreas de serra do município.

Por outro lado, as áreas destinadas às atividades rurais, ocupam a maior parte da área do município, como é possível observar no mapa da Figura 7. Devido ao fato do município de Campos Gerais possuir poucas e pequenas indústrias e suas atividades econômicas serem majoritariamente do setor agropecuário, é de extrema importância a realização um manejo solo adequado por parte dos produtores. Áreas rurais em mau estado de conversão, causam a formação sulcos e ravinas e posteriormente em voçorocas.

A classe café corresponde a maior parte do uso da terra do município. Essa cultura permanente é produzida desde pequenas propriedades familiares, até fazendas altamente mecanizadas e com produção em grande escala. Na paisagem atual é comum encontrar a agricultura familiar de subsistência e lavouras para comercialização em todo território do município.

Figura 7: Mapa uso da terra e cobertura vegetal do município de Campos Gerais – MG.



Fonte: Limites Brasil (estados e municípios); Represa de Furnas - IBGE, 2010.

A classe pastagem também é observada em todo município, porém, em menor escala que a anterior. A criação bovina é realizada para as atividades de cria, recria, engorda e leite. Esse tipo de produção requer maior atenção no que tange ao meio ambiente, pois devido à compactação do solo e trilhos criados nas propriedades onde são criados, a pastagem e o solo podem ser degradados.

De acordo com Araújo (2010) a atividade pecuarista, portanto, causa impactos sobre o ambiente, dentre eles a degradação do solo e a perda da biodiversidade. As causas desses impactos têm origem na demanda de mercado e suas consequências implicam em custos ambientais e ecológicos de difícil mensuração. A produção animal interage com o meio ambiente de diversas formas, especialmente para dessedentação e alimentação. E os sistemas de exploração adotados (extensivo, semiextensivo e intensivo) exercem influências distintas, com níveis diferentes de degradação do meio ambiente.

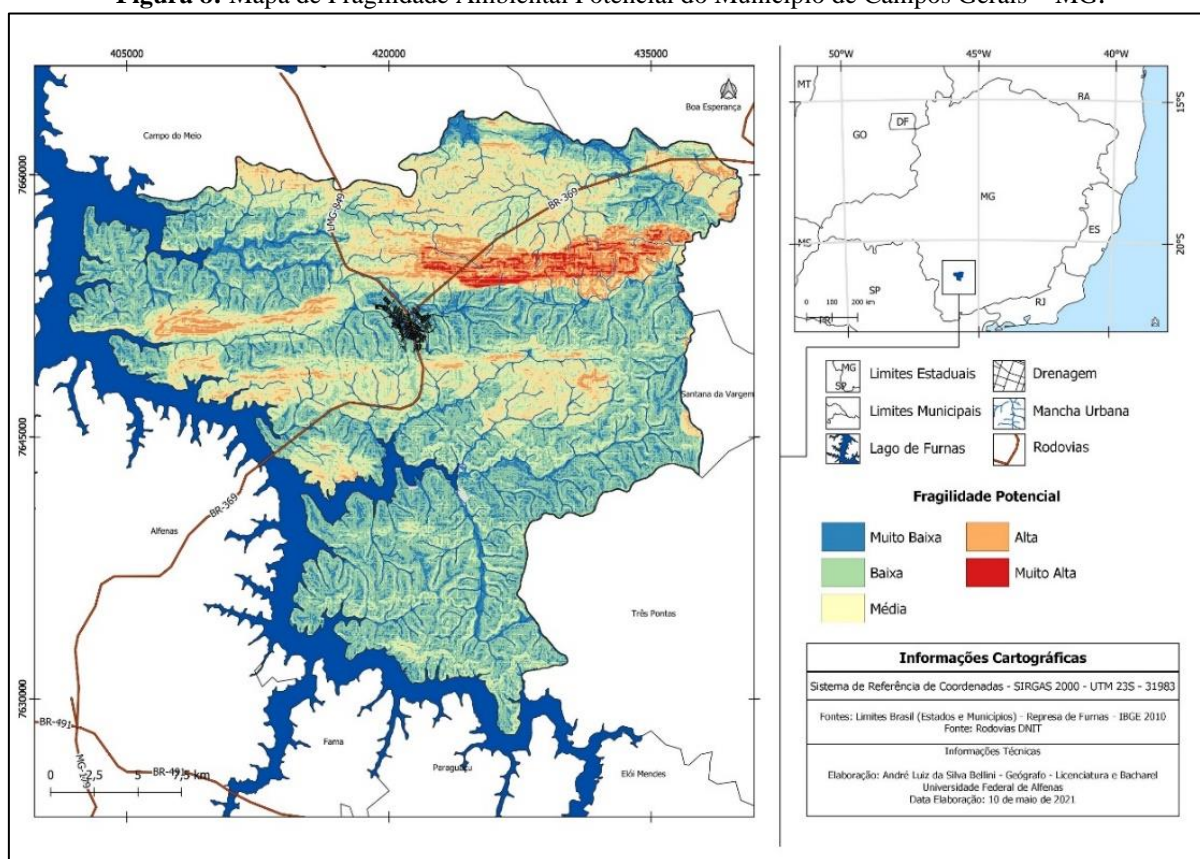
Já os corpos hídricos são representados principalmente pela represa de furnas, que abrange uma área considerável do município. A preservação de recursos hídricos é indispensável para a vida no meio ambiente. Sua disponibilidade é essencial para permitir a

sobrevivência dos seres vivos, equilibrar e conservar a biodiversidade e regular o clima do planeta, dentre outros benefícios.

Mapa de fragilidade ambiental potencial

O mapa de Fragilidade Ambiental Potencial representado diz respeito ao recorte espacial do município de Campos Gerais - MG, não tendo nesse caso a ponderação das influências da vegetação e das ações antrópicas. As classes de fragilidade potencial obtidas foram: muito baixa, baixa, média e alta e muito alta, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8: Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial do Município de Campos Gerais – MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o mapa, as áreas classificadas como sendo de fragilidade potencial muito baixa estão associadas à Latossolos Vermelho Distrófico Típico, que apresentam textura argilosa e/ou média, sendo muito porosos, e consequentemente, bastante permeáveis e fortemente drenados, desenvolvidos em relevos planos sobre material litológico menos suscetível ao intemperismo. Estas áreas correspondem, principalmente, às planícies aluviais.

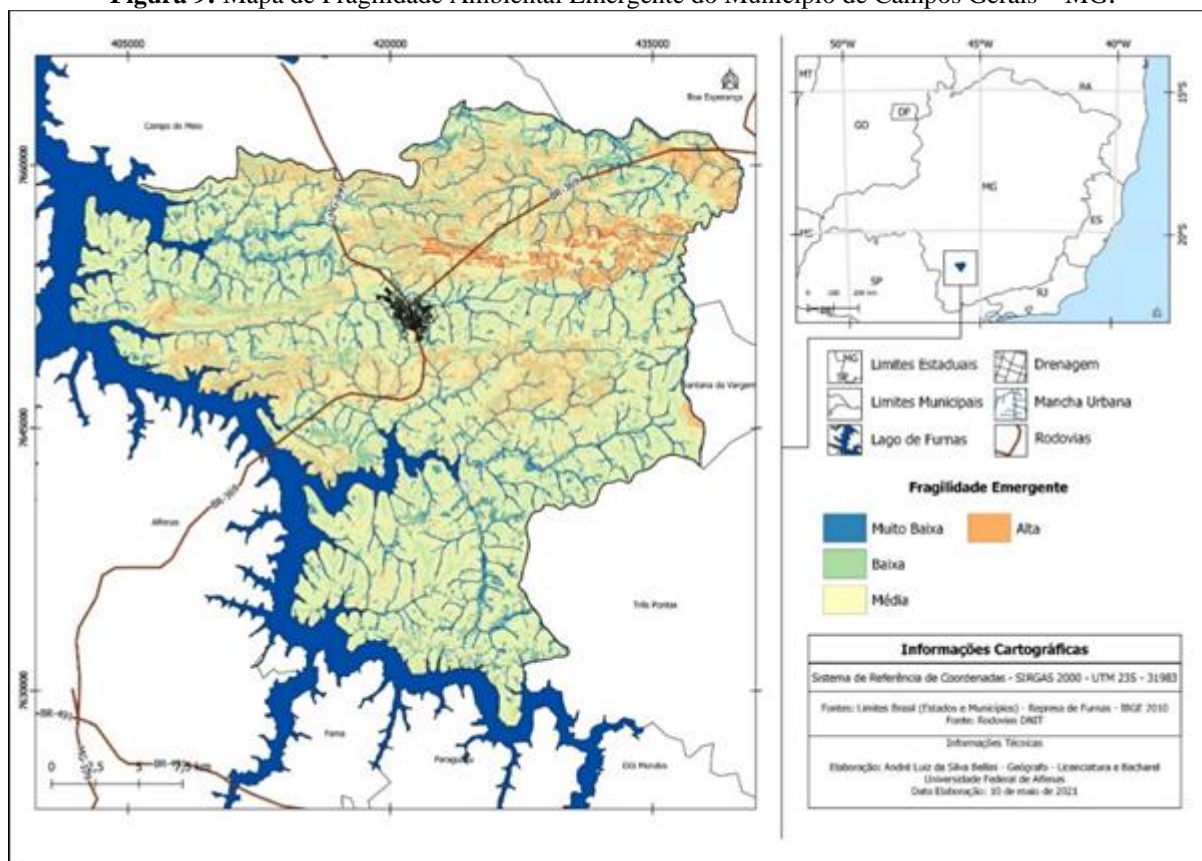
Mapa de fragilidade ambiental emergente

Segundo Campos, (2012), a fragilidade ambiental emergente considera a fragilidade potencial acrescida dos elementos antrópicos, que se caracteriza pelas suas intervenções no meio, representadas no mapa de uso do solo e cobertura vegetal. Assim como mostra a Figura 9, as classes de fragilidade ambiental emergente obtidas foram: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

A classe de fragilidade ambiental emergente muito baixa corresponde às áreas de fragilidade potencial muito baixa cobertas por remanescentes florestais. Esta classe ocupa uma área inferior a 10% do território do município. Remanescentes florestais reduzem fragilidade ambiental do meio ambiente, protegendo o solo contra erosão, além de fertilizá-lo matéria orgânica e umidade. Além disso, copa das árvores diminuem o atrito entre a chuva e o solo, possibilitando uma infiltração lenta, e preservando a biodiversidade local.

A classe de fragilidade ambiental emergente baixa é a de maior abrangência do município. Representa as áreas onde há associação de classes de fragilidade ambiental potencial baixa à média com coberturas vegetais tipo pastagem e remanescentes florestais. Pastagens com manejo de solo adequado ajudam a diminuir a fragilidade ambiental emergente. A arborização em pastagens, técnica que consiste no plantio de árvores junto com o cultivo do pasto, promove a diminuição de sua área exposta a erosão, além de facilitar a manutenção da diversidade de espécies.

Figura 9: Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente do Município de Campos Gerais – MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Nascimento (2009), em áreas com baixa densidade de vegetação o solo fica mais exposto a agentes erosivos, ou seja, que o degradam lentamente, como a água das chuvas e dos rios. A erosão acaba provocando o desagregamento do solo, empobrecendo a quantidade de nutrientes e, por consequência, fazendo com que seja impróprio para a agricultura.

No que tange a degradação ambiental causada pela falta de cobertura vegetal, Lopes (2006) relata que a maior exposição do solo favorece a incidência de processos erosivos, que carregam o material particulado para os cursos d'água, comprometendo sua qualidade devido ao aumento da turbidez e consequentemente desencadeando em processos de assoreamento do leito.

Carta de Sensibilidade Potencial ao Meio Físico

A carta de sensibilidade potencial ao meio físico foi elaborada a partir da integração do mapa de fragilidade ambiental potencial com o fator LS (comprimento x declividade) através da AHP, e aponta a susceptibilidade ambiental da paisagem do município de Campos Gerais – MG sem considerar a influência antrópica e o uso da terra e cobertura vegetal. Conforme elucida

a Tabela 1, as classes de sensibilidade potencial obtidas foram: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Tabela 1 – Áreas das classes de sensibilidade ambiental potencial por km² e por proporções percentuais da área total.

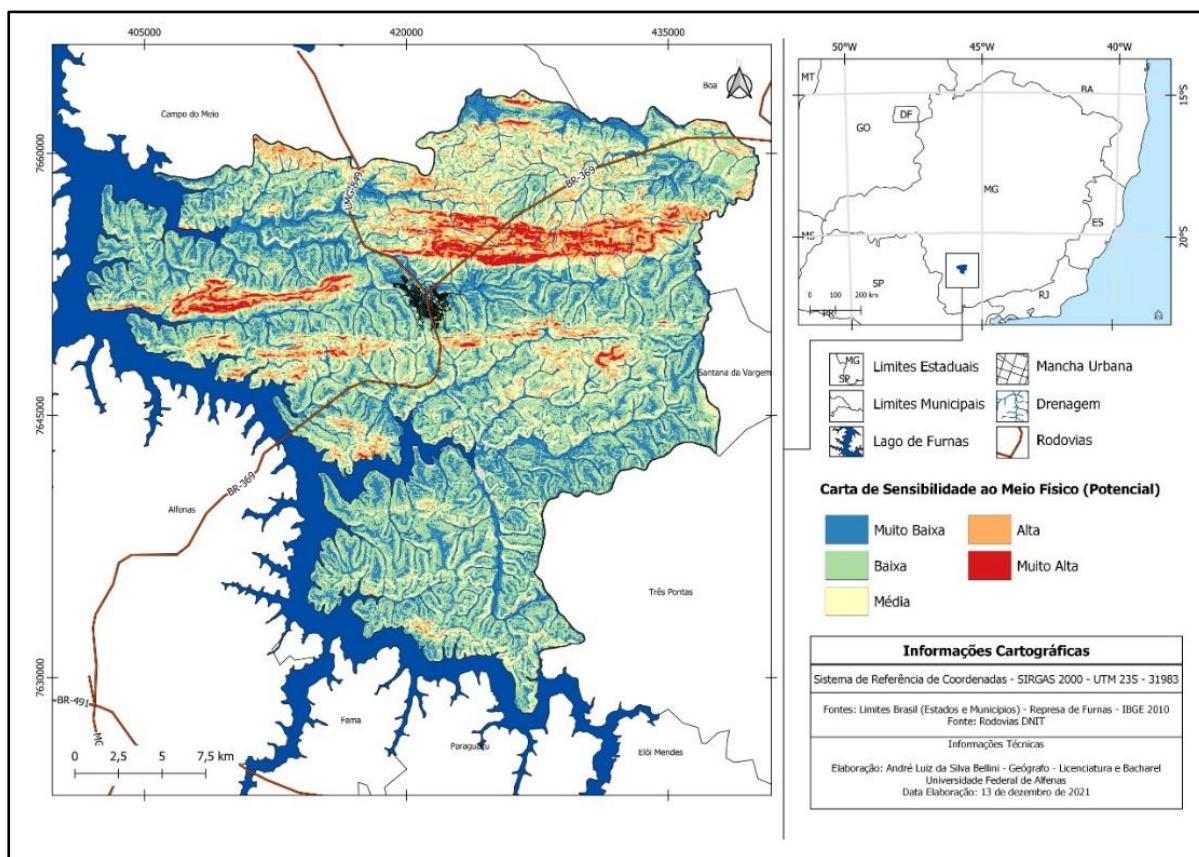
Sensibilidade Ambiental Potencial ao Meio Físico		
Classe	Área (km²)	Área (%)
Muito baixa	183,216	25,10
Baixa	320,418	43,90
Média	150,496	20,62
Alta	52,986	7,26
Muito Alta	22,992	3,42
TOTAL	729,794	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do mapeamento (Figura 10) e com os dados apresentados na Tabela 1, as áreas classificadas como sendo de sensibilidade potencial ao meio físico muito baixa representam 25,10% do município, abrangendo uma área de 183,216 km².

De acordo com Campos 2012, estão associadas aos Latossolos Vermelho as áreas que apresentam textura argilosa e/ou média, sendo muito porosos, e conseqüentemente, bastante permeáveis e fortemente drenados, desenvolvidos em relevos planos sobre material litológico menos suscetível ao intemperismo. Estas áreas correspondem, principalmente, às planícies aluviais, e embora apresentem baixa sensibilidade potencial, são reivindicadas pelas águas fluviais nos períodos de cheia.

Figura 10: Carta de Sensibilidade Ambiental Potencial do Município de Campos Gerais – MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas de baixa de sensibilidade potencial ao meio físico cobrem uma área de 320,418 km², que representa 43,90% da área do município. Assim como nas áreas de sensibilidade potencial ao meio físico muito baixa, as áreas de baixa fragilidade potencial também apresentam forte associação com Latossolo Vermelho. São recortes espaciais mais propícios a serem utilizados por atividades agropastoris e expansão urbana.

A classe de sensibilidade potencial ao meio físico média abrange 20,62% do município, estendendo-se por uma área de 150,496 Km². São áreas que apresentam relevo ondulado e colinoso, com predomínio de vertentes convexas, e com predomínio de solos da classe Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho, que são suscetíveis à ocorrência de processos erosivos. Atividades desenvolvidas nessas áreas requerem atenção e devem ser planejadas.

As áreas onde ocorrem as classes de sensibilidade potencial ao meio físico alta estão nas porções elevadas da área mapeada onde o relevo tem maior declividade, associadas com as classes de solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho. Correspondem a 7,26% da área de estudo, com extensão de 52,986 Km², localizadas principalmente nas serras do município.

As áreas onde ocorrem a classe sensibilidade potencial ao meio físico muito alta estão nas porções mais elevadas da área mapeada, associadas a afloramentos rochosos e Cambissolos Haplicos e Latossolos Vermelhos. Áreas declivosas associadas a solos rasos são naturalmente locais suscetíveis à erosão hídrica. Essa classe ocupa 3,42% do município, abrangendo uma área de 22,992 Km².

Carta de Sensibilidade Emergente ao Meio Físico

A carta de sensibilidade ambiental emergente ao meio físico (Figura 11) foi elaborada a partir da integração do mapa de fragilidade ambiental emergente com o fator LS (comprimento x declividade) através da AHP, e considera a sensibilidade potencial acrescida dos elementos humanos, caracterizado pelas suas intervenções no meio, representadas no mapa de uso do solo e cobertura Vegetal. As classes de sensibilidade ambiental emergente obtidas foram: muito baixa, baixa, média e alta, conforme apresenta a tabela 2.

A classe de sensibilidade ambiental emergente ao meio físico muito baixa corresponde às áreas de sensibilidade potencial muito baixa cobertas por remanescentes florestais. Esta classe ocupa uma área de 124,123 km², correspondendo a apenas 17,00% da área do município.

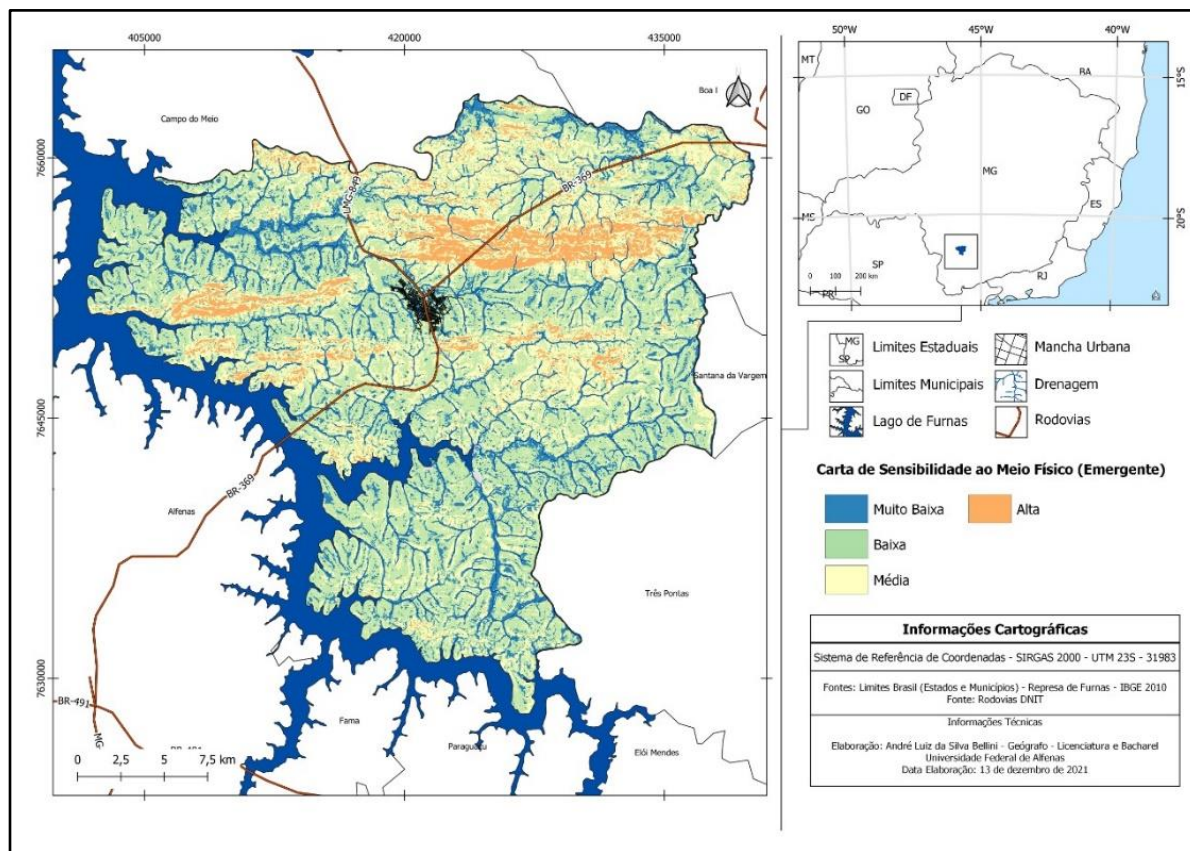
Tabela 2: Áreas das classes de sensibilidade ambiental emergente por km² e por proporções percentuais da área total.

Sensibilidade Ambiental Emergente ao Meio Físico		
Classe	Área (km²)	Área (%)
Muito baixa	124,123	17,00
Baixa	353,605	48,45
Média	199,632	27,35
Alta	52,434	7,20
TOTAL	729,794	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A classe sensibilidade ambiental emergente ao meio físico baixa é a de maior abrangência, ocupando uma área de 353,605 km², abrangendo 48,45% do município. Representa as áreas onde há associação de classes de sensibilidade ambiental potencial baixa à média com coberturas vegetais tipo pastagem e cafeicultura.

Figura 11: Carta de Sensibilidade Ambiental Emergente do Município de Campos Gerais – MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ocupando uma área de 199,632 km², a classe de sensibilidade ambiental emergente média diz respeito às áreas que apresentam sensibilidade potencial mediana, com relevos colinares associados a remanescentes florestais, pastagem e cafeicultura. Culturas com manejo solo adequado protegem o solo de eventos erosivos, uma vez que não o deixam exposto a agentes modeladores do relevo. Essa classe ocupa 27,35% do território campos-geraiense

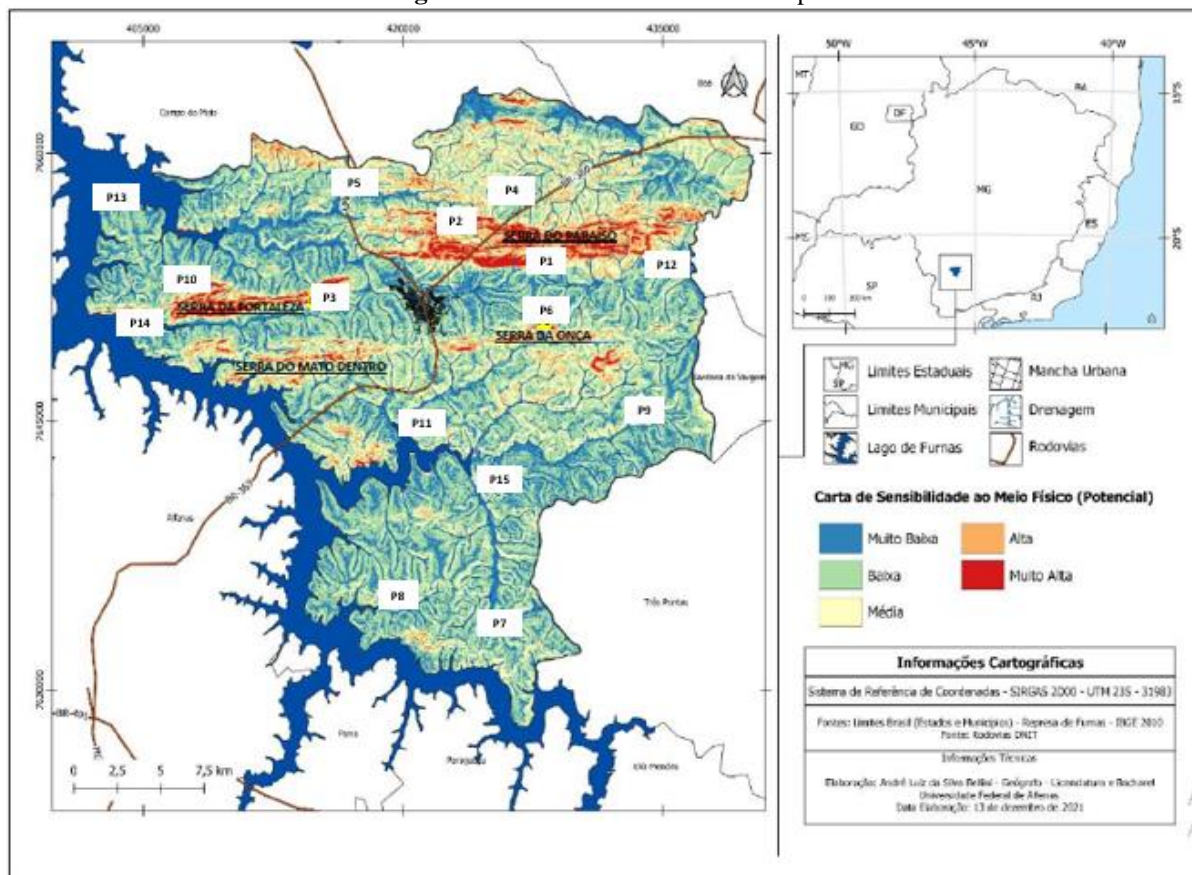
Já as áreas de sensibilidade ambiental emergente ao meio físico alta ocupam apenas 7,20% da área do município, e são muito suscetíveis à ocorrência de processos erosivos. São recortes geográficos onde a sensibilidade ambiental potencial é de alta e muito alta, baixa densidade de vegetação, alta declividade e áreas de solo exposto. Estão presentes majoritariamente nas serras do município.

DESCRIÇÃO DOS PONTOS ANALISADOS EM CAMPO

Após o cruzamento de dados utilizando o método AHP, foram geradas as cartas de sensibilidade ao meio físico, como foi descrito anteriormente. Após esse processo, foram feitos trabalhos de campo para a validação dos dados inseridos no mapa. Como é possível observar

na figura 13 foram verificados 15 pontos espalhados pelo município sendo 3 pontos para cada classe de sensibilidade ambiental potencial.

Figura 12: Pontos analisados em campo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto 2 também se localiza na Serra do Paraíso, conforme é possível observar na figura 13. Porém em outra área de sua extensão. O local apresenta relevo íngreme, com grandes porções sem cobertura vegetal. Faz-se necessário pontuar uma lavoura de café que há no local, provavelmente plantada a pouco tempo, que está em más condições de manejo, havendo até um processo de ravinamento entre as plantas. A declividade acentuada, o solo arenoso em exposição e a falta de manejo aumentam gradativamente a sensibilidade física do recorte territorial analisado.

O ponto 3 está localizado no sopé da Serra da Fortaleza, onde há uma voçoroca oriunda da exploração desordenada de cascalho para a construção de vias de transporte. A voçoroca está com seu interior em formato de “U”, ou seja, já sofreu erosão até se conectar ao lençol freático. Devido às chuvas irregulares na região e ao uso da água pela agricultura, o volume do lençol diminuiu, havendo uma desconexão atual com a voçoroca.

A rede de drenagem de um ribeirão local está muito próxima da área onde se localiza a voçoroca. Isto se torna um fator agravante do ponto de vista ambiental, tendo em vista que todo material erodido da voçoroca, é transportado por ação hidráulica e depositado no leito do ribeirão, ocasionando a assoreamento da drenagem fluvial local.

O ponto 4 localiza-se em uma área também ao norte do município, próximo a Serra do Paraíso. A área está em um local de alta sensibilidade ao meio físico, e possui uma grande extensão de solo exposto, devido ao preparo do solos para receber uma plantação de café. Ainda que o relevo apresente baixa declividade, o solo com características arenosas não deve ficar exposto às ações do intemperismo. Como a pluviosidade que ocorre no município em maior volume no verão, seus grãos são facilmente desagregados, carregados e depositados em canais fluviais próximo ao local, causando a perda de qualidade pedológica e aumento do assoreamento.

O ponto 5 localiza-se em uma área na região norte do município e está em um local de alta sensibilidade ao meio físico. Apesar do relevo possuir declividade mediana, o solo tem características arenosas, aumentando sua susceptibilidade à erosão. A pastagem, que possui manejo inadequado é a principal forma de uso da terra no local. O manuseio inadequado dos animais causa compactação do solo e surgimento de feições ravinares nos trilhos onde eles passam com frequência. A falta de fertilização e separação do pasto em piquetes, também colabora para o aumento da sensibilidade ao meio físico.

Figura 13: Mosaico de fotos de todos os pontos analisados em campo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto 6 localiza-se na Serra da onça, possuindo alta sensibilidade ao meio físico. O local necessita de atenção do ponto de vista ambiental, pois apresenta um relevo íngreme associado a monocultura do café, que não é indicado em áreas com essas características. O solo raso associado a plantação aumenta a susceptibilidade à erosão, devido a sua maior exposição a agentes erosivos. O solo arenoso em exposição pode vir a erodir, causando degradação do meio ambiente, e desvalorização da área do produtor. O manejo adequado do solo é de suma importância na prevenção de futuras erosões.

O ponto 7 está localizado na porção sul do município e próximo ao distrito de Córrego do Ouro. Apresenta média sensibilidade ao meio físico, havendo a presença de uma lavoura de café. As plantas foram podadas a cerca de 40 centímetros da superfície, devido à intensa geada que assolou a região em julho de 2021, e danificou os pés dessa cultura perene. Entre as ruas de café, é possível observar que o mato está cobrindo seu meio. Isso é uma característica positiva em relação a sensibilidade ao meio, pois evita o contato direto entre as gotas de chuva e o solo, diminuindo a erosão e mantendo a umidade local. Porém, é indispensável a atenção com áreas de solo exposto, para que feições erosivas não surjam com chuvas torrenciais.

O ponto 8 também localiza-se na região sul do município e apresenta uma média sensibilidade ao meio físico. O relevo possui baixa declividade e há uma plantação de soja no local. Na altura e na densidade que a soja se encontra, o solo não está exposto e isso ajuda a conter possíveis erosões. Porém, é necessário um manejo minucioso da área, para que fatores erosivos não ocorram após a colheita, período em que normalmente o solo fica exposto aos fatores climáticos. Uma pequena falta de manejo adequada é o suficiente para que esse processo ocorra.

O ponto 9 localiza-se na região centro-leste do município, e possui sensibilidade média ao meio físico. No local também foram podados os pés de café devido à forte geada que ocorrera em 2021. Porém, não há vegetação rasteira entre as ruas da lavoura, o que facilitaria uma possível ação erosiva. No local também há uma pequena plantação de milho e fragmentos de mata secundária. A estrada rural que passa próxima a plantação está formando pequenas feições erosivas devido à velocidade das enxurradas que passam em seu interior.

O ponto 10 localiza-se na porção noroeste do município, e apresenta uma baixa sensibilidade ao meio físico. Conforme apresenta a figura 37, não há solo em exposição no local, pois a área possui pastagem com uma pequena mata secundária a sua volta. Como o local é de baixa altitude, é notório a acumulação de água das chuvas. Não há indícios de futuras erosões no recorte analisado.

O ponto 11 localiza-se na região centro-sul do município e apresenta baixa sensibilidade ao meio físico. A área é coberta por pastagem em boas condições de manejo, e não há solo exposto a agente modeladores do relevo. A braquiária com altura média evita que ocorra feições erosivas no local, pois evita a ocorrência de contato direto entre a água das chuvas e solo. Suas raízes profundas também contribuem para que este fato não ocorra. Ao fundo da pastagem é possível observar alguns remanescentes florestais e uma lavoura de café em condições de manejo adequadas.

O ponto 12 localiza-se na região leste no município e também apresenta baixa sensibilidade do meio físico. A área é de baixa altitude e está próxima aos cursos d'água da região. Assim como no ponto anterior, a pastagem com manejo adequado diminui a susceptibilidade a erosão. No local também há uma construção rural, mas que não ameaça o risco de aumentar a sensibilidade ao meio físico.

O ponto 13 localiza-se na região noroeste do município e apresenta sensibilidade ao meio físico muito baixa. A área faz parte da planície de inundação da Usina Hidrelétrica de Furnas. O local onde a foto foi registrada, se a represa estivesse em seu nível elevado, estaria encoberto pela água. Apesar de não apresentar vegetação, o solo úmido apresenta-se conciso e resistente, não apresentando sinais de erosão acelerada, e confirma as informações contidas no mapa de sensibilidade ao meio físico.

O ponto 14 localiza-se na região centro-oeste do município e também apresenta sensibilidade ao meio físico muito baixa. A área também está próxima a Usina Hidrelétrica de Furnas e ao seu redor é possível ver remanescentes florestais e lavouras de café em boas condições de manejo.

Essas características do uso da terra evitam o surgimento de feições erosivas, uma vez que o solo está protegido por camadas vegetacionais. Contudo, é necessária atenção especial na utilização de agrotóxicos em locais com essas características, visto que a água da represa pode ser facilmente contaminada caso não haja conscientização.

O ponto 15 localiza-se na região centro-sul do município e apresenta sensibilidade ao meio físico muito baixa. No local é possível uma paisagem dividida entre pastagem e remanescentes florestais. Independente do grau de declividade, matas e florestas são as principais formas de prevenir e evitar que fatores pluviométricos desencadeiem erosão no meio ambiente. As folhas e galhos das árvores absorvem o impacto das gotas de chuva, o que com que a água chegue lentamente ao solo, minimizando a erosão.

Pastagens em boas condições de manejo também exercem essa função, mas não com a excelência de locais fortemente arborizados. O meio ambiente com mata primária

remanescentes normalmente possui características que inviabilizam o surgimento de feições erosivas.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação à fragilidade potencial, é possível concluir que, como a vegetação é um fator preponderante para a proteção dos solos, o mapa se mostrou eficaz para detectar áreas frágeis à erosão devido às suas características físicas. O município de Campos Gerais apresenta alta variabilidade em suas características geoambientais, resultando em diferentes graus de fragilidade ambiental.

Com base nas análises desenvolvidas, foi possível obter informações relevantes da área de estudo. Através dos mapas elaborados, foram descobertas características dos solos do município, direção e fluxo da rede de drenagem, e os diversos usos da terra presentes no recorte geográfico analisado. Outras informações relevantes dizem respeito às fragilidades ambiental potencial do município.

Analisando criteriosamente o mapa de fragilidade ambiental potencial, foi plausível a descoberta de áreas suscetíveis a erosão hídrica natural, apenas devido às características e condições ambientais desfavoráveis. Associando a informação descrita ao uso da terra, foi possível gerar o mapa de fragilidade potencial emergente do município. Suas informações apontam áreas que devido à suas características naturais aliadas à intervenção antrópica, são passíveis de ocorrência de erosão hídrica.

Para a finalização da proposta metodológica, foi utilizado a influência do fator LS na análise (Comprimento de rampa x declividade) por meio do algoritmo de Desmet e Govers (1996) recomendado para áreas onde predominam declives mais movimentados, como é o caso do município de Campos Gerais - MG. Os mapas finais ilustraram a ponderação pelo método AHP dos mapas de fragilidade potencial e emergente juntamente com os mapas do fator LS, que derivaram nas Carta de sensibilidade do meio físico - emergente e potencial.

As cartas de sensibilidade ao meio físico se mostraram eficientes para solucionar as dúvidas e inquietações que surgiram ao longo da pesquisa. Através da produção cartográfica foi possível cruzar informações de variáveis distintas e identificar áreas do município susceptíveis a erosão devido a sua declividade, tipo de solo, uso terra e ocupação vegetacional, além de ações antrópicas que aceleram a degradação ambiental.

Os resultados também permitiram quantificar as áreas de sensibilidade ao meio físico, evidenciando a extensão de cada classe em Km², e sua porcentagem em relação a área total do município. Em suma, os resultados produziram informações valiosas sobre a área de estudo,

realizando um prognóstico do meio físico, e evidenciando áreas com potenciais erosivos, o que pode contribuir substancialmente para o planejamento ambiental do município.

As principais recomendações se referem aos cuidados relacionados às práticas edáficas relacionadas a capacidade de uso da terra como a adequação de cultura compatível ao tipo de solo e declividade juntamente com as variabilidades das legendas de sensibilidade dos mapas finais e que podem ser traduzidas na recomendação de práticas outras práticas de uso e manejo do solo principalmente a implementação de terraços, curvas de nível protegendo assim o solo de erosão hídrica laminar e linear (voçorocas).

Como futuras ações, essa pesquisa tem a intenção de integrar os resultados alcançados com órgãos públicos como a Secretaria de Meio Ambiente, Conselho Municipal de Conservação e Defesa do Meio Ambiente (CODEMA) e com a Prefeitura Municipal de Campos Gerais -MG para disponibilizá-los enquanto ferramenta como subsídio para reformulação do Plano Diretor do município. Além disso, o trabalho buscar servir para tomadas de decisão ambiental entre produtores rurais e suas devidas associações.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. 1998. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na agricultura**. Embrapa.

BARBOSA, C.C.F.; CAMARA, G.; MEDEIROS, J.S.; CREPANI, E.; NOVO, E.M.L.M.; CORDEIRO, J.P.C. “Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Bahia, 1998. Anais, INPE, 1998 (em CD-ROM).

CABRAL, A.E. **O Sistema Geomorfológico de Campos Gerais: Aspectos Dinâmicos e Estruturais na Evolução do Relevo Regional**. 2014. 121 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2018.

CAMPOS, M. T. **Mapeamento Geológico 1: 100.000 da região de Alfenas, sul de Minas Gerais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; **Curso de sensoriamento remoto aplicados ao zoneamento ecológico-econômico [CD-ROM]**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Salvador, 1996. Anais. São Paulo: Imagem Multimídia, 1996. Seção de Comunicações Técnico-Científica.

DEER, **Mapa Rodoviário do Estado de Minas Gerais**. Escala 1: 720.000. 2017.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. **A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units.** *Journal of Soil and Water Conservation*. V. 51, n. 5, p. 427-433. 1996a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/. Acessado em: 18 de maio de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação do Brasil**. 2º ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012.

LOPES, E. S. S. **Modelagem espacial dinâmica aplicado ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista, na escala de 1:10.000**. 2006. 276f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2006.

QGIS Development Team, 2022. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

NASCIMENTO, M. D., 2009. **Fragilidade ambiental e expansão urbana da região administrativa nordeste da sede do Município de Santa Maria – RS**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós – Graduação em Geografia – UFS – MRS). Santa Maria, 2009.

Prefeitura Municipal de Campos Gerais. **Plano Diretor Participativo**. Campos Gerais: UFMG, 2007.

RENARD, K.G. et al. **Predicting soil erosion by water: guide to conservation planning with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: US Gov. Print Office, 1997. 404 p. (Agriculture Handbook, 703).

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. In: *Revista do Departamento de Geografia*. n.8, p.63-74, 1994.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.