ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo em microbacias do município de Senador Amaral – MG

Winne Nayadini Barão¹, Eliane Guimaraes Pereira Melloni², Nívea Adriana Dias Pons³, Débora Luisa Silva Teixeira⁴

¹Mestranda em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá, Minas Gerais, CEP: 37500-903. winne_nayadini@hotmail.com. ²Doutora, Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá, Minas Gerais, CEP: 37500-903. eliane.melloni@gmail.com (autora correspondente) ³Doutora, Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá, Minas Gerais, CEP: 37500-903. niveadpons@gmail.com. ⁴Mestranda em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá, Minas Gerais, CEP: 37500-903. deborasteixeira@gmail.com.

Artigo recebido em 03/03/2021 e aceito em 20/04/2021

RESUMO

A intensificação do desmatamento em microbacias hidrográficas para instalação de atividades agropecuárias coloca em risco a conservação dos recursos naturais e o fornecimento de serviços ecossistêmicos. O presente trabalho teve como objetivo quantificar as áreas com conflito de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente (APPs) nas microbacias hidrográficas do município de Senador Amaral (MG), com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR). Para isto, foi elaborado o mapa de uso e cobertura do solo do município através do algoritmo de classificação supervisionada de máxima verossimilhança (MaxVer) de uma imagem obtida pelo satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 m. Foram delimitadas, ainda, as microbacias hidrográficas, as APPs de nascentes, encostas, topos de morros e zonas ripárias, por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento. A classe de uso do solo mais representativa em Senador Amaral foi a pastagem, ocupando 50,14% do território municipal, seguida pela formação florestal (25,37%) e solo exposto (16,60%). As APPs das microbacias hidrográficas estudadas representam 9,83% da área total do município, sendo que 57,68% dessas áreas encontra-se em não conformidade com a legislação ambiental, colocando em risco toda a biodiversidade local. Os resultados indicaram que a atividade predominante nas áreas em desacordo com a legislação é a pastagem, ressaltando a necessidade de implementação de ações educacionais direcionadas à população e da criação de um planejamento estratégico para a gestão dos recursos naturais municipais e recuperação ecológica das APPs.

Palavras-chave: áreas de preservação permanente; cadastro ambiental rural; código florestal; legislação ambiental.

Geoprocessing techniques applied to the study of conflict of soil use in microbacias of Senador Amaral - MG

ABSTRACT

The intensification of deforestation in watersheds for the agricultural activities installation puts at risk the natural resources conservation and the ecosystem services provision. The present work aimed to quantify the areas with conflict of land use in Permanent Preservation Areas (APPs) in the hydrographic basins of the Senador Amaral (MG) municipality, with the support of geoprocessing techniques and data provided by the National Environmental Registry of Rural Properties (SICAR). For this, the map of municipality land use/cover was elaborated through the supervised classification method of maximum likelihood (MaxVer) of an image obtained by the satellite Landsat 8, with spatial resolution of 30 m. The watersheds, APPs of springs, slopes, hilltops and riparian zones were also delimited, through the application of geoprocessing techniques. The most representative land use class in Senador Amaral was pasture, occupying 50.14% of the municipal territory, followed by forest formation (25.37%) and exposed soil (16.60%). The APPs of the studied watersheds represent 9.83% of the total area of the municipality, and 57.68% of these areas are not in compliance with environmental legislation, putting all local biodiversity at risk. The results indicated that the predominant activity in the areas at odds with the legislation is grazing, highlighting the need to implement educational actions directed at the population and the need to creation of a strategic plan for the municipal natural resources management and ecological recovery of APPs.

Keywords: permanent preservation areas; rural environmental register; forest code; environmental legislation.

Introdução

A expansão da agricultura no Brasil é marcada pela exploração predatória dos ecossistemas naturais em função da gradativa substituição da cobertura vegetal por áreas de cultivo (Brito et al., 2016; Moraes et al., 2017). Este processo é responsável 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 das microbacias hidrográficas (Leandro e Rocha, 2019).

A degradação ambiental desses espaços está intimamente associada ao desmatamento da vegetação nativa, ao manejo inadequado dos solos, à perda da produtividade agrícola, à ocorrência de pragas e doenças, e à intensificação dos processos erosivos (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 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, 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). Atualmente as APPs são regulamentadas pela Lei 12.651 de 2012 e seus dispositivos complementares, a Lei nº 12.727 e o Decreto nº 7.830.

Embora tenha acarretado um retrocesso ambiental 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 trouxe alguns avanços, principalmente, no que diz respeito ao monitoramento ambiental no país, através da criação do Sistema Nacional 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. Essas informações podem ser utilizadas no monitoramento do uso e ocupação do solo através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, sendo importante instrumento na gestão ambiental rural (Farias et al., 2018; Santos, 2018).

Após mais de oito anos da aprovação do atual CFB, o cenário de degradação e de conflito de uso do solo pode ser encontrado em diversas regiões do país, como verificado nos estudos de

Milanesi et al. (2015), Machado et al. (2017), Mesquita et al. (2017), Ramos et al. (2018) e Santos et al. (2019).

Nas bacias hidrográficas, as APPs são responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes, por estarem situadas às margens dos rios (zonas ripárias), no entorno de nascentes, encostas íngremes, topos de morro, entre outros locais especificados pelo CFB (Magalhães e Ferreira, 2000, Campagnolo et al., 2017). No entanto, o desenvolvimento da agricultura sem a adoção de medidas conservacionistas do solo e da água, principalmente de culturas temporárias com manejo convencional, podem ocasionar sérios problemas de degradação ambiental, mesmo em áreas aptas, devido à intensa movimentação da terra e o preparo do solo com o uso de implementos agrícolas (Silva, 2002; Silva, 2016a).

Tal degradação envolve alterações complexas nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do solo, que podem ocasionar redução da capacidade produtiva, erosões, desertificação, movimentos de massa e contaminação dos solos, sobretudo, a salinização e acidificação (Sampaio et al., 2005; Guerra e Jorge, 2012; Flauzino, 2012).

Nesse contexto, os estudos da dinâmica de uso e ocupação do solo, tornam-se primordiais no 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). Atualmente, as análises de conflito de uso e ocupação do solo tem dado enfoque às APPs, especialmente às nascentes e matas ciliares, devido à pressão antrópica exercida sobre essas áreas, às alterações ocorridas no CFB e ao cenário de degradação e escassez hídrica que tem afetado o abastecimento público em várias regiões do Brasil (Moreira et al., 2015; Santos, 2018; Santos e Brito, 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 no âmbito local, regional ou nacional. Diante deste cenário, Borém et al. (2015) destacam a importância da realização desses estudos na Serra da Mantiqueira, localizada no bioma Mata Atlântica, que se encontra altamente degradado, reduzido a fragmentos florestais pequenos e espaçados, resultando na alteração significativa dos ecossistemas ali presentes. Os autores ainda destacam a relevância do diagnóstico e

planejamento do uso e ocupação do solo, através da aplicação de técnicas de geoprocessamento, com o intuito de conter o aumento da fragmentação florestal, além de servir como base para o planejamento ambiental para a manutenção dos recursos hídricos.

O uso das geotecnologias, como Sensoriamento Remoto e SIG, são essenciais para a tomada de decisão com vistas ao planejamento e gestão sustentáveis do território (Bargos et al. 2017), principalmente em países de dimensões continentais e com carência de informações adequadas nesse processo (Câmara e Medeiros, 1998).

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 (Ferrari et al., 2015; Silveira et al., 2015). A aplicação das geotecnologias fornece, portanto, importante auxílio na implementação de práticas conservacionistas dos solos, visto que estes devem ser utilizados conforme a sua aptidão agrícola, levando-se sempre em consideração as suas potencialidades e limitações (Lepsch et al., 1991; Souza et al., 2019).

Tendo em vista a problemática exposta, o presente trabalho objetivou quantificar as áreas com conflito de uso do solo nas APPs do município de Senador Amaral-MG, bioma Mata Atlântica, com o auxílio técnicas de geoprocessamento e de dados disponibilizados pelo SICAR. O município em estudo está entre aqueles de maior altitude da Serra da Mantiqueira e um dos principais produtores de frutas vermelhas de Minas Gerais. A análise realizada se faz importante no entendimento da situação ambiental da área de estudo e no fornecimento de subsídios para o planejamento territorial e gestão dos recursos hídricos pelo poder público municipal.

Materiais e métodos

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 1). Segundo dados do IBGE (2010), sua população é de 5.225 habitantes.

Figura 1. Localização da área de estudo.

O município localiza-se a 1.496 metros de altitude, o que o coloca em primeiro lugar no ranking das cidades mais altas de Minas Gerais (Senador Amaral, 2018). 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 1.758 mm (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 em áreas de altitudes mais elevadas.

Mapeamento do uso e ocupação do solo

Foram utilizadas para esta etapa do trabalho imagens do satélite *Landsat 8* (sensor *Operational Land Imager OLI-TIRS*), com resolução espacial de 30 metros e radiométrica de 16 bits, disponibilizadas gratuitamente pelo *United States Geological Survey* (USGS), com data de passagem em 14 de agosto de 2018. O principal fator que influenciou na escolha desta data foi a qualidade das imagens disponíveis, com percentual de cobertura de nuvens inferior a 10% e ausência de interferências.

No software ArcGIS Pro (versão 2.2.0 2018) foram inseridos os dados no formato *raster* (imagens) e vetorial (delimitações do município), posteriormente reprojetados para o sistema de projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM), fuso 23S, *datum* planimétrico *World Geodetic System 84* (WGS 1984). De acordo com Santos (2018), o sistema UTM é o mais recomendado na execução de trabalhos com áreas de extensões que não ultrapassam mais de dois fusos, por apresentar menor distorção e melhor precisão.

Após a reprojeção das imagens foi realizada a composição falsa cor RGB (*red, green, blue*), utilizando-se das bandas 6 (infravermelho médio: 1,560 – 1,660 μm), 5 (infravermelho próximo: 0,845 – 0,885 μm) e 4 (vermelho: 0,630 – 0,680 μm), respectivamente. Esta composição RGB escolhida é a mais recomendada para estudos ambientais e de uso e ocupação do solo, por facilitar a interpretação dos objetos: água, solo e vegetação (Vale et al., 2018).

Para o processamento das imagens, aplicou-se como máscara de recorte o limite municipal de Senador Amaral, com o intuito de trabalhar somente com a área de interesse. A metodologia adotada para a determinação do uso e

ocupação do solo baseou-se na classificação supervisionada, utilizando-se o algoritmo estatístico da máxima verossimilhança (MaxVer). De acordo com Vale et al. (2018), esse é um dos métodos de classificação mais comuns e utilizados, por considerar a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando-se de parâmetros estatísticos com distribuição de probabilidade normal para cada classe.

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, bem como obter coordenadas de referência, que serviram de base para a escolha das amostras de treinamento.

A classificação foi antecedida pelo treinamento que consiste na obtenção de amostras de pixels de classes pré-definidas, de modo que o algoritmo de classificação seja treinado para identificar e agrupar os pixels dentro das classes correspondentes, da melhor forma possível (Santos, 2018). No mapeamento foram identificadas oito classes: Agricultura; Formação Florestal; Lagos, Represas e Rios; Solo Exposto; Pastagem; Estufa; Área Urbanizada e Mineradora, totalizando 120 amostras de treinamento. A validação dos resultados obtidos foi realizada 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, 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* do QGIS 3.6, selecionando-se o recorte da área de estudo na composição RGB e as amostras de validação e, a partir desse processamento, obteve-se a matriz de confusão. A partir da matriz de confusão é possível mensurar a qualidade da classificação, ou seja, o quanto as observações realizadas se afastam da verdade terrestre, indicando, assim, o quão confiáveis são as representações realizadas na classificação (Cohen, 1960). Landis e Koch (1977), associam o Índice *Kappa* à qualidade da classificação em sete níveis, que variam de 0 (péssima) a 1 (excelente).

Delimitação da rede de drenagem e microbacias hidrográficas

Para a delimitação da rede de drenagem e das microbacias hidrográficas foi empregado o mesmo procedimento metodológico aplicado no

estudo de Melati e Marcuzzo (2015) e Nicolete et al. (2015), 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 folha a partir do limite da área de estudo. Os passos seguintes foram divididos em quatro etapas, realizadas 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 se obter o divisor topográfico da bacia consistiram em: 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 *raster* foram convertidos para o formato *shapefile*.

Delimitação das Áreas de Preservação Permanente e do conflito de uso do solo

Para a delimitação das APPs em zonas ripárias, foram utilizadas as informações disponibilizadas pelo governo federal através da plataforma eletrônica do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2019), onde foram obtidos os polígonos no formato *shapefile* de 504 propriedades que, posteriormente, foram exportados para o Google Earth Pro e QGIS 3.6.

Na plataforma do Google Earth Pro verificou-se em quais áreas havia o uso antrópico consolidado antes do dia 22 de junho de 2008, conforme é determinado pela Lei 12.651/2012. Foram também determinadas na plataforma as larguras dos rios. O software QGIS 3.6 foi utilizado para realizar os recortes das APPs de nascentes e zonas ripárias, de acordo com o número de módulos fiscais de cada propriedade (Tabela 1). Foram gerados *buffers* para cada caso particular, a partir dos dados da rede de drenagem. Em casos de nascentes próximas, onde ocorreram sobreposições de áreas 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 1. Regras para a determinação das APPs de acordo com o Código Florestal Brasileiro.

Tamanho da propriedade em módulos	Nº de propriedades	Uso Antrópico Consolidado (Lei 12.651/12 - Art. 61º - A) *S = Sim/N = Não	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

Na identificação das APPs de encosta e topo de morro foram utilizados os dados altimétricos e de declividade, filtrando-se as

feições com declividade maior que 45° e feições com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°. Segundo Lopes et al. (2017),

com esta definição estabelecida pelo CFB tornou-se mais difícil encontrar elevações que sejam consideradas topos de morro, o que resultou numa diminuição considerável na proteção dessas áreas de recarga dos lençóis freáticos. Para identificar as áreas de conflito de uso do solo em APPs, utilizou-se da mesma metodologia aplicada por Moreira et al. (2015), Brito et al. (2016) e Santos (2018), realizando-se a sobreposição do mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2018 e das APPs.

Resultados e discussão

Mapa de uso e ocupação do solo do município de Senador Amaral (MG)

Com os resultados adquiridos por meio da classificação supervisionada, através do emprego do método de classificação MaxVer, foi obtido o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 2 e 3), com índice *Kappa* igual a 92,46% (0,9246). De acordo com Landis e Koch (1977), esse valor indica uma classificação com nível de qualidade 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.

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, equivalente a 50,14% (Figura 2 e 3). Muitas dessas áreas estão relacionadas ao pousio e/ou abandono das áreas produtivas, devido ao 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. No último Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) foram identificados 3.553 hectares de pastagens, 69,60% dessa área correspondente a pastagens naturais; 25,84% equivalente a pastagens plantadas em boas condições e 4,56% a pastagens em más condições.

As áreas ocupadas por estufa correspondem a 4,27 km² (2,83% do território), que são utilizadas para a produção de frutas vermelhas, principalmente do morango, cultivado em túneis baixos e estufas. Nesta classe, estão incluídas também as estufas de flores, que têm ganhado espaço no cenário econômico do município. Entre os anos de 2006 e 2017 houve um aumento de 4 para 291 hectares de área para cultivo de flores no município (IBGE, 2006; IBGE 2017). Grande parte dessas atividades foram estabelecidas na porção Leste do município, dentro da bacia do Rio Sapucaí (Figura 2).

Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo do município de Senador Amaral-MG.

Figura 3. Gráfico da distribuição das classes de uso e ocupação do solo (2018).

Na classe de solo exposto 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

que aguardam serem preparadas para um novo ciclo produtivo.

Em 2017, 70,2% das lavouras identificadas pelo Censo Agropecuário eram temporárias (IBGE, 2017) e 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 o expõe 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, o manejo convencional de culturas anuais tende a degradar mais rapidamente os ecossistemas onde estão inseridos.

Conforme relatado por Prado et al. (2010) e Costa et al. (2018), diversas regiões do país tem vivenciado o aumento de áreas degradadas e de processos de erosão, em todas as suas formas, resultando na perda de fertilidade do solo, empobrecimento de agricultores, assoreamento e contaminação de corpos hídricos e implicando no aumento do desmatamento visando novas áreas de produção. Silva (2016b) destaca que o desmatamento tem sido intensificado no município de Senador Amaral nos últimos anos, devido à expansão das áreas destinadas a atividades agropecuárias, colocando em risco toda a biodiversidade local.

Ressalta-se que a somatória das classes de pastagem e solo exposto correspondem a 66,74% do total da área do município e são locais que podem sofrer com processos erosivos de diferentes níveis de gravidade, visto que há uma redução significativa da cobertura do solo. A forma desordenada de produção tem causado não apenas a perda quantitativa do solo, mas a qualitativa, devido a reduções nos teores de matéria orgânica, de nutrientes disponíveis, diminuição da atividade

microbiana, e alterações físicas no perfil do solo (Prado et al., 2010; Ferreira et al., 2016). Portanto a adoção de práticas conservacionistas é de suma importância, pois busca conservar, melhorar e explorar racionalmente os recursos naturais, adotando o manejo integral do solo, água e recursos biológicos (Brown et al., 2018; Souza et al., 2020).

Conflitos de uso do solo em APPs nas principais microbacias hidrográficas

Senador Amaral encontra-se na divisa entre duas bacias hidrográficas (Figura 4). Cerca de 33,46%, da zona Leste do município situa-se dentro da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí (Médio Sapucaí - GD5). Já a zona Oeste pertence à bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu e Pardo (GD6), que ocupa 66,54% do município. Ambas integram a bacia do rio Grande, na região sudeste do país.

Com base no CFB (Brasil, 2012) e nos dados disponibilizados pelo SICAR, foi possível delimitar as APPs de nascente, encostas, topos de morro e zonas ripárias, assim como as áreas em conflito de uso do solo, por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento. Senador Amaral possui 14,84 km² de APPs, de acordo com a legislação vigente, correspondendo a 9,83% da área do município. Com a metodologia aplicada neste estudo foram encontradas 368 nascentes, sendo que 340 delas estão localizadas dentro das principais microbacias do município (Tabela 2).

Dentro dos limites da área de estudo, os principais rios encontrados são o Ribeirão do Cachoeirinha, Ribeirão da Correntinha e Ribeirão Fundo (Figura 4). O 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 4. Principais microbacias hidrográficas de Senador Amaral (MG).

A área de drenagem das microbacias em Senador Amaral corresponde a 147,13 km², e as principais contribuições são referentes a microbacia do Ribeirão do Cachoeirinha que possui uma área de drenagem de 51,85 km², correspondendo a 35,24% de todo território municipal e a do Ribeirão da Correntinha que possui uma área de drenagem de 24,14 km², com uma contribuição de 16,41%. Já a do Ribeirão Fundo tem uma extensão de 22,95 km² e contribui com 15,60% do escoamento hídrico.

É possível observar que em toda área que engloba as microbacias do município de Senador Amaral encontramos áreas de solo sem cobertura vegetal, correspondentes às classes de solo exposto e pastagem. De acordo com Prado et al. (2010) e Silva et al. (2017), a erosão hídrica é um dos principais fatores de degradação do solo e assoreamento de rios, ocasionando a perda da qualidade da água e degradação de ecossistemas aquáticos, gerando impactos que vão além da área erodida.

Podemos observar, conforme a Figura 5 e 6, que o município de Senador Amaral é cenário de conflitos de uso da terra, tendo em vista que foram identificados 6,69 km² destinados a pastagem, agricultura ou estufas em APPs. 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 a atividades agropecuárias, que na maioria das vezes resultam apenas em áreas degradadas.

O fato de grande parte das APPs terem sido desmatadas e estarem sendo utilizadas para pecuária e agricultura é preocupante, visto 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 et al., 2005; Coutinho et al., 2013; Macedo et al., 2014). Somado ao fator desmatamento, no ano de 2017, 60% dos estabelecimentos agropecuários do

município faziam uso de agrotóxicos (IBGE, 2017), e esse uso pode acarretar, ainda, poluição do ar, solo, água superficial e subterrânea, causando danos à saúde dos trabalhadores rurais e da população (Viero et al., 2016).

Estudos como o de Moreira et al. (2015), Bargas et al. (2017), Silva et al. (2017), Nardini et

al. (2019), Santos et al. (2019) e Lima e Nunes (2020) avaliaram o conflito de uso e ocupação do solo em APPs, em diferentes escalas e demonstram o descumprimento da legislação, assim como foi evidenciado no presente trabalho.

Figura 5. Mapa uso e ocupação do solo em APPs.

Figura 6. 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).

Lima e Nunes (2020), por exemplo, avaliaram os conflitos de uso do solo em uma propriedade rural no município de Desterro Entre Rios - MG, também inserido no bioma Mata Atlântica. As autoras identificaram a presença de um córrego que foi canalizado por um morador da região, demonstrando que as leis ambientais não são de pleno entendimento para muitas pessoas, o que pode desencadear problemas ambientais que extrapolam os limites das propriedades rurais, mesmo que nem sempre seja de forma intencional.

Ressalta-se, portanto, a necessidade de ações educacionais voltadas à população e produtores rurais, do planejamento e recuperação das áreas de preservação permanentes, além da garantia de uma maior e mais rigorosa fiscalização para cumprimento do Código Florestal Brasileiro e legislações ambientais vigentes (Rodrigues e Matavelli, 2020; Lima e Nunes, 2020).

Em todas as microbacias hidrográficas analisadas foi constatado o conflito de uso do solo em APPs, com uma área de 8,56 km² (Figura 7). Os resultados obtidos evidenciam a não conformidade com a legislação ambiental, sendo que a principal classe conflitante encontrada foi de pastagem, correspondente a 38,27% do uso do solo nas APPs da área de estudo. A pastagem também foi a principal tipologia de uso em desacordo com a legislação na microbacia do Ribeirão dos Passos, em Lorena-SP, conforme o trabalho realizado por Bargos et al. (2017). Ela foi identificada em aproximadamente 56,8% da área total das APPs na região, superando a soma das áreas correspondentes à vegetação natural, campos e

várzea (37,6% da área da bacia). Segundo as autoras, esse cenário poderia estar relacionado ao histórico de uso na região, onde a vegetação natural foi sendo descaracterizada pelo homem ao longo do tempo para dar lugar às atividades agrícolas e mais recentemente à pecuária.

Já em Senador Amaral, a representação expressiva da classe de pastagem está associada ao pousio e/ou abandono das áreas agrícolas, ao desenvolvimento de pragas e/ou doenças, à degradação do solo e à redução da capacidade produtiva dos espaços adjacentes. Esse processo de supressão da vegetação em APPs para fins agrícolas compromete a qualidade da água superficial e subterrânea, bem como a recarga dos aquíferos, além de provocar a perda de solo e a degradação dos mananciais (Tundisi e Tundisi, 2010; Randhir e Ekness, 2013; Brito et al., 2016).

No município de Senador Amaral 57,68% das APPs apresentaram uso conflitivo do solo (Figura 7). O valor encontrado foi superior aos obtidos por: Silva et al. (2017) na sub-bacia do Córrego dos Bois (MG), correspondente a 25,58%; e Santos et al. (2019), que identificou que 47,00% das áreas de APP na bacia do Rio Caldas (GO) apresentavam uso conflitivo do solo. Foi inferior, no entanto, a valores encontrados por Moreira et al. (2015) e Nardini et al (2019). Moreira et al. (2015) identificaram que 68,20% das áreas de APP do município de Muqui (ES) encontravam-se em desacordo com a legislação, enquanto Nardini et al. (2019) verificaram que 59,16% do território de APP na microbacia do Córrego Pedroso (PR) apresentava uso conflitivo.

Essas áreas são protegidas pelo atual CFB por serem sensíveis aos impactos ambientais e exercerem um papel importante na preservação do solo, dos recursos hídricos e da biodiversidade (Brasil, 2012). Os resultados obtidos no presente

estudo mostram uma realidade divergente do cenário ideal de preservação, visto que apenas 41,11% (6,10 km²) dessas áreas ainda apresenta cobertura vegetal.

Figura 7. Mapa de conflito de uso do solo em APPs.

Foi identificado, ainda, um número elevado de nascentes nas microbacias do município de Senador Amaral, totalizando 340 nascentes, sendo que 127 estão na microbacia do Ribeirão da Cachoeirinha (Tabela 2). Ubiali et al. (2019), destacam que os problemas quanto a preservação de nascentes, matas ciliares e topos de morro têm causado a redução da qualidade e quantidade de água das nascentes, poços e cursos d'água, favorecendo

processos de eutrofização, assoreamento e deformação do leito dos canais. A presença de áreas agrícolas nas APPs, por sua vez, pode contribuir para a contaminação de recursos hídricos, principalmente quando se trata de culturas com elevada aplicação de agrotóxicos (Faria et al., 2009; Brito et al., 2016), a exemplo do morango e da batata-inglesa, cultivados na região estudada.

Tabela 3. Número de nascentes localizadas dentro das principais microbacias hidrográficas do município.

Microbacia	Nº de nascentes
11 - Ribeirão do Cachoeirinha	127
5 - Ribeirão da Correntinha	63
8 - Ribeirão Fundo	59

10 - Ribeirão dos Três Irmãos	44
7 - Córrego dos Três Saltos	32
15 - Ribeirão da Invernada	15

O bioma Mata Atlântica, ao qual pertence o município de Senador Amaral, concentra grande parte da produção agropecuária e da população brasileira e teve uma significativa redução da sua vegetação, sendo um dos biomas brasileiros mais ameaçados (Prado et al., 2010, Santos et al., 2020). Além disso, abriga 7 das 9 maiores bacias hidrográficas do país e em sua extensão são desenvolvidas atividades econômicas como agricultura, turismo, pesca, geração de energia e abastecimento público de água (Bolzan, 2018), evidenciando a importância do desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a proteção de sua biodiversidade. Mapeamentos como o realizado no presente estudo permitem a identificação de áreas problemáticas e em não conformidade com a legislação ambiental vigente, direcionando ações prioritárias para a recuperação ecológica das APPs dentro das microbacias hidrográficas das áreas estudadas.

Coutinho et al. (2013), destacam que o levantamento das características do uso e ocupação do solo é fundamental para o planejamento da conservação dos recursos hídricos, em virtude desses estudos servirem de subsídio para a preposição e desenvolvimento de projetos de recuperação e preservação das APPs. Nesse contexto, as ferramentas de geoprocessamento tem-se mostrado cada vez mais um recurso eficaz e necessário na busca de dados e na confecção de mapas temáticos que visam auxiliar as tomadas de decisões tanto de nível local, regional ou nacional (Moreira et al., 2015; Bargas et al., 2017).

Através dos mapas de uso e ocupação elaborados para o município de Senador Amaral fica evidente que muitas das áreas de preservação permanente, declaradas no SICAR, não possuem vegetação nativa, ou seja, estão em desacordo com o CFB, sendo ocupadas principalmente por atividades de agricultura, pastagem e solo exposto.

Nesse sentido, a educação ambiental é uma ferramenta poderosa no trabalho de sensibilização ambiental das atuais e futuras gerações (Bolzan, 2018). Marcatto (2002) afirma que a educação ambiental tem o poder transformador, que objetiva a construção de uma nova visão e posturas em relação ao meio ambiente. Sendo assim, são necessários trabalhos voltados para a conscientização de toda a

comunidade, envolvendo todos os segmentos da população, principalmente os produtores rurais, com projetos que visem a recuperação dessas áreas e incentivem a adoção de práticas conservacionistas do solo nas áreas produtivas

Conclusões

O presente trabalho buscou quantificar as áreas com uso conflitivo do solo nas APPs do município de Senador Amaral, através do uso de técnicas de geoprocessamento e de dados disponibilizados pelo SICAR. A metodologia utilizada permitiu quantificar as áreas em desconformidade com o CFB (Lei nº 12.651/2012), tendo sido adequada para o alcance do objetivo proposto.

Atualmente, a pastagem é a classe de uso mais expressiva no município, estando presente em 50,14% do território. O aumento desta classe de uso pode estar relacionado ao pousio e/ou abandono das áreas produtivas e à degradação do solo decorrente da falta de aplicação de práticas conservacionistas na produção agrícola, principal atividade econômica do município.

Em relação às APPs, o cenário de degradação fica evidente ao verificar-se que 57,68% das mesmas encontram-se em não conformidade com o CFB (Lei nº 12.651/2012). Em toda a extensão do município foram encontradas APPs em conflito de uso e ocupação, principalmente, com a presença de pastagem e solo exposto. Tal exposição do solo, sem cobertura vegetal, favorece o processo de erosão hídrica, podendo acarretar a degradação do solo e dos recursos hídricos.

Se faz necessária, portanto, a adoção de medidas que auxiliem na recuperação destas áreas a fim de mitigar os impactos ambientais, conter os avanços de degradação e garantir o cumprimento da legislação ambiental. Nesse sentido, os resultados obtidos através desta pesquisa podem servir de subsídio para a elaboração de um plano de manejo municipal dos recursos hídricos e para a fiscalização ambiental.

As técnicas de geoprocessamento empregadas possibilitaram o levantamento de informações e dados confiáveis, que poderão auxiliar na construção, desenvolvimento e monitoramento de projetos de gestão do nível

micro ao macro, visando a promoção de um meio ambiente equilibrado e saudável a partir do emprego de políticas e práticas efetivas.

Agradecimentos: Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa as alunas Winne Nayadini Brandão e Débora Luisa Silva Teixeira.

Referências

- Araújo, E., Martins, H., Barreto, P., Lima, A.C., 2013. Áreas protegidas da Amazônia legal com mais alertas de desmatamento em 2012-2013. IMAZON, Belém.
- Bargos, D.C., Lago, G.M.T., Ferraz, F., 2017. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento e classificação das formas de uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente da microbacia do Ribeirão dos Passos (Lorena-SP). Caminhos de Geografia 18, 47-59.
- Bolzan, M., 2018. Relatório Anual de 2018. Centro de Experimentos Florestais SOS Mata Atlântica, São Paulo.
- Borém, R.A.T., Volpato, M.M.L., Alves, H.M.R., Borém, F.M., Silva, L.D.O., 2015. Geotecnologias na análise e mapeamento de áreas de preservação permanente na Mantiqueira de Minas. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 9, 2015, Curitiba. Anais. Brasília, DF: Embrapa Café.
- Brasil, 2012. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012: Código Florestal Brasileiro.
- Brito, E.M., Mello, K., Costa, D.R., Faria, L.C., Valente, R.A., 2016. Geotecnologias aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo visando o planejamento ambiental. Irriga 21, 577-590.
- Brown, V., Barbosa, F.T., Bertol, I., Mafra, A.L., Muzeka, L.M., 2018. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 13, e5501.
- Câmara, G., Medeiros, J.S., 1998. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E., Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura (2 ed). Embrapa, Brasília, pp. 3-11.
- Campagnolo, K., Silveira, G.L., Miola, A.C., Silva, R.L.L., 2017. Área de Preservação Permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. Ciência Florestal 27, 831-842.
- Cohen, J.A., 1960. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Psychological Measurement 20, 37-46.
- Costa, T.G.A., Iwata, B.F., Toledo, C.E., Coelho, J.V., Cunha, L.M., Clementino, G.E. dos S., Leopoldo, N.C.M., 2018. Dinâmica de Carbono do Solo em Unidade de Conservação do Cerrado Brasileiro sob diferentes fitofisionomias. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental 7, 306-323.
- Coutinho, M.P., Medeiros, J.D., Soriano, É., Londe, L.R., Leal, P.J.V., Saito, S.M., 2013. O Código Florestal Atual (Lei Federal nº 12.651/2012) e suas implicações na prevenção de desastres naturais. Sustentabilidade em Debate 4, 237-256.
- Demattê, J.A., 2017. Caracterização e Espacialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra. Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Dias, M.C.O., Pereira, M.C.B., Dias, P.L.F., Virgínio, J.F., 1999. Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos de atividades produtivas. Banco do Nordeste, Fortaleza.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. Degradação do solo pode prejudicar milhões de brasileiros. Brasília.
- FAO. Food and Agriculture Organization, 2018. A importância da conservação dos solos para a produção de alimentos no mundo. Brasília.
- Faria, V.H.F., Dias, B.M., Costa, M.C.M., Silva, V.R., Drummond, A.L., Franco, V.P., Cunha, M.R.R., Franklin, H.M.O.H., Peixoto, T.M.A.G., 2009. Avaliação de resíduos de agrotóxicos em polpa de morango industrializados. Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente 19, 49-56.
- Farias, M., Beltrão, N., Santos, C., Silva, C., 2018. Potencial do Cadastro Ambiental Rural (CAR) no controle do desmatamento em assentamentos no município de Novo Repartimento (PA). Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento 1, 179-199.
- Ferrari, J.L., Santos, A.R., Garcia, R.F., Amaral, A.A., Pereira, L.R., 2015. Análise de conflito de uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente do Ifes - Campus de Alegre, Município de Alegre, Espírito Santo. Floresta e Ambiente 22, 307-321.
- Ferreira, E.M., Andraus, M.P., Cardoso, A.A., Costa, L.F.S. Lôbo, L.M., Leandro, W.M., 2016. Recuperação de áreas degradadas, adubação verde e qualidade da água. Revista Monografias Ambientais 15, 228-246.
- Flauzino, B.K., 2012. Degradação do solo pela erosão hídrica e capacidade de uso em sub-bacia

- hidrográfica piloto no Sul de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Itajubá, Universidade Federal de Itajubá.
- Guerra, A.J.T., Jorge, M.D.C.O., 2012. Geomorfologia do Cotidiano - A degradação dos solos. *Revista Geonorte* 4, 116-135.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. Censo agropecuário 2006. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. IBGE Cidades: Senador Amaral. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Censo agropecuário 2017. Rio de Janeiro.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2018. Climatedata: Senador Amaral. Disponível: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/minasgerais/senador-amaral-25002/>. Acesso: 29 set. 2020.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. TOPODATA: Mapa índice. 2011. Disponível: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso: 20 jan. 2020.
- Landis, J.R., Koch, G.G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 159-174.
- Leandro, G.R.S., Rocha, P.C., 2019. Expansão agropecuária e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Sepotuba - Alto Paraguai, Mato Grosso - Brasil. *Sociedade & Natureza* 31, 1-21.
- Lepsch, I.F., Bellinazzi Júnior., R., Bertolini, D., Espíndola, C.R., 1991. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. SBCS, Campinas.
- Lima, C.A., Nunes, F.P., 2020. Conflitos no uso do solo e sua relação com a conservação ambiental: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 7, 691-705.
- Lopes, A.M.A., Tassigny, M.M., Teixeira D.M., 2017. 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* 41, 46-65.
- Macedo, M.C.M., Zimmer, A.H., Kichel, A.N., Almeida, R.G., Araújo, A.R., 2014. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: *Anais de Congresso, Ribeirão Preto*, pp. 158-181.
- Machado, T.C.E., Campos, M.C.C., Pagani, C.H.P., Cunha, J.M., Soares, M.D.R., 2017. Avaliação do uso e ocupação das Áreas de Preservação Permanente nos anos de 2008 e 2013 na zona urbana de Humaitá, Amazonas. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde* 15, 744-750.
- Magalhães C.S., Ferreira R.M., 2000. Áreas de preservação permanente em uma microbacia. *Informe Agropecuário* 207, 33-39.
- Marcatto, C., 2002. Educação ambiental: conceitos e princípios. FEAM, Belo Horizonte.
- MEC. Ministério da Educação, 2000. Referenciais curriculares nacionais da educação profissional e técnica: Geomática. Brasília.
- Melati, M.D., Marcuzzo, F.F.N., 2015. Modelos digitais de elevação na delimitação automática das sub-bacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul. In: *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos: INPE.
- Mesquita, F.N., Silvestre, K.S., Steinke, V.A., 2017. Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. *Revista Brasileira de Geografia Física* 10, 722-734.
- Milanesi, J., Chiappetti, A.B., Soster, A.R.M., Quadros, E.L.L., Lahm, R.A., 2015. Análise multitemporal da ocupação irregular nas Áreas de Preservação Permanente (APP) sub-bacia do Arroio Manresa - Porto Alegre/RS. *Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia* 3, 67-78.
- Moraes, M.C.P., Mello, K., Toppa, R.H., 2017. Protected areas and agricultural expansion: biodiversity conservation versus economic growth in the southeast of Brazil. *Journal Of Environmental Management* 188, 73-84.
- Moreira, T.R., Santos, A.D., Dalfi, R.L., Campos, R.D., Santos, G.D., 2015. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente* 22, 141-152.
- Nardini, R.C., Gomes, L.N., Ribeiro, F.L., Lopes, P. A., Vendrame, P.R.S., 2019. Avaliação das áreas de conflito de uso em Áreas de Preservação Permanente do Córrego Pedroso - PR. *Ciência Geográfica* 23, 644-653.
- Nicolete, D.A.P., Carvalho, T. M., Polonio, V. D., Leda, V.C., 2015. Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu - SP. In: *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos: INPE.

- Pereira, B.W.F., Maciel, M.N.M., Oliveira, F.A., Alves, M.A.M., 2016. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Ambiente e Água* 11, 472-485.
- Prado, R.B., Turetta, A.P.D., Andrade, A.G. (org.), 2010. Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- QGIS. Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto, 2018. Disponível: https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html. Acesso: 19 jan. 2020.
- Ramos, A.W.P., Luz, C.C.S., Neves, S.M.A.S., Freitas, L.E., 2018. Análise da capacidade e conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Piraputanga-MT, Brasil. *Caderno de Geografia* 28, 812-827.
- Randhir, T.O., Ekness, P., 2013. Water quality change and habitat potential in riparian ecosystems. *Ecohydrology and hydrobiology*, Lodz 13, 192-200.
- Rodrigues, A.R., Matavelli, C.J., 2020. As principais alterações do Código Florestal Brasileiro. *Revista Brasileira de Criminalística* 9, 28-35.
- Rodrigues, M.T., 2015. Comportamento de sistemas de informações geográficas por meio de classificação supervisionada em diferentes bacias hidrográficas. Tese (Doutorado). Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrônomicas.
- Sampaio, E.V.S.B., Araújo, M.S.B., Sampaio, Y.S.B., 2005. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista de Geografia* 22, 90-112.
- Santos, L.A.C., 2018. Utilização dos dados do Cadastro Ambiental Rural na análise de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente. *Tecnia* 3, 174-196.
- Santos, L.A.C., Vieira, L.M.F., Martins, P.T.A., Ferreira, A.A., 2019. Conflitos de Uso e Cobertura do Solo para o Período de 1985 a 2017 na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas-GO. *Fronteiras: Journal Of Social, Technological and Environmental Science* 8, 189-211.
- Santos, L.C.L., Brito, G.H.M., 2018. Delimitação das áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do Rio dos Patos, GO e identificação dos conflitos de uso de solo. *Ipê Agronomic Journal* 2, 53-61.
- Santos, L.D., Schlindwein, S.L., Fantini, A C., Henkes, J.A., Belderrain, M.C.N., 2020. Dinâmica do desmatamento da Mata Atlântica: causas e consequências. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental* 9, 378-402.
- Schneider, V.E., Magrin, T.B., Cemin, G., Santos, G.M., 2016. Análise da situação ambiental das Áreas de Preservação Permanente no município de São José dos Ausentes - RS. *Scientia Cum Industria* 4, 125-130.
- Senador Amaral. Prefeitura Municipal de Senador Amaral, 2018. Histórico e dados do município de Senador Amaral. Disponível: <https://senadoramaral.mg.gov.br/simbolos-municipais/>. Acesso: 27 set. 2020.
- SICAR. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, 2019. Cadastro Ambiental Rural - CAR. Disponível: <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso: 15 jan. 2020.
- Silva, M.R.C., 2002. Estudo de sedimentos da bacia hidrográfica do Moji-Guaçu, com ênfase na determinação de metais. Dissertação (Mestrado). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos.
- Silva, M.R., 2016a. Gestão de embalagens de agrotóxicos - logística reversa em pequenos municípios brasileiros: o caso do município de Bom Repouso, MG. Dissertação (Mestrado). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos.
- Silva, M.S., Bueno, I.T., Acerbi Júnior, F.W., Borges, L.A.C., Calegario, N., 2017. Avaliação da cobertura do solo como indicador de gestão de recursos hídricos: um caso de estudo na sub-bacia do Córrego dos Bois, Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 22, 445-452.
- Silva, W.L., 2016b. Fauna edáfica em mata de araucária do município de Senador Amaral no Sul de Minas Gerais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Inconfidentes, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais.
- Silveira, G.R.P., Campos, S., Gonçalves, A.K., Barros, Z.X., 2015. Geoprocessamento aplicado na espacialização da capacidade de uso do solo em uma área de importância agrícola. *Energia na Agricultura* 30, 363-371.
- Souza, A.G.V., Faria, L.O., Jesus, T.F., Matos, E.R., 2020. Degradação dos solos de agricultura intensiva, diagnóstico e métodos de recuperação. *Revista Agrotecnologia* 11, 23-29.