

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

WINNE NAYADINI BARÃO

**ANÁLISE TEMPORAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E
DO CONFLITO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE
SENADOR AMARAL, MINAS GERAIS**

Itajubá (MG)
2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

WINNE NAYADINI BARÃO

**ANÁLISE TEMPORAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E
DO CONFLITO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE
SENADOR AMARAL, MINAS GERAIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Itajubá - *Câmpus* Itajubá, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientadora: Professora Dra. Eliane Guimaraes Pereira Melloni.

Coorientadora: Professora Dra. Nívea Adriana Dias Pons.

Itajubá (MG)
2020

AGRADECIMENTOS

Sou extremante grata a toda esta energia que rege o universo pela oportunidade de aprender todos dias, pela força para superar os desafios impostos, pela proteção durante a jornada, pela fé e por poder compartilhar e contemplar as dádivas da vida.

Aos meus pais, Hamini e Valmir, por me darem sempre todo apoio para ir em busca dos meus sonhos e objetivos, permitindo-me escolher e trilhar meus caminhos sem esquecer dos verdadeiros valores da vida e da necessidade de dedicação.

Aos meus irmãos pelos cabelos brancos que adiquiri aos longos dos anos, mas que são meus companheiros e amores eternos, que perdoem-me a ausência e falhas.

À Yasmin, Suelem e Gabriela por me ajudarem e apoiarem durante todo o desenvolvimento deste trabalho, não tenho nem palavras para descrever o que vocês significaram em minha vida durante estes ultimos anos. Obrigada por estarem comigo indepedente das circunstâncias. Espero retribuir o resto da vida todo carinho e cumplicidade.

À todos os moradores, produtores rurais, funcionários da Prefeitura Municipal e da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER) do município de Senador Amaral.

Ao Renato Aguiar, vice-presidente do comitê de bacias hidrográficas do Rio Sapucaí.

À Vanessa que me acolheu com tanto carinho durante todo o mestrado, esteve comigo em diversos momentos e me ensinou muitas coisas boas, te encontrar no caminho foi sorte.

À minha orientadora Eliane Melloni e coorientadora Nívea Pons, por todo auxílio no delineamento e encaminhamento da pesquisa, pela confiança, autonomia e orientações. Espero que nosso trabalho contribua de alguma forma para a conservação e preservação ambiental do bioma Mata Atlântica e que amplie a visão sobre os principais problemas encontrados nas Áreas de Preservação Permanente (APPs), nas microbacias hidrográficas e nas áreas de produção agrícola do município.

Aos professores do programa de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos e à todos os professores que compartilharam comigo seus conhecimentos, ideias e perspectivas ao longo da minha formação profissional, com muita dedicação e comprometimento.

À Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por proporcionar a realização de um sonho e pela concessão da bolsa de pesquisa, que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos amigos do mestrado e graduação por estarem presentes nesta fase tão importante, sempre trazendo boas conversas, comemorações, alegrias, companherismo e apoio.

Enfim, a todos que contribuíram para o êxito deste trabalho de forma direta e indireta, mesmo sem saber, com seus pensamentos positivos, amor e suporte.

Muito obrigada!

“Uma decisão sobre o uso da terra é correta quando tende a preservar a integridade, a estabilidade e a beleza da comunidade biótica. Essa comunidade inclui o solo, a água, a fauna e flora, como também as pessoas. É incorreto quando tende para uma outra coisa.”

(LEOPOLD, 1949, p. 5)

RESUMO

A degradação dos solos tem ameaçado seriamente a produção de alimentos e a segurança alimentar no mundo. Devido principalmente a ausência de indicadores ambientais para planejar a expansão de atividades agropecuárias, que podem resultar na perda de solo e na diminuição da produtividade agrícola e pecuária. Os estudos da dinâmica de uso e ocupação do solo e as avaliações da capacidade de uso das terras são ferramentas essenciais para o monitoramento e planejamento racional do uso da terra, uma vez que, possibilitam a visão global do problema e a delimitação das possíveis causas de degradação ambiental, além de apontar as potencialidades e limitações do meio físico. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar a análise temporal da degradação ambiental, em 2008 e 2018, no município de Senador Amaral (MG), decorrentes de conflitos de uso do solo em Áreas Preservação Permanente (APPs) de nascentes, encostas, topos de morros e zonas ripárias e do uso fora de sua capacidade. O mapeamento inicial baseou-se no levantamento e caracterização dos aspectos físicos e geomorfológicos do terreno, como a delimitação da rede de drenagem, das microbacias hidrográficas e das APPs de nascentes, encostas, topos de morros e zonas ripárias, e também na identificação de áreas degradadas. Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo do município, nos anos de 2008 e 2018, utilizou-se de imagens do satélite *Landsat 5* (sensor TM-C1) e *Landsat 8* (sensor OLI), respectivamente, ambas com resolução espacial de 30 m para a classificação supervisionada pelo algoritmo estatístico da máxima verossimilhança (MaxVer). Os mapas de conflito de uso do solo de acordo com Código Florestal Brasileiro (CFB) e a capacidade agrônômica foram obtidos através da sobreposição de dados levantados inicialmente. A classe de uso mais representativa identificada no estudo foi a de pastagem, ocupando 50,14% da área municipal, seguida pela formação florestal (25,37%) e solo exposto (16,60%). As APPs representam 9,83% da área total, sendo que 57,68% encontra-se em não conformidade com a legislação ambiental. Por meio da análise integrada das formas de uso e ocupação e da classificação da capacidade, foi possível verificar que existem 38,83 km² de áreas sendo utilizadas fora da capacidade produtiva dos solos. De acordo com o Sistema de Capacidade de Uso da Terra os usos dos solos mais recomendados para o município de Senador Amaral são as pastagens, o reflorestamento e a preservação da vida silvestre, no entanto, há ainda um número significativo de áreas aptas também para o cultivo de culturas anuais e perenes.

Palavras-Chave: áreas de preservação permanente, áreas degradadas, capacidade de uso da terra, uso e ocupação.

ABSTRACT

Soil degradation has seriously threatened food production and food security in the world. Mainly due to the absence of environmental indicators to plan the expansion of agricultural activities, which can result in soil loss and decreased agricultural and livestock productivity. Studies on the dynamics of land use and occupation and assessments of land use capacity are essential tools for monitoring and rational planning of land use, since they provide a global view of the problem and the delimitation of possible causes of environmental degradation, in addition to pointing out the potential and limitations of the physical environment. In this context, the present study aimed to carry out the temporal analysis of environmental degradation, in 2008 and 2018, in the municipality of Senador Amaral (MG), resulting from land use conflicts in Areas of Permanent Preservation (APPs) of springs, slopes, hilltops and zones riparian and use beyond its capacity. The initial mapping was based on the survey and characterization of the physical and geomorphological aspects of the terrain, such as the delimitation of the drainage network, hydrographic micro-basins and APPs of springs, slopes, hilltops and zones riparian, and also in the identification of degraded areas. For the elaboration of the land use and land cover map of the municipality, in the years 2008 and 2018, images from Landsat 5 (sensor TM-C1) and Landsat 8 (OLI sensor) were used, respectively, with spatial resolution of 30 m for supervised classification by the maximum likelihood statistical algorithm (MaxVer). The land use conflict maps according to CFB and the agronomic capacity were obtained by overlapping data initially collected. The most representative class of use identified in the study was that of pasture, occupying 50.14% of the municipal area, followed by forests (25.37%) and bare soil (16.60%). APPs represent 9.83% of the total area, 57.68% of which are not in compliance with environmental legislation. Through the integrated analysis of the forms of use and occupation and the classification of the capacity, it was possible to verify that there are 38.83 km² of areas being used outside the productive capacity of the soils. According to the Land Use Capacity System, the most recommended land uses for the municipality of Senador Amaral are pastures, reforestation and preservation of wildlife, however, there is a significant number of areas also suitable for the cultivation of annual and perennial crops.

Keywords: areas of permanent preservation, degraded areas, land capability, soil use and occupation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resposta espectral água, solo e vegetação.....	36
Figura 2 - Representação gráfica da classificação supervisionada pelo algoritmo Máxima Verossimilhança (MaxVer).	39
Figura 3 - Localização da área de estudo.	42
Figura 4 - Geada que atingiu o município de Senador Amaral (MG) em julho de 2019. A); B) Campo coberto pela geada próximo a prefeitura municipal e C) Mudanças de morango cobertas pelo orvalho.	43
Figura 5 - Vestígios arqueológicos na Pedra da Onça em Senador Amaral (MG). A) Pedra da Onça; B) e C) Pinturas Rupestres encontradas na pequena caverna da Pedra da Onça.	44
Figura 6 - Áreas agrícolas de Senador Amaral (MG). A) Plantação de morango em leiras; B) Produção de framboesa e C) Estufas de flores Astromélia.	45
Figura 7 - Fragmento de mata de Araucária em Senador Amaral (MG).	45
Figura 8 - Fragmentos de matas nativas desconectados e processos erosivos no município de Senador Amaral (MG). A) Erosão em sulcos associada ao deslocamento de massa em área de pastagem e fragmentação florestal; B) Erosão laminar entre leiras de batata após colheita e C) Erosão em sulcos que deram origem a voçorocas em áreas de cultivo do brócolis e fragmentos de mata.....	47
Figura 9 - Uso e manipulação de defensivos agrícolas no município de Senador Amaral (MG). A) Tanque de armazenamento de agrotóxicos para pulverização do morangal; B) Aplicação de defensivos agrícolas na produção de brócolis e C) Preparo da bomba pulverizadora para a aplicação na plantação de morango.	48
Figura 10 - Principais etapas realizadas para geração da rede de drenagem e microbacias hidrográficas.	51
Figura 11 - Representação das formas de relevo na paisagem.	52
Figura 12- Etapa de caracterização e mensuração das áreas degradadas, realizada com auxílio da trena.	54
Figura 13- Fluxograma da metodologia empregada para a análise temporal do uso e ocupação do solo.	55
Figura 14 - Delimitações das propriedades rurais do município de Senador Amaral (MG). ...	59
Figura 15 - Fluxograma da metodologia adotada para a análise do conflito de uso e ocupação do solo em APPs.....	61
Figura 16- Fluxograma da metodologia adotada para a análise do conflito de uso e ocupação de acordo com a capacidade de uso da terra.....	62
Figura 17 - Microbacias hidrográficas de Senador Amaral (MG).	64
Figura 18 - Mapa hipsométrico do município de Senador Amaral (MG).	66
Figura 19- Mapa de declividade do município de Senador Amaral (MG).....	67
Figura 20 - Tendência do escoamento superficial em diferentes formas de relevo.	68
Figura 21 - Perfil de Curvatura de Senador Amaral (MG).....	69
Figura 22 - Plano de Curvatura de Senador Amaral (MG).	69
Figura 23 - Classes de solos do município de Senador Amaral (MG).	70
Figura 24 - Unidades geomorfológicas do município de Senador Amaral (MG).	73
Figura 25 - Distribuição das áreas degradadas levantadas no município de Senador Amaral.	74
Figura 26 - Gráfico de distribuição das classes de uso e ocupação do solo das áreas degradadas levantadas no estudo.....	75
Figura 27- Mapa de uso e ocupação do solo do município de Senador Amaral (MG) de 2008.	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 28 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Senador Amaral (MG) de 2018.	81
Figura 29 - Gráfico da distribuição das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2008 e 2018, em quilômetros quadrados.	82
Figura 30 - Gráfico da distribuição das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2008 e 2018, em porcentagem.	83
Figura 31 - Mapa de uso e ocupação do solo em APPs no município de Senador Amaral (MG) em 2018, de acordo com a Lei 12.651 de 2012 (CFB).	86
Figura 32 - Gráfico de distribuição das classes de uso e ocupação do solo em APPs no município de Senador Amaral (MG) em 2018 de acordo com a Lei 12.651 de 2012 (CFB). .	86
Figura 33 - Mapa de conflito de uso do solo em APPs do município de Senador Amaral (MG), de acordo com a Lei 12.651 de 2012 (CFB).	87
Figura 34 - Classificação da capacidade de uso da terra do município de Senador Amaral. ...	89
Figura 35 - Mapa de conflito de uso do solo de acordo com a capacidade de uso no município de Senador Amaral.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Faixas mínimas a serem recompostas em áreas com uso antrópico consolidado de acordo com a Lei nº 12.651/2012 (CF) em APPs hídricas.	29
Tabela 2 - Dados climatológicos de Senador Amaral.	43
Tabela 3 - Chave de Interpretação classificação supervisionada.	57
Tabela 4- Índice de <i>Kappa</i> associado a qualidade da classificação.	58
Tabela 5- Regras para determinação das APPs hídricas de acordo com o Código Florestal. ..	60
Tabela 6 - Definições dos grupos, classes e subclasses para a classificação da capacidade de uso.	63
Tabela 7 - Área de drenagem das microbacias hidrográficas do município de Senador Amaral (MG).	65
Tabela 8 - Áreas das classes altimétricas do município de Senador Amaral (MG).	66
Tabela 9 - Áreas das classes de declividade do município de Senador Amaral (MG).	67
Tabela 10 - Unidades pedológicas e suas componentes de variações agrupadas no levantamento das classes de solos.	71
Tabela 11- Características das áreas degradadas mapeadas no estudo.	76
Tabela 12 - Matriz de confusão da classificação supervisionada do município de Senador Amaral (MG) do ano de 2008.	81
Tabela 13 - Matriz de Confusão da Classificação Supervisionada do Município de Senador Amaral (MG) do ano de 2018.	82
Tabela 14 - Grupo, classe e subclasse de capacidade de uso do município de Senador Amaral (MG).	89
Tabela 15- Relação do uso e ocupação do solo com a capacidade de uso no município de Senador Amaral.	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMM	Área Mínima Mapeável
APP	Área de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CFB	Código Florestal Brasileiro
Codemig	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa de Pesquisa Agropecuária
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAEMG	Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
GIS	Geographic Information System
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDMH	Índice de Desenvolvimento Humano Médio
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
K	Índice <i>Kappa</i>
LV	Latossolo Vermelho
MaxVer	Máxima verossimilhança
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
PIB	Produto Interno Bruto
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PVAd	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
RGB	composição colorida
SBG	Sociedade Brasileira de Geologia
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>

<i>SGM</i>	<i>Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral</i>
SICAR	Sistema de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
USA	Estados Unidos da América USA
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS.....	17
2.1.	Objetivo geral	17
2.2.	Objetivos específicos	17
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1.	Expansão Agrícola.....	18
3.2.	Degradação Ambiental	20
3.2.1.	Degradação do Solo	21
3.2.2.	Tipos de Erosões Hídricas.....	23
3.2.3.	Deslocamento de Massa	25
3.3.	Áreas de Preservação Permanente e o Código Florestal Brasileiro.....	26
3.4.	Conflito de Uso e Ocupação do Solo.....	31
3.5.	Capacidade de Uso da Terra	32
3.6.	Geoprocessamento Aplicado a Estudos de Conflito e Capacidade de Uso da Terra.....	34
3.6.1.	Classificação Supervisionada	35
3.6.2.	Algoritmo de Classificação por Máxima Verossimilhança.....	39
3.6.3.	O Software QGIS.....	40
3.6.4.	O Software ArcGIS (ESRI)	41
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1.	Caracterização da Área de Estudo	42
4.1.1.	Potencial Turístico.....	44
4.1.2.	Vegetação.....	45
4.1.3.	Economia e Zoneamento	46
4.2.	Bacia Hidrográfica.....	50
4.2.1.	Delimitação da Rede de Drenagem e Microbacias Hidrográficas	50
4.3.	Altimetria e Declividade	51
4.4.	Formas do Relevo	52
4.5.	Classes de Solos.....	53
4.6.	Unidades Litológicas	53
4.7.	Levantamento e Caracterização das Áreas Degradadas do Município.....	54

4.8.	Análise Temporal do Uso e Ocupação do solo	54
4.9.	Conflito de Uso e Ocupação do solo	59
4.9.1.	Delimitação das Áreas de Preservação Permanente	59
4.9.2.	Capacidade de Uso do Solo	61
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
5.1.	Microbacias Hidrográficas.....	64
5.2.	Altimétrico e de Declividade	65
5.3.	Perfil e Plano de Curvatura	68
5.4.	Unidades Pedológicas	70
5.5.	Unidades Geomorfológicas.....	72
5.6.	Caracterização Geral das Áreas Degradadas	73
5.7.	Análise temporal do Uso e Ocupação do Solo	80
5.8.	Conflito de Uso do Solo.....	84
5.8.1.	Áreas de Preservação Permanente	84
5.8.2.	Capacidade de Uso da Terra	88
6.	CONCLUSÕES.....	93
	REFERÊNCIAS	95
	ANEXO I – Ficha de caracterização de áreas degradadas	111
	ANEXO II – Tabela de julgamento do Sistema de Capacidade de Uso do Solo	112
	APÊNDICE I – Composição RGB das imagens do satélite <i>Landsat 5</i>	113
	APÊNDICE II – Composição RGB das imagens do satélite <i>Landsat 8</i>	114
	APÊNDICE III – Conflito de Uso do Solo em APPs de acordo com a Lei 4.771 de 1965 ...	115

1. INTRODUÇÃO

A expansão agrícola, no Brasil, é marcada pela exploração predatória das reservas florestais nativas em função da gradativa substituição da cobertura vegetal por atividades agrárias. Este processo é um dos responsáveis pela rápida alteração na cobertura do solo, que muitas vezes é realizada de forma intensiva e mal planejada, resultando na degradação ambiental dos espaços rurais e urbanos.

A degradação ambiental desses espaços está intimamente associada ao desmatamento da vegetação nativa, ao manejo inadequado dos solos, a perda da produtividade agrícola, a ocorrência de pragas e doenças e a intensificação dos processos erosivos (GUERRA; BOTELHO, 1996; DIAS et al., 1999; ARAÚJO et al., 2013; PEREIRA et al., 2016). A fim de conter a degradação dos recursos naturais e estabelecer um equilíbrio entre a exploração e a preservação da natureza, foram criados dispositivos legais, leis e normas, que regulam o uso e manejo dos recursos naturais, com o intuito de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965; BRASIL, 2012).

Um marco importante no âmbito legislativo ambiental foi a formulação do Código Florestal Brasileiro (CFB), que instituiu a criação das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Desde sua primeira formulação já se discute a eficiência da norma, pois esta estipula medidas mínimas para as faixas de preservação e conservação de todas as categorias das APPs, o que tem motivado o desenvolvimento de diversos estudos sobre o tema (METZGER, 2010; SCHÄFFER et al., 2011; LOPES; TASSIGNY; TEIXEIRA; 2017).

Atualmente, o uso e proteção dessas áreas é regulamentado pela Lei 12.651 de 2012 e seus dispositivos complementares a Lei nº 12.727/2012 e o Decreto nº 7.830/2012, sendo considerada por muitos autores como um dos projetos mais favoráveis à bancada ruralista, por instituir o conceito do “uso antrópico consolidado”, apresentando-se de forma desequilibrada e longe de atender a função para o qual fora criado (COUTINHO et al., 2013; SCHNEIDER et al., 2016; ASSMANN, 2016).

No entanto, deve-se destacar que, apesar de existir um retrocesso significativo, devido à anistia concebida a quem já realizou o desmatamento em APPs antes do dia 22 de

julho de 2008, o CFB vigente, também traz alguns avanços, principalmente, no que diz respeito ao monitoramento ambiental no país, através da criação do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que trata do registro público eletrônico obrigatório, para todas as propriedades rurais, dentro do território nacional. A partir dessas informações é possível realizar o monitoramento ambiental do uso e ocupação do solo com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Entretanto, mesmo após sete anos da aprovação do atual CFB, o cenário de degradação e de conflito de uso do solo pode ser encontrado em boa parte do país (MOREIRA et al., 2015; RAMOS et al., 2018; SANTOS, 2018).

O conflito de uso do solo não ocorre apenas quando a ocupação do solo está em desacordo com as legislações ambientais, mas também, quando a ocupação da terra é realizada sem levar em consideração a sua capacidade de uso.

O uso do solo sem levar em consideração suas potencialidades e limitações, pode ocasionar a redução da capacidade produtiva e levar à exploração mais intensiva da área ou à ampliação da exploração para locais marginais, previamente não explorados pela sua maior susceptibilidade à degradação (SAMPAIO, ARAÚJO, SAMPAIO, 2005).

Neste cenário, os estudos da dinâmica de uso e ocupação do solo, tornam-se um fator primordial para o monitoramento, controle e planejamento racional da utilização do uso da terra, pois possibilita delimitar as causas e propor ações, que possam mitigar e/ou compensar as degradações ambientais causadas (DIAS et al., 1999; ARAÚJO et al., 2013; PEREIRA et al., 2016).

Diante deste contexto, o Município de Senador Amaral (MG) tem ganhado destaque, devido ao atual cenário de degradação causado pela expansão agrícola em seu território para o cultivo, principalmente, de morango, batata, brócolis e flores (IBGE, 2010).

Os estudos da dinâmica de uso e ocupação do solo e da capacidade de uso das terras no município de Senador Amaral são inexistentes, assim como o levantamento de áreas degradadas, tornando a elaboração deste estudo essencial para a compreensão dos fatores que contribuíram para o aumento da expansão agrícola no município de Senador Amaral, assim como, para a conversão de áreas florestais em agricultura e pastagem, elevando as taxas de desmatamento e resultando no desenvolvimento de processos de degradação das terras.

Os trabalhos já elaborados no município de Senador Amaral estão relacionados a agricultura e ao impacto da mudança no uso da terra na diversidade de organismos do solo (SILVA, 2016b; PEREIRA, 2016; QUEIROZ, 2018). No intuito de complementar os estudos

iniciados e subsidiar pesquisas futuras, o presente trabalho se propõe a realizar a análise temporal da degradação ambiental, em 2008 e 2018, no município de Senador Amaral (MG), bem como a quantificação das áreas de conflitos de uso do solo de acordo com a Lei 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro) em APPs de nascentes, encostas, topos de morros e zonas ripárias e a capacidade de uso da terra.

O levantamento realizado no município tem como intuito subsidiar o planejamento e a gestão sustentável da terra, assim como, a formulação de políticas públicas voltadas à adequação do uso e ocupação do solo e à preservação ambiental. Além de colaborar para o monitoramento da expansão de atividades agropecuárias e para o manejo adequado do solo, por possibilitar uma visão global do cenário encontrado dentro das delimitações do estudo.

O trabalho encontra-se estruturado em seis capítulos, que inicializa-se com a introdução, contextualização e justificativa do tema da pesquisa, no primeiro capítulo. No segundo, encontra-se os objetivos, geral e específicos, propostos para o desenvolvimento do trabalho. No terceiro capítulo é apresentado a fundamentação teórica da pesquisa, onde é abordado assuntos como a expansão agrícola, degradação ambiental, APPs e as mudanças ocorridas no CFB para realização da sua delimitação, as formas de conflito de uso e ocupação do solo, capacidade de uso da terra e aplicação de técnicas de geoprocessamento associados aos estudos propostos. O quarto capítulo traz a descrição e caracterização do município de Senador Amaral, além da descrição minuciosa dos processos metodológicos adotados. No quinto capítulo é exposto os resultados e as discussões de acordo com os objetivos traçados. No sexto e último capítulo, são apresentadas as considerações finais e conclusões do trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Realizar a análise temporal da degradação ambiental, em 2008 e 2018, no município de Senador Amaral (MG), decorrentes de conflitos de uso do solo em APPs de nascentes, encostas, topos de morros e zonas ripárias e do uso fora de sua capacidade.

2.2. Objetivos específicos

- Delimitar as Áreas de Preservação Permanente (APPs), rede de drenagem e microbacias hidrográficas;
- Levantar e caracterizar as áreas degradadas no município de Senador Amaral, Minas Gerais;
- Identificar os usos e ocupações do solo, no período de 2008 e 2018, com auxílio do geoprocessamento;
- Elaborar o mapa de conflito de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente;
- Elaborar o mapa de conflito de uso do solo de acordo com a capacidade de uso.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Expansão Agrícola

No Brasil, nas últimas quatro décadas, o setor agropecuário tem passado por constantes transformações estruturais, devido aos diversos avanços alcançados no meio técnico, científico e político, os quais resultaram na inserção da agricultura no cenário socioeconômico e no crescimento do produto interno bruto (PIB) (VIEIRA FILHO, 2016; FREITAS; MENDONÇA, 2016; BOLFE et al., 2016).

Entretanto, o resultado deste processo ao longo do tempo é acompanhado por consequências, como, por exemplo, a retirada da vegetação natural para a ocupação de outras atividades, o que muitas vezes provoca impactos negativos ao ambiente, marcando assim, um período crítico de processos antropogênicos expressivos na condução das mudanças globais do uso e ocupação do solo (PIRES, 2014; MATOS, 2017).

De acordo com Gomes et al. (2016) as principais mudanças atribuídas a esse período, estão relacionados ao desenvolvimento de técnicas para a correção do pH ácido dos solos (calagem), a mecanização do processo produtivo, ao crescimento da demanda por alimento no mundo, a criação de programas de incentivo à produção agrícola e na inserção dos agrotóxicos na indústria, através do Programa Nacional dos Defensivos Agrícolas (SOARES, 2010).

Atualmente, essas transformações não se restringem, apenas, aos grandes produtores associados ao agronegócio, mas também aos pequenos produtores, o que tem modificado de forma cada vez mais intensa a relação produtiva e de trabalho no campo (SILVA; MENEZES, 2015).

Em decorrência dessas mudanças, as áreas rurais passaram a ser sinônimo de produtividade, com o intuito de atender às demandas do mercado. Surge, a partir desse contexto, diversas formas de agricultura familiar, que englobam uma heterogeneidade de situações específicas e particulares (BUAINAIN et al., 2013; PANZUTTI; MONTEIRO, 2015).

Estudos realizados por Hoffmann (2014), mostram que a agricultura familiar é responsável por, aproximadamente, 25% do total de alimentos produzidos no país. Já em pesquisas posteriores, o valor encontrado, corresponde a 52% (SILVA; DIAS; AMORIM-JUNIOR, 2015). Ambos os autores, ressaltam a importância da agricultura familiar para a economia brasileira e para o desenvolvimento do país.

No último Censo Agropecuário, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017), Minas Gerais é apontado como o segundo estado com o maior número de propriedades rurais, o que contabiliza um aumento de, aproximadamente, 50 mil novas áreas produtivas, quando comparado com o último levantamento, em 2007.

A região Sul de Minas Gerais, contribui com 16,63% na participação total de estabelecimentos agropecuários da Agricultura Familiar (EMATER-MG, 2014). As principais atividades produtivas encontradas são café, pecuária de leite, cana-de-açúcar, milho, feijão e hortifrutigranjeiros, com destaque para o morango e batata na microrregião de Pouso Alegre (CASTRO, 2016).

Entre os principais fatores que proporcionaram destaque ao Sul de Minas Gerais, estão as condições climáticas favoráveis para o cultivo e a localização estratégica, próxima aos grandes centros consumidores (VEIGA-JÚNIOR, 2006; SANTOS, 2016).

Dados da EMATER - MG (2014) mostram que houve uma expansão do plantio de morango nos últimos 52 anos no país e em Minas Gerais, e comprova a viabilidade da atividade para a agricultura familiar, uma vez que a fruta é bem valorizada no mercado e garante bom retorno financeiro ao agricultor, além de gerar muitos empregos no campo.

Contudo essas culturas são temporárias e apresentam sérios problemas de erosão superficial, mesmo em áreas aptas, devido à intensa movimentação da terra e o preparo do solo com o uso de implementos agrícola (SILVA, 2002; SILVA, 2016a). As autoras também enfatizam que no cultivo de morango e batata existe a dependência do uso de grandes quantidades de pesticidas para sua produção.

Os compostos mais utilizados nessas produções, na microrregião de Pouso Alegre são o Orthocide 500 (N- triclorometiltio-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida), Captan – fungicida do grupo da ftalimida e classe toxicológica III, o Manzate - Manzate 800 (produto de coordenação iônica de etileno-bis-ditiocarbamato de manganês e íon zinco) e o 8xuc Mancozeb – fungicida do grupo químico ditiocarbamato, com classe toxicológica III (SILVA, 2002).

A pressão exercida pelo mercado, associada à grande quantidade de defensivos agrícolas necessários para o controle de pragas nessas produções, resulta no uso intensivo desses espaços rurais e na exploração do meio ambiente, que quando realizados sem o manejo adequado desencadeiam a perda da produtividade, ocorrência de pragas e doenças, degradação do solo e dos recursos naturais (QUIRINO; IRIAS; WRIGHT, 1999; MARCATTO, 2002; SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005; MACEDO et al., 2014).

Diante deste contexto, o Município de Senador Amaral (MG) tem ganhado destaque, devido ao atual cenário de degradação causado pela expansão agrícola, para o cultivo, principalmente, de morango, batata e brócolis, além da relevante produção de flores (IBGE, 2010).

3.2. Degradação Ambiental

A degradação ambiental pode ser compreendida, como o conjunto de processos causadores de danos ao meio ambiente, que resultam na perda ou redução de algumas propriedades (físicas, químicas e biológicas), que por consequência podem alterar a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais (BRASIL, 1989; FLAUZINO, 2012; PEREIRA et al., 2016).

Quirino, Irias e Wright (1999) e Pires (2014), apontam que as principais ações antrópicas responsáveis pela degradação ambiental são o desmatamento, queimadas e a agricultura, a qual é associada ao uso intensivo de agrotóxicos e do solo, a monocultura e uso indiscriminado de fertilizantes e corretivos, manejo inadequado de pastagens e a exploração de minérios.

O processo de degradação quase sempre começa com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por um outro cultivo de porte e/ou ciclo de vida diferentes (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005). No Sul de Minas Gerais, nas regiões de maior altitude, esse processo de degradação iniciou-se com a exploração das reservas florestais, principalmente das matas de araucária, que possuem um alto valor econômico de mercado (MELLONI et al., 2008; SILVA, 2016b; QUEIROZ, 2018).

Dessa forma, a vegetação nativa da mata atlântica foi substituída gradativamente por pastos ou culturas de ciclo curto, que mantêm o solo exposto, exigem alta demanda de água e podem ocasionar o rebaixamento do lençol freático e processos erosivos (GALINDO LEAL; CÂMERA, 2005; SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005; MELLONI et al., 2008).

O cultivo intensivo, com a retirada dos produtos agrícolas e sem reposição dos nutrientes retirados, leva à perda da fertilidade e produtividade do solo (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005). Segundo Queiroz (2018), os principais fatores que contribuíram para essas mudanças no uso da terra, nesses locais, foram a baixa pressão de pragas e doenças e o menor valor econômico das terras.

Esses processos de degradação têm sua origem em um modelo complexo e predatório de exploração e uso dos recursos disponíveis (MARCATTO, 2002). Tendo em vista, que a expansão agrícola, baseou-se de acordo com Bergamim (2016), na concentração fundiária, que incentivou a modernização agroeconômica à custa da degradação socioambiental, e na intensificação do padrão de modernização agrícola, com o agravamento da degradação dos solos.

Tais atos estão em não conformidade com os conceitos de desenvolvimento sustentável, preservação, conservação e igualdade de acesso aos recursos naturais, princípios básicos que devem nortear todas as ações antrópicas, segundo as legislações vigentes no país (BRASIL, 1988; BRASIL, 1981; BRASIL, 2012).

Macedo et al. (2014) compara este processo de degradação a uma escada, onde no topo estariam as maiores produtividades e, à medida que se descem os degraus, com o uso inadequado da área produtiva, mais se avança no processo de degradação. A cada estágio avançado nesse processo, torna-se mais difícil a recuperação dessas áreas. No estágio mais avançado de degradação tem-se como resultado a compactação e a erosão dos solos.

Diante desse quadro, os estudos da dinâmica de uso e ocupação do solo tornam-se um fator primordial para o monitoramento, controle e planejamento racional da utilização do uso da terra, pois possibilita delimitar as causas e propor ações que possam mitigar e/ou compensar as degradações ambientais causadas (DIAS et al., 1999; ARAÚJO et al., 2013; PEREIRA et al., 2016).

Para avaliar a dinâmica de uso e ocupação do solo, o mapeamento do uso da terra surge como uma ferramenta de análise ambiental de forma a auxiliar na visualização de perdas e transformações causadas pela modificação dos espaços (CORNELLI et al., 2016).

3.2.1. Degradação do Solo

A degradação dos solos é um dos problemas mais graves a serem enfrentados na maior parte do mundo (EMBRAPA, 2017). A expansão das áreas produtivas, o crescimento desordenado da população e a exploração desacerbada dos recursos naturais, a fim de suprir as necessidades humanas, causam rápidas alterações na cobertura do solo e quando associadas ao uso intensivo e mal planejado, provocam graves impactos ambientais, sociais e econômicos (MACEDO et al., 2014; EMBRAPA, 2017; FAO, 2018).

Embora, nas últimas décadas haja grandes avanços no meio técnico, científico e político (criação de leis, normas e resoluções), a gestão sustentável dos solos continua sendo um desafio para a sociedade. Segundo o último relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura - FAO (2018), cerca de 33% dos solos do mundo estão degradados, o que coloca em risco a futura produção mundial de alimentos e a segurança alimentar.

A degradação desse recurso natural envolve alterações complexas nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do solo, que podem ocasionar erosões, desertificação, movimentos de massa e contaminação dos solos, sobretudo, a salinização e acidificação (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005; GUERRA; JORGE, 2012; FLAUZINO, 2012).

Apesar de reconhecermos a existência de diversas formas de degradação do solo, a erosão hídrica, provocada pelo escoamento superficial e subsuperficial, é a que mais ocorre no Brasil e no mundo (GUERRA; JORGE, 2012). Embora outros agentes atuem no processo erosivo, como o vento, o gelo e o mar, estes agem em áreas mais específicas que a água. Sendo assim, a água é o principal agente modelador dos solos e do relevo (GUERRA; BOTELHO, 1996).

O processo de erosão hídrica do solo se dá em três fases: desagregação, transporte e deposição, as quais às vezes não são muito distintas umas das outras, pois podem ocorrer simultaneamente (AMARAL et al., 2013).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Minella et al. (2010), a desagregação inicia-se com o impacto das gotas de chuva sobre o solo, a partir do choque entre as partículas, a energia cinética da precipitação é transferida para o solo, causando a degradação física e o transporte através do salpicamento.

O salpicamento ou *splash*, consiste na dispersão das partículas desagregadas do solo, numa determinada distância, que irá depender da energia cinética envolvida no processo e da combinação de cinco fatores, que são, segundo os autores Silva (1995) e Paiva et al. (2003), a erosividade das chuvas; erodibilidade dos solos, uso e ocupação (cobertura), topografia (declividade e relevo) e as práticas conservacionistas empregadas. Esses fatores são decisivos na determinação da quantidade final de erosão hídrica e de escoamento superficial que poderá ocorrer nas terras cultivadas (AMARAL et al., 2013).

O escoamento superficial ocorre quando o solo encontra-se saturado e tem sua taxa de infiltração reduzida, ocasionando a concentração das linhas de fluxo do escoamento, em maior ou menor grau de intensidade. Assim se sucede o transporte e deposição das partículas

de solo, que pode resultar em incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, ravinas e voçorocas (SILVA, 1995; GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2009).

No que diz respeito à erosividade da chuva, os principais parâmetros que influenciam são: o tamanho da gota, velocidade, distribuição, ângulo e direção, intensidade, frequência e duração (LOMBARDI-NETO; MOLDENHAUER, 1992; CHEROBIN, 2012).

Já no fator de erodibilidade, os parâmetros mais relevantes são as propriedades físicas, químicas e estruturais dos solos. E nas condições físicas da superfície do solo, que refere ao uso e cobertura, os fatores que mais influenciam são a topografia, o manejo (a existência de técnicas de conservação do solo), declividade, altimetria e relevo (PAIVA et al., 2003).

Assim, o preparo mecânico do solo se destaca como um dos mais importantes componentes de seu manejo, uma vez que pode criar condições físicas variadas na superfície do solo, para controlar a ocorrência de processos erosivos (BERTOL et al., 2006; CASTRO; COGO; VOLK, 2006, AMARAL et al., 2013).

Eswaran, Lal e Reich (2001), destacam que o processo de erosão hídrica é um dos principais fatores contribuintes para a degradação das terras agrícolas em todo globo terrestre, uma vez que pode causar danos diretos, como a perda da produtividade e indiretos, como o assoreamento e eutrofização dos recursos hídricos, além da perda de biodiversidade da fauna edáfica do solo. Além disso, o processo erosivo também resulta no carregamento de fertilizantes e defensivos agrícolas que acaba interferindo na cadeia trófica aquática e terrestre.

3.2.2. Tipos de Erosões Hídricas

3.2.2.1. Erosão Laminar

A erosão laminar, também conhecida como erosão em lençol ou superficial, é caracterizada pela desagregação e arraste das partículas constituintes do solo, por meio do escoamento superficial difuso, que resulta no desgaste laminar da camada superficial do terreno, sem formar canais (sulcos) na superfície (SILVA, 1995; GUERRA; BOTELHO, 1996; BERTONI; LOMBARDI-NETO, 1999; GUERRA; JORGE, 2012).

Bertoni e Lombardi-Neto (1999) e Bacellar (2000), afirmam em seus estudos que esse tipo de erosão é difícil de ser diagnosticada, uma vez que o processo é quase imperceptível por estar relacionado ao arraste de partículas menores, que estão associadas à fertilidade do solo.

E por estar associada ao desgaste da camada fértil do solo e ao transporte de sedimentos em direção às redes de drenagem, a erosão laminar pode ocasionar tanto prejuízos para a agricultura, quanto para a qualidade dos recursos hídricos.

Vale ressaltar que para a erosão superficial ocorrer é necessário que haja algumas condições como pouca ou nenhuma cobertura vegetal, chuvas prolongadas, que excedem a capacidade de armazenamento dos solos, saturando as irregularidades existentes no topo do solo e uma declividade superior a 20% (GUERRA; BOTELHO, 1996).

3.2.2.2. Erosão em Sulcos

Quando o escoamento superficial deixa de ser difuso e passa a concentrar-se em determinados pontos, temos a formação de pequenos sulcos, canais, drenos ou escoadouros (SILVA, 1965). A segunda fase do processo evolutivo da erosão hídrica é caracterizado pelo aumento da tensão de cisalhamento, devido ao ganho de energia cinética e ao aumento de massa, o que gera uma maior capacidade de desagregação e transporte de partículas do solo pela enxurrada.

No estágio seguinte, tem-se formação de ravinas, que são incisões mais profundas, em direção aos horizontes subsuperficiais. Na maior parte das vezes, essas feições erosivas, formam um sistema de ravinas, ou seja, raramente ocorrem isoladas numa encosta (GUERRA; BOTELHO, 1996).

3.2.2.3. Voçorocas

Na literatura brasileira, o desenvolvimento de voçorocas é caracterizado como o resultado da evolução dos processos erosivos, onde feições do tipo sulcos e ravinas ganham imensas proporções em extensão e profundidade, devido ao aumento do escoamento superficial e subsuperficial concentrado, somados ao grande deslocamento de massa de solo (SILVA, 1995; GUERRA; BOTELHO, 1996; GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2009).

As dimensões das voçorocas são variadas, o que causa algumas discussões no meio acadêmico, principalmente quando se trata da distinção entre pequenas incisões, que podem ser classificadas como ravinas ou voçorocas, dependendo da sua extensão.

Segundo Guerra, Silva e Botelho (2009), existem diversas classificações espalhadas pelo mundo no que diz respeito aos limites de largura, comprimento e profundidade entre os

dois tipos erosões. No Glossário de Ciências dos Solos, dos Estados Unidos (1987) *apud* Guerra e Botelho (1996) foi estabelecido que incisões com 30m (trinta metros) de comprimento, 0,50m (meio metro) de profundidade e largura, já seriam caracterizadas como voçorocas.

Geralmente, o desenvolvimento dessas feições estão relacionadas ao uso do solo, ao substrato geológico, ao tipo de solo, às características climáticas, hidrológicas e ao relevo (FILIZOLA; BOULET; GOMES, 2003). Filizola et al. (2011), destaca que a supressão da vegetação nativa para fins de produção agrícola, associada ao manejo inadequado do solo, sem a adoção de práticas conservacionistas, são os principais fatores responsáveis pelo o aumento dos processos erosivos nas regiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.

O processo de erosão acelerada, causada pelas intervenções antrópicas, são os principais agentes responsáveis pela perda e degradação dos solos, pois afetam uma série de funções como a biodiversidade, produtividade e serviços ecossistêmicos, assim como podem ocasionar o assoreamento e contaminação dos recursos hídricos devido à lixiviação dos agrotóxicos (FILIZOLA et al., 2011; PANAGOS; BORRELLI; MEUSBURGER, 2015). De acordo com Bertoni e Lombardi-Neto (1999) a taxa anual de perdas de solo no Brasil varia de 15 a 25 Mg ha⁻¹, enquanto que a taxa de formação de solo é de, aproximadamente, 1 Mg ha⁻¹ano⁻¹ (PIMENTEL et al., 1995).

3.2.3. Deslocamento de Massa

O deslocamento de massa é caracterizado pela movimentação coletiva de rochas e sedimentos (partículas de solos), sobre superfícies declivosas, como áreas de encostas, onde o relevo sofre forte influência da gravidade (FERNANDES; AMARAL, 2010). Estes eventos geomorfológicos de deposição de sedimentos podem ocorrer tanto de forma natural, quanto por ação antrópica, através de intervenções inadequadas no uso e ocupação dos solos.

De acordo Fernandes e Amaral (2010), os principais tipos de deslocamento de massa estão associados aos escorregamentos, desmoronamentos, movimentos de blocos e fluxos de sedimentos. Todos esses conceitos se diferenciam pela velocidade na qual o movimento ocorre e pela densidade do material transportado nesse processo (SANTOS; MARIMON, 2011).

3.3. Áreas de Preservação Permanente e o Código Florestal Brasileiro

O processo histórico de ocupação territorial, foi marcado pelas mudanças no uso e ocupação dos solos, onde áreas de vegetações nativas deram lugar às atividades agropecuárias, que frequentemente basearam-se na exploração excessiva dos solos com intensificação da erosão hídrica, desconsiderando a importância ambiental desses recursos naturais (GUERRA, 2017).

Diante deste contexto, a fim de estabelecer um equilíbrio entre a exploração e a preservação da natureza, foi criado o conceito de Áreas de Preservação Permanente (APPs), com o objetivo de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965; BRASIL, 2012).

As primeiras diretrizes voltadas ao preservacionismo, sustentabilismo e socioambientalismo, surgiram em 1934, com o primeiro Código Florestal Brasileiro (CFB), Decreto nº 23.793 de 1934 (BRASIL, 1934). Entretanto, neste ainda prevalecia-se a ideia de exploração, voltada a silvicultura ordenada e produtiva (CARVALHO, 2007). Posteriormente, o Decreto foi revogado pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, o segundo Código Florestal (BRASIL, 1965), na época, instituiu a criação das Áreas de Preservação Permanentes, que trouxe em seu Artigo 2º a seguinte definição:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

(*Alínea a com redação dada pela Lei nº 7.803, de 18/07/89.)

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803/89)

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais; (Redação dada pela Lei nº 7.803/89)

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação. (Redação dada pela Lei nº 7.803/89)

Parágrafo único. No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo. (Incluído pela Lei nº 7.803/89)

Vale ressaltar, que as alterações propostas pela Lei 7.803, de 18 de julho de 1989, foram motivadas por estudos realizados na região do Vale do Itajaí em Santa Catarina, após o acontecimento de grandes desastres ambientais, causados pelas enchentes de 1983 e 1984. Os levantamentos realizados no município do Rio Grande do Sul mostraram que as pessoas e infraestruturas mais atingidas pelas cheias e deslizamentos de terra foram aquelas que ocupavam as áreas muito próximas aos rios, riachos e encostas com grande declividade (SCHÄFFER et al., 2011).

Na época, foram calculados os prejuízos materiais (econômicos) e imateriais (vidas humanas perdidas), constatando-se que se houvesse uma maior faixa de vegetação nativa nas APPs, os danos causados teriam sido, significativamente, menores. Diante destes argumentos e fatos, o Congresso Nacional foi sensibilizado, resultando na aprovação, por unanimidade, da ampliação das faixas de 5 m (cinco metros) para 30 m (trinta metros), nas APPs de rios com largura inferior a 10 m (dez metros), além de ampliar e incluir outras disposições legislativas ao CFB de 1965. Ou seja, a ampliação das faixas das APPs de cursos d’água na década de 80 do século passado, considerou, além dos aspectos ambientais, a garantia do bem-estar das populações humanas (SCHÄFFER et al., 2011).

A Lei nº 4.771 esteve em vigor por 47 anos, passando por diversas modificações durante este período, devido à entressela entre a bancada ruralista e ambientalistas. Essas mudanças realizadas, muitas vezes intituladas de medidas provisórias, foram peça chave para a

reformulação do CFB, pois tornaram as disposições legislativas confusas e contraditórias (ASSMANN, 2016; GUERRA, 2017; LOPES; TASSIGNY; TEIXEIRA, 2017).

Após 12 anos de discussões entre as duas esferas (rural e ambiental), o projeto de alteração do Código Florestal, foi aprovado em 2012. Embora, tenham sido vetados 12 pontos da lei e proposto a alteração de outros 32 artigos, pela então Presidenta Dilma Rousseff, a Lei nº 12.651 foi aprovada em 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) e ficou conhecida por muitos autores (COUTINHO et al., 2013; SCHNEIDER et al., 2016; ASSMANN, 2016; GUERRA, 2017) como um dos projetos mais favoráveis à bancada ruralista, por instituir o conceito do uso consolidado antrópico e proporcionar a redução da Reserva Legal dentro das propriedades.

Existem mais dois dispositivos legais que complementam o Novo Código Florestal, que são a Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012, e o Decreto 7.830 de 17 de outubro de 2012 (GUERRA, 2017). Embora, tenham sido mantidos os princípios da Lei nº 4.771, no que diz respeito a preservação da vegetação nativa, o novo projeto trouxe uma série de regras para a recuperação florestal em APPs degradadas.

Essa recomposição florestal em APPs, que antes era igual para todas as propriedades, dependendo apenas da largura dos rios (do leito maior), agora dependem de uma série de fatores, como o tamanho da propriedade, os módulos fiscais do município onde o imóvel está locado e a data de quando ocorreu a supressão vegetal nessas áreas (BRASIL, 2012).

Caso a vegetação nativa tenha sido suprimida, antes do dia 22 de julho de 2008, o CFB vigente (BRASIL, 2012), estabelece em seu Artigo 61º- A, uso antrópico consolidado rural e as diretrizes para a recomposição das faixas marginais, de acordo com os módulos fiscais da propriedade, conforme podemos observar na Tabela 1. Caso contrário a recomposição seguirá as diretrizes expostas no Artigo 4º da Lei nº 12.651, o que nos leva a concluir que embora haja mudanças significativas no projeto atual, ainda se manteve os mesmos princípios do CFB anterior.

Tabela 1- Faixas mínimas a serem recompostas em áreas com uso antrópico consolidado de acordo com a Lei nº 12.651/2012 (CF) em APPs hídricas.

Tamanho da propriedade em módulos fiscais	Faixa mínima a ser recomposta ao longo do curso d'água*		
	APP de rios com menos de 10m de largura	APP de rios com mais de 10m de largura	Nascentes
0 a 1	5m	5m	15m
1 a 2	8m	8m	15m
2 a 4	15m	15m	15m
4 a 10	20m	Metade da largura do curso d'água**	15m
Acima de 10	Metade da largura do curso d'água**		15m

* Para cursos d'água, independente do tamanho da propriedade, a largura da faixa marginal é contada a partir da borda da calha do leito regular do curso d'água (BRASIL, 2012).
 ** Conforme determinação do Programa de Regularização Ambiental (PRA) observando o mínimo de 30 metros e o máximo de 100 metros (BRASIL, 2012).

Fonte: Adaptado Brasil (2012).

Embora tenha sido mantida a mesma essência do antigo CFB, Assmann (2016) destaca que essas mudanças no novo projeto, resultaram no retrocesso da legislação ambiental brasileira, assim como, na perda expressiva das áreas de vegetação nativa.

Em estudos realizados por Metzger (2010) a respeito das bases científicas para a delimitação das APPs, o autor ressalta que embora a preservação de uma faixa de 30 m para rios menores de 10 metros de largura, seja suficiente para que as matas ciliares (ripárias), retirem a água do lençol freático e boa parte dos fertilizantes oriundos da produções agrícolas, ainda não é o suficiente para proteção dos recursos naturais.

Dada suas múltiplas funções, incluindo a fixação de solo, proteção de recursos hídricos e conservação de fauna e flora, deve-se pensar na largura mínima suficiente para que esta faixa desempenhe de forma satisfatória todas as suas funções (METZGER, 2010). Sendo assim, a base para a delimitação das APPs do CFB deveria levar em consideração todos os processos ecossistêmicos que dependam direta ou indiretamente da preservação dessas áreas.

A cobertura vegetal nessas áreas é responsável por atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuir para regularização do fluxo hídrico, reduzir o assoreamento dos

cursos d'água e reservatórios, além de, facilitar o fluxo de indivíduos ao longo da paisagem através dos corredores ecológicos formados pela vegetação (METZGER, 2010; BRASIL, 2012).

Ante a tal importância, Assmann (2016) defende que entre os três Códigos Florestais Brasileiros (CFBs) criados, o atual Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, é o que menos cumpre seu papel, pois se apresenta de forma desequilibrada e longe de atender sua função original.

No entanto, deve-se destacar que apesar de existir um retrocesso significativo, devido a anistia concebida a quem já realizou o desmatamento em APPs antes do ano de 2008, o CFB vigente também traz alguns avanços, principalmente, no que diz respeito ao monitoramento ambiental no país.

O Código Florestal, em seu Artigo 29, combinado com o Decreto 7.830 de 17 de outubro de 2012, instituiu a criação do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e do Cadastro Ambiental Rural (CAR). O CAR trata do registro público eletrônico obrigatório, para todas as propriedades rurais, dentro do território nacional. Com o intuito de integrar informações ambientais referente a todas as propriedades e posses rurais do país, constituindo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

Em novembro do ano de 2016 o governo federal lançou a plataforma eletrônica do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), onde são disponibilizados para acesso em módulo de consulta pública os dados georreferenciados do CAR (SANTOS, 2018). A partir desse Sistema pode-se obter informações como área total do imóvel, o uso e ocupação, as áreas de preservação permanente e a reserva legal dentro das propriedades.

Tais informações possibilitam a realização de diversas análises ambientais, entre elas o monitoramento ambiental de áreas protegidas com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento (SANTOS, 2018).

Atualmente, esses dados têm subsidiado diversos estudos a respeito do conflito de uso do solo em APPs (GARCIA, 2014; ASSMANN, 2016; GUERRA, 2017; SANTOS, 2018), o que tem contribuído, expressivamente, para a preservação, recuperação e fiscalização ambiental dentro do território brasileiro, segundo Borém et al., (2015). Entretanto, mesmo após sete anos da aprovação do atual CFB, o cenário de degradação e de conflito de uso do solo em APPs pode ser encontrado em boa parte do país.

Embora o CAR seja exigido em qualquer movimentação econômica, como para a obtenção de crédito rural, ainda existem muitas propriedades que não realizaram o cadastramento. De acordo com Volpato et al. (2016), este fato tem afetado principalmente o agricultor familiar que mais precisa de financiamentos, mas não possui instruções técnicas suficientes para realizar a regulamentação.

Na pesquisa realizada por Laschefski, Dutra e Doula (2012), sobre a legislação ambiental como foco de conflitos em pequenas propriedades no estado de Minas Gerais, foi constatado que o descumprimento da legislação ambiental não está associado apenas à falta de instruções técnicas, mas também a questões culturais do grupo social no qual os indivíduos estão inseridos e as necessidades básicas da família.

No estado de Minas Gerais, a fim de adequar a legislação estadual as novas regras e parâmetros estabelecidos no atual CFB, foi elaborada a Lei nº 20.992 de 16 de dezembro de 2013, que corresponde a política florestal e de proteção da biodiversidade do Estado (BRASIL, 2013).

3.4. Conflito de Uso e Ocupação do Solo

O conflito de uso do solo não ocorre apenas quando a ocupação do solo está em desacordo com as legislações ambientais, mas também, quando a ocupação da terra é realizada sem levar em consideração a sua capacidade de uso. De acordo com Lepsch et al. (1991), os solos devem ser utilizados conforme a sua aptidão agrícola, levando-se sempre em consideração as suas potencialidades e limitações, o que implica na disposição adequada de áreas florestais e produtivas.

Diversas pesquisas, desenvolvidas nas últimas décadas mostram que o uso e ocupação inadequados do solo tem sido uns dos principais responsáveis pela degradação ambiental, intensificação dos processos erosivos, perda da produtividade e fertilidade dos solos, assim como, pelo assoreamento dos rios, salinização e desertificação (DIAS et al., 1999; PEREIRA, 2002; SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005; NARDINI, 2009).

Atualmente, as análises de conflito de uso e ocupação dos solos tem dado enfoque às Áreas de Preservação Permanente, especialmente as nascentes e matas ciliares, devido à pressão antrópica exercida sobre essas áreas, as alterações ocorridas no Código Florestal Brasileiro, ao cenário de degradação e escassez hídrica, que tem afetado o abastecimento público em várias regiões do Brasil (GARCIA, 2014; SANTOS, 2018; RAMOS et al., 2018).

Para Moreira et al. (2015), os estudos associados à representação e caracterização das APPs, através de mapas, são fundamentais para o planejamento territorial, fiscalização e ações de campo de âmbito local, regional ou nacional.

Já as avaliações da capacidade de uso das terras tem se apresentado como uma poderosa ferramenta, não só no planejamento e uso das terras, mas também para a avaliação e definição de escala sustentável da produção agrícola (PEREIRA; TÔSTO, 2012). Sendo assim, para que se tenha a produção agrícola e a manutenção dos bens e serviços de uma paisagem, necessita-se do entendimento de sua estrutura e dos processos que ali ocorreram, além do adequado planejamento espacial do seu uso e cobertura do solo (BRITO et al., 2016).

Diante deste cenário, Borém et al. (2015) destacam a importância da realização desses estudos na Serra da Mantiqueira, localizada no bioma Mata Atlântica, que encontra-se altamente degradado, reduzido a fragmentos florestais pequenos e espaçados, resultando na alteração significativa dos ecossistemas ali presentes. Os autores ainda defendem o planejamento do uso e ocupação da terra, através da aplicação de técnicas de geoprocessamento, com o intuito de mitigar os efeitos dessa fragmentação.

3.5. Capacidade de Uso da Terra

O planejamento adequado do uso e ocupação dos solos é o primeiro passo em direção ao uso sustentável dos recursos naturais e o único modo de assegurar a existência de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, para as presentes e futuras gerações. De acordo com Fernandes, Fernandes-Filho e Silva (1999), para se obter uma exploração racional, cada parcela de terra deverá ser utilizada conforme a sua capacidade de uso.

A capacidade de uso da terra pode ser compreendida como uma classificação técnica interpretativa, respaldada no estudo das potencialidades e limitações dos solos, no qual deve ser considerado em especial a sua suscetibilidade a erosão (PIROLI, 2002), com intuito de informar a melhor forma de uso das terras.

Para facilitar essa classificação foi elaborado o Sistema de Clasificação da Capacidade de Uso da Terra, pelo Serviço de Conservação dos Solos, dos Estados Unidos da América (USA). Posteriormente, a metodologia baseada no agrupamento de solos, conforme as classes de uso, foi adaptada ao cenário brasileiro, no consagrado Manual para Levantamento

Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso, escrito por Lepsch et al. (1991).

A classificação da capacidade de uso, segundo Lepsch et al. (1991), foi estruturado em quatro níveis categóricos divididos em três grupos (A, B e C), oito classes (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII), quatro subclasses (“e”, “s”, “a” e “c”) e trinta unidades de uso. Nessa hierarquia da classificação, tem-se a aptidão agrícola em função do grau e da natureza da limitação de uso, sendo que, quanto maior for o grau de limitação encontrado, mais restrita será a utilização dessas áreas.

O sistema de classificação não se baseia apenas nas características do solo, clima, tipos de erosões, relevo e vegetação, mas também em atributos ligados às condições de infraestrutura e socioeconômicas locais (LEPSCH et al., 1991). Para o uso devidamente apropriado da terra, fatores como a localização e a área da propriedade agrícola devem ser levados em conta, assim como, a disponibilidade dos recursos naturais, os conhecimentos técnicos do agricultor e as demandas mercadológicas.

Costa (2018), destaca que os estudos da capacidade de uso da terra auxiliam no planejamento das limitações e riscos à degradação, contribuindo para a formulação de políticas de zoneamento ambiental e rural. Atualmente, a principal unidade de pesquisa nessa área tem sido as bacias hidrográficas, em diferentes escalas, com a finalidade de verificar a intensidade de uso e compreender os principais fatores associados à degradação desses ecossistemas (PEREIRA, 2002; FLAUZINO, 2012; PEREIRA; TÔSTO, 2012; COSTA, 2018; REGAZZOLI et al., 2018).

A intensidade de uso pode ser maior ou menor, dependendo do tipo de cultura imposta ao solo. Lepsch et al. (1991) ressalta que, em geral, culturas anuais demandam uma maior intensidade de uso quando comparadas com culturas perenes e áreas florestais nativas. Diante deste contexto, a falta de indicadores ambientais para planejar a expansão das áreas agrícolas pode gerar maiores perdas de solo e prejuízos na produção agrícola (COSTA, 2018). A autora, ainda enfatiza a importância das geotecnologias no mapeamento da capacidade de uso do solo, que se apresentam como instrumentos fundamentais para o estabelecimento de práticas conservacionistas nas áreas rurais, com a intenção de mitigar a degradação dos solos.

3.6. Geoprocessamento Aplicado a Estudos de Conflito e Capacidade de Uso da Terra

O termo geoprocessamento refere-se à uma área do conhecimento denominado de geomática e integra todos as geotecnologias ligadas à informação espacial, que consiste na coleta, processamento e análise dos dados espaciais existentes, dentro de um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) voltados para a produção de mapas temáticos (MEC, 2000; MEDEIROS, 2008). De modo geral, trata-se de disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas (PIROLI, 2002).

Para Câmara e Medeiros (1998) o uso das geotecnologias, como Sensoriamento Remoto e SIG, são essenciais para a tomada de decisão sobre problemas ambientais, principalmente em países de dimensões continentais e com carência de informações adequadas nesse processo, tendo em vista que o custo é relativamente baixo dependendo das tecnologias empregadas no estudo. Diante disto, toda atividade de planejamento e administração da agricultura, em escalas nacional, regional ou local, pode se beneficiar do uso de informações geoespaciais (EMBRAPA, 2019).

Atualmente, com o aumento da facilidade de acesso as informações provenientes das geotecnologias, a utilização de novos sensores, com melhores resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais, tem se mostrado muito importante para o melhor entendimento dos processos ecológicos e antrópicos que agem nos sistemas terrestres (MOREIRA et al., 2015).

No estudo de conflito de uso e ocupação do solo em APP, realizado por Guerra (2017), as tecnologias auxiliaram de modo expressivo para o diagnóstico dos processos de degradação da mata nativa no município de Jiquiriçá – BA. Santos (2018), ao realizar o mesmo estudo, no município de Anápolis – GO, utilizou das geotecnologias e dos dados obtidos através do Cadastro Ambiental Rural (CAR), defendendo sua aplicação para o monitoramento ambiental de áreas protegidas e o emprego dessa metodologia como uma excelente ferramenta para identificação das áreas em conflito.

O uso do geoprocessamento também foi importante nas pesquisas desenvolvidas por Nardini (2009), Coutinho et al. (2013), Garcia (2014), Campos (2015), Brito et al. (2016) e Ramos et al. (2018), para determinar o confronto do uso e ocupação da terra em APPs, em diferentes escalas de estudo nas bacias hidrográficas, ressaltando o uso de informações obtidas

por meio das tecnologias, na fiscalização dos recursos florestais, assim como, para o desenvolvimento de políticas ambientais que visem à conservação e preservação dessas áreas.

Já Demarchi (2012), destaca a aplicação do SIG na classificação da capacidade de uso das terras e simulação da degradação do solo, por meio de diversas análises espaciais que podem ser realizadas com rapidez e precisão, através do emprego das geotecnologias. Trabalhos como o de Piroli (2002), Pereira e Tôsto (2012), Flauzino (2012), Grifo e Ferreira (2017), Costa (2018) e Ramos et al. (2018), demonstram a eficiência da utilização de tecnologias na terminação da aptidão agrícola do solo e os ganhos obtidos para o planejamento do uso e ocupação dos solos.

A aplicação da tecnologia de SIG facilita o monitoramento do uso do solo, pois essas técnicas fornecem informações que permitem a avaliação pontual e temporal, reparação e readequação dos usos (SILVEIRA et al., 2015). Sendo assim, a aplicação das geotecnologias são fundamentais para a implementação de práticas conservacionistas dos solos, com o intuito de mitigar a degradação do solo causadas pela erosão hídrica.

A falta de indicadores ambientais para planejar a expansão das áreas agrícolas pode gerar maiores perdas de solo e prejuízos na produção agrícola (COSTA, 2018). Diante deste contexto, a utilização de imagens de satélite, mapas e bancos de dados geocodificados são conjugados para cartografar, gerir e monitorar a agricultura em diferentes escalas (EMBRAPA, 2019). Diversos procedimentos e metodologias permitem a identificação, classificação, quantificação e representação das áreas agrícolas, nos possibilitando compreender sua dinâmica temporal de modo eficaz e preciso.

3.6.1. Classificação Supervisionada

Um dos principais objetivos da classificação de imagens é o de distinguir e identificar as diferentes respostas espectrais de objetos na superfície terrestre através dos pixels que compõem a imagem, sejam eles tipos de vegetação, padrões de uso do solo, água, rochas e etc. Essa distinção e identificação torna-se possível devido ao fato dos materiais superficiais terem comportamentos específicos ao longo do espectro eletromagnético (CRÓSTA, 1992). A partir da variação da energia refletida pelos objetos temos as curvas que representam a resposta espectral (Figura 1).

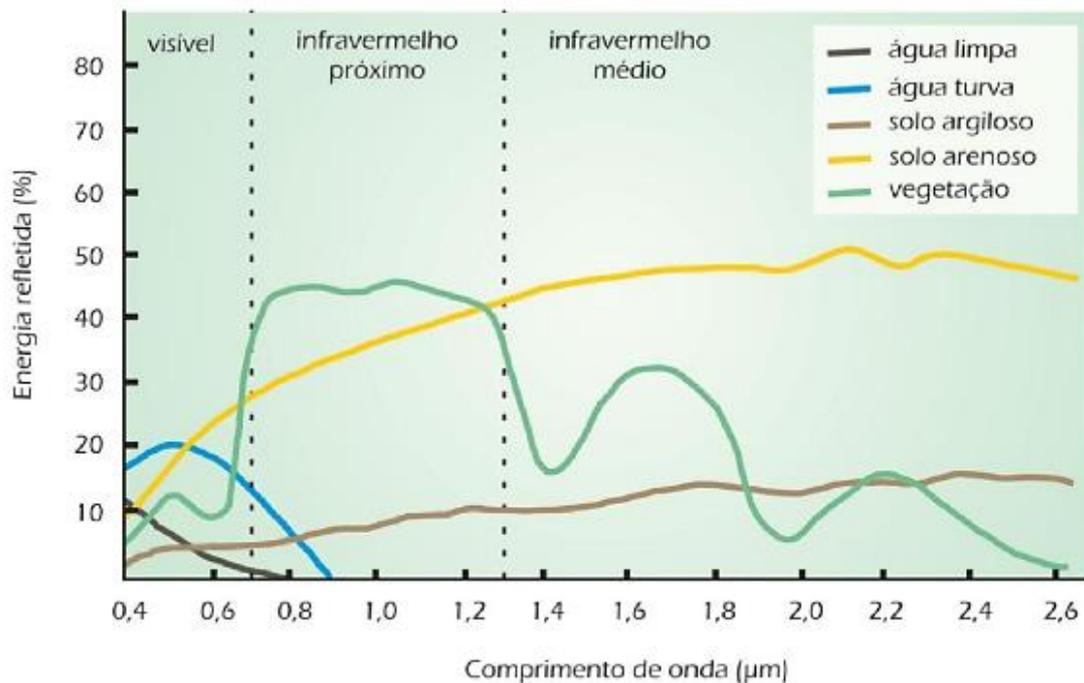


Figura 1 - Resposta espectral água, solo e vegetação.

Fonte: Florenzano (2011).

Na classificação de imagens multiespectrais os valores numéricos associados à cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada (CRÓSTA, 1992). O resultado dessa operação quando efetuada para todos os pixels de uma determinada área é denominado de mapa temático, que mostra a distribuição geoespacial de uma determinada classe, tal como solo, água, nuvem ou vegetação.

A classificação de imagens divide-se em não-supervisionada (automática) e supervisionada (semi-automática), sendo que ambas demandam das amostras de treinamento e classificação. A principal diferença entre elas é o tipo de algoritmo estatístico que será aplicado e a forma como serão determinadas as amostras de treinamento.

Na classificação não supervisionada, de acordo com Crósta (1992), o software decide as amostras de treinamento automaticamente com base na estatística da resposta espectral de cada pixels encontrado na imagem, agrupando-os em classes.

Já na classificação supervisionada as amostras de treinamento são determinadas pelo o usuário, que identifica alguns dos pixels pertencentes às classes desejadas e deixa ao computador a tarefa de localizar todos os demais pixels pertencentes àquelas classes (CRÓSTA, 1992), com base em regras estatísticas pré-estabelecidas pelo operador.

Crósta (1992) recomenda que seja utilizado o maior número de informações disponíveis sobre a área de estudo, como mapas e trabalhos de campo para auxiliar na escolha das amostras de treinamento para a classificação supervisionada.

Nesse tipo de classificação, é necessário o usuário ter um conhecimento prévio sobre a área em que se deseja trabalhar, para que possa delimitar amostras de treinamento confiáveis e puras, que atendam as demandas do estudo e resulte em uma representação mais próxima da realidade (CRÓSTA, 1992; RODRIGUES, 2015). Esta etapa essencial para obter resultados satisfatório na classificação supervisionada é conhecido como verdade terrestre ("ground truth") (CRÓSTA, 1992).

A verdade terrestre trata-se de áreas utilizadas como padrão de comparação, onde todos os pixels desconhecidos da imagem serão comparados para se verificar a qual classe pertencem (CRÓSTA, 1992; RODRIGUES, 2015).

Essa verificação ideal na maioria das vezes não é possível, devido à algumas interferências como sombras e ruídos nas imagens, que podem existir por causa da topografia. Outro fator que pode atrapalhar na hora da classificação são as respostas espectrais dos objetos que podem ser semelhantes nas bandas existentes em um sensor (CRÓSTA, 1992; RODRIGUES, 2015).

As interferências podem prejudicar a classificação das imagens, por essa tratar de um processo estatístico e probabilístico. Para minimizar os erros o operador deve ter atenção ao definir cada uma das classes que deseja para o estudo e o algoritmo de classificação que será utilizado (CRÓSTA, 1992; BRITES, 1996). De acordo com Crósta (1992) os algoritmos de classificação mais comuns na análise de imagens de sensoriamento remoto são: paralelepípedo, distância mínima e máxima verossimilhança.

Para Brites (1996), os erros podem ocorrer em qualquer tipo de classificação devido as interações complexas entre as estruturas espaciais da paisagem, a resolução do sensor, os algoritmos de pré-processamento e os procedimentos da própria classificação.

Sendo assim, a classificação deve ser avaliada com base no desempenho do classificador proposto e validado por critérios numéricos para estimar a precisão e a sua acurácia (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A forma padronizada para reportar erros em locais específicos é a chamada matriz de erros, também conhecida como matriz de confusão (BRITES, 1996), que é utilizada para identificar tanto o erro global da classificação para cada classe quanto para localizar como se deram as confusões entre as classes.

Landis e Koch (1977) e Gong e Howart (1990), propõem o uso do índice *Kappa* para a validação da exatidão das classificações temáticas, por levar em consideração todos os elementos da matriz de confusão. Não apenas aqueles que se situam na diagonal principal da mesma, o que ocorre quando se calcula a exatidão global da classificação (BRITES, 1996).

Segundo os autores o índice *Kappa* trata-se de um coeficiente de concordância de escalas nominais que mede a correlação entre a concordância, a casualidade, e a discordância das classes amostradas. A estimativa do coeficiente de *Kappa* (K) é calculado com base na matriz de erros, e é utilizado para medir a concordância entre o resultado do mapa temático e a referência adotada para a estimativa da exatidão (COHEN, 1960; LANDIS; KOCH, 1977; GONG; HOWART, 1990). Na Equação 1 temos o cálculo do coeficiente de *Kappa* descrito por Cohen (1960):

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ij} - \sum_{i=1}^c x_i x_j}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_i x_j} \quad (1)$$

Onde:

K = Coeficiente *Kappa* de concordância;

n = Número de observações (pontos amostrais);

x_{ij} = Observações na linha i e coluna j ;

x_i = Total marginal da linha i ;

x_j = Total marginal da coluna j ;

Já o método da Exatidão Global é a forma mais simples de validar a classificação, por relacionar apenas os elementos da diagonal principal da matriz de erros (x_{ij}), com o total de pontos amostrados (n), sendo expressa pela Equação 2:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^c x_{ij}}{n} \quad (2)$$

Sendo:

G = Coeficiente de Exatidão Global;

x_{ij} = Observações na linha i e coluna j ;

n = Número de observações;

Para Brites (1996), o coeficiente de exatidão global superestima a classificação e resulta em valores mais altos ao ser comparado com outros índices de validação. O coeficiente de *Kappa*, ao calcular a concordância casual que inclui os elementos da diagonal principal, faz com que a classificação seja subestimada, reduzindo índices da classificação (BRITES, 1996; ZANETTI; BRAGA; DUARTE, 2017; VALE et al., 2018).

3.6.2. Algoritmo de Classificação por Máxima Verossimilhança

Dentre os diversos algoritmos utilizados nos procedimentos de classificação supervisionada, merece destaque, pela sua eficiência, o de máxima verossimilhança (MaxVer) (BRITES, 1996). Por tratar-se de um dos métodos mais comuns, que considera a ponderação das distâncias das médias, avalia a variância e a covariância dos padrões de resposta de cada um dos pixels com base nas classes espectrais amostradas (CRÓSTA, 1992; BRITES, 1996).

O classificador máxima verossimilhança (Figura 2) assume que a distribuição do agrupamento de classes apresentam distribuição aproximadamente normal multivariada (BRITES, 1996; LIRA et al., 2016). Seguindo esta linha, a distribuição dos padrões de resposta espectral pode ser completamente descrita pelo vetor de médias e pela matriz de covariância (BRITES, 1996).

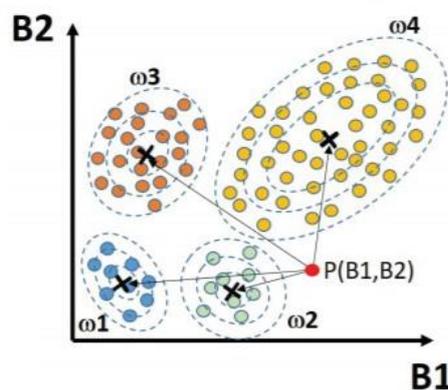


Figura 2 - Representação gráfica da classificação supervisionada pelo algoritmo Máxima Verossimilhança (MaxVer).

Fonte: Lira et al. (2016).

Este método se adequa a elipses, de modo que a localização, a forma e tamanho da elipse, refletem a média, a variância e a covariância de duas variáveis (ZANETTI; BRAGA; DUARTE, 2017). Isso significa que para um pixel na posição x do espaço multiespectral, um conjunto de probabilidades são computadas e que dão as possibilidades relativas do pixel pertencer a cada classe disponível ($p(x|\omega_i)$) (VALE et al., 2018). Richards e Richards (1999), descrevem a classificação de um ponto x de acordo com a seguinte fórmula:

$$x \in \omega_i \text{ se } p(x/\omega_i) p(\omega_i) > p(x/\omega_j) p(\omega_j)$$

Sendo $p(x/\omega_i)$ a probabilidade de “ x ” pertencer à classe ω_i e $p(\omega_i)$ a probabilidade de a classe ocorrer na imagem, que de fato é conhecida nas amostras de treinamento.

A base estatística desse método é razoavelmente complexa e devido à essa complexidade, utiliza-se um tempo bem maior de computação do que os métodos do paralelepípedo e da distância mínima (BRITES, 1996). Este classificador é o mais utilizado, por apresentar resultados consistentemente muito satisfatórios, mesmo quando comparados com outros muito mais complexos (LIRA et al., 2016).

De acordo ainda com os autores, no mercado existe uma gama de ferramentas ligadas ao SIG, indicadas para o processamento, classificação e análise de dados no formato de imagem, tanto softwares pagos como gratuitos, em diferentes versões. A escolha do software depende não só do objetivo do trabalho, mas também dos recursos disponíveis (financeiros, hardware, conhecimento técnico do operador do sistema e etc.) e dos procedimentos adotados para o processamento da imagem.

3.6.3. O Software QGIS

O QGIS trata-se de um software gratuito, anteriormente denominado por Quantum GIS, pertencente à fundação *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), possui código aberto (*open source*) que permite sua alteração constante por voluntários do mundo inteiro, dispostos a atualizar, criar e corrigir as ferramentas da plataforma. É compatível com diversos sistemas operacionais, como *Linux*, *Mac OSX*, *Windows* e *Android* (QGIS, 2018).

Foi desenvolvido com intuito de suportar inúmeros formatos de imagens vetoriais e matriciais (raster), abrigar um grande bancos de dados, além de permitir adicionar plugins internos e externos, e utilizar as ferramentas GRASS de processamento e análise sob a forma de plugin (LIRA et al., 2016; QGIS, 2018).

A ferramenta GRASS é utilizada na análise de dados geoespaciais, processamento de imagens, produção de mapas e gráficos, modelação espacial e visualização, não só para fins comerciais e de investigação, mas também para gestão do território e ordenamento por parte de organizações governamentais (LIRA et al., 2016; VALE et al., 2018; OSGEO, 2019).

3.6.4. O Software ArcGIS (ESRI)

O ArcGIS é composto por um conjunto integrado de softwares pagos criados pelo *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), na década de 90, para realizar análises espaciais, manipulações, processamentos de dados geográficos e mapeamentos.

Esse SIG agrupa uma variedade de aplicações através das quais se podem executar as diferentes tarefas de análise, edição, visualização e gestão de bases de dados geográficas, com destaque para o ArcCatalog, ArcMap, ArcScene e ArcToolbox (LIRA et al., 2016).

Na primeira divisão do software está o ArcCatalog, designado para gerenciar os dados iniciais, que serão trabalhados posteriormente no ArcMap, onde é possível realizar diversas análises espaciais mais complexas e gerar mapas, com base em dados de informações geográficas (RODRIGUES, 2015; LIRA et al., 2016).

O ArcToolBox apresenta diversas ferramentas complementares ao ArcMap, que permitem a realização de operações mais elaboradas com dados geográficos. Já o ArcScene, ArcReader e ArcGlobe são ferramentas aplicadas para a visualização e exploração dos arquivos processados para melhor visualização dos resultados.

Rodrigues (2015), Assmann (2016) e Santos (2018), utilizaram o software ArcGIS para caracterizar e delimitar o uso e ocupação da terra, a rede de drenagem, os impactos ambientais em bacia hidrográfica e conflito de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente. O software apresenta uma interface intuitiva e fácil de trabalhar, agilidade no processamento dos dados, compatibilidade com diferentes tipos de informações, um banco de dados constantemente atualizado com novas ferramentas e informações.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo selecionada para esta pesquisa corresponde aos limites do município de Senador Amaral, que está situado na Serra da Mantiqueira, no Sul do estado de Minas Gerais, nas coordenadas 22° 35' 9" Latitude Sul e 46° 10' 37" Longitude Oeste, em uma extensão de 151,01 km² (Figura 3). Segundo dados do IBGE (2010), sua população é de 5.225 habitantes, sendo que, a maior parte se concentra na zona urbana. A densidade demográfica da cidade é de 34,54 hab./km² e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é de 0,661, considerado médio, quando comparado com o IDH nacional de 0,755 (PNUD, 2015).

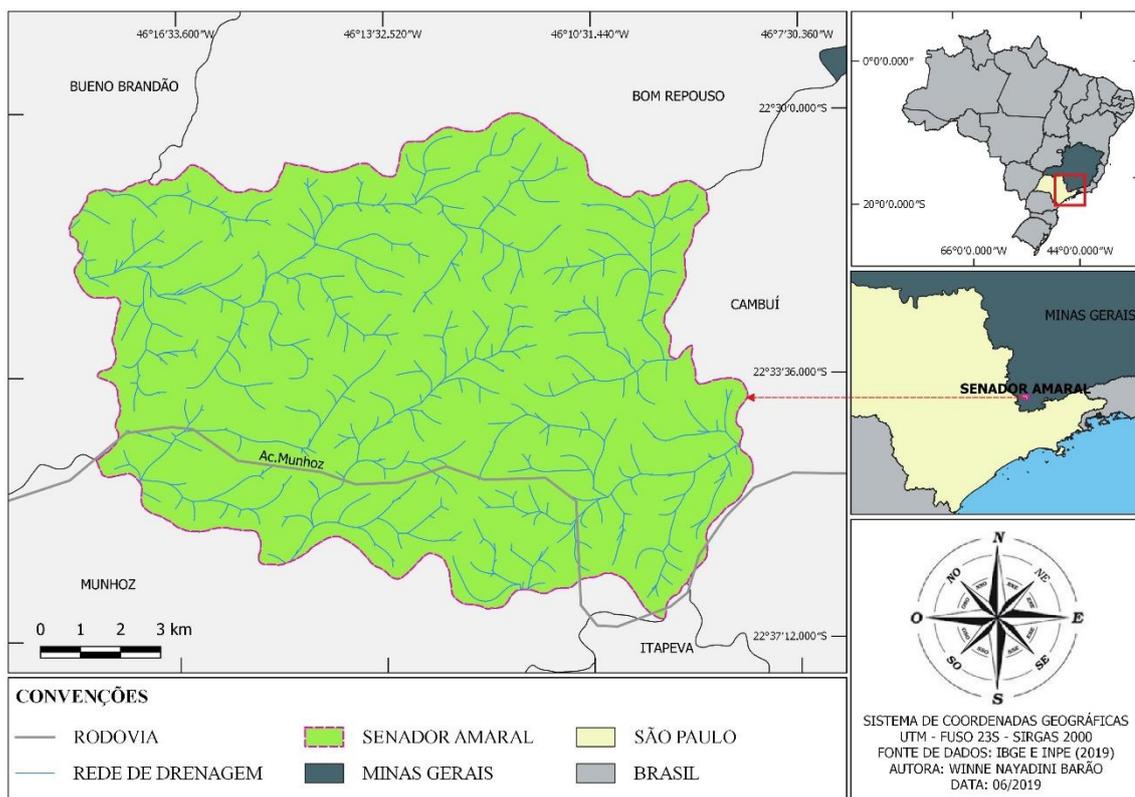


Figura 3 - Localização da área de estudo.

Fonte: Org. do autor (2019).

O município localiza-se a 1.555 metros de altitude, o que o coloca em segundo lugar no *ranking* das cidades mais altas do Brasil, perdendo apenas para a cidade de Campos de Jordão, no Estado de São Paulo. É considerada uma das cidades mais frias do estado de Minas

Gerais, podendo superar as condições térmicas de Gonçalves, Monte Verde (Camanducaia), Maria da Fé, Delfim Moreira, Alto Caparaó, Barbacena e Marmelópolis.

De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, o clima local é Cfb – Clima temperado, caracterizado por verões amenos, com temperatura média de 15,1 °C, e precipitação média anual de 1758 mm, como pode ser observado a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (2018) (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados climatológicos de Senador Amaral.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Temperatura média (°C)	17,9	17,8	17	15,2	12,8	11,6	11,5	13,3	14,8	15,9	16,7	16,8
Temperatura mínima (°C)	13,3	13,1	12,1	9,6	6,5	5,1	4,7	6,3	8,6	10,4	11,08	12
Temperatura máxima (°C)	22,5	22,5	21,9	20,8	19,2	18,1	18,3	20,3	21,1	21,5	21,7	21,7
Chuva (mm)	308	268	205	86	60	52	31	38	75	161	195	279

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018).

Estas condições climáticas possibilitam ao município o cultivo de frutas vermelhas, como amora preta/vermelha, ameixa, framboesa, morango e mirtilo, devido à baixa pressão de pragas e doenças, nessas áreas de altitudes mais elevadas (QUEIROZ, 2018). No entanto, essas características do clima temperado também trazem desvantagens, principalmente no inverno, quando as geadas são relativamente comuns, gerando grandes perdas anuais na produção agrícola (Figura 4).



Figura 4 - Geadas que atingiu o município de Senador Amaral (MG) em julho de 2019. A); B) Campo coberto pela geada próximo a prefeitura municipal e C) Mudas de morango cobertas pelo orvalho.

Fonte: Org. do autor (2019).

Senador Amaral integra o Circuito das Serras Verdes e recebe destaque devido às inúmeras cachoeiras, picos, cavernas e estufas presentes em seu território. No cenário agrícola regional, o município se destaca como referência na produção de frutas, legumes e verduras (IBGE, 2010; FAEMG, 2016; QUEIROZ, 2018).

4.1.1. Potencial Turístico

Senador Amaral não chama atenção apenas pela dimensão de suas terras destinadas a produção agrícola, mas também pelo número de cachoeiras, trilhas, picos e pequenas cavernas. Um dos pontos que merecem destaque no município é a Pedra da Onça (Figura 5), a qual está localizada num dos pontos mais altos da cidade, onde é possível encontrar vestígios arqueológicos de povos mais antigos, que ocuparam essa região, um dos sinais que evidenciam esse momento da história é a presença de pinturas e gravuras rupestres nos paredões de rocha.



Figura 5 - Vestígios arqueológicos na Pedra da Onça em Senador Amaral (MG). A) Pedra da Onça; B) e C) Pinturas Rupestres encontradas na pequena caverna da Pedra da Onça.

Fonte: Org. do autor (2019).

Embora existam essas evidências, não há uma proteção adequada para a preservação desse patrimônio histórico dentro do município. Alguns estudos arqueológicos, como o de Lage, Borges e Júnior (2005), destacam que a degradação natural dessas pinturas é ocasionada pela ausência de vegetação nativa, devido à incidência da radiação solar, principal agente natural causador da sua deterioração. Ações antrópicas também resultam na degradação desses locais, ainda mais quando não há o monitoramento e fiscalização nessas áreas.

No município, apenas uma pousada explora o potencial turístico, oferecendo aos visitantes tours gastronômicos, trilhas ecológicas e roteiros agroturísticos, que inclui visitas às principais fazendas produtoras de morango, framboesa e flores (Figura 6).



Figura 6 - Áreas agrícolas de Senador Amaral (MG). A) Plantação de morango em leiras; B) Produção de framboesa e C) Estufas de flores Astromélia.

Fonte: Org. do autor (2019).

4.1.2. Vegetação

O município de Senador Amaral está inserido no bioma de Mata Atlântica, um dos ecossistemas florestais mais ricos em biodiversidade, que englobam diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.

De acordo com Ministério do Meio Ambiente - MMA (2010), atualmente restam, aproximadamente, 29% da sua cobertura original, devido ao intenso desmatamento que sofre desde a década de 50 até os dias de hoje, causado pelas atividades e ocupações humanas. Com o intuito de preservar este bioma foi criada a Lei nº 11.428 em 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa nesses ecossistemas (BRASIL, 2006).

Na área de estudo a paisagem é formada por campos de altitudes, por pequenos fragmentos de vegetação nativa e por extensas áreas agrícolas, em sua maioria de morangos, batatas, brócolis e flores (IBGE, 2010). Os fragmentos florestais encontrados são classificados como Floresta Ombrófila Mistas ou Florestas de Araucárias (Figura 7).



Figura 7 - Fragmento de mata de Araucária em Senador Amaral (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

A *Araucaria angustifolia* é uma das espécies nativas de grande valor silvicultural, que foi amplamente explorada pelas indústrias madeireiras e pela prática de agricultura de baixa tecnologia e econômico (MELLONI et al., 2008).

Segundo a pesquisa desenvolvida por Silva (2016b), na região de Senador Amaral, foram encontrados fragmentos de matas nativas de araucária, com idade superior a 100 anos e uma área reflorestada com cerca de 60 anos, sendo que em ambas as áreas foram constatadas a ocorrência de intervenções antrópicas.

O remanescente de floresta de araucária, nessa região, abriga alta diversidade de organismos edáficos, principalmente diferentes ordens de invertebrados do solo que vivem nesse ambiente e prestam vários serviços ambientais ao ecossistema florestal (SILVA, 2016b).

Nesse sentido, os estudos realizados por Silva (2016b) e Queiroz (2018), se destacam ao demonstrar a importância da conservação das áreas de mata com araucárias naturais e reflorestadas, na cidade de Senador Amaral, para preservação da biodiversidade de invertebrados associado a esse ecossistema.

A fragmentação do bioma não prejudica apenas a fauna edáfica do solo, mas também toda a fauna local. Efeito borda, perda da biodiversidade e baixo fluxo gênico, são algumas das consequências listadas por diversos pesquisadores (GALINDO LEAL; CÂMERA, 2005) que dedicam anos de pesquisa para desvendar os impactos dessa degradação.

4.1.3. Economia e Zoneamento

Historicamente, o povoamento de Senador Amaral começa com a construção da capela de São Sebastião, que motivou a instalação das primeiras residências no pequeno vilarejo, chamado inicialmente de São Sebastião da Lagoa Grande, em referência a existência de uma grandiosa lagoa nas imediações.

Mais tarde, após a ocorrência da extinção quase total da lagoa, devido a aterros realizados para loteamentos, o povoado passou a chamar São Sebastião dos Campos ou Capelinha. Só mais tarde foi batizado de Senador Amaral, em homenagem ao Senador Eduardo Amaral (SENADOR AMARAL, 2019), que contribuiu para criação da política municipal e emancipação territorial. Apenas em 1992, a cidade adquiriu sua independência administrativa, através da Lei Estadual nº 10.704, de 27 de abril (ALMG, 1992).

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí (COPASA, 2010), desde 1998, o município contribui significativamente para o crescimento do PIB do setor agropecuário regional. Destaca-se, inicialmente, pela produção de batata, mandioquinha-salsa (Amarela de Senador Amaral), brócolis e morango. Esse grande interesse na produção de hortifrutis no sul de Minas Gerais, contribui significativamente para a mudança da paisagem dessas regiões. Tendo em vista, que muitas áreas de vegetação nativa sofreram com as pressões da expansão agrícola, sendo reduzidas a pequenos fragmentos espaçados, como podemos observar na Figura 8.



Figura 8 - Fragmentos de matas nativas desconectados e processos erosivos no município de Senador Amaral (MG). A) Erosão em sulcos associada ao deslocamento de massa em área de pastagem e fragmentação florestal; B) Erosão laminar entre leiras de batata após colheita e C) Erosão em sulcos que deram origem a voçorocas em áreas de cultivo do brócolis e fragmentos de mata.

Fonte: Org. do autor (2019).

Um marco importante para o município foi o desenvolvimento da variedade de mandioquinha-salsa Amarela de Senador Amaral, que possui uma alta produtividade e ciclo curto de produção (7 a 8 meses). As cultivares existentes antes da Amarela de Senador Amaral tinham ciclo muito tardio (10 a 12 meses) e instabilidade de produção, o que dificultava a regularidade de oferta de produto e a garantia de renda do produtor (EMBRAPA, 1998). Atualmente, o município é o maior produtor de mudas dessa variedade, no entanto, não é significativa a sua produção dentro das suas delimitações.

Em contra partida, a produção de batata (*Solanum tuberosum L.*) é representativa na cidade há quatro décadas, sendo que as principais variedades produzidas são Caesar, Asterix e Ágata, com três safras durante o ano, no período das águas, na seca e no inverno. De acordo com Ribeiro (2012), no ano de 2012 Senador Amaral teve a maior produção da região do Sul de Minas, com aproximadamente 330 mil toneladas de batatas colhidas em 11 mil hectares plantados.

No entanto, nos anos seguintes a essa safra, as áreas destinadas à produção dessa cultura entraram em declínio devido à pressão causada por pragas e doenças. A principal doença que atingiu essas áreas é popularmente chamada de murchadeira (murcha bacteriana), causada por *Ralstonia solanacearum*, uma bactéria complexa com alta capacidade de sobrevivência no solo, sendo assim responsável pela contaminação de áreas que ficam inadequadas para cultivos por vários anos (LOPES, 2015).

Para minimizar os impactos causados por essas bactérias é necessário fazer a rotação de cultura, mas os agricultores enfrentam dificuldades para encontrar áreas passíveis a implantação desse sistema, sendo este outro fator que colaborou para a diminuição da produção de batata no município e para o aumento do uso de defensivos agrícolas (Figura 9).



Figura 9 - Uso e manipulação de defensivos agrícolas no município de Senador Amaral (MG). A) Tanque de armazenamento de agrotóxicos para pulverização do morangal; B) Aplicação de defensivos agrícolas na produção de brócolis e C) Preparo da bomba pulverizadora para a aplicação na plantação de morango.

Fonte: Org. do autor (2019).

Estes fatores associados a baixa valorização do produto no mercado, fizeram com que os pequenos produtores mudassem o tipo de cultura cultivada. Algumas áreas antes ocupadas pela batata deram lugar a produção de brócolis, morango, amora, oliveira, ervilha torta, milho e flores.

No ano de 2015, a cidade de Senador Amaral foi considerada uma das maiores produtoras de morango do estado de Minas Gerais pela FAEMG (2016). Hoje em dia, pode-se encontrar mais de sete variedades de morangos, entre elas nacionais e importadas. Quatro pontos importantes que colaboraram para esse destaque dentro da microrregião, foram: a chegada da multinacional chilena *Berry Good* em 2011, criação do Polo de Incentivo à Cultura do Morango na região Sul de Minas (Lei nº 20.619, de 14 de janeiro de 2013), o aumento da demanda do mercado e à valorização do fruto.

A empresa *Berry Good*, que possui filiais espalhadas pelo Brasil, Ásia, Estados Unidos, México e Europa, não tem contribuído apenas para o crescimento da produção de

morango, mas também de blueberry (mirtilo), framboesa, amora e physalis. Mudanças dessas espécies são fornecidas para os agricultores locais, que produzem os frutos para o empreendimento. Parte dessa produção vai para exportação e o excedente é vendido para o comércio regional, em especial para a região metropolitana de São Paulo.

O aumento dessas áreas produtivas no município tem ocasionado o crescimento da população flutuante, principalmente nas épocas de colheitas do morango quando trabalhadores de diversas regiões do Brasil, especialmente do norte e nordeste, vão para a cidade de Senador Amaral em busca de oportunidade de emprego. Boa parte dos ônibus que chegam com os colaboradores nestes períodos vem do estado do Maranhão, Tocantins e Ceará.

A maior parte da produção de morango é realizado direto no solo e em túneis baixos, com o objetivo de proteger a cultura de fenômenos climáticos adversos, como ventos, geadas e chuvas. Entretanto, é possível também encontrar produções em estufas e a céu aberto.

Diante desta pressão exercida pela expansão das áreas agrícolas no município de Senador Amaral, para a produção de culturas anuais de ciclo curto, torna-se visível os processos erosivos, como mostra a Figura 8, onde grandes extensões de terra ficam sem cobertura vegetal e susceptíveis à degradação do solo, ocasionada pela erosão hídrica.

A cada ciclo de cultivo do morango e da batata procura-se a utilização de uma nova área de plantio, permanecendo a que foi cultivada em pousio, como uma estratégia para desfavorecer a incidência de pragas e patógenos na cultura (CARVALHO, 2006). No entanto, com o manejo inadequado do solo, algumas dessas áreas tornam-se improdutivas para o cultivo, devido aos processos mais avançados de erosão e o alto custo necessário para a produção e por este motivo, estas áreas são abandonadas pelo produtores.

Outro fator que agrava o cenário de degradação encontrado no município é a relação que o agricultor tem com a terra. Boa parte das áreas destinadas a produção agrícola são arrendadas por períodos curtos, normalmente por safra/ano.

Dentro das delimitações do município tem-se uma área destinada à exploração de bauxita, desde 2005, com a produção bruta de 43 mil toneladas/ano segundo o relatório da Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral (SGM) (QUARESMA, 2010). A empresa responsável por essa atividade é a Mineração Curimbaba Ltda, um empreendimento nacional que foi fundado em 1940, no município de Poços de Caldas – (MG). No último relatório disponível com a contribuição por município, mostra que a produção bruta de bauxita passou para 137 mil toneladas/ano, em 2010, no município de Senador Amaral (DNPM, 2010).

4.2. Bacia Hidrográfica

Senador Amaral encontra-se na divisa entre duas bacias hidrográficas. Cerca de 33,46% da zona Leste do município situa-se dentro da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí (Médio Sapucaí – GD5), que integra a bacia do rio Grande, na região sudeste do país. A nascente do Rio Sapucaí localiza-se na Serra da Mantiqueira, na cidade de Campos do Jordão – SP, percorre mais de 343 km dentro do estado de São Paulo e Minas Gerais, até desaguar no Lago de Furnas – MG.

Já a zona Oeste, que corresponde a 66,54% do município, pertence à bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu e Pardo (GD6), que também integra a bacia do Rio Grande. Sua nascente encontra-se na cidade de Bom Repouso - MG, a 1 650 metros de altitude no sul de Minas Gerais, percorre a região central e nordeste do estado de São Paulo, até desaguar no rio Pardo.

4.2.1. Delimitação da Rede de Drenagem e Microbacias Hidrográficas

Para a delimitação da rede de drenagem e microbacias hidrográficas foi empregado o mesmo procedimento metodológico aplicado no estudo de Melati e Marcuzzo (2015), Nicolete et al. (2015) e Guerra (2017), que consiste na utilização do Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011). O processamento das cenas, localizadas na folha 22S465, foram realizadas no programa QGIS 3.6 (QGIS, 2018).

A primeira fase baseou-se na reprojeção e no recorte da área do município. Os passos seguintes foram divididos em quatro etapas (Figura 10), realizados a partir da aplicação da extensão TauDEM – *Terrain Analysis Using Digital Elevation Model*. O TauDEM trata-se de um conjunto de ferramentas que permitem a delimitação de bacias hidrográficas de maneira automática, rápida e objetiva (NICOLETE et al., 2015).

As etapas para obter o divisor topográfico da bacia consistiu na correção do MDE (ferramenta *Fill Pit*), determinação da direção do fluxo (*Flow Direction*), obtenção do fluxo acumulado (*D8 Contributing Area*) e obtenção das delimitações da bacia hidrográfica no formato *raster* (*Stream Reach and Watershed*). Para se realizar os cálculos de áreas das bacias hidrográficas, todos os arquivos *rasters* foram convertidos em vetores, no formato *shapefile*.



Figura 10 - Principais etapas realizadas para geração da rede de drenagem e microbacias hidrográficas.

Fonte: Adaptado Guerra (2017).

4.3. Altimetria e Declividade

O Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado no banco de dados geomorfológico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011) que traz informações básicas sobre a elevação das superfícies terrestres em todo o globo, também serviu como base para a confecção dos mapas temáticos de declividade e hipsométrico.

Os dados obtidos para a área de estudo estão localizados na folha 22S465, na escala de 1:250.000 e com a resolução espacial de 30 m. Posteriormente, foi adicionada as delimitações do município (IBGE, 2016) e redefinidas as projeções para o Sistema de Coordenadas para datum SIRGAS 2000 - Fuso UTM 23S, de todas as camadas do projeto, em seguida foi realizado o recorte da área de interesse para o estudo.

Na elaboração do mapa altimétrico foi utilizado a ferramenta do *GRASS (r.recode)* do *software* QGIS 3.6, pra transformar a representação contínua em uma variável discreta, nos possibilitando agrupar classes de altitude, e para uma melhor visualização das elevações foram definidas onze classes.

Os mesmos procedimentos metodológicos foram utilizados na obtenção do mapa de declividade de Senador Amaral, onde foi aplicada a ferramenta *Slope*, do QGIS 3.6, com o intuito de adquirir as declividades expressas em porcentagem, para gerar a reclassificação de acordo com a classificação recomendada pela EMBRAPA (1979).

4.4. Formas do Relevo

O plano de curvatura e o perfil de curvatura representam as formas do relevo (Figura 11), sendo importantes atributos na distinção de unidades geomorfológicas (SIRTOLI et al., 2008). A primeira refere-se às classes de curvaturas horizontais, podendo ser identificada como convergente, divergente ou planar, enquanto a segunda relaciona-se às classes de curvaturas verticais, podendo ser convexa, côncava ou retilínea (VALERIANO, 2008).

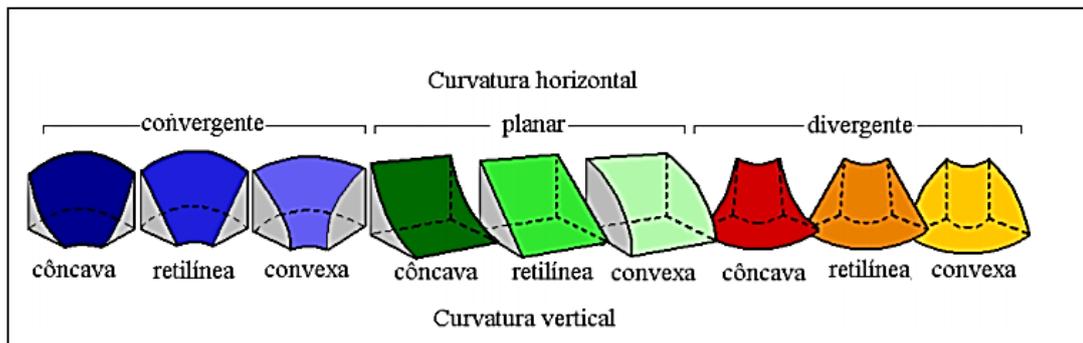


Figura 11 - Representação das formas de relevo na paisagem.

Fonte: Valeriano (2008).

As formas de relevo, assim como a altimetria e a declividade, são produtos da segunda derivação do Modelo Digital de Elevação (MDE). Para gerar os mapas de curvatura vertical e horizontal foram utilizadas as imagens disponíveis gratuitamente na plataforma TOPODATA do INPE, com resolução espacial de 30m, recortadas para área do município de Senador Amaral (MG) realizados no *software* QGIS 3.6.

A transformação da curvatura vertical calculada em classes (convexo, côncavo e retilíneo) é feita através da reclassificação (*r.rclass*) dos valores obtidos a partir da segunda derivação da imagem (MDE). Teoricamente, valores positivos devem corresponder a terrenos convexos e negativos a terrenos côncavos (VALERIANO, 2008). A mesma metodologia é aplicada na imagem obtida para a curvatura horizontal, onde os valores

negativos referem-se aos terrenos convergentes e as positivas, aos terrenos divergentes.

A curvatura vertical expressa o formato da vertente quando observada em perfil. É definida com a segunda derivada da altitude, o que pode ser descrito como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância (VALERIANO, 2008).

O autor ainda define a curvatura horizontal como o formato da vertente quando observada em projeção horizontal, que também é definida como uma derivada de segunda ordem só que das curvas de nível. Sendo assim pode ser descrita como a variação da orientação de vertentes ao longo de uma determinada distância (VALERIANO, 2008).

4.5. Classes de Solos

Para delimitação das unidades pedológicas foi utilizado como base o levantamento de solos disponibilizado pelo Instituto de Geografia e Estatística - IBGE (2018), na escala de 1:250.000, e o *software* QGIS 3.6 para a elaboração do mapa temático.

No Brasil, os primeiros levantamentos pedológicos publicados pelo IBGE, foram realizados pelo Projeto RadamBrasil, na década de 70, numa escala de 1:1.000.000 (CREPANI et al., 2001). Nas últimas décadas, os mapeamentos de solos disponibilizados por esta plataforma, estão numa escala de 1:250.000 para todas as regiões do Brasil, devido à estudos desenvolvidos pelo Centro Nacional de Pesquisas de Solos da Embrapa.

4.6. Unidades Litológicas

No mapeamento das unidades geomorfológicas foi utilizado os dados disponibilizados pelo portal da geologia de Minas Gerais (CODEMIG, 2014), na escala de 1:100.000, levantados pelo projeto Fronteiras de Minas, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e o Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC). Para a composição do mapa das unidades litológicas foi utilizado também o *software* QGIS 3.6.

4.7. Levantamento e Caracterização das Áreas Degradadas do Município

Foi adotada a metodologia proposta por Flauzino (2012), que envolve campanhas em campo para o levantamento das áreas degradadas dentro das microbacias do município de Senador Amaral e a caracterização da área através do preenchimento de planilhas de avaliações, compostas por 13 itens (Anexo I). Esta etapa foi realizada do dia 16 ao dia 21 de outubro de 2019 e foram considerados apenas os aspectos visuais, como localização, estágio de degradação, fenomenologia, uso e ocupação, posição na encosta e características do entorno.

O intuito desta fase do projeto foi caracterizar os processos erosivos que ocorrem no município e classificá-los de acordo com as suas dimensões. Na caracterização foram realizadas mensurações com trena e réguas graduadas (Figura 12), algumas áreas foram também mensuradas através da plataforma do *Google Earth Pro*.



Figura 12- Etapa de caracterização e mensuração das áreas degradadas, realizada com auxílio da trena.

Fonte: Org. do autor (2019).

4.8. Análise Temporal do Uso e Ocupação do solo

Foram utilizadas para esta etapa do projeto as imagens de satélite do *Landsat 5* (sensor TM C1 - Level 1), e *Landsat 8* (sensor OLI-TIRS), com resolução espacial de 30 metros e radiométrica de 16 bits, disponibilizadas gratuitamente pela *United States Geological Survey* (USGS), sendo as imagens do mês de agosto, dos anos de 2008 e 2018, respectivamente. O principal fator que influenciou na escolha deste período de estudo foi a qualidade das imagens disponíveis (ausência de nuvens e interferências) e os dados históricos da dinâmica de uso e ocupação do solo no município, como a chegada da multinacional chilena e a criação do polo de incentivo ao morango. A fim de facilitar a compreensão da metodologia empregada para a

análise temporal do uso e ocupação do solo, foi elaborado um fluxograma com as principais etapas apresentado na Figura 13.

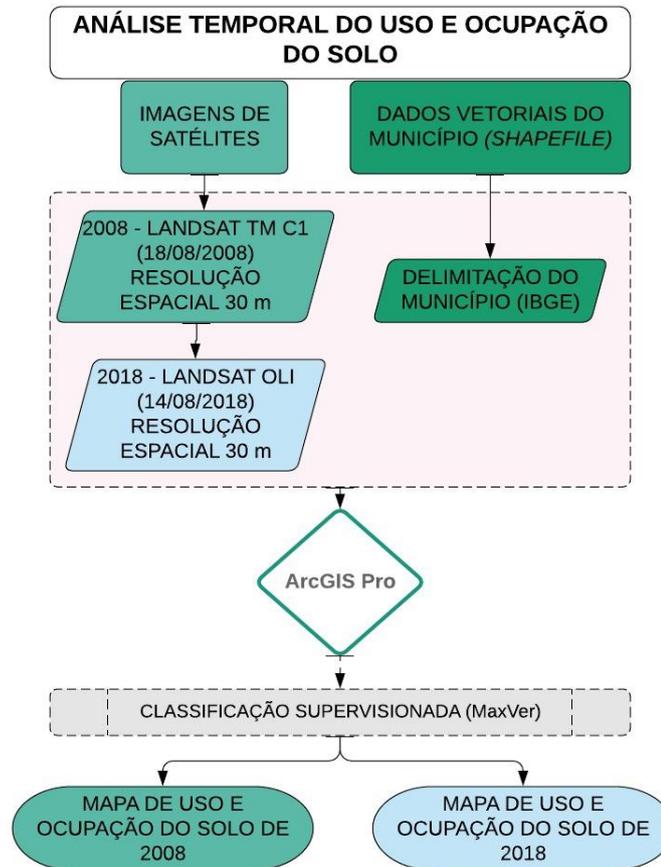


Figura 13- Fluxograma da metodologia empregada para a análise temporal do uso e ocupação do solo.

Fonte: Org. do autor (2019).

O primeiro passo desta etapa foi realizar o pré-processamento das imagens, correções atmosféricas, a reprojeção para o Sistema de Coordenadas Geográficas locais e elaboração do mosaico com a composição colorida RGB. Para as imagens do *Landsat 5*, o mosaico (Apêndice I) foi composto pelas bandas 5 (infravermelho médio), 4 (infravermelho próximo) e 3 (vermelho). Para as imagens do *Landsat 8* (Apêndice II) foram utilizadas as bandas 6 (infravermelho médio), 5 (infravermelho próximo) e 4 (vermelho). Esta composição é a mais recomendada para estudos ambientais e de uso e ocupação do solo (SOARES et al., 2015; VALE et al., 2018).

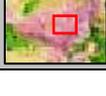
A metodologia adotada para o processamento das imagens baseou-se na classificação supervisionada, utilizando-se do algoritmo estatístico da máxima verossimilhança (MaxVer). Para este procedimento foram empregadas as ferramentas disponíveis no Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS Pro (ESRI, 2019).

De acordo com Crósta (1992), na classificação supervisionada é necessário que o usuário conheça a verdade terrestre (*ground truth*), tendo em vista que as amostras de treinamento para a classificação são determinadas manualmente por ele. Sendo assim, torna-se necessário um conhecimento prévio de alguns aspectos da área em que se deseja trabalhar, o que permite a seleção de amostras de treinamento confiáveis para que se tenha posteriormente uma representação mais próxima da realidade (RODRIGUES, 2015). Para construção da verdade terrestre do município de Senador Amaral, foi elaborada a chave de interpretação com o intuito de auxiliar na identificação das formas, texturas e cores das classes de uso e ocupação do solo dos anos de 2008 e 2018, com base nas descrições de cada feição, conforme apresentados na Tabela 3.

Na pesquisa desenvolvida por Ruiz, Caten e Dalmolin (2014) a respeito da densidade mínima de amostras no mapeamento da cobertura da terra, são comparadas as acurácias obtidas com diferentes números de amostras, sendo que os melhores índices foram encontrados nos estudos onde o número mínimo de amostras estava no intervalo de 0,15% a 0,30% da área total para cada classe. Outros autores como Crósta (1992), Rodrigues (2015) e Vale et al. (2018) defendem que não há nenhuma restrição quanto ao número de amostras. Para estes autores, a maior influência na acurácia está relacionada a seleção de classes, que devem ser bem distintas para que não haja confusão entre elas.

Para a determinação das classes foram realizadas visitas em campo do dia 26 ao dia 30 de março de 2019, com o intuito de entender a dinâmica do uso e ocupação do solo, assim como, de marcar coordenadas de referências que serviram de base para a escolha das amostras de treinamento na imagem de 2018, enquanto as coordenadas das amostras do ano de 2008, foram delimitadas pela plataforma *Google Earth Pro* através do recurso imagens históricas.

Tabela 3 - Chave de Interpretação classificação supervisionada.

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO						Composição Falsa Cor (RGB) Landsat 5 - (5,4,3) Landsat 8 - (6,5,4)	Composição Natural (Verdade Terrestre) Google Earth Pro
Classe Temática	Descrição	Tonalidade (RGB) Landsat 5 - (5,4,3) Landsat 8 - (6,5,4)	Textura	Padrão	Localização		
Agricultura	Predominantemente constituído por culturas anuais, como morango, batata e brócolis.	Verde Limão	Lisa	Retangular	Zona Rural		
Formação Florestal	Vegetação arbórea nativa e reflorestada.	Verde	Rugosa	Linear e/ou Irregular	Zona Rural e Urbana		
Lagos, Represas e Rios	Corpo d'água com ou sem presença de sedimentos.	Azul petróleo	Lisa	Irregular	Zona Rural e Urbana		
Solo Exposto	Solo sem cobertura vegetal, arado recém preparado para plantio; em pousio ou abandonado após colheita.	Marrom claro rosado	Lisa	Retangular	Zona Rural		
Pastagem	Predominantemente constituído de vegetação rasteira (gramíneas).	Amarelo esverdeado	Lisa	Irregular	Zona Rural		
Estufa	Cobertura plástica disposta em túneis baixos ou estruturas metálicas altas do tipo arco treliçado.	Azul celeste	Lisa	Linear	Zona Rural		
Mineradora	Solo exposto em curvas de nível.	Marrom avermelhado	Rugosa	Irregular	Zona Rural		
Área Urbanizada	Área com presença predominante de construções.	Rosa	Rugosa	Assimétrico e descontínua	Zona Urbana		

Fonte: Org. do autor (2019)

Para cada classe de uso e ocupação foram delimitadas 15 amostras, sendo que, tanto para as imagens do dia 18 de agosto de 2008 quanto para as imagens do dia 14 de agosto de 2018, foram definidas oito classes (Agricultura; Formação Florestal; Lagos, Represas e Rios; Solo Exposto; Pastagem; Estufa; Área Urbanizada e Mineradora), bem distintas entre si, totalizando 120 amostras de treinamento em cada uma das classificações.

A validação dos resultados obtidos em cada uma das classificações foram realizadas a partir do cálculo da acurácia descrito por Landis e Koch (1977). Com o uso do *software* QGIS 3.6, foram selecionadas, de modo aleatório, 50 amostras, em cada uma das imagens (composição colorida RGB) dos anos de 2008 e 2018, contendo todas as classes definidas anteriormente, por meio da ferramenta *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Posteriormente, para a verificação da qualidade estatística dos dados, foi utilizada a ferramenta *Accuracy*, selecionando-se o recorte da área de estudo na composição RGB e as amostras de validação. A partir desse processamento obteve-se a matriz de confusão para as classificações realizadas.

De acordo com Cohen (1960) e Brites (1996), a partir da matriz de confusão é possível mensurar o quanto as observações realizadas se afastam da verdade terrestre, indicando assim, o quão confiáveis são as representações realizadas na classificação. Landis e Koch (1977), associam o Índice *Kappa* à qualidade da classificação em sete níveis (Tabela 4). Os resultados adquiridos nesta etapa serviram de base para a verificação do conflito de uso do solo em áreas de preservação permanente e da aptidão agrícola.

Tabela 4- Índice de *Kappa* associado a qualidade da classificação.

Índice <i>Kappa</i>	Qualidade
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

4.9. Conflito de Uso e Ocupação do solo

4.9.1. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

Para a delimitação das APPs hídricas foram utilizadas as informações disponibilizadas pelo governo federal através da plataforma eletrônica do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2019). A plataforma serviu como fonte para obter os polígonos, no formato *shapefile*, de 504 propriedades, ilustradas a seguir (Figura 14), que posteriormente foram exportadas para o *Google Earth Pro* e QGIS 3.6.



Figura 14 - Delimitações das propriedades rurais do município de Senador Amaral (MG).

Fonte: SICAR (2019).

Na plataforma do *Google Earth Pro* foi verificado em quais áreas haviam o uso antrópico consolidado antes do dia 22 de junho de 2008, conforme é determinado pela Lei 12.651/2012 (Brasil, 2012) e seus dispositivos complementares a Lei nº 12.727/2012 e o Decreto 7.830/2012. Foram também determinadas na plataforma, as larguras dos rios.

O software QGIS foi utilizado para realizar os recortes das APPs, de acordo com o número de módulos fiscais de cada propriedade, seguindo a lógica exposta na Tabela 5. Foram gerados os *buffer* para cada caso particular, a partir dos dados da rede de drenagem. Com a metodologia aplicada neste estudo foram encontradas 368 nascentes. Em casos de nascentes

próximas, onde ocorreram sobreposições de área entre as APPs, foi aplicada a ferramenta *Merge* de modo a unir as áreas e excluir as sobreposições que poderiam influenciar os resultados (SANTOS, 2018). A maior parte das propriedades localizadas em Senador Amaral tem menos de um módulo fiscal, correspondendo a 79,36% das áreas cadastradas no CAR.

Tabela 5- Regras para determinação das APPs hídricas de acordo com o Código Florestal.

Tamanho da propriedade em módulos	Nº de propriedades	Uso Antrópico Consolidado (Lei 12.651/12 - Art. 61º - A)	Faixa mínima a ser recomposta em APPs	
			Rios <10m largura	Nascentes
Até 1	400	S	5m	15m
		N	30 m	50m
De 1 a 2	68	S	8m	15m
		N	30m	50m
De 2 a 4	33	S	15m	15m
		N	30m	50m
De 4 a 10	03	S	20m	15m
		N	30m	50m
Maior que 10	0	S	½ da largura do curso d'água	15m
		N	30m	50m

Fonte: Org. do autor (2019).

Na identificação das APPs de encosta e topo de morro, utilizou-se os dados altimétrico e de declividade, foram filtradas as feições com declividade maior que 45° e feição com diferença entre altura mínima de 100 metros, entre o cume e a sela ou base da planície, com mais de 25° de inclinação. Segundo Lopes, Tassigny e Teixeira (2017), com esta definição estabelecida pelo Código Florestal tornou-se mais difícil encontrar elevações que sejam consideradas topos de morros, o que resultou numa diminuição considerável na proteção dessas áreas de recarga dos lençóis freáticos.

Para identificar as áreas de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanentes, utilizou-se da mesma metodologia aplicada por Moreira et al. (2015), Campos (2015), Assmann (2016), Brito et al. (2016) e Santos (2018), realizando-se a sobreposição do

mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2018 com os recortes das APPs. Os desdobramentos metodológicos utilizados para construção do mapa de conflito de uso do solo em APPs foram divididos em três etapas, conforme representado na Figura 15.

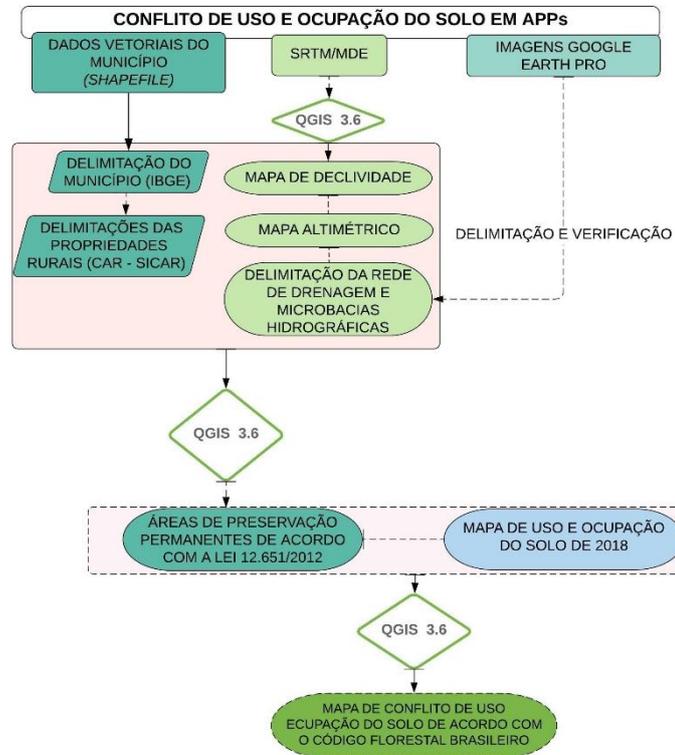


Figura 15 - Fluxograma da metodologia adotada para a análise do conflito de uso e ocupação do solo em APPs.

Fonte: Org. do autor (2019).

4.9.2. Capacidade de Uso da Terra

A capacidade de uso da terra baseou-se na metodologia proposta por Lepsch (1991), que segue uma hierarquia de classificação, onde se tem quatro níveis categóricos divididos em três grupos (A, B, C), os quais dizem respeito aos tipos de intensidade de uso das terras; oito classes (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII), referentes ao grau de limitação de uso; quatro subclasses, sobre a natureza das limitações de uso; e diversas unidades de uso, ligadas às condições específicas e complexas que afetam o uso ou manejo da terra.

Na classificação da capacidade de uso do município de Senador Amaral não foram consideradas todas as categorias propostas por Lepsch (1991), limitando-se assim como Flauzino (2012) e Regazzoli et al. (2018), ao uso dos grupos, classes e subclasses, identificados na Tabela 6.

O primeiro passo para a determinação da capacidade de uso é delimitar as glebas, considerando as classes de declividades e solos. Para facilitar a classificação foi estabelecido 10 hectares como a área mínima mapeável (AMM), que foi realizada no *software* QGIS 3.6.

Posteriormente, o mapa de capacidade de uso foi elaborado fazendo a sobreposição entre as informações obtidas pelo cruzamento das informações relevos/classes de solos e preenchimento das planilhas de observações visuais realizadas em campo, em cada uma das glebas, através da metodologia sistematizada proposta por Bertolini e Bellinazzi Junior (1994), presente no anexo II.

O mapa de conflito da capacidade de uso foi construído por meio da sobreposição do produto cartográfico obtido anteriormente e as classes de uso e ocupação do solo no ano de 2018, conforme exposto na Figura 16.

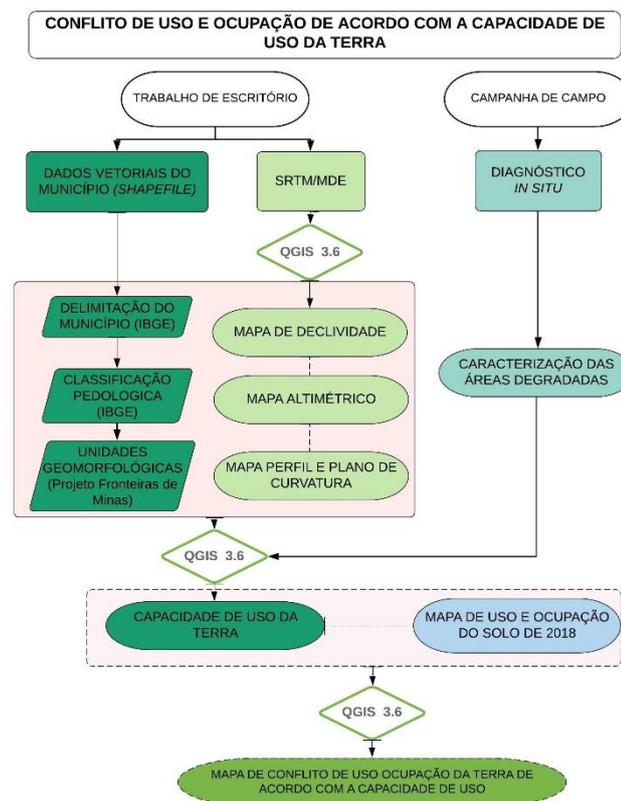


Figura 16- Fluxograma da metodologia adotada para a análise do conflito de uso e ocupação de acordo com a capacidade de uso da terra.

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 6 - Definições dos grupos, classes e subclasses para a classificação da capacidade de uso.

Grupos	Classes	Subclasses
A: passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre.	I: Sem problemas especiais de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos profundos, boa retenção de água, média a alta fertilidade, declividade inferior a 3%; não suscetíveis à erosão.	<p>“e”: Erosão quanto aos riscos;</p> <p>“s”: Solos quanto às limitações;</p> <p>“a”: Água quanto aos excessos;</p> <p>“c”: Clima com relação às limitações.</p>
	II: Problemas simples de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos profundo, boa retenção de água, média fertilidade declive de 3 a 6%, baixa suscetibilidade à erosão.	
	III: Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos profundos, alta a baixa retenção de água, alta a baixa fertilidade, declividade de 6 a 12%, baixa suscetibilidade à erosão.	
	IV: Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos profundos a rasos, alta a baixa retenção de água, alta a baixa fertilidade, declive de 12 a 20%, baixa a moderada suscetibilidade à erosão.	
B: impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre.	V: Sem problemas de conservação, mas necessária à adoção de técnicas especiais ao cultivo. Caracterizam-se por apresentar solos rasos, mal drenados, declividade inferior a 3%, não suscetíveis a erosão.	
	VI: Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos rasos a mediamente profundos, baixa fertilidade, declividade de 12 a 20%, moderada a alta suscetibilidade à erosão.	
	VII: Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos rasos a mediamente profundos, baixa fertilidade, declividade superior 20%, alta suscetibilidade à erosão.	
C: não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água.	VIII: Problemas complexos de conservação, constituídas por terrenos áridos, muito acidentados e escarpados, pedregosos, ou encharcados.	

Fonte: Adaptado Lepsch (1991).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Microbacias Hidrográficas

Dentro dos limites da área de estudo, os principais rios encontrados são o Ribeirão do Cachoeirinha e Ribeirão Fundo (Figura 17). O Rio Ribeirão do Cachoeirinha nasce em Senador Amaral, percorre o município de Bueno Brandão – MG, até chegar à divisa da cidade de Socorro no estado de São Paulo, onde passa a ser chamado de Rio do Peixe, que irá percorrer 147,2 km, até sua foz em Itapira – SP, no Rio Mogi Guaçu. O Ribeirão Fundo que também nasce no município de Senador Amaral, segue em direção a Cambuí, onde encontra-se com o Rio Itaim e com esse rio forma o Sapucaí-Mirim, que posteriormente desaguará no Rio Sapucaí no município de Pouso Alegre em Minas Gerais.

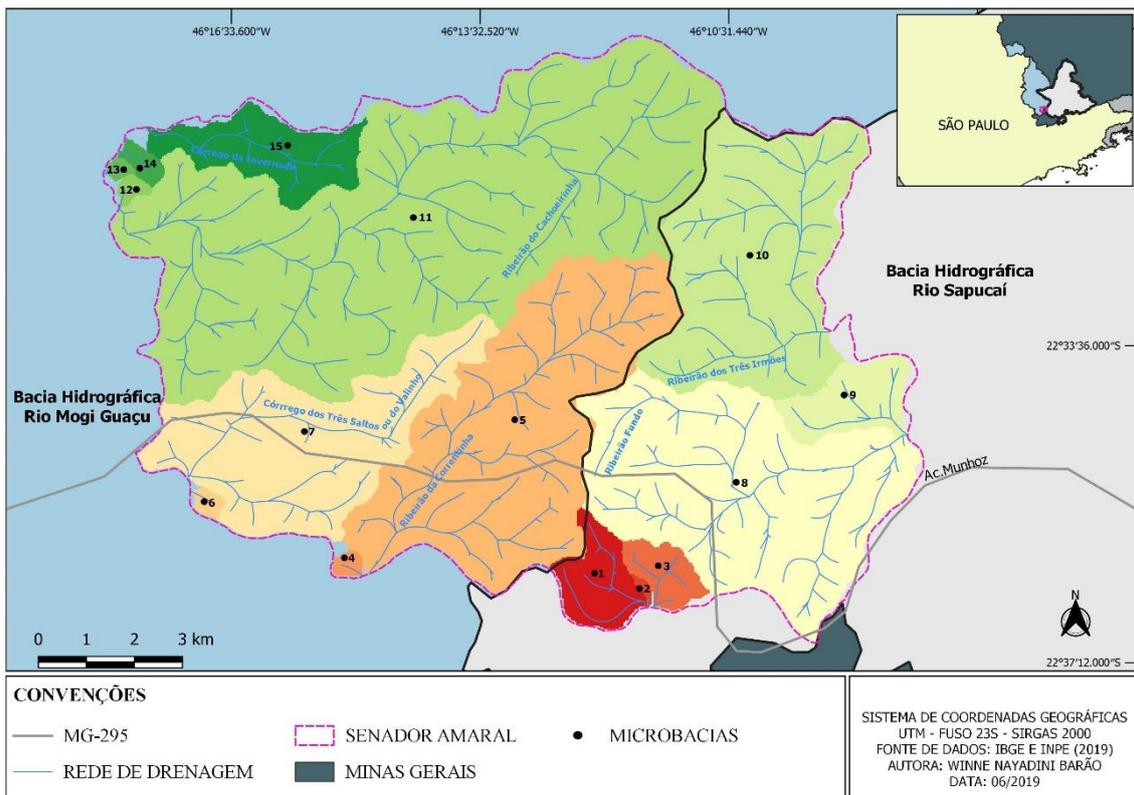


Figura 17 - Microbacias hidrográficas de Senador Amaral (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

A microbacia do Ribeirão do Cachoeirinha possui uma área de drenagem de 51,85 km², correspondendo a 35,24 % de todo território municipal. Já o Ribeirão Fundo tem a extensão de 22,95 km² e contribui com 15,60 % para o escoamento hídrico (Tabela 7).

Tabela 7 - Área de drenagem das microbacias hidrográficas do município de Senador Amaral (MG).

Microbacia	Área de drenagem (km²)	Contribuição (%)
1	2,73	1,86
2	0,16	0,11
3	1,62	1,10
4	0,28	0,19
5	24,14	16,41
6	0,31	0,21
7	15,44	10,49
8	22,95	15,60
9	3,23	2,20
10	18,54	12,60
11	51,85	35,24
12	0,31	0,21
13	0,19	0,13
14	0,50	0,34
15	4,88	3,32

Fonte: Org. do autor (2019).

5.2. Altimetria e de Declividade

A altitude no município de Senador varia entre 1149 a 1650 metros, em média a maior parte da sua delimitação está situada a mais de 1400 m (Figura 18), sendo considerada a cidade mais alta de Minas Gerais. As porcentagens e áreas de cada classe estão expostas na Tabela 8.

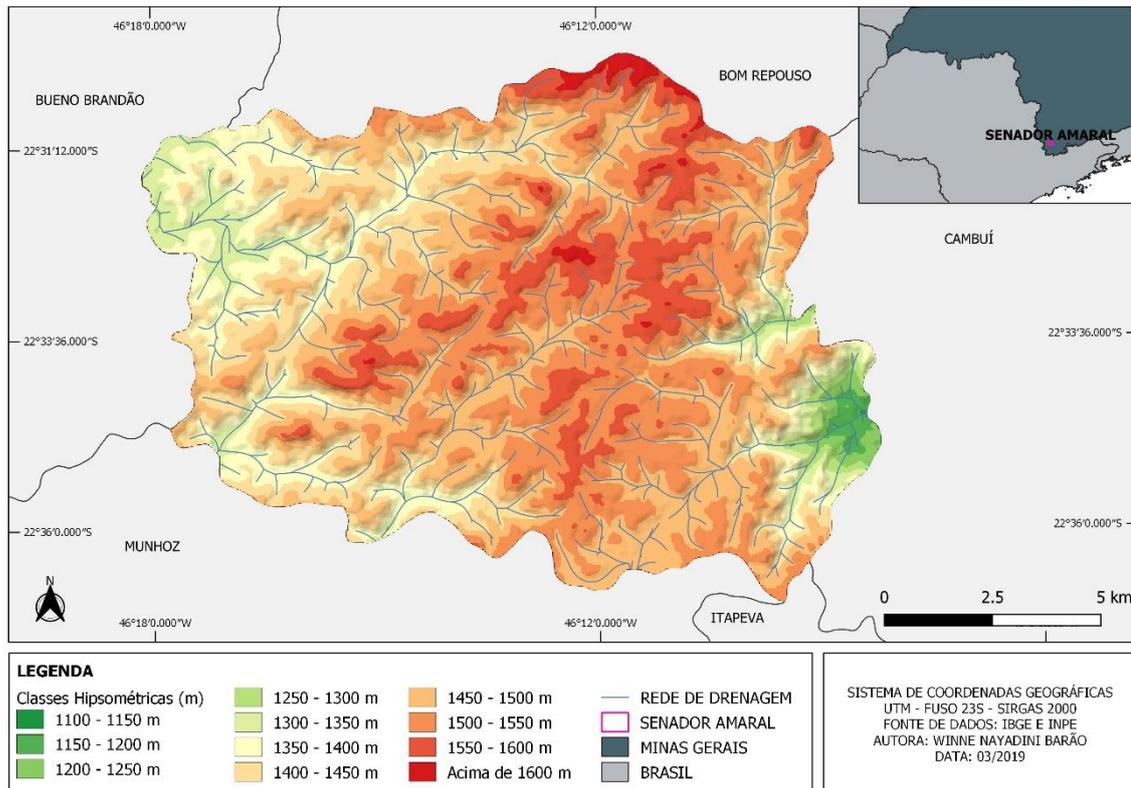


Figura 18 - Mapa hipsométrico do município de Senador Amaranal (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 8 - Áreas das classes altimétricas do município de Senador Amaranal (MG).

Classes Hipsométricas (m)	Área (km ²)	Área (%)
1100 – 1150	0,01	0,06
1150 – 1200	0,98	0,64
1200 – 1250	1,25	0,83
1250 – 1300	1,48	0,98
1300 – 1350	6,78	4,48
1350 – 1400	18,14	12,01
1400 – 1450	24,06	15,92
1450 – 1500	40,37	26,73
1500 – 1550	42,01	27,81
1550 – 1600	14,52	9,61
Acima 1600	1,50	0,99

Fonte: Org. do autor (2019).

A área foi segregada em seis classes de relevo (plano, suavemente ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado), de acordo com a declividade encontrada (Figura 19). Sendo que as classes de relevos predominantes são ondulado (8 - 20%) e fortemente ondulado (20 - 45%), que correspondem, respectivamente, por 47,61% e 36,72% da extensão do município (Tabela 9).

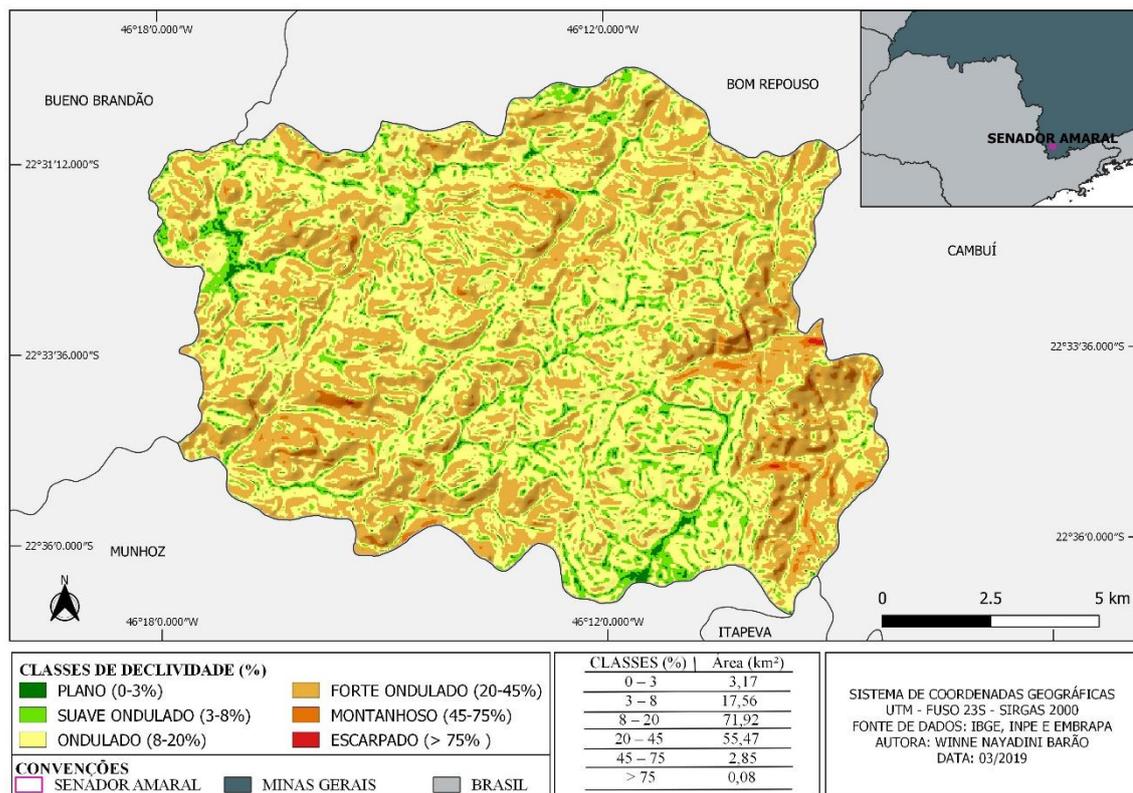


Figura 19- Mapa de declividade do município de Senador Amaral (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 9 - Áreas das classes de declividade do município de Senador Amaral (MG).

Classes de Declividade (%)	Área (km²)	Área (%)
0 - 3	3,17	2,09
3 - 8	17,56	11,62
8 - 20	71,92	47,61
20 - 45	55,47	36,72
45 - 75	2,85	1,88
Maior de 75	0,08	0,05

Fonte: Org. do autor (2019).

5.3. Perfil e Plano de Curvatura

O perfil de curvatura refere-se ao caráter côncavo ou convexo da superfície, quando analisada em perfil. Dentro das delimitações do município de Senador Amaral os padrões dos perfis são bem distribuídos, no entanto, o perfil concavo ainda é predrominante, ocupando 56,04% da área de estudo (Figura 21).

Já no plano de curvatura as classes convergente e divergente, são distribuídas em 51,42% e 48,58%, repectivamente, pela superfície (Figura 22). Estas variáveis estão relacionadas aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo na superfície, ao balanço hídrico e o equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese (VALERIANO, 2008).

No que concerne às curvaturas horizontais, a classe convergente é considerada como agravante à suscetibilidade à erosões lineares, por favorecerem a concentração de fluxo de escoamento superficial (NASCIMENTO et al. 2016). Para o autor, as divergentes por outro lado são consideradas atenuantes à deflagração de processos erosivos lineares, por dispersarem o fluxo de água em sentidos opostos.

A tendencia do fluxo de água sobre as diferentes formas de relevo apresentada na Figura 20 permite uma melhor compreensão a respeito da influência do perfil e plano curvatura no escoamento superficial (concentração e dispersão).

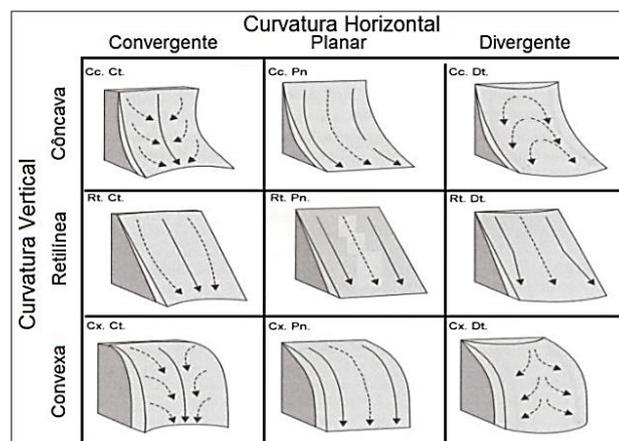


Figura 20 - Tendência do escoamento superficial em diferentes formas de relevo.

Fonte: Valeriano (2008).

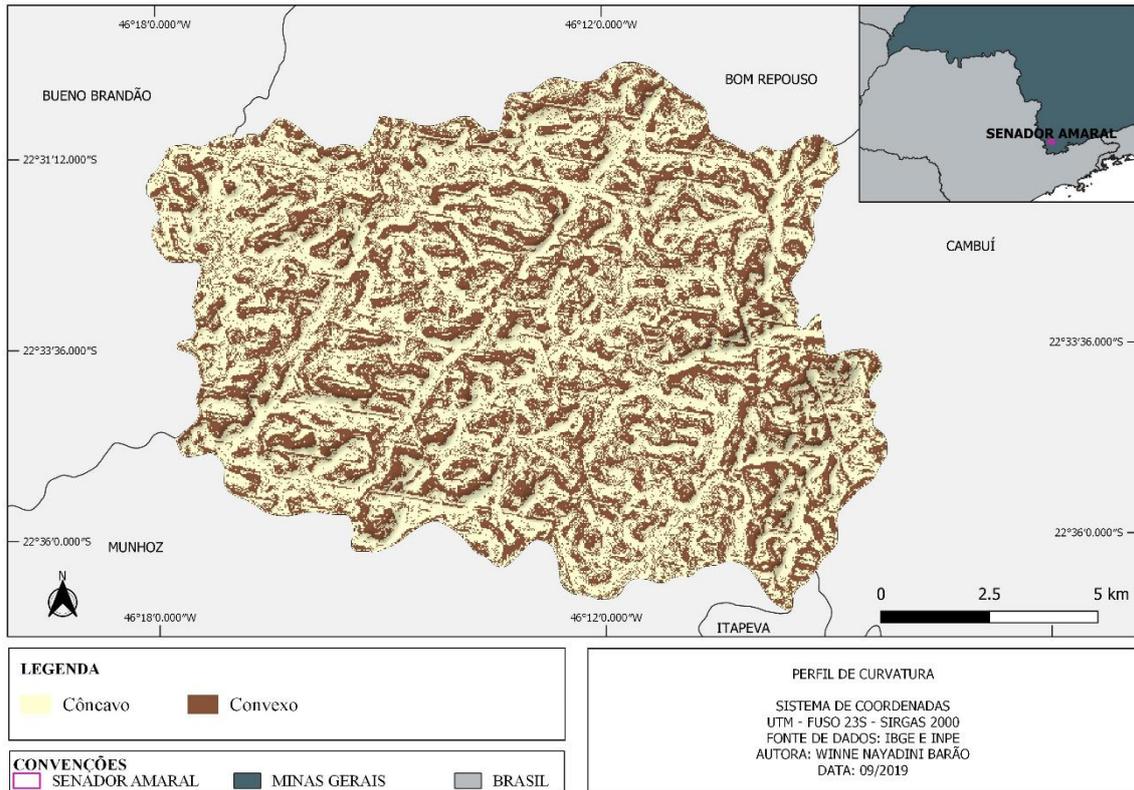


Figura 21 - Perfil de Curvatura de Senador Amaral (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

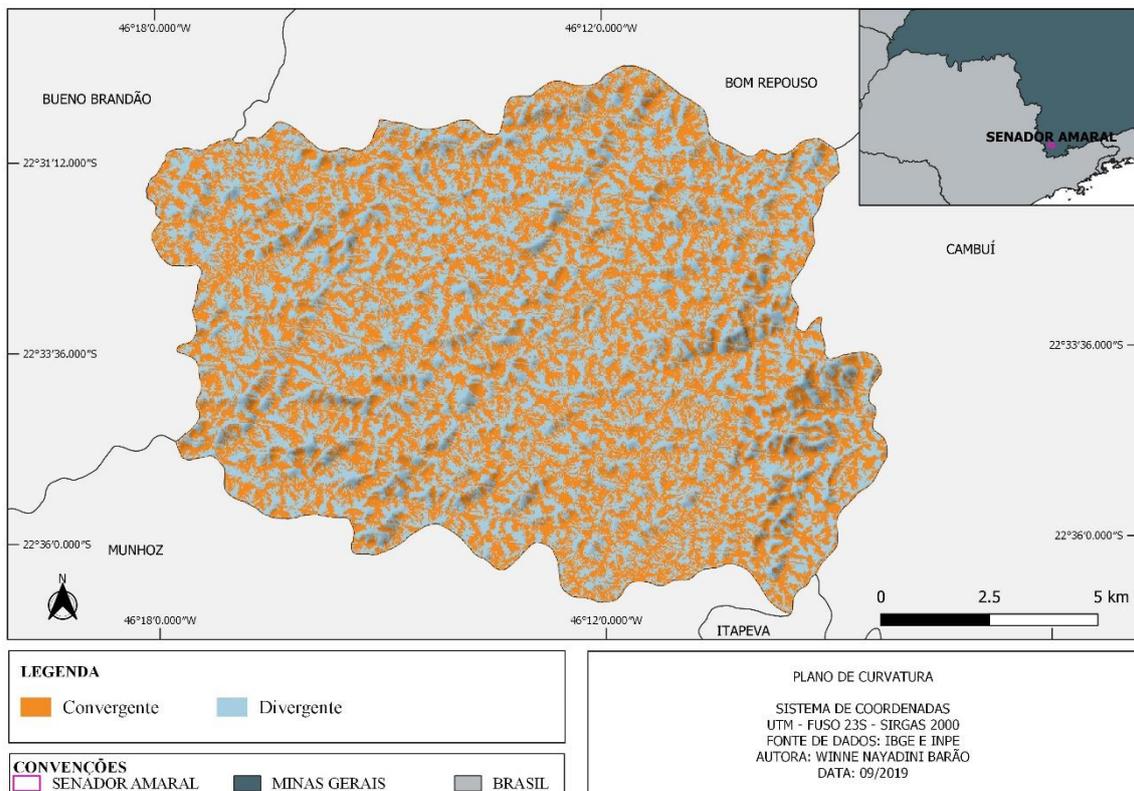


Figura 22 - Plano de Curvatura de Senador Amaral (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

5.4. Unidades Pedológicas

Foram identificadas duas classes de solos no município de Senador Amaral: Argissolo vermelho-amarelo distrófico (PVAd) e Latossolo vermelho-amarelo distrófico (LVAd) (Figura 23). Por se tratar de um levantamento de reconhecimento de média intensidade, pode-se encontrar dentro de uma mesma classe alguns componentes de variação, expostos na Tabela 10, que foram agrupados no estudo com diferentes numerações algébricas.

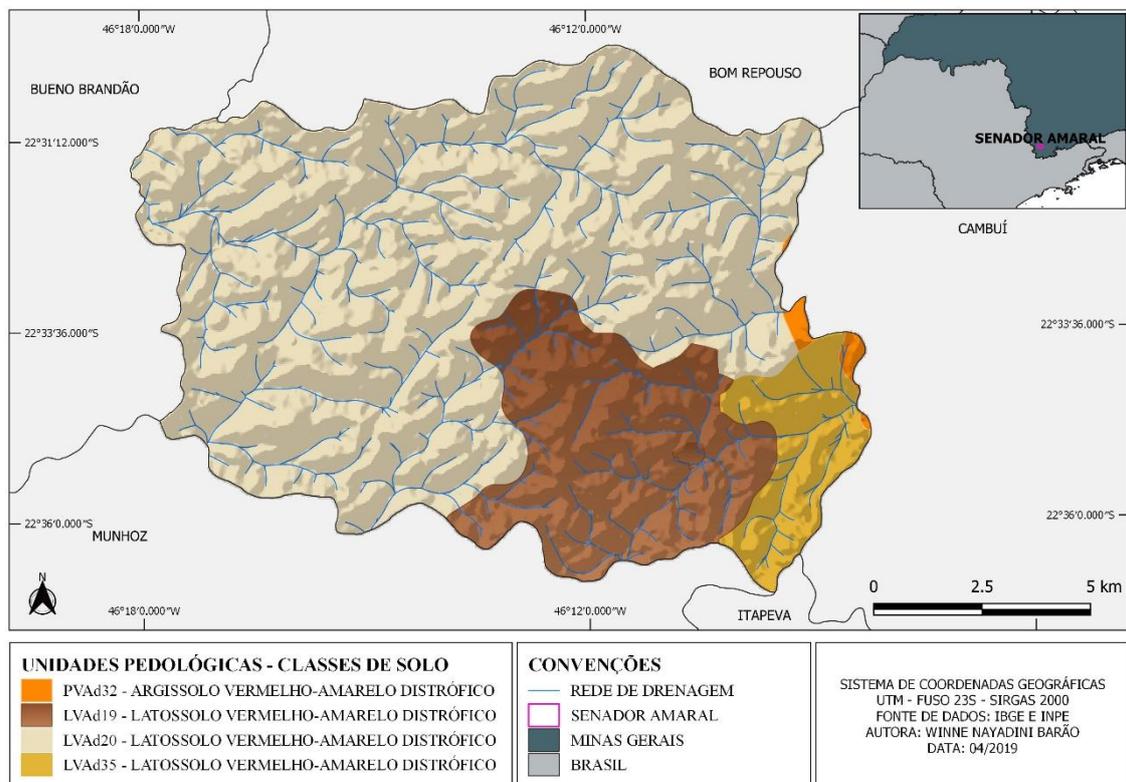


Figura 23 - Classes de solos do município de Senador Amaral (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 10 - Unidades pedológicas e suas componentes de variações agrupadas no levantamento das classes de solos.

Código	Legenda	Componentes de variações (Classes de solos agrupadas)	Área	
			(km ²)	(%)
PVAd32	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média/argilosa ou média/muito argilosa, relvo forte ondulado e montanhoso.	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura média e argilosa, A moderado, pedregoso, montanhoso e forte ondulado.	1,02	0,67
		LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, relevo forte ondulado.		
		NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, textura média e argilosa, A moderado, relevo montanhoso e escarpado, com afloramento de rocha.		
LVAd19	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, relevo ondulado.	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, relevo ondulado e forte ondulado.	30,35	20,08
		ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média/argilosa, A moderado, relevo ondulado.		
		NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, textura média e argilosa, A moderado, relevo plano.		
		GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado, relevo plano.		
LVAd20	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, relevo forte ondulado e ondulado.	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, relevo forte ondulado e ondulado.	109,21	72,27
		LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, relevo ondulado e forte ondulado.		
LVAd35	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico e úmbrico, textura argilosa, A moderado e A proeminente, relevo forte ondulado e ondulado.	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico argilosa A húmico, relevo forte ondulado e ondulado.	10,52	6,96
		ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico e úmbrico, textura argilosa/muito argilosa A moderado e A proeminente forte ondulado.		

Fonte: Adaptado IBGE (2018).

O reconhecimento de média intensidade nos possibilita obter informações de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo, visando a elaboração de projetos de uso e planejamento (DEMATTÊ, 2017).

Os PVAds estão presentes em todo o território nacional, são associados a relevos mais acidentados e secos. Apresentam baixa fertilidade natural, baixa permeabilidade nos

horizontes subsuperficiais devido à mudança abrupta de textura do horizonte A para B e alta susceptibilidade à erosão, sendo necessária a adoção de práticas intensas de controle à erosão quando utilizadas para fins agrícolas (EMBRAPA, 2013).

Os LVAds, assim como a classe de solo anterior, estão amplamente distribuídos dentro do território nacional, sendo facilmente encontrado em quase todas as regiões do Brasil. São solos normalmente profundos, com boa permeabilidade, sem grandes diferenças textuais e de cor entre os horizontes. As principais limitações desse solo estão associadas à baixa fertilidade e à elevada acidez (EMBRAPA, 2013).

Na pesquisa desenvolvida por Silva (2016b), todas as áreas de mata araucária nativas e reflorestadas analisadas no município de Senador Amaral, em Latossolos vermelho-amarelos distrófico, apresentaram pH ácido em média igual a 4. Os mesmos resultados foram encontrados por Queiroz (2018), ao examinar a associação micorrízica em fragmentos nativos e reflorestados de coníferas.

Enquanto Pereira (2016), ao estudar a associação micorrízica em diferentes áreas, dentro da mesma propriedade, obteve o pH mais baixo na área de mata nativa, do que nas delimitações do morangueiro e pousio, indicando o uso intensivo de fertilizantes químicos fosfatados para a correção da acidez. A área de pousio, mesmo após 5 anos sem ser utilizada, apresentou altos níveis de fósforo (P), interferindo negativamente na fauna edáfica do solo.

5.5. Unidades Geomorfológicas

No estudo foram identificadas duas unidades geológicas: Suíte Bragança Paulista e Complexo Varginha-Guaxupé, litofácies ortognaisse migmatítico. De acordo com o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (SBG, 1986), as Suítes são associações de diversos tipos de uma única classe de rocha, que podem ser intrusivas ou metamórficas, de alto grau. Já os Complexos são formados por agregados de rochas de diferentes tipos de classes (rochas magmáticas, sedimentares e rochas metamórficas).

O litotipo do Suíte Bragança Paulista é composto por tonalito e granodiorito foliados. Os tonalitos são constituídos essencialmente por quartzo (mais de 20% dos minerais félsicos presentes) e plágioclásio (oligoclásio a andesina), além de anfibólio (hornblenda) e biotita (GONÇALVES, 2019) e os granodiorito foliados são formados por todas as rochas citadas anteriormente, além do feldspato potássico. Todas essas rochas apresentam de médios

à altos teores de potássio (K). Na área de estudo, essa unidade representa 15,28%, cerca de 23,51 km², conforme está representado a seguir (Figura 24).

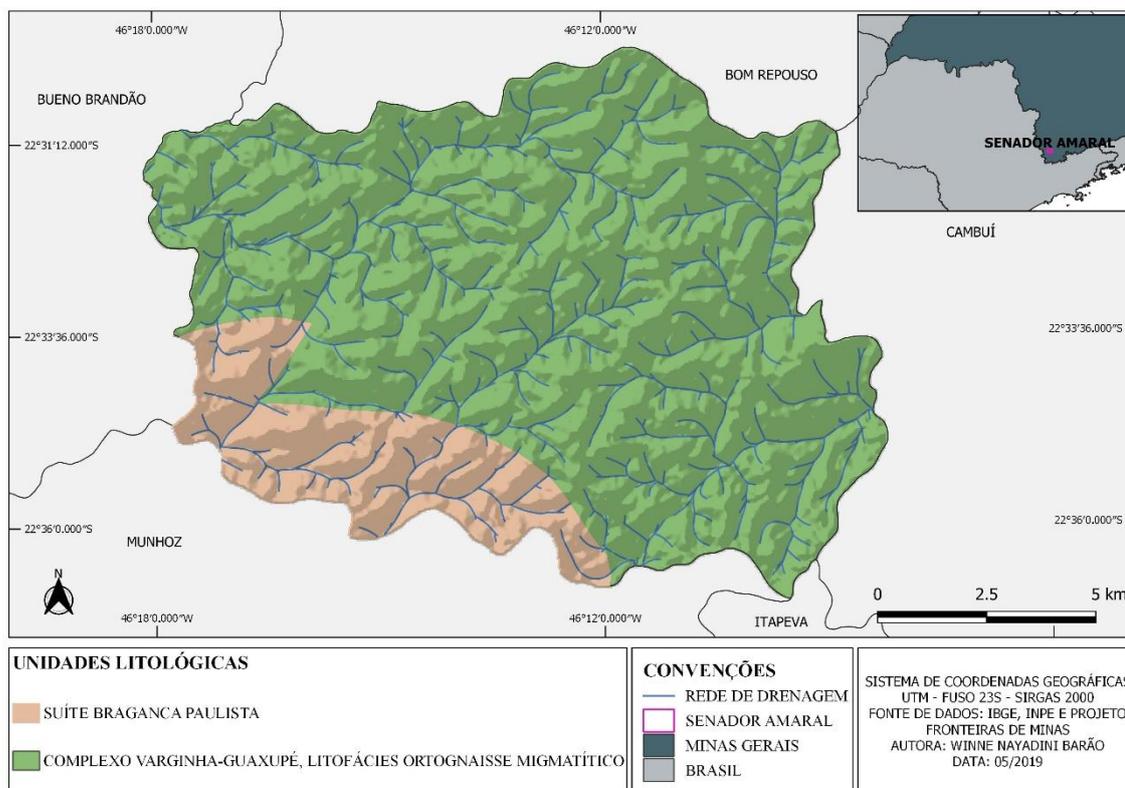


Figura 24 - Unidades geomorfológicas do município de Senador Amaral (MG).

Fonte: Org. do autor (2019).

O Complexo Varginha-Guaxupé com fácies litológicas de ortognaisse migmatítico, é constituído por rochas básicas, que apresentam menores teores de silício e maiores teores de minerais de ferro e magnésio. Esta unidade geomorfológica está presente em 84,44% do município, sendo sua área equivalente a 127,59 km².

5.6. Caracterização Geral das Áreas Degradadas

Foi realizada a caracterização de 51 áreas degradadas, expostas na Tabela 11, de acordo com o tipo de degradação, uso e ocupação, posição e forma da encosta. As principais formas de degradação encontradas foram voçorocas, erosões laminares e em sulcos, e compactação do solo. Podemos verificar a distribuição das áreas degradadas mapeadas dentro das delimitações do município de Senador Amaral na Figura 25, onde 26 delas,

aproximadamente 50,98%, estão localizadas na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí. Sendo que 35,29% (18 pontos), de todas as áreas mapeadas, estão situadas dentro da microbacia hidrográfica do Ribeirão Fundo e próximas aos recursos hídricos.

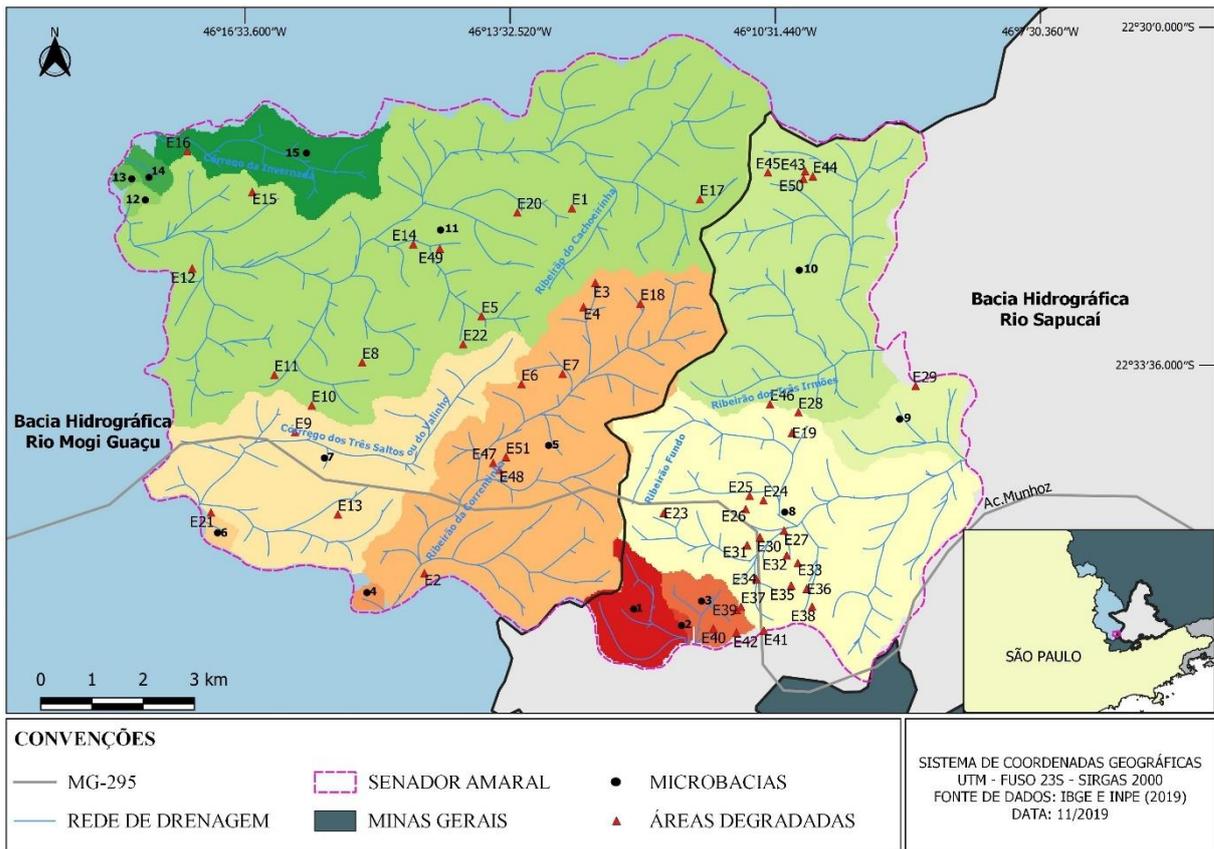


Figura 25 - Distribuição das áreas degradadas levantadas no município de Senador Amaral.

Fonte: Org. do autor (2019).

Na área municipal pertencente à bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, há uma menor incidência de áreas degradadas, o que pode estar relacionado ao menor número de atividades agrícolas instaladas na região. De acordo com Quirino, Irias e Wright (1999) e Pires (2014) um dos principais fatores responsáveis pela degradação ambiental é a agricultura, quando realizada de forma inadequada, sem respeitar as potencialidades e limitações do solo, fazendo-se o uso intensivo de agrotóxicos, fertilizantes e da terra.

O presente estudo evidenciou que o maior número de áreas degradadas estão associadas a zonas agrícolas, como pode ser observado na Figura 26. A classe corresponde a 45,10% dos pontos caracterizados. Este valor torna-se ainda mais representativo aos

verificarmos que 10 áreas, que atualmente são caracterizadas como solo exposto, foram anteriormente utilizadas para fins agrícolas (produção de batata, morango e brócolis).

De acordo com Carvalho (2006), a cada safra do morango e da batata procura-se a utilização de uma nova área de plantio, permanecendo a que foi cultivada em pousio, no intuito de diminuir a incidência de pragas e doenças na cultura. No entanto, com a ausência de adoção de práticas conservacionistas e o manejo inadequado do solo, algumas dessas áreas tornam-se improdutivas.

No município de Senador Amaral devida aos avanços dos processos erosivos, 7 áreas destinadas à produção do morango, 2 à produção de batata e 1 à produção do brócolis foram abandonadas, apresentando feições do tipo lineares e voçorocas (Tabela 11).

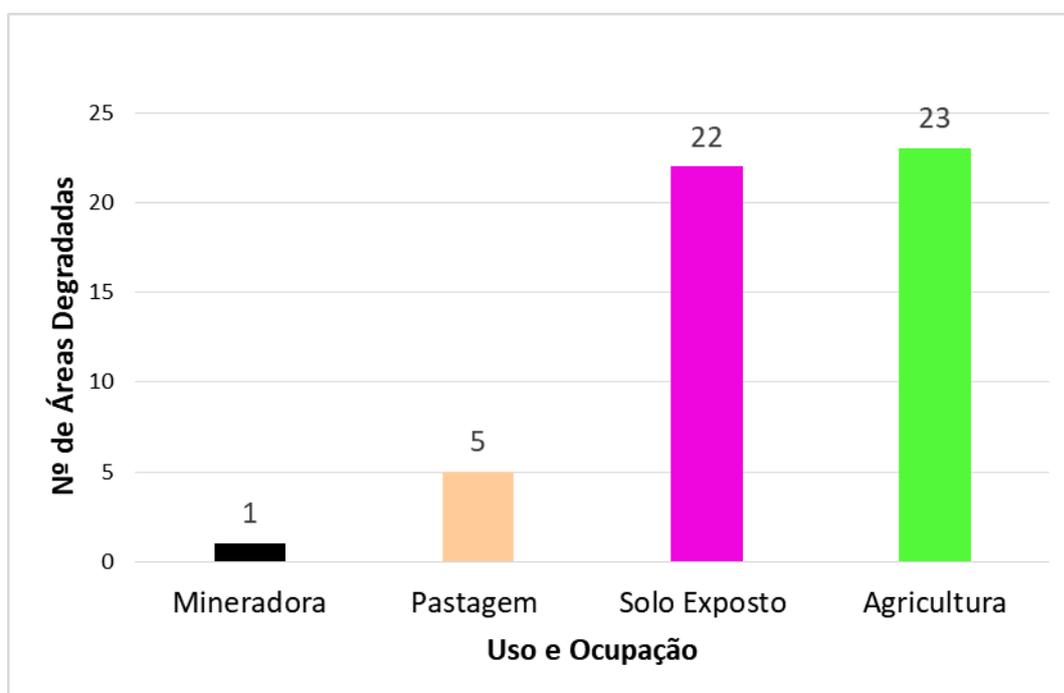


Figura 26 - Gráfico de distribuição das classes de uso e ocupação do solo das áreas degradadas levantadas no estudo.

Fonte: Org. do autor (2019).

Outros fatores que podem estar relacionados a degradação dessas áreas é a ausência de remanescentes florestais (Figura 28) e o conflito de uso do solo em APPs (Figura 31). Uma vez que a formação florestal possui a função de proteger o solo do impacto da chuva, além de aumentar a taxa de infiltração de água e diminuir a concentração e o escoamento superficial.

Para Guerra, Botelho (1996) e Dias et al. (1999) a supressão da vegetação nativa, o manejo inadequado dos solos, a ocorrência de pragas e doenças e a intensificação dos processos erosivos, são os principais fatores responsáveis pela degradação ambiental.

A presença de atividades agrícolas em APPs e de uso restrito dentro das microbacias podem contribuir para o assoreamento e contaminação dos cursos d'água e nascentes. Devido à ausência da vegetação arbórea há uma diminuição na resistência ao cisalhamento, podendo resultar na lixiviação de defensivos e insumos agrícolas, gerando um incremento de nitrogênio, fósforo e sedimentos na água (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005; FILIZOLA et al., 2011; COUTINHO et al., 2013; PEREIRA et al., 2016).

Silva (2002) e Silva (2016b), destacam que em culturas temporárias como de morango e batata, dependem de elevadas aplicações de agrotóxicos para sua produção, além de apresentarem sérios problemas relacionados à erosão superficial, mesmo em terras aptas ao seu cultivo.

Tabela 11- Características das áreas degradadas mapeadas no estudo.

Código	Degradação	Uso e Ocupação Atual	Posição na Encosta	Forma da Encosta	Área (m²)
E1	Voçoroca em antigas áreas de cultivo de batata	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço superior	Convexa	1707
E2	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Côncava	1479
E3	Voçoroca em antigas áreas de cultivo de batata	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço superior	Convexa	1328
E4	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de morango)	Terço médio	Côncava	5143
E5	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Côncava	1324
E6	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço superior	Convexa	3685
E7	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de morango)	Terço superior	Convexa	1192
E8	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de morango)	Terço superior	Convexa	2001
E9	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço superior	Côncava	1855

Código	Degradação	Uso e Ocupação Atual	Posição na Encosta	Forma da Encosta	Área (m²)
E10	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Pastagem	Terço inferior	Côncava	1098
E11	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de brócolis)	Terço médio	Convexa	2107
E12	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Côncava	4219
E13	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Pastagem	Terço superior	Convexa	10315
E14	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço superior	Convexa	1051
E15	Compactação do solo, erosão em sulcos com desenvolvimento de voçoroca	Solo exposto	Terço superior	Convexa	10579
E16	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Convexa	3989
E17	Extração de bauxita	Mineradora	Terço superior	Convexa	151000
E18	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de brócolis)	Terço inferior	Côncava	1875
E19	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Pastagem	Terço inferior	Convexa	1963
E20	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de brócolis)	Terço inferior	Convexa	2603
E21	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Convexa	2274
E22	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de brócolis)	Terço inferior	Convexa	985
E23	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Convexa	8711
E24	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de morango)	Terço inferior	Convexa	781
E25	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de morango)	Terço inferior	Côncava	316
E26	Erosão em sulcos com desenvolvimento de voçoroca	Solo exposto	Terço inferior	Convexa	426

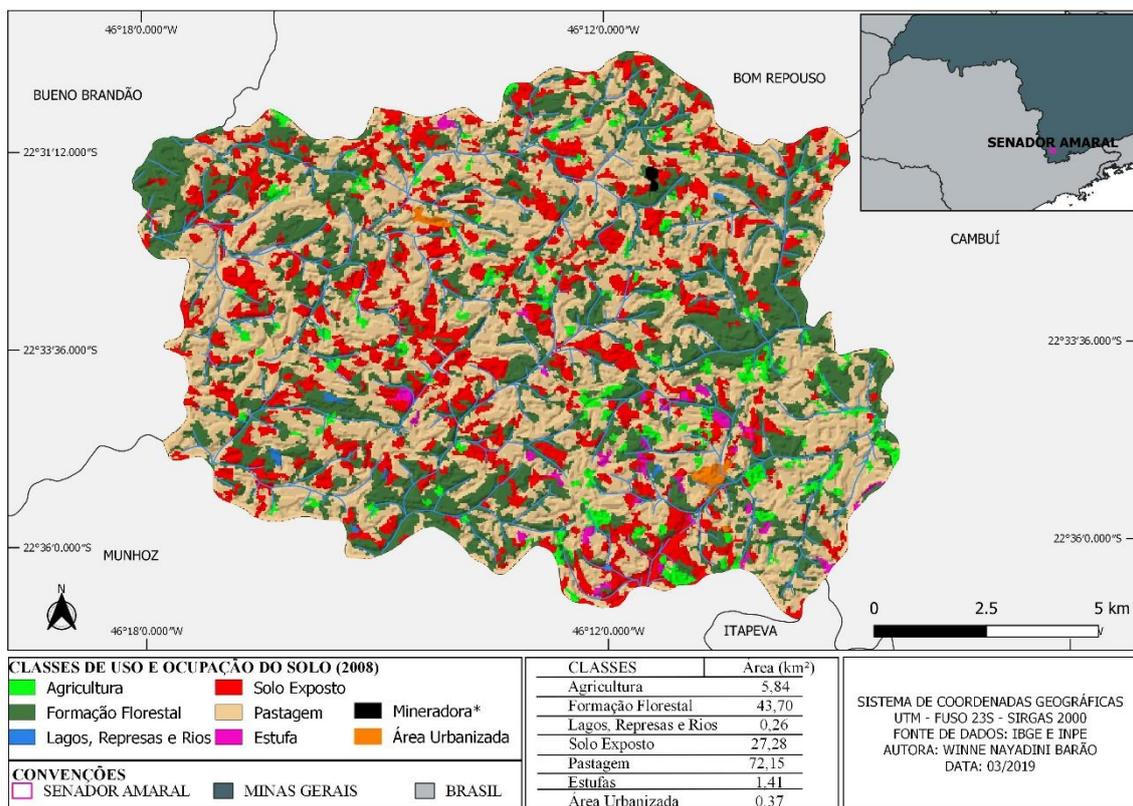
Código	Degradação	Uso e Ocupação Atual	Posição na Encosta	Forma da Encosta	Área (m²)
E27	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço inferior	Côncava	2394
E28	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Pastagem	Terço superior	Côncava	1654
E29	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Convexa	1325
E30	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço superior	Côncava	472
E31	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço superior	Convexa	2418
E32	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço superior	Côncava	1179
E33	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de morango	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço inferior	Convexa	3755
E34	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de morango	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço inferior	Convexa	662
E35	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Pastagem	Terço inferior	Convexa	1498
E36	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de morango	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço médio	Côncava	863
E37	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de morango	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço inferior	Convexa	4457
E38	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de batata)	Terço inferior	Convexa	286
E39	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de morango	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço inferior	Côncava	1871

Código	Degradação	Uso e Ocupação Atual	Posição na Encosta	Forma da Encosta	Área (m²)
E40	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de morango	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço inferior	Convexa	5781
E41	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de morango)	Terço inferior	Côncava	435
E42	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de morango	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço inferior	Convexa	1259
E43	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço médio	Côncava	1739
E44	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço superior	Côncava	453
E45	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço inferior	Côncava	2027
E46	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço superior	Convexa	823
E47	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de brócolis)	Terço inferior	Convexa	4236
E48	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de brócolis)	Terço superior	Convexa	1773
E49	Erosão laminar associada a erosão em sulcos	Agricultura (Plantação de morango)	Terço inferior	Côncava	712
E50	Compactação do solo e erosão laminar associada a erosão em sulcos	Solo exposto	Terço médio	Convexa	1564
E51	Erosão laminar associada a erosão em sulcos em antigas áreas de cultivo de brócolis	Solo exposto (Abandonada/Pousio)	Terço inferior	Convexa	671

Fonte: Org. do autor (2019).

5.7. Análise temporal do Uso e Ocupação do Solo

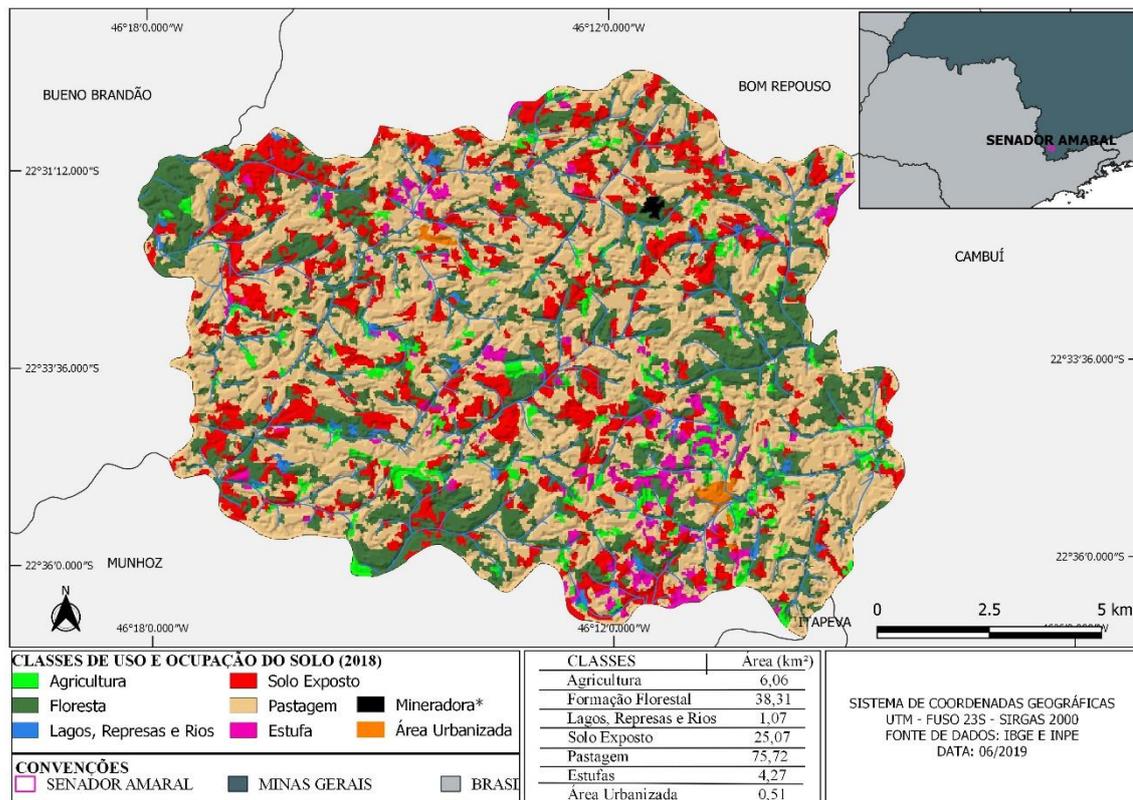
Com os resultados adquiridos por meio da classificação supervisionada, através do emprego do método de classificação supervisionada MaxVer, foram obtidos os mapas de uso e ocupação do solo para os anos de 2008 e 2018, apresentados na Figura 27 e 28, com o índice *Kappa* igual a 88,23% (0,8823) e 92,46% (0,946), respectivamente (Tabela 12 e 13). De acordo com Landis e Koch (1977), esses valores indicam uma classificação excelente. Os índices *Kappa* encontrados no presente trabalho foram próximos aos valores obtidos por Vale et al. (2018) e Santos (2018), de 92% (0,92) e 93% (0,93), e superiores aos alcançados por Rodrigues (2015) de 36% (0,36), ao aplicar a mesma metodologia. O principal fator que interfere nos resultados é a definição das classes e seleção das amostras realizados pelos usuários na hora da classificação (CRÓSTA 1992; RODRIGUES 2015; VALE et al., 2018).



Obs.: *Por ter a área menor a 0,2 km² dentro das limitações do estudo a classe foi somada a classe "solo exposto".

Figura 27- Mapa de uso e ocupação do solo do município de Senador Amarel (MG) de 2008.

Fonte: Org. do autor (2019).



Obs.: *Por ter a área menor a 0,2 km² dentro das limitações do estudo a classe foi somada a classe "solo exposto".

Figura 28 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Senador Amarel (MG) de 2018.

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 12 - Matriz de confusão da classificação supervisionada do município de Senador Amarel (MG) do ano de 2008.

	2008	Verdade de Campo							
		Agricultura	Formação Florestal	Lagos, Represas e Rios	Solo Exposto	Pastagem	Estufas		Área Urbana
Classificação Temática	Agricultura	2431	729	0	0	186	0	0	3346
	Formação Florestal	954	92571	0	0	8231	0	13	101769
	Lagos, Represas e Rios	0	0	644	0	0	149	1	794
	Solo Exposto	115	0	0	61384	1203	0	49	62751
	Pastagem	197	252	0	4809	45221	0	6	50485
	Estufas	0	0	87	0	0	415	111	613
	Área Urbana	20	27	0	6	0	0	568	621
		3717	93579	731	66199	54841	564	748	
	Índice Kappa	0,8823							
	Acurácia Global	92,22 %							

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 13 - Matriz de Confusão da Classificação Supervisionada do Município de Senador Amaral (MG) do ano de 2018.

		Verdade de Campo							
2018		Agricultura	Formação Florestal	Lagos, Represas e Rios	Solo Exposto	Pastagem	Estufas	Área Urbana	
Classificação Temática	Agricultura	7627	357	0	7	102	0	0	8093
	Formação Florestal	1035	58571	0	0	5	0	0	59611
	Lagos, Represas e Rios	0	0	1093	24	3	108	16	1244
	Solo Exposto	0	0	0	47593	74	0	762	48429
	Pastagem	11	65	0	8620	96983	0	0	105679
	Estufas	0	0	191	0	0	2064	19	2274
	Área Urbana	0	0	34	112	0	0	941	1087
		8673	58993	1318	56356	97167	2172	1738	
Índice <i>Kappa</i>		0,9246							
Acurácia Global		94,90 %							

Fonte: Org. do autor (2019).

Sendo assim, a diferença entre os índices encontrados nesta pesquisa para os anos 2008 e 2018, estão relacionadas às amostradas selecionadas e pode-se afirmar que no mapa de uso do solo de 2018 foram melhores definidas.

Nas Figuras 29 e 30, estão representadas as distribuições de cada classe para os anos de 2008 e 2018, em quilômetros quadrados (km²) e porcentagem (%). A classe mineradora foi somada à classe solo exposto, por ter área menores a 0,2 km². No ano de 2008 a área da mineradora correspondia a 0,108 km², dez anos depois sua área corresponde a 0,151 km².

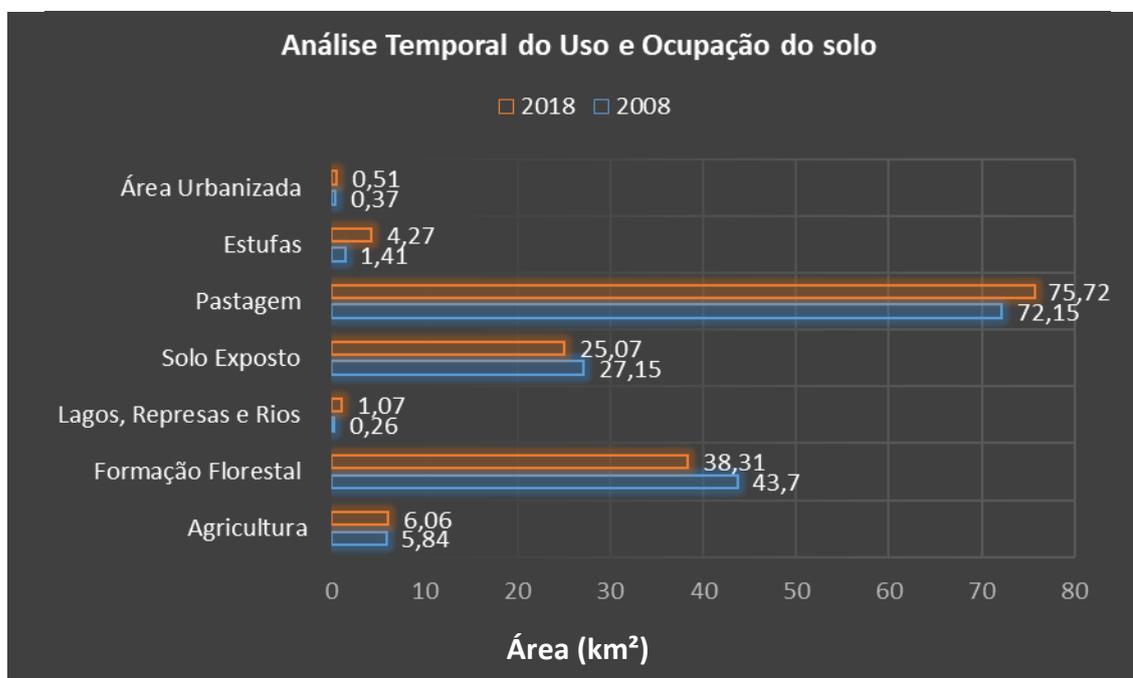


Figura 29 - Gráfico da distribuição das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2008 e 2018, em quilômetros quadrados.

Fonte: Org. do autor (2019).

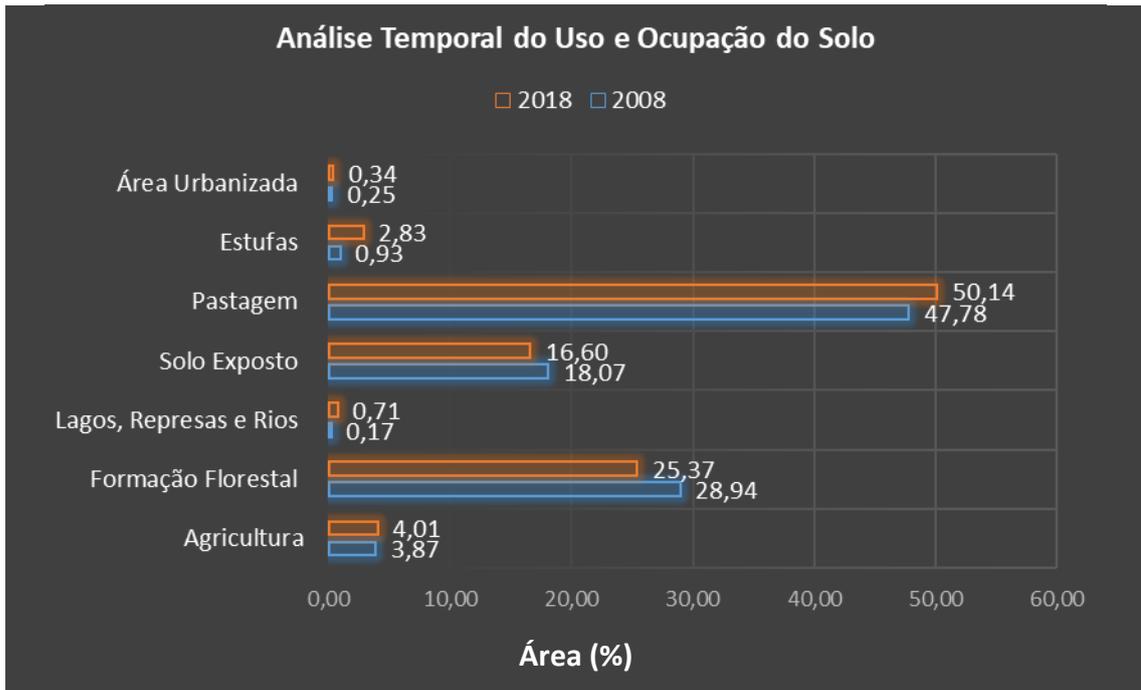


Figura 30 - Gráfico da distribuição das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2008 e 2018, em porcentagem.

Fonte: Org. do autor (2019).

A classe de uso do solo que ocupa maior parte do território do município de Senador Amaral é a Pastagem, correspondendo a uma área de 75,72 km² (50,14%). De 2008 para 2018, a área de pastagem cresceu 3,57 km², o aumento desta classe está relacionado ao pousio e/ou abandono das áreas produtivas, o desenvolvimento de pragas e/ou doenças e a degradação do solo, tendo em vista que atividades pecuárias são pouco representativas em Senador Amaral, o que implica dizer que essas áreas foram, em algum momento, utilizadas para fins agrícolas durante este período.

Houve também o aumento significativo das áreas ocupadas por estufa (2,86 km²), o que indica o crescimento da produção de frutas vermelhas, principalmente do morango, cultivado em túneis baixos e estufas. Nesta classe, estão incluídas também as estufas de flores, que tem ganhado espaço no cenário econômico do município. Somando o aumento das classes estufa e agricultura, temos um crescimento de 3,08 km² das áreas ocupadas pela produção agrícola. Pode-se observar que a maior parte dessas atividades foram estabelecidas na porção Leste do município, dentro da bacia do Rio Sapucaí, onde também ocorreu o aumento de 0,14 km² da área urbanizada.

Outro dado que pode ser ressaltado é a diminuição das extensões ocupadas pela classe solo exposto, que descreceu 2,21 km² de 2008 a 2018. Dentro dessa classe, estão contidas

as áreas que estavam sendo preparadas para o plantio, as exploradas para a extração de bauxita, as compactadas para construção da pista de motocross e as áreas onde ocorreram a colheita no mês de agosto, que podem ser enquadradas como pousio e/ou abandonadas após este período, ou até mesmo serem preparadas para um novo ciclo produtivo.

Como a maior parte das áreas produtivas são arrendadas por períodos curtos, normalmente de um ano, o agricultor tende a instalar sistemas intensivos de cultivo, a fim de produzir o máximo possível, para cobrir os custos gastos com o preparo solo, mudas, fertilizantes e defensivos agrícolas, além de garantir sua rentabilidade.

A intensidade de uso expressa uma maior ou menor mobilização atribuída ao solo, que por consequência os expõem a diferentes graus de susceptibilidade à erosão e/ou às perdas produtivas. Culturas anuais em sistemas convencionais de cultivo exigem uma maior intensidade de uso dos solos, quando comparadas com outros sistemas produtivos, como o de plantio direto e rotação de culturas (LEPSCH et al., 1991; MACEDO et al., 2014; DEMATTÊ, 2017; EMBRAPA, 2017; FAO, 2018). Sendo assim, as culturas anuais tendem a degradar mais rapidamente os ecossistemas onde estão inseridos.

No cenário encontrado em 2018, tem-se a perda de 5,39 km² da formação florestal no período de dez anos, o que inclui a diminuição das matas nativas e reflorestadas. Silva (2016b), destaca que o desmatamento tem sido intensificado no município de Senador Amaral nos últimos anos, devido à concorrência dessas áreas com atividades agropecuárias, colocando em risco toda a biodiversidade local.

A redução da capacidade produtiva da agropecuária em uma área pode levar à uma exploração mais intensiva da área ou à ampliação da exploração para locais marginais, previamente não explorados pela sua maior susceptibilidade à degradação (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005).

5.8. Conflito de Uso do Solo

5.8.1. Áreas de Preservação Permanente

Com base no Código Florestal Brasileiro Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012) combinado com seus dispositivos legais complementares Lei nº 12.727 (BRASIL, 2012) e o Decreto 7.830 (BRASIL, 2012), foram possíveis delimitar as APPs hídricas, de topos de morros e encostas.

Senador Amaral possui 14,84 km² de APPs, de acordo com a legislação vigente, correspondendo a 9,83% da área do município.

Ao comparar-se com o Antigo Código Florestal Lei 4.771 de 1965 (Apêndice III), onde não havia o conceito de uso antrópico consolidado e as delimitações eram realizadas de acordo com as larguras dos cursos d'água, pode-se observar uma perda de 5,75 km² (38,74%) das áreas de preservação permanente com as divergências existentes na nova legislação.

Santos (2018), defende que a criação do CAR (instituída pela Decreto 7.830) e a existência de um banco de dados de acesso aberto, com todos os imóveis rurais georreferenciados, representam um grande avanço na legislação ambiental. Embora haja um progresso no que diz respeito à fiscalização, não se pode afirmar que a ferramenta traga benefícios para preservação do meio ambiente, tendo em vista que os parâmetros para definição das APPs são ainda muito vagos e sem embasamentos científicos.

Mesmo com a redução das APPs, o conflito de uso do solo continua sendo evidente dentro do município de Senador Amaral, conforme pode-se observar na Figura 31 e 33, aproximadamente 57,68% das APPs tiveram sua vegetação nativa suprimidas para a instalação de atividades agropecuárias. A maior parte dessas áreas é ocupada atualmente por pastagem (Figura 32), correspondendo a 38,27%, sendo que o aumento desta classe de uso está intimamente relacionado ao pousio e/ou abandono das áreas agrícolas e à redução da capacidade produtiva da agropecuária dos espaços adjacentes. As áreas de preservação permanente também são ocupadas pelas classes: estufas (1,55%) agricultura (5,26%) e solo exposto (12,60%). Já as áreas com a formação florestal preservada corresponde a 41,11% da área total, enquanto as classes lagos, represas e rios equivalem a 1,21%. Este cenário não se restringem apenas a cena local, como pode ser verificado no trabalho de Santos (2018), que ao realizar a análise temporal do uso e ocupação do solo no município de Anápolis (GO), constatou que as mesmas classes representam os principais conflitos nas APPs das bacias. Ramos et al. (2018), também observou os mesmos resultados ao analisar a capacidade e conflito de uso da terra em Piraputanga (MT), sendo a principal classe conflitante a de pastagem.

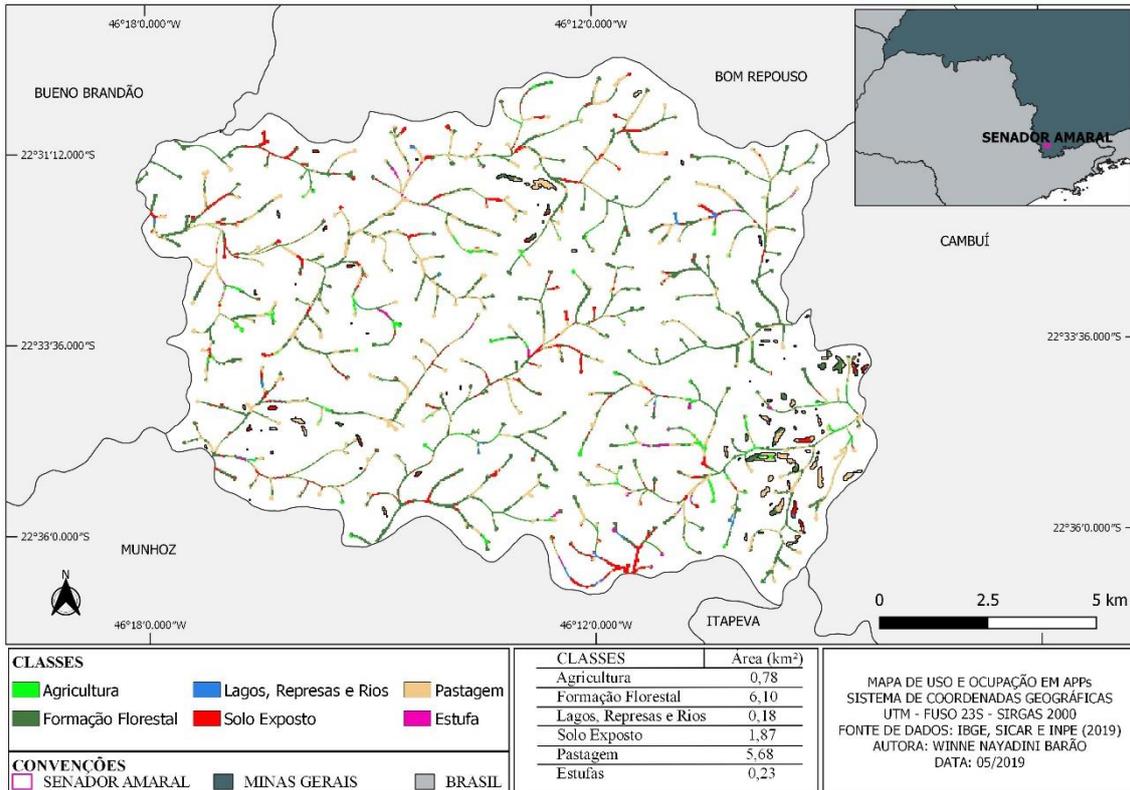


Figura 31 - Mapa de uso e ocupação do solo em APPs no município de Senador Amaral (MG) em 2018, de acordo com a Lei 12.651 de 2012 (CFB).

Fonte: Org. do autor (2019).

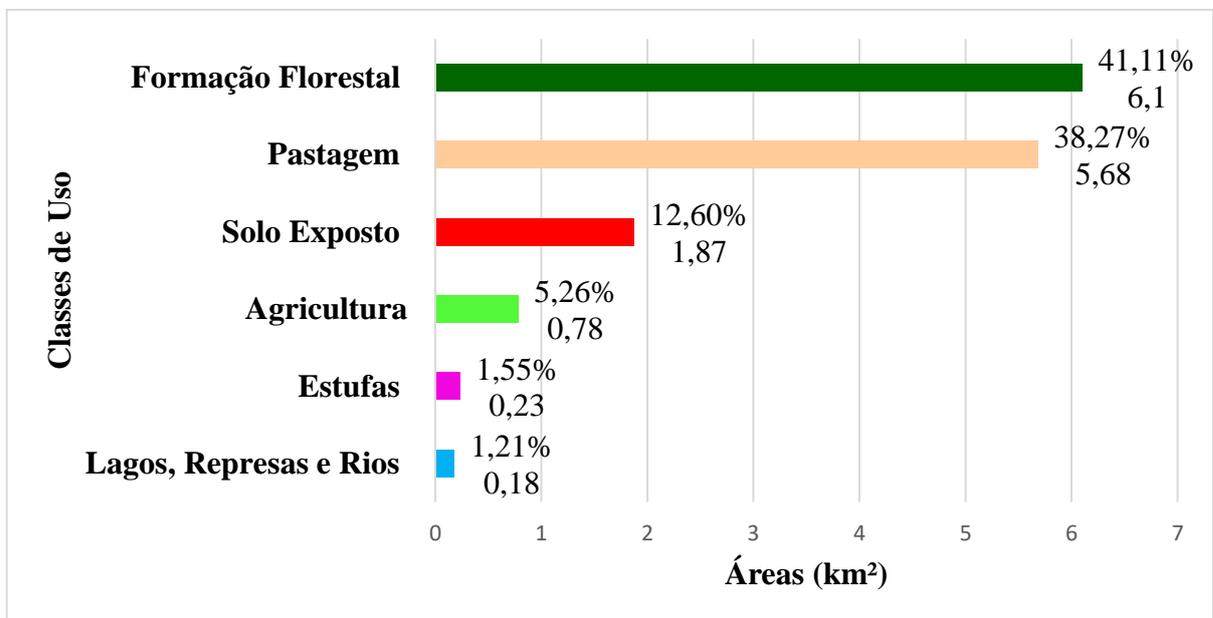


Figura 32 - Gráfico de distribuição das classes de uso e ocupação do solo em APPs no município de Senador Amaral (MG) em 2018 de acordo com a Lei 12.651 de 2012 (CFB).

Fonte: Org. do autor (2019).

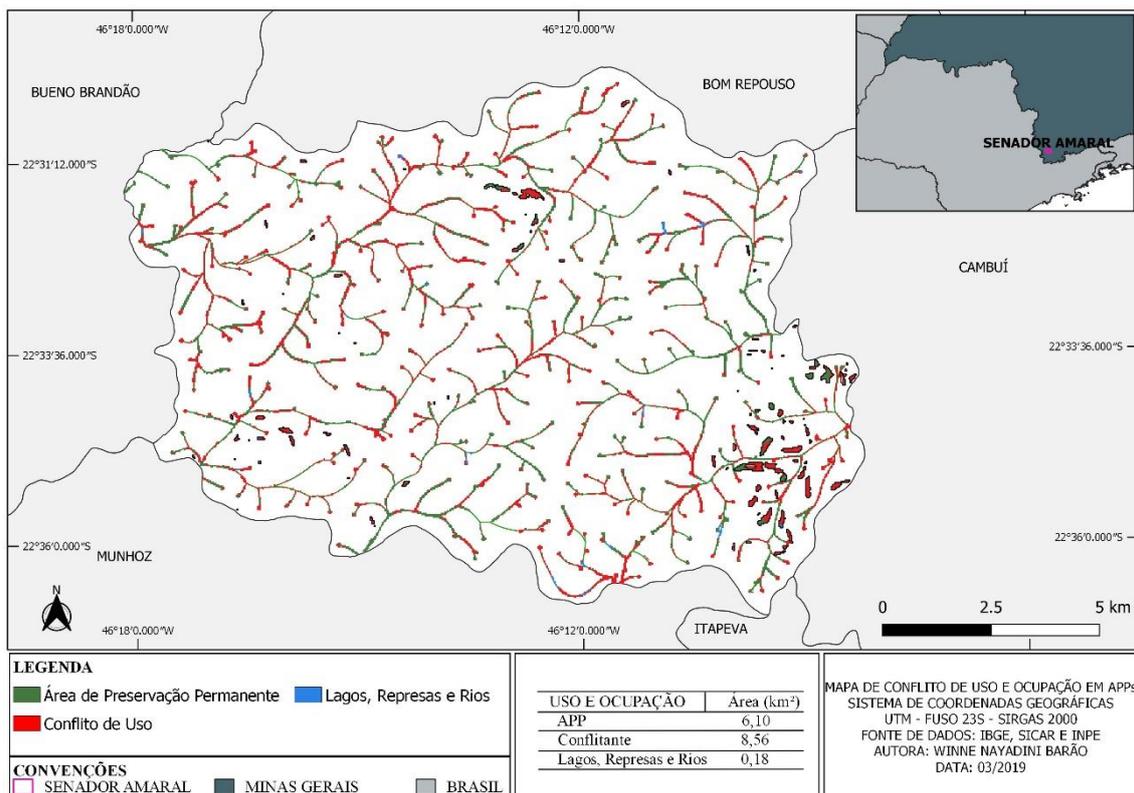


Figura 33 - Mapa de conflito de uso do solo em APPs do município de Senador Amaral (MG), de acordo com a Lei 12.651 de 2012 (CFB).

Fonte: Org. do autor (2019).

Coutinho et al. (2013), Schneider et al. (2016) e Santos (2018), destacam que apesar de existir o reconhecimento da importância ecológica, as APPs continuam sendo suprimidas, dando lugar para atividades agropecuárias, que na maioria das vezes resulta apenas em áreas degradadas.

O fato de grande parte das APPs terem sido desmatadas e estarem sendo utilizadas para pecuária e agricultura é preocupante, tendo em vista que os impactos gerados pelo pisoteio animal ou uso de máquinas agrícolas, podem desencadear a compactação, processos erosivos e a lixiviação dos solos, além de aumentar o assoreamento dos rios e nascentes provocando graves alterações no fluxo hídrico e na biota aquática (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005; COUTINHO et al., 2013; MACEDO et al., 2014).

Estudos como o de Garcia (2014), Campos (2015) e Pereira et al. (2016), Ramos et al. (2018) e Santos (2018), que avaliam o conflito de uso e ocupação do solo em APPs, em diferentes escalas municipais, demonstram o descumprimento da legislação, assim como foi evidenciado no presente trabalho.

Vale ressaltar a necessidade de ações educacionais voltadas a população e produtores rurais, planejamento e recuperação das áreas de preservação permanentes, além de garantir uma maior e mais rigorosa fiscalização para cumprimento do Código Florestal Brasileiro e legislações ambientais vigentes.

Ramos et al. (2018), destaca que os passos mais importantes para a recuperação de áreas degradadas são o diagnóstico e planejamento, ter uma visão global do problema e atores sociais envolvidos (população, produtores, interesses e valores). Portanto, é fundamental a percepção ambiental por parte dos gestores e da população que nela residem para estabelecer e direcionar ações para promoção do planejamento ambiental, contemplando a geração de renda da população para que permaneçam nas terras produzindo (RAMOS et al., 2018).

5.8.2. Capacidade de Uso da Terra

A partir da combinação das classes de solo, de declividade e levantamento das áreas degradadas, considerando a AMM de 10 hectares, foram determinadas 89 glebas, representadas na Figura 34. A categoria de uso mais representativa no município foi a Classe VIIe, devido, principalmente, ao relevo fortemente ondulado (>20%) e ao risco quanto à erosão, presente em 43 glebas, que corresponde a aproximadamente 44,42% da área mapeada (Tabela 14).

Segundo o Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH, 1991), esta classe apresenta problemas complexos de conservação e alta suscetibilidade à erosão, por isto são consideradas impróprias para cultivos intensivos, mas adaptadas para pastagens e reflorestamento. As principais formas de uso e ocupação do solo nessas glebas, encontrado no estudo, foram formação florestal e pastagem, com 24,98 km² e 24,39 km², respectivamente. Conforme pode ser observado na Tabela 15, 73,95% das áreas estão adequadas a sua capacidade de uso nas glebas classificadas como grupo B, Classe VII e subclasse “e”.

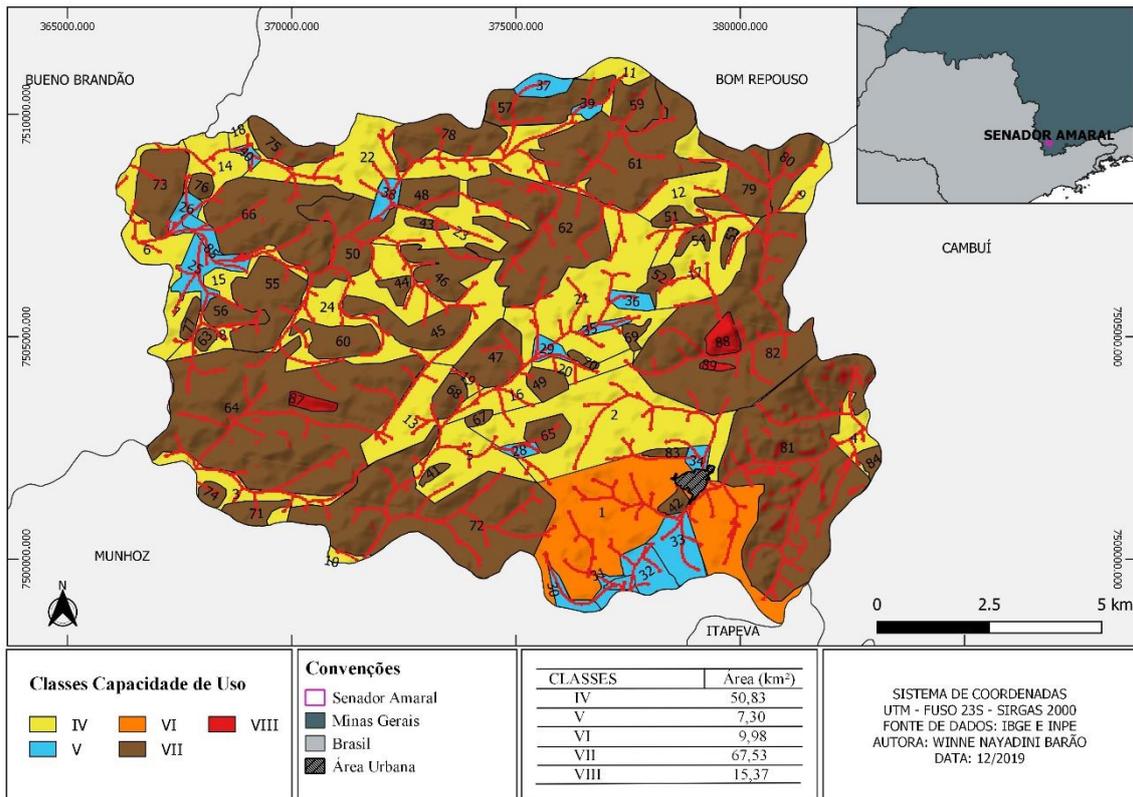


Figura 34 - Classificação da capacidade de uso da terra do município de Senador Amaral.

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 14 - Grupo, classe e subclasse de capacidade de uso do município de Senador Amaral (MG).

Grupo	Classes	Subclasse	Área (ha)	Área (%)
A	IV	<i>e</i>	5083	33,66
	V	<i>a</i>	730	4,83
B	VI	<i>e</i>	998	6,61
	VII	<i>e</i>	6753	44,72
C	VIII	<i>e</i>	1537	10,18

Fonte: Org. do autor (2019).

Tabela 15- Relação do uso e ocupação do solo com a capacidade de uso no município de Senador Amaral.

Uso e Ocupação	Capacidade de Uso					
	Área (km ²)					
	IVe	Va	VIe	VIIe	VIIIe	
Agricultura	1,28	0,25	0,95	2,8	0,78	
Formação Floresta	3,68	1,26	1,92	24,98	6,47	
Lagos, Represas e Rios	0,13	0,07	0,12	0,57	0,18	
Solo Exposto	6,36	1,49	1,86	13,95	1,92	
Pastagem	37,79	3,67	4,08	24,39	5,79	
Estufa	1,59	0,56	1,05	0,84	0,23	
Área Total por Classe	50,83	7,3	9,98	67,53	15,37	
Capacidade de Uso	Área (km ²)					
	Adequada	44,47	5	6,12	49,94	6,65
Conflitante	6,36	2,3	3,86	17,59	8,72	
Capacidade de Uso	Área (%)					TOTAL
	Adequada	87,49	68,49	61,32	73,95	
Conflitante	12,51	31,51	38,68	26,05	56,73	25,71%

Fonte: Org. do autor (2019).

A segunda classe mais expressiva encontrada, foi a Classe IVe, do grupo A, devido a predominância do relevo ondulado (8-20%), embora essas áreas possam apresentar problemas complexos de conservação, a sua suscetibilidade à erosão ainda vai de baixa a moderada devido a declividade. Lepsch (1991) defende o uso dessa categoria para fins agrícolas (culturas anuais e perenes), pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre. Em agosto de 2018, apenas 1,28 km², dessas áreas aptas ao cultivo de morango, batata e brócolis, eram ocupadas pela agricultura, enquanto 37,79 km² eram destinadas à pastagem (Tabela 15), o que pode significar o abandono e/ou pousio das áreas produtivas.

Tendo em vista, que a cada ciclo de cultivo do morango e da batata procura-se a utilização de uma nova área de plantio, permanecendo a que foi cultivada em pousio, como uma estratégia para desfavorecer a incidência de pragas e patógenos na cultura (CARVALHO, 2006).

A gleba 1, delimitada dentro da microbacia Ribeirão Fundo e classificada como Classe VI, embora também esteja localizada numa área onde há a predominância do relevo suave ondulado (3 a 8%) e ondulado (8 a 20%) apresenta problemas complexos de conservação e 18 áreas degradadas (Figura 25), apresentando limitações quanto ao risco à erosão, subclasse “e”. O conflito de uso do solo nesta categoria é de 38,68% (Tabela 15 e Figura 35).

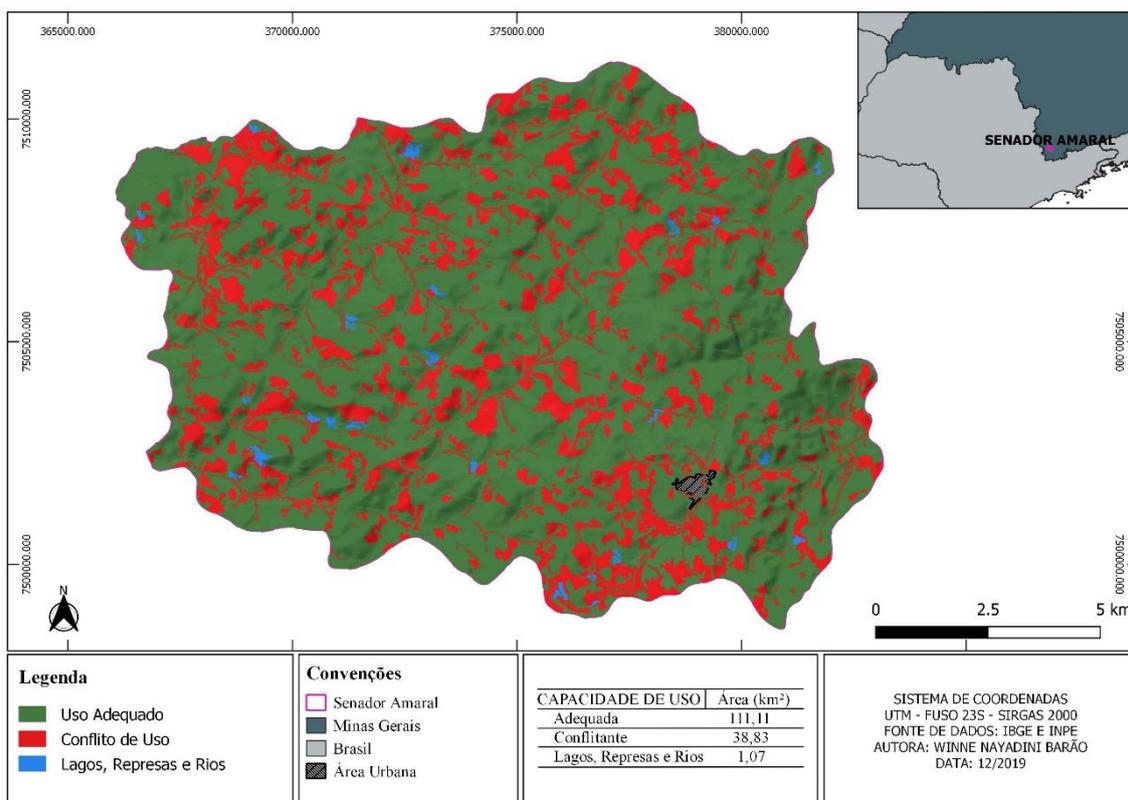


Figura 35 - Mapa de conflito de uso do solo de acordo com a capacidade de uso no município de Senador Amaral.

Fonte: Org. do autor (2019).

Analisando a distribuição das classes de solo dentro das microbacias hidrográficas do município de Senador Amaral, de acordo com o levantamento realizado pelo Instituto de Geografia e Estatística - IBGE (2018), verificou-se que existe a predominância de Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos (Figura 23), caracterizados por serem solos profundos ou muito profundos, bem drenados, com características favoráveis ao aproveitamento agrícola, embora apresentem limitações quanto à baixa fertilidade (EMBRAPA, 2013).

Esta categoria de solo apresenta baixa erodibilidade quando localizados em áreas de relevo plano (0 a 3%) e suave ondulado (3 a 8%) (LEPSCH, 1991; EMBRAPA, 2013; RAMOS et al., 2018), sendo este o principal fator de influência para a delimitação das glebas da Classe V, subclasse “a”, devido ao risco moderado a alto de inundação, apresentando limitação quanto aos excessos de água (Figura 34). De acordo com Lepsch (1991), essas terras são impróprias para cultivos intensos. A Classe Va, no presente estudo, está associada à áreas de várzeas, uma vez que foram constatados solos encharcados nessas glebas.

As glebas de relevo montanhoso (45 a 75%) e as APPs (nascentes, matas ciliares, encostas e topos de morros), foram classificadas como grupo C, Classe VIII e subclasse “e”, por também apresentar limitações associadas à erosão, em virtude principalmente a declividade e fragilidade destes ambientes, não são adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água (LEPSCH, 1991). A Classe VIIIe apresenta 56,73% de sua área em conflito, o que nos permite afirmar que essas áreas passam por intensa intervenção antrópica, pois são desenvolvidas atividades agrícolas e pecuárias em áreas que deveriam ser destinadas a preservação permanente.

Como observado através da análise integrada das formas de uso e ocupação e da classificação da capacidade, existem 38,83 km² (25,71%) em conflito de uso dentro das delimitações do município de Senador Amaral (Figura 35), sendo 17,59 km² na Classe VIIe (relevo fortemente ondulado), 8,72 km² na Classe VIIIe (relevo montanhoso e APPs), 6,36 km² na Classe IVe (relevo ondulado), 3,86 km² na Classe IVe (relevo plano e suave ondulado) e 2,3 km² na Classe Va (relevo plano e suave ondulado, com excesso de água). Ramos et al. (2018), observou também em seu estudo que o conflito de uso da terra concentra-se nas APPs e em áreas de relevo fortemente ondulado, onde às declividades mais acentuadas com alta suscetibilidade aos processos erosivos.

O fator que mais influenciou na determinação da capacidade de uso da terra foi o relevo e a susceptibilidade à erosão, sendo as principais formas de uso recomendadas para o município de Senador Amaral, de acordo com o sistema de classificação proposto por Lepsch (1991), pastagens, reflorestamento e preservação da vida silvestre. Deve-se destacar ainda que existe um número significativo de áreas aptas para o cultivo de culturas anuais e perenes, dentro das delimitações do município.

Embora o município de Senador Amaral possua 74,29% de suas terras adequadas a capacidade de uso, é evidente a ausência de práticas conservacionistas, principalmente, ao realizar o manejo de áreas agrícolas. Este fator contribui para o aumento dos processos erosivos e agravamento dos processos de degradação (BERTOL et al., 2006; CASTRO; COGO; VOLK, 2006; AMARAL et al., 2013). Flauzino (2012), ao analisar análise da capacidade de uso na sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira também evidenciou processos avançados de degradação, com o desenvolvimento de feições erosivas, em áreas utilizadas dentro da capacidade de uso devido a falta de manejo adequado dos solos.

6. CONCLUSÕES

As delimitações das microbacias hidrográficas, altimetria, declividade, formas do relevo, unidades pedológicas e litólicas do município tornaram-se ferramentas importantes para compreensão da dinâmica do uso e ocupação do solo, por permitir reconhecer as correlações existentes entre os diversos elementos e processos que atuam nos limites do município de Senador Amaral, colaborando para a sua caracterização ambiental e geomorfológica.

As áreas degradadas mais representativas mapeadas no estudo estão localizadas próximas aos recursos hídricos e principalmente na região de expansão das atividades agrícolas. Cerca de 50,98% dos pontos caracterizados situam-se dentro da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí (Médio Sapucaí – GD5), embora esta ocupe apenas 49,23 km² da área municipal, apresentou intensos processos erosivos, principalmente dentro da microbacia hidrográfica do Ribeirão Fundo.

A expansão agrícola dentro do município de Senador Amaral foram instaladas, principalmente, na porção Leste, próximo ao centro urbano, dentro da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, onde se concentram a maior partes das estufas produtivas.

Atualmente, a classe de uso mais expressiva na região é a de pastagem, representando 50,14% da cobertura do solo. O aumento desta classe de uso pode estar relacionada ao pousio e/ou abandono das áreas produtivas, ao desenvolvimento de pragas e/ou doenças e a degradação do solo, devido à falta de aplicação de práticas conservacionistas, tendo em vista que a principal atividade econômica do município é voltada para a agricultura, produção de morango, batata, brócolis e flores.

Com base na legislação vigente Lei 12.651 de 2012 associado, a seus dispositivos complementares (Lei 12.727/2012 e Decreto 7.830/2012) e ao uso das geotecnologias, foi possível delimitar e quantificar as áreas em conflito de uso em APPs, levando em consideração cada uma das particularidades encontradas nas delimitações do município.

O cenário de degradação fica explícito ao verificarmos que 57,68% das APPs encontram-se em não conformidade com o CFB. Diante desse quadro, se faz necessária a

adoção de medidas que auxiliem na recuperação destas áreas, para mitigar os impactos ambientais, conter os avanços de degradação e garantir o cumprimento da legislação ambiental.

Por meio da análise integrada das formas de uso e ocupação e da classificação da capacidade, foi possível verificar que existem 38,83 km² em conflito de uso dentro das delimitações do município de Senador Amaral (25,71%), sendo 17,59 km² na Classe VIIe (relevo fortemente ondulado), 8,72 km² na Classe VIIIe (relevo montanhoso e APPs), 6,36 km² na Classe IVe (relevo ondulado), 3,86 km² na Classe IVe (relevo plano e suave ondulado) e 2,3 km² na Classe Va (relevo plano e suave ondulado, com excesso de água).

Os usos dos solos mais recomendados para o município de Senador Amaral são as pastagens, o reflorestamento e preservação da vida silvestre, no entanto, há um número significativo de áreas aptas também para o cultivo de culturas anuais e perenes, dentro de seus limites.

Senador Amaral possui 74,29% de suas terras adequadas a capacidade de uso, entretanto, a fim de manter a sustentabilidade dos solos e ecossistemas, recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas e a adequação das áreas em conflito.

Vale ressaltar ainda a necessidade da implementação de ações educacionais voltadas a população e produtores rurais, a criação de um planejamento estratégico para gestão dos recursos hídricos municipais e a recuperação das áreas de preservação permanentes.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. J.; COGO, N.P.; BERTOL, I; SANTOS, P. G.; WERNER, R.S. Erosão hídrica e escoamento superficial em função de tipos e doses de resíduo cultural em dois métodos de seta. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.12, n. 2, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96968/1/artigo-alexandre3.pdf>; Acesso em: 10 abr. 2019.

ARAÚJO, E.; MARTINS, H.; BARRETO, P.; LIMA, A. C. **Áreas protegidas da Amazônia legal com mais alertas de desmatamento em 2012-2013**. Belém: IMAZON, p.32, 2013. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/areas-protetidas-da-amazonia-legal-com-mais-alertas-de-desmatamento-em-2012-2013/>. Acesso em: 05 abr. 2019.

ASSMANN, S. M. **NA BEIRA DO RIO TEM UMA PLANTAÇÃO: estudando o novo código florestal na bacia do Ribeirão Paraíso, Jataí**. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí (CAJ/UFG), Goiás, 2016. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6761/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Suelem%20Martini%20Assmann%20-%202016.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.

BACELLAR, L. de A. P. **Condicionantes geológicas, geomorfológicas e geotécnicas dos mecanismos de voçorocamento na Bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. COPPE/UFRJ. Tese de doutorado, 2000.

BERGAMIM, J. S. Impactos ambientais e agricultura familiar: como esta relação apresenta-se no espaço rural paranaense. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.1, n.38, p. 206-214, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/4675/467546196019/>. Acesso em: 05 abr. 2019.

BERTOL, I.; AMARAL, A. J.; VÁZQUEZ, E. V.; GONZÁLEZ, A. P. et al. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 543-553, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832006000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 10 abr. 2019.

BERTOLINI, D.; BELLINAZZI JUNIOR, R. **Levantamento do meio físico para determinação da capacidade de uso das terras**. Campinas, p. 29. 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4ª. ed. São Paulo: Ícone, (Brasil Agrícola), 355 p., 1999.

BOLFE, E. L.; VICTÓRIA, D. C.; CONTINI, L.; BAYMA-SILVA, G. et al. MATOPIBA em crescimento agrícola: aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 38-62, 2016. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1202>. Acesso em: 03 abr. 2019.

BORÉM, R. A. T.; VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R., BORÉM, F. M.; SILVA, L. D. O. Geotecnologias na análise e mapeamento de áreas de preservação permanente na

Mantiqueira de Minas. In: **Embrapa Café-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, IX, Curitiba. Anais. Brasília, DF: Embrapa Café, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1041251/geotecnologias-na-analise-e-mapeamento-de-areas-de-preservacao-permanente-na-mantiqueira-de-minas>. Acesso em: 26 maio 2019.

BRASIL. **Decreto N° 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Decreta o código florestal. Brasília, DF, 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm. Acesso em: 20 jun. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização o Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm. Acessado em 03 abr. 2019.

BRASIL. **Lei N° 11.428, Lei do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF, 22 dez. 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm. Acesso em: 03 jun. 2019.

BRASIL. **Lei N° 12.651: Código Florestal**. Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 03 abr. 2019.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Revogada pela Lei nº 12.651, de 2012. Texto para impressão. Institui o Código Florestal Brasileiro. Brasília, DF, 1965. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm. Acessado em 03 abr. 2019.

BRITES, R. S. **Verificação da exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeitos de diferentes estratégias de amostragens e avaliação de índices de exatidão**. 1996. 101 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9166>. Acesso em: 05 mar. 2019.

BRITO, E. M.; MELLO, K.; COSTA, D. R.; FARIA, L. C. et al. Geotecnologias aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo visando o planejamento ambiental. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 577, 2016. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2074>. Acesso em: 02 jun. 2019.

BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. Sete teses sobre o mundo rural brasileiro. **Revista de Política Agrícola, Brasília**, DF, ano 22, n. 2, p. 105-122, 2013. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/311/259>. Acesso em: 03 abr. 2019.

CÂMARA, G. MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: **ASSAD, E.D., SANO, E.E.** Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura. 2 ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 3 – 11.

CAMPOS, M. **Diagnóstico do conflito de uso do solo em áreas de preservação permanente do Ribeirão das Posses (Igarauçu do Tietê-SP) visando a conservação dos recursos hídricos**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu, Botucatu, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/126479>. Acesso em: 06 abr. 2019.

CARVALHO, E. B. **Legislação florestal, território e modernização: o caso do Estado do Paraná 1907-1960**. XXIV Simpósio Nacional de História, 2007. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ILQhLTmUDIUIJ:snh2007.anpuh.org/resources/content/anais/Ely%2520Bergo%2520de%2520Carvalho.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 02 jun. 2019.

CARVALHO, S. P. (Coord.). **Boletim do Morango: Cultivo Convencional Segurança Alimentar; Cultivo Orgânico**. Belo Horizonte (MG): FAEMG. p. 159, 2006.

CASTRO, F.A.T. Juventude rural e as contribuições do projeto transformar de capacitação de jovens rurais no Sul de Minas (2006-2013). **Em Extensão**, Uberlândia, v. 15, n. 2, p. 9-40, 2016. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/33822>. Acesso em: 03 abr. 2019.

CASTRO, L.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 339-352, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n2/a14v30n2.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

CHEROBIN, S. F. **Estimativa de erosão e sua relação com os diferentes mecanismos erosivos atuantes: estudo da voçoroca Vila Alegre**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2967/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_%20EstimativaEros%C3%A3oRela%C3%A7%C3%A3o.PDF. Acesso em: 12 abr. 2019.

CODEMIG, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. **Portal da Geologia de Minas Gerais**. 2014. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 05 abr 2019.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 01, p. 37-46, 1960. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/001316446002000104?journalCode=epma>. Acesso em: 05 mar. 2019.

COPASA. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí**. Belo Horizonte: Vida Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <http://www.cbhsapucaí.org.br/cbh/public/files/FASEA-DiagnosticoePrognostico.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2019.

CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G et al. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. **Scientia Cum Industria (sci. Cum Ind.)**,

Caxias do Sul, v. 1, n. 4, p.1-14, 2016. Disponível em:

www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/download/.../pdf/551. Acesso em: 06 abr. 2019.

COSTA, R. C. A. **Capacidade de uso do solo em bacias hidrográficas do Rio Tietê - SP.**

2018. 103 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista - UNESP *Câmpus* de Jaboticabal, São Paulo, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/180608>. Acesso em: 27 maio 2019.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O. et al. Usos da terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do rio da Prata, Castelo -ES. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 425-434, 2013. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872013000400001&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 maio 2019.

COUTINHO, M. P.; MEDEIROS, J. D.; SORIANO, É.; LONDE, L. R.; LEA, P. J. V. et al. O Código Florestal Atual (Lei Federal nº 12.651/2012) e suas implicações na prevenção de desastres naturais. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n. 2, p. 237-256, 2013. Disponível em:

http://periodicos.unb.br/index.php/sust/issue/view/761/Edi%C3%A7%C3%A3o%20Completa_v.%204%2C%20n.%202%20%282013%29. Acesso em: 20 maio 2019.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, Valdete et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: Inpe, 2001.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.**

IG/UNICAMP, Campinas – SP, v 1, p 193, 1992. Disponível em:

<https://www.passeidireto.com/arquivo/39445530/livro-alvaro-crosta-processamento-digital-de-imagens-de-sensoriamento-remoto-pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019.

DEMARCHI, J. C. **Geotecnologias aplicadas à estimativa de perdas de solo por erosão hídrica na sub-bacia do Ribeirão das Perobas, município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP.** 2012. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu, Botucatu, 2012. Disponível em: www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0870.pdf. Acesso em: 29 maio 2019.

DEMATTE, J. A. **Caracterização e Especialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra.** Piracicaba: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Campus de Piracicaba, p. 225, 2017. Disponível em:

<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2195487>. Acesso em: 04 jun. 2019.

DIAS, M.C.O.; PEREIRA, M.C.B.; DIAS, P.L.F.; VIRGÍNIO, J. F. Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos de atividades produtivas. **Banco do Nordeste**, Fortaleza CE, Brasil, p. 297, 1999. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/manual_bnb.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

DNPM - Departamento nacional de produção mineral, 2010, Brasília. **Anuário Mineral Brasileiro 2010**. Brasília: Ministério de Minas e Energia - MME, p. 871, 2010. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro-2010>. Acesso em: 03 jun. 2019.

EMBRAPA (Org.). **Degradação do solo pode prejudicar milhões de brasileiros**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/29735319/degradacao-do-solo-pode-prejudicar-milhoes-de-brasileiros>. Acesso em: 15 abr. 2019.

EMBRAPA (Org.). **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1). Disponível em: [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22EMBRAPA.%20Servico%20Nacional%20de%20Levantamento%20e%20Conservacao%20de%20Solos%20\(Rio%20de%20Janeiro,%20RJ\).%22](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22EMBRAPA.%20Servico%20Nacional%20de%20Levantamento%20e%20Conservacao%20de%20Solos%20(Rio%20de%20Janeiro,%20RJ).%22). Acesso em: 10 abr. 2019.

EMBRAPA (Org.). **Geotecnologias**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-geotecnologias/sobre-o-tema>. Acesso em: 30 maio 2019.

EMBRAPA (Org.). **Mandioquinha salsa Amarela de Senador Amaral**. 1998. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1583/mandioquinha-salsa-amarela-de-senador-amaral>. Acesso em: 30 maio 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.
ESRI. Environmental Systems Research Institute. **Free Trial: ArcGIS Pro**. 2019. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/trial>. Acesso em: 05 mar. 2019.

ESWARAN, H.; LAL, R.; REICH, P. F. Land degradation: an overview. **In: BRIDGES, E.M. et al. (eds.). Responses to Land Degradation**. Proc. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen, Thailand. Oxford Press, New Delhi, India, p.1-25, 2001. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/edu/college/?cid=nrcs142p2_054028. Acesso em: 10 abr. 2019.

FAEMG. Federação da agricultura e pecuária do estado de Minas Gerais. **Tem Morango na Terra do Café**. 2016. Disponível em: <http://www.faemg.org.br/Noticia.aspx?Code=6878&ContentVersion=C>. Acesso em: 03 abr. 2019.

FAO. **A importância da conservação dos solos para a produção de alimentos no mundo**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1116677/>. Acesso em: 10 abr. 2019.

FERNANDES, E.N.; FERNANDEZ FILHO, E. I.; SILVA, E. Integração de sistemas de informações geográficas e sistemas especialistas para avaliação da aptidão agrícola das terras em bacias hidrográficas. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.23, n.1, p.75-82, 1999.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica.** In: GUERRA, Antônio José T. & CUNHA, Sandra B. (orgs.). Geomorfologia e meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Cap. 3, 9. Ed., p. 123-194, 2010.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G.S.; CANIL, K.; SOUZA, M.D.; GOMES, M.A.F. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos.** Circular Técnica, 22. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, p. 7, 2011. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_22.pdf. Acesso em: 20 maio 2019.

FILIZOLA, H. F.; BOULET, R.; GOMES, M. A. F. Processos erosivos lineares em áreas de recarga do Aquífero Guarani. **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076631/1/Filizolaprocessos.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

FLAUZINO, B. K. **Degradação do solo pela erosão hídrica e capacidade de uso em sub-bacia hidrográfica piloto no Sul de Minas Gerais.** 2012. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012. Disponível em: <https://saturno.unifei.edu.br/bim/0039680.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 123 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=18GkH5X81XcC&oi=fnd&pg=PT6&dq=sensoriamento+remoto+livro&ots=yIWrqON-1V&sig=pi2zOGRhH-799iGp_EExqUcFcH0#v=onepage&q=sensoriamento%20remoto%20livro&f=false. Acesso em: 06 set. 2019.

FREITAS, R. E.; MENDONÇA, M. A. A. Expansão agrícola no Brasil e a participação da soja: 20 anos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 54, p. 497-516-516, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032016000300497. Acesso em: 03 abr. 2019.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. 2005. **Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira.** In: Galindo-Leal, C. & Câmara, I.G, (eds.). Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo, Conservação Internacional, Belo Horizonte. p. 43-59, 2005.

GARCIA, Y. M. **Conflitos de uso do solo em APPs na Bacia Hidrográfica do Córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental.** 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônomicas Campus de Botucatu, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90704>. Acesso em: 26 maio 2019.

GOMES, M. P.; GRÜNDLING, R. D. P.; CONTINI, E.; VIEIRA JÚNIOR, P. A. et al. Agricultura mundial: evolução, avanços e novos desafios. **In: Desafios do cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade**, Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, p. 11-44, 2016. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Junior7/publication/307593534_Agricultura_mundial_evolucao_avancos_e_novos_desafios/links/57cb097808ae5982518357cf/Agricultura-mundial-evolucao-avancos-e-novos-desafios.pdf#page=11. Acesso em: 03 abr. 2019.

GONG, P.; HOWARTH, P. An assessment of some factors influencing multispectral land-cover classification. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v. 56, n. 5, p. 597-603, 1990. Disponível em: <https://nature.berkeley.edu/~penggong/PDFpapers/GongPERS90Assess.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2019.

GRIFO, A. R.; FERREIRA, A. Conflitos de uso do solo-identificação na Quinta do Quinto. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. SPE, p. 1-10, 2017. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2017000500002&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 02 jun. 2019.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e Propriedades dos Solos Relevantes Para os Estudos Pedológicos e Análise Dos Processos Erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 19, 1996. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6168/4765>. Acesso em: 08 abr. 2019.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. D. C. O. Geomorfologia do Cotidiano - A degradação dos solos. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 4, n. Especial, p. 116-135, junho 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1906>. Acesso em: 08 abr. 2019.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 339 p.

GUERRA, C. P. **Conflitos de uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente no município de Jiquiriçá - BA**. 2017. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017. Disponível em: <http://www.repositoriodigital.ufrb.edu.br/handle/123456789/1222>. Acesso em: 21 maio 2019.

HOFFMANN, R. A agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil? Nota Técnica. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 417-421, 2014. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/1386/1376>. Acesso em: 03 abr. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de Dados Espacial 1:250.000, Brasil**. 2018. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/vetores/escala_250_mil/brasil. Acesso em: 02 abr. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017. Resultados preliminares**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Resultados Preliminares, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Senador Amaral**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 abr. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas Municipais do Brasil**. 2016. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/Brasil/BR/. Acesso em: 05 mar. 2019.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Climatedata: Senador Amaral**. 2018. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/senador-amaral-25002/>. Acesso em: 05 mar. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA: Mapa índice**. 2011. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 05 mar. 2019.

LAGE, M. C. S. M.; BORGES, J. F.; ROCHA JÚNIOR, S. Sítios de registros rupestres: monitoramento e conservação. **MNEME-Revista de Humanidades**, v. 6, n. 13, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/mneme/article/view/269>. Acesso em: 03 jun. 2019.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 01, p. 159-174, 1977. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2529310?seq=1#page_scan_tab_contents. Acesso em: 21 maio 2019.

LASCHEFSKI, K. A.; DUTRA, C.; DOULA, S. M. A legislação ambiental como foco de conflitos: uma análise a partir das representações sociais da natureza dos pequenos agricultores em Minas Gerais, Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 3, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/13209/pdf>. Acesso em: 26 maio 2019.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, p. 175, 1991.

LIRA, C., AMORIM, A., SILVA, A. N. e TABORDA, R., (2016). **Sistemas de Informação Geográfica: Análise de Dados de Satélite**. Lisboa, Portugal: DGRM, p. 115. E-book. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cristina_Ponte_Lira/publication/312383752_Sistemas_de_Informacao_Geografica_Analise_de_Dados_de_Satelite/links/587ccddc08ae9a860ff0adb1/Sistemas-de-Informacao-Geografica-Analise-de-Dados-de-Satelite.pdf. Acesso em: 03 dez. 2019.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 2, p.189-196, 1992. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87051992000200009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 maio 2019.

LOPES, C. A. **Ciclo da murchadeira da batata**. Brasília, Df: Embrapa Hortaliças, p. 2, 2015. Disponível em:

<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1040635&biblioteca=vazio&busca=1040635&qFacets=1040635&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 03 jun. 2019.

LOPES, A. M. A.; TASSIGNY, M. M.; TEIXEIRA, D. M. A redução das Áreas de Preservação Permanente de recursos hídricos pelo Novo Código Florestal e o princípio da proibição proteção deficiente. **Revista da Faculdade de Direito da UFG**, v. 41, n. 1, p. 46-65, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/revfd/article/view/42049/23279>. Acesso em: 23 maio 2019.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G.; ARAÚJO, A.R. **Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação**. Embrapa Gado de Corte-Artigo Em Anais de Congresso (ALICE), Ribeirão Preto, SP, p. 158-181, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95462/1/Degradacao-pastagens-alternativas-recuperacao-M-Macedo-Scot.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

MARCATTO, C. **Educação ambiental: conceitos e princípios**. Belo Horizonte: FEAM, p. 1-64, 2002. Disponível em: http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php?option=com_abook&view=book&catid=4:educacao-ambiental&id=391:educacao-ambiental-conceitos-e-principios. Acesso em: 10 abr. 2019.

MATOS, Í. D. **Custos econômicos associados à adequação do uso do solo visando o aumento de infiltração de água na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá**. 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Econômico, Universidade Estadual de Campinas Instituto de Economia, Campinas, 2017. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/322477/1/Matos_IsisDias_M.pdf. Acesso em: 05 abr. 2019.

MEC, Ministério da Educação. **Referenciais curriculares nacionais da educação profissional e técnica: Geomática**. Brasília, 2000. Disponível em: portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/geomatic.pdf. Acesso em: 30 maio 2019.

MEDEIROS, A. M. L. **O Geoprocessamento e Suas Tecnologias**. 2008. Disponível em: <http://www.clickgeo.com.br/geotecnologias-parte1/>. Acesso em: 30 maio 2019.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Modelos digitais de elevação na delimitação automática das sub-bacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0075.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2019.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000600023. Acesso em: 21 maio 2019.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Universidade de Brasília**, Brasília, 2012. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33333156/MENESES_ALMEIDA_2012_INTRO_AO_PROCESSAMENTO_DE_IMAGEM.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMENESES_and_ALMEIDA_2012_INTRO_AO_PROCES.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200131%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200131T014403Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=357ff6c7ad2764b336465722c67c5c86405ac63f0ecfe7bb01baa14ec271d715. Acesso em: 21 dez. 2019.

METZGER, Jean Paul. O Código Florestal tem base científica. **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2010. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/lepac/codigo_florestal/Metzger_N&C_2010.pdf. Acesso em: 25 maio 2019.

MINAS GERAIS, ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS. **Lei nº 20.619: 16 de outubro de 2013**. Incentivo à Cultura do Morango na região Sul de Minas. Brasília - DF, 2013. Disponível em: www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375. Acessado em 03 abr. 2019.

MINAS GERAIS. **Perfil da Agricultura Familiar de Minas Gerais**. Governo do Estado de Minas Gerais e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER-MG), Minas Gerais, v. 2, 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/images/files/Perfil%20da%20Agricultura%20Familiar%20v2.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2019.

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. Processos e modelagem da erosão: da parcela à bacia hidrográfica. In: PRADO, R B.; TURETTA, A.P.; ANDRADE, A.G. de (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 105-135, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/859117/manejo-e-conservacao-do-solo-e-da-agua-no-contexto-das-mudancas-ambientais>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**. 2010. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/202/arquivos/adequao_ambiental_publicao_web_202.pdf. Acesso em: 10 abr. 2019.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. D.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. D., SANTOS, G. D. et al. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 141-152, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872015000200141&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 27 maio 2019.

NARDINI, R. C. **Determinação do conflito de uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente da Microbacia do Ribeirão Água – Fria, Bofete (SP), visando a conservação dos recursos hídricos**. 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas *Câmpus* de Botucatu, São Paulo, 2009. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/93789/nardini_rc_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 26 maio 2019.

NASCIMENTO, D. T. F.; ROMÃO; P. A., SALES; M. M., VARGAS, C. A. L.; AMARAL, C. S. Mapeamento da suscetibilidade e potencialidade a processos erosivos laminares e lineares ao longo do duto OSBRA da Petrobras. *Geociências*, v. 35, n. 4, p. 585-597, 2016. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9973>. Acesso em: 10 nov. 2019.

NICOLETE, D. A. P.; CARVALHO, T. M.; POLONIO, V. D.; LEDA, V. C. et al. Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu - SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. *Anais*. INPE, 2015. Disponível em: www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0791.pdf. Acesso em: 03 mar. 2019.

OSGEO. **The Open Source Geospatial Foundation**. 2019. Disponível em: <https://www.osgeo.org/>. Acesso em: 26 nov. 2019.

PAIVA, C.F.E.; OLIVEIRA, V. S.; VENDRAME, I. R.; AULICINO, L. C. M. Estimativas das perdas de solo por erosão hídrica na bacia do rio Una Taubaté-SP com o emprego de sensoriamento remoto. *Anais XI SBSR*, Belo Horizonte, p.1407-1414, 2003. Disponível em: <https://www.marte.sid.inpe.br/archive.cgi/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.17.28>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. *Geosciences*, Basileia, v. 5, n. 2, p.117-126, 3 abr. 2015. MDPI AG. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274836182_A_New_European_Slope_Length_and_Steepness_Factor_LS-Factor_for_Modeling_Soil_Erosion_by_Water. Acesso em: 15 maio 2019.

PANZUTTI, N; MONTEIRO, A. V. Agricultura Familiar e Políticas Públicas. *Cadernos Ceru*, São Paulo, v. 25, n. 2, 06, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ceru/article/view/98767/97344>. Acesso em: 03 abr. 2019.

PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M. et al. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Ambiente e Água*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 472-485, abr. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n2/1980-993X-ambiagua-11-02-00472.pdf>. Acesso em: 21 maio 2018.

PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. 2002. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2002. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/13797>. Acesso em: 26 maio 2019.

PEREIRA, L. C.; TÔSTO, S. G. Capacidade do uso das terras como base para a avaliação do

desenvolvimento rural sustentável. In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NOVA TERRITORIALIDADES E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2. Anais. Recife: GRAPP, p. 9, 2012.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/944553/capacidade-do-uso-das-terras-como-base-para-a-avaliacao-do-desenvolvimento-rural-sustentavel>. Acesso em: 27 maio 2019.

PEREIRA, M. D. **Fungos micorrízicos arbusculares em cultivo de morangueiro no Sul de Minas Gerais**. 2016. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, 2016. Disponível em:

<https://memoria.ifs.ifsuldeminas.edu.br/index.php/noticias/1991-tcc> . Acesso em: 01 fev. 2019.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, Washington, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995. Disponível em:

https://www.jstor.org/stable/2886079?seq=1#page_scan_tab_contents. Acesso em: 18 maio 2019.

PIRES, T. B. **O uso e aptidão das terras agrícolas no Brasil; uma análise comparativa de 1940 a 2006**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-06102014-084628/pt-br.php>. Acesso em: 05 abr. 2019.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu - SP**. 2002. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho Faculdade de Ciências Agrônômicas Câmpus de Botucatu, Botucatu – SP, 2002. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101875>. Acesso em: 25 maio 2019.

PNUD. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2015**. 2015. Disponível em:

<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/idh/relatorios-de-desenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-200014.html>. Acesso em: 05 mar. 2019.

QGIS. **Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto**. 2018. Disponível em:

https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html. Acesso em: 05 jun. 2018.

QUARESMA, L. F. **Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010 - 2030) de geologia, mineração e transformação mineral**. Brasília: Ministério de Minas e Energia - MME, p. 40, 2010. Disponível em:

http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P11_RT22_Perfil_da_Mineração_de_Bauxita.pdf/1713eb90-cbf9-42e5-a502-18abf47d9a1f. Acesso em: 03 jun. 2019.

QUEIROZ, L. F. **Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em mata com araucaria angustifolia no Sul de Minas Gerais**. 2018. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, 2018. Disponível em:

https://memoria.ifs.ifsuldeminas.edu.br/images/secretaria_sup/pagina_sec_sup/tcc/Larrisa_Fernandes_Queiroz.pdf. Acesso em: 05 abr. 2019.

QUIRINO, T. R.; IRIAS, L. J. M.; WRIGHT, J. T. C. **Impacto Agroambiental: perspectivas, problemas, prioridades**. São Paulo: Edgar Blücher, 184 p., 1999.

RAMOS, A. W. P.; LUZ, C. C. S.; NEVES, S. M. A. S.; FREITAS, L. E. et al. Análise da capacidade e conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Piraputanga-MT, Brasil **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 55, p. 812-827, 2018. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/16977>. Acesso em: 26 maio 2019.

REGAZZOLI, G. H. M.; CARDUCCI, C. E., GOERL, R. F.; KOHN, L. S.; Barbosa, J. S. Adequabilidade do uso de solos sob florestas plantadas em Curitibaanos, SC. **Agrarian**, v. 11, n. 41, p. 241-250, 2018. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7239/4686>. Acesso em: 27 maio 2019.

RIBEIRO, J. D. R. **Colheita da batata no sul de MG começa com dois meses de atraso**. 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2012/04/colheita-da-batata-no-sul-de-mg-comeca-com-dois-meses-de-atraso.html>. Acesso em: 02 jun. 2019.

RICHARDS, John A.; RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis**. Berlin et al.: Springer, 1999. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-30062-2>. Acesso em: 27 dez. 2019.

RODRIGUES, M. T. **Comportamento de sistemas de informações geográficas por meio de classificação supervisionada em diferentes bacias hidrográficas**. 2015. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/135950>. Acesso em: 05 mar. 2019.

RUIZ, L. F. C.; TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Árvore de decisão e a densidade mínima de amostras no mapeamento da cobertura da terra. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 1001-1007, 2014. Disponível em: www.scielo.br/pdf/cr/v44n6/a17114cr2013-0290.pdf. Acesso em: 05 mar. 2019.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 22, n.1, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228637>. Acesso em: 05 abr. 2019.

SANTOS, E. V.; MARIMON, M. P. C. Caracterização dos movimentos de massa na microbacia do rio Itoupava, Município de Rio do Sul/SC–Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-17, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2584>. Acesso em: 26 maio 2019.

SANTOS, F. T. C. **Os produtores rurais e a adoção das tecnologias de informação e**

comunicação: um estudo de caso sobre os morangueiros do município de Pouso Alegre. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade (dtecs), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/570/dissertacao_santos5_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 04 abr. 2019.

SANTOS, L. A. C. Utilização dos dados do Cadastro Ambiental Rural na análise de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente. **Tecnia**, v. 3, n. 1, p. 174-196, 2018. Disponível em: <http://revistas.ifg.edu.br/tecnia/index>. Acesso em: 25 maio 2019.

SBG, Comissão Especial de Nomenclatura Estratigráfica. Código brasileiro de nomenclatura estratigráfica guia de nomenclatura estratigráfica. Revista **Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 4, p. 370-415, dez. 1986. Disponível em: www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/download/11939/11484. Acesso em: 05 jul. 2019.

SCHÄFFER, W. B.; ROSA, M. R.; AQUINO, L. C. S.; MEDEIROS, J. D. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Áreas de Risco: o que uma coisa tem a ver com a outra. **Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA**, 2011. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/202/publicacao/202_publicacao01082011112029.pdf. Acesso em: 21 maio 2019.

SCHNEIDER, V. E.; MAGRIN, T. B.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. Análise da situação ambiental das Áreas de Preservação Permanente no município de São José dos Ausentes - RS. **Scientia Cum Industria**, Caxias do Sul, v. 4, n. 2, p.125-130, 10 out. 2016. Universidade Caxias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v4iss2p125>. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/4525/pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

SENADOR AMARAL. Prefeitura municipal. **História e dados**. 2019. Disponível em: <http://senadoramaral.mg.gov.br/historia-e-dados/>. Acesso em: 29 maio 2019.
SICAR. **Cadastro Ambiental Rural - CAR**. 2019. Disponível em: <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 05 mar. 2019.

SILVA, J. N. G.; MENEZES, S. S. M. “Sertão modernizado”: Transformações nas atividades agrícolas do município Porto da Folha/SE. **GeoUECE**, v. 4, n. 7, p. 181-200, 2015. Disponível em: <http://seer.uece.br/?journal=geoeuce&page=article&op=view&path%5B%5D=1362&path%5B%5D=1294>. Acesso em: 03 abr. 2019.

SILVA, M. G.; DIAS, M. M.; AMORIM JÚNIOR, P. C. G. Mudanças Organizacionais em Empreendimentos de Agricultura Familiar a partir do Acesso ao Programa Nacional de Alimentação Escolar. **Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR)**, Piracicaba-SP, v. 53, n. 02, p. 289-304, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032015000200289. Acesso em: 03 abr. 2019.

SILVA, M. R. **Estudo de sedimentos da bacia hidrográfica do Moji-Guaçu, com ênfase na determinação de metais.** (Dissertação de mestrado) – Curso Ciências, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-02092002-165919/pt-br.php>. Acesso em: 05 abr. 2019.

SILVA, M. R. **Gestão de embalagens de agrotóxicos - logística reversa em pequenos municípios brasileiros: o caso do município de Bom Repouso, MG.** (Dissertação de mestrado) – Curso da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2016a. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-30052016-102522/pt-br.php>. Acesso em: 05 abr. 2019.

SILVA, M. S. L. **Estudos da erosão.** Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995. 22 p. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EGwqT-MDIX4J:https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/133340+&cd=10&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SILVA, W. L. **Fauna edáfica em mata de araucária do município de Senador Amaral no Sul de Minas Gerais.** 2016. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, 2016b. Disponível em: https://memoria.ifs.ifsuldeminas.edu.br/images/secretaria_sup/pagina_sec_sup/tcc/Washington_Luiz_da_Silva.PDF. Acesso em: 08 abr. 2019.

SILVEIRA, G. R. P.; CAMPOS, S.; GONÇALVES, A. K.; BARROS, Z. X. et al. Geoprocessamento aplicado na espacialização da capacidade de uso do solo em uma área de importância agrícola. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 4, p. 363-371, 2015. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1888>. Acesso em: 02 jun. 2019.

SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C. T.; MANTOVANI, L. E.; ANJOS SIRTOLI, A. R.; CHISATO, O. F. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia agraria**, v. 9, n. 3, p. 317-329, 2008. Disponível em: <http://www.lageo.ufpr.br/arquivos/solo-relevo.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

SOARES, R. B.; SOARES, C. B. S. S.; COSTA, J. A. L.; COSTA, S. S et al. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/OLI. **Anais. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa – PB, INPE**, p. 4836-4843, 2015. Disponível em: www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0944.pdf. Acesso em: 02 mar. 2019.

SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura.** Tese (doutorado). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro 2010. Disponível em: https://bvssp.icict.fiocruz.br/pdf/25520_tese_wagner_25_03.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

VALE, J. R. B.; COSTA, J. A.; SANTOS, J. F.; SILVA, E. L. S.; FAVACHO, A. T. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará. **Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, Grajaú, v. 4, n. 13, p. 26-44, jan./abr. 2018. Disponível em:

<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/7884>. Acesso em: 02 mar. 2019.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 72 p. INPE-15318-RPE/818, 2014. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

VEIGA JUNIOR, W. G. O morango e sua evolução comercial. In: **CARVALHO, SP de (coord)**. Boletim de morango: cultivo convencional, segurança alimentar e cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG. p. 119-126, 2006. Disponível em: www.ceasaminas.com.br/informacoesmercado/artigos/evolucaomorango.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

VIEIRA-FILHO, J. E. R. Expansão da fronteira agrícola no Brasil: Desafios e perspectivas Texto para Discussão. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Rio de Janeiro, v. 2223, p. 7-28, 2016. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6909/1/td_2223.PDF. Acesso em: 03 abr. 2019.

VOLPATO, M. M. L.; SILVA, T. H.; BORGES, L. A. C.; PAULA, M. G. et al. **Cadastro Ambiental Rural para a agricultura familiar**. 238. ed. Belo Horizonte: Epamig, p. 7, 2016. Disponível em: http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9183/circular_tecnica_238.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 26 maio 2019.

ZANETTI, J.; BRAGA, F. L. S.; DUARTE, D. C. O. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem máxima verossimilhança, distância euclidiana, paralelepípedo e redes neurais em imagens VANT, utilizando o método de exatidão global, índice *kappa* e o tau. **IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA**, p. 244-250, 2017. Disponível em: http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_51.pdf. Acesso em: 26 nov. 2019.

ANEXO I – Ficha de caracterização de áreas degradadas

Data Visita:		Vistoria N°:		TIPO DE DEGRADAÇÃO			
				<input type="checkbox"/> Movimento de massa		<input type="checkbox"/> Erosão em pastagem	
LOCALIZAÇÃO				<input type="checkbox"/> Deslizamento em corte de estrada		<input type="checkbox"/> Área de empréstimo	
N° Identificação:		N° Fotos:		<input type="checkbox"/> Erosão em corte de estrada		<input type="checkbox"/> Queimada	
Local:				<input type="checkbox"/> Erosão em Talude		<input type="checkbox"/> Outros – O que:	
Coordenadas	E (m):	N (m):					
Declividade	H (m):	V (m):		DIMENSÕES			
				Comprimento (m):		Largura (m):	
CONDIÇÕES DE TEMPO				Profundidade (m):			
<input type="checkbox"/> Ensolarado		<input type="checkbox"/> Nublado		<input type="checkbox"/> Chuvoso			
				POSIÇÃO NA ENCOSTA			
CARACTERIZAÇÃO DO ENTORNO				<input type="checkbox"/> Topo		<input type="checkbox"/> Terço superior	
				<input type="checkbox"/> Terço inferior		<input type="checkbox"/> Planície	
				FORMA DA ENCOSTA			
				<input type="checkbox"/> Côncavo		<input type="checkbox"/> Convexo	
				<input type="checkbox"/> Retilíneo			
VEGETAÇÃO							
				SE EROSIÃO			
				<input type="checkbox"/> Ativa		<input type="checkbox"/> Dormente	
				<input type="checkbox"/> Estabilizada			
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO							
				FENOMENOLOGIA			
				<input type="checkbox"/> Recalque		<input type="checkbox"/> Superficial	
				<input type="checkbox"/> Abatimento		<input type="checkbox"/> Profundo	
PEDREGOSIDADE (tipo de fragmento e quantidade)				<input type="checkbox"/> Estágio Inicial		<input type="checkbox"/> Processo instalado	
				<input type="checkbox"/> Matacões instáveis		<input type="checkbox"/> Tipo ravinamento	
				<input type="checkbox"/> Recorrente		<input type="checkbox"/> Voçoroca	
				<input type="checkbox"/> Queda de blocos		<input type="checkbox"/> Planar	
				<input type="checkbox"/> Outros		<input type="checkbox"/> Conchoidal	
CONDIÇÕES E PADRÃO DE DRENAGEM							

Fonte: Flauzino (2012).

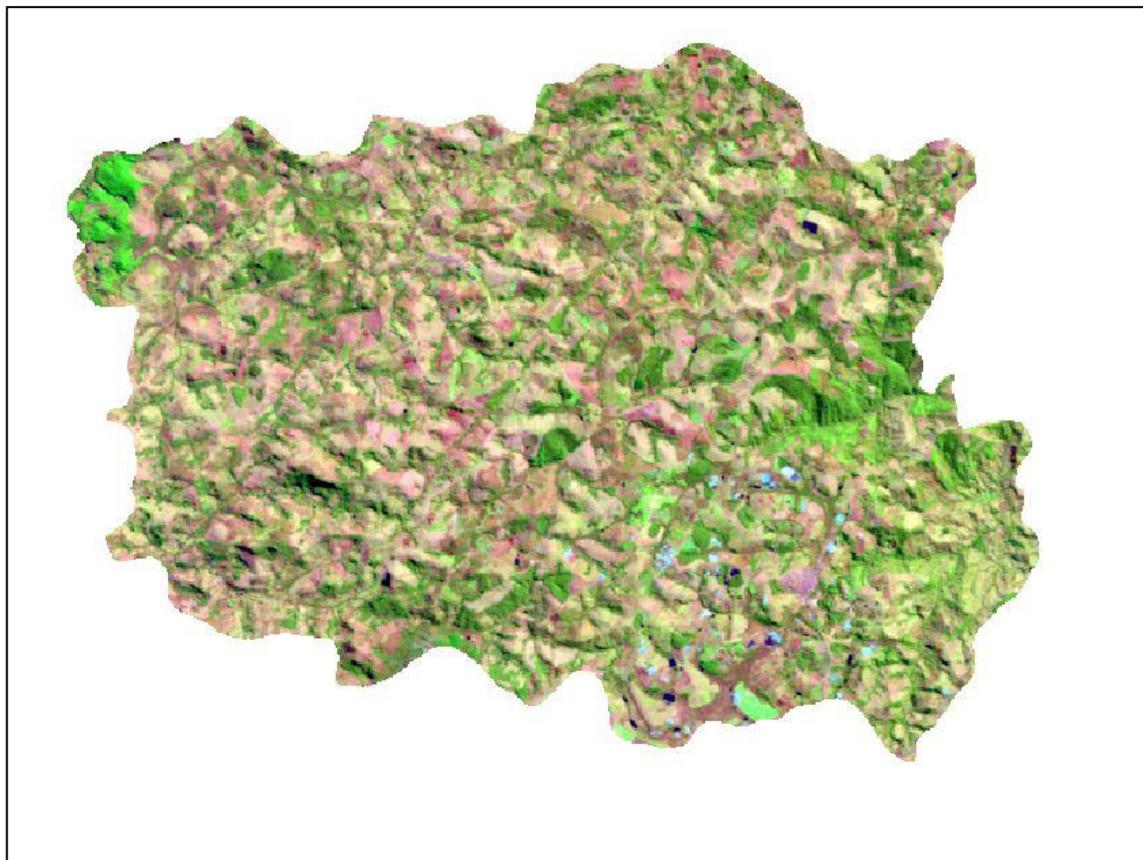
APÊNDICE I – Composição RGB das imagens do satélite *Landsat 5*

Figura 21- Composição RGB (5,4,3) do satélite *Landsat 5*.

Fonte: Org. do autor (2019)

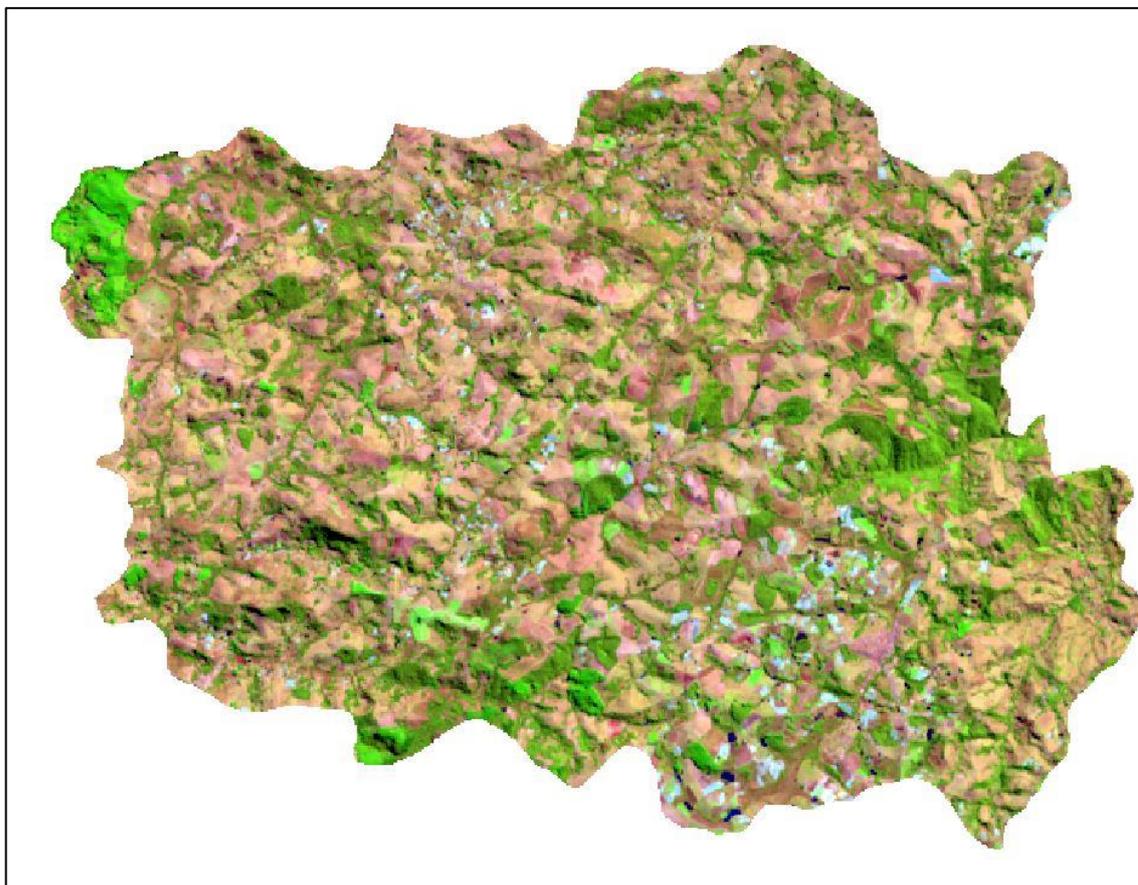
APÊNDICE II – Composição RGB das imagens do satélite *Landsat 8*

Figura 21- Composição RGB (6,5,4) do satélite *Landsat 8*.

Fonte: Org. do autor (2019)

APÊNDICE III – Conflito de Uso do Solo em APPs de acordo com a Lei 4.771 de 1965

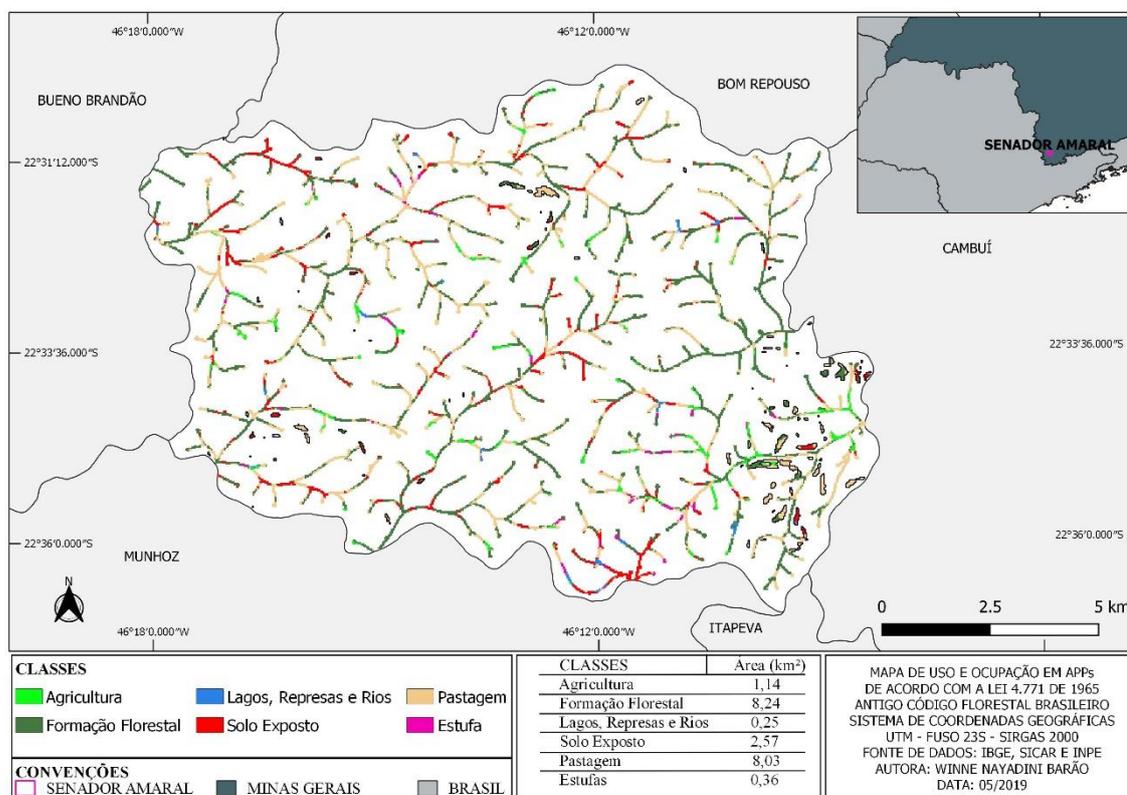


Figura 21- Mapa de uso e ocupação do solo em APPs no município de Senador Amarál (MG) em 2018 de acordo com a Lei 4.771 de 1965.

Fonte: Org. do autor (2019).