

Artigo de Pesquisa**DELIMITAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE SITUAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO SEMIÁRIDO MINEIRO****Delimitation and diagnosis of the situation of permanent preservation areas in the semi-arid region of Minas Gerais**Rik Ferreira Alves¹, Gustavo Henrique Cepolini Ferreira²

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Geociências, Montes Claros, Brasil. Email. rikferreiraalves@gmail.com

 ID: <https://orcid.org/0000-0002-8084-7951>

² Universidade Estadual de Montes Claros, Departamento de Geociências, Montes Claros, Brasil. Email. gustavo.cepolini@gmail.com

 ID: <https://orcid.org/0000-0003-1010-501X>

Recebido em 19/03/2023 e aceito em 13/04/2024

RESUMO: O presente trabalho analisa a definição de Áreas de Preservação Permanente (APP) estabelecida pela legislação vigente e, através da construção de um sistema de informações geográficas, busca identificar as APPs nos municípios do Semiárido Mineiro e diagnosticar a situação de degradação e conservação nestas áreas. Para subsidiar a delimitação das APPs foram usados dados de MDTs e da base hidrográfica da Agência Nacional de Águas, entre outras informações sobre cobertura do solo na região. Quanto ao diagnóstico, lançou-se mão da classificação de uso e cobertura do solo do MapBiomias para a identificação das áreas degradadas dentro das APPs. Os resultados obtidos apontam para um forte potencial de degradação das APPs hídricas pela atividade agropecuária, o que explica a baixa degradação das APPs de relevo. Conclui-se que a construção de um banco de dados geográficos pode auxiliar na análise e tomada de decisão quanto à degradação das áreas de preservação em escala regional.

Palavras-chave: Semiárido; Minas Gerais; Preservação ambiental; Políticas Públicas.

ABSTRACT: The present study analyzes the definition of Permanent Preservation Areas (APP) established in current legislation through the construction of a geographic information system, seeks to identify APPs in the municipalities of the semi-arid region of Minas Gerais, Brazil, and diagnose the degradation and conservation situation in these areas. To support the delimitation of APPs, data from digital terrain models and the hydrographic database of the National Water Agency, among other information on land cover in the region, were used. Regarding the diagnosis, the classification of land use and cover from MapBiomias was used to identify degraded areas within APPs. The results indicate a strong potential for degradation of water-related APPs due to agricultural activities, which explains the low degradation of relief-related APPs. It is concluded that the construction of a geographic database can help in the analysis and decision-making regarding the degradation of preservation areas at a regional scale.

Keywords: Semiarid; Minas Gerais; Environmental preservation; Public policy.

INTRODUÇÃO

A tipologia legal de áreas de interesse de preservação surge no Brasil com a definição de “florestas protectoras” pelo Código Florestal de 1934, promulgado pelo Decreto 23.793/1934 (BRASIL, 1934). Entre as finalidades da floresta preservada, é possível identificar o interesse da salvaguarda da fauna, da prevenção da erosão dos solos e da proteção dos recursos hídricos. Frente aos problemas de ambiguidade das definições e especificidade do termo “floresta”, em 1965 a Lei 4.771/1965 propôs um novo Código Florestal que estabeleceu critérios objetivos para a delimitação de tais áreas (FERREIRA, 2015).

É importante ressaltar que a definição atual de Área de Preservação Permanente é dada pela Lei 12.651/2012 em seu artigo 3º, inciso I. Assim, essa lei estabelece que APP é uma “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental 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, 2012).

Em complemento à legislação atual a respeito da delimitação de Áreas de Preservação Permanente, é de fundamental importância a atuação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que ajuda a compor o conjunto normativo para a gestão de tais áreas, com destaque às Resoluções 302/2002 e 303/2002, que esclarecem critérios para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente nos diversos casos previstos pelo Código Florestal em vigor.

É previsto no Código Florestal de 2012 e nas resoluções do CONAMA supracitadas, que as Áreas de Preservação Permanente compreendam a margem de cursos d’água, entorno de lagos e lagoas naturais, de reservatórios d’água artificiais, de nascentes, encostas, restingas, manguezais, chapadas, veredas e topo de morros e elevações maiores que 1.800 metros (BRASIL, 2012). Dessa forma, o uso destas parcelas de solo se limita às situações previstas em legislação.

Tendo em mente o uso das Áreas de Preservação Permanente visando o desenvolvimento sustentável orientado à preservação da vegetação nativa, da biodiversidade e do reconhecimento da importância da natureza preservada para o desenvolvimento econômico, apreende-se que a degradação do solo de APPs se dá através da eliminação da vegetação nativa, embora a supressão da vegetação nessas áreas possa ser autorizada por órgão competente em casos específicos, como em situações de interesse social ou utilidade pública (SILVA, 2015).

Um importante instrumento técnico para a avaliação do nível de conservação das Áreas de Preservação Permanente é a classificação da cobertura do solo por sensoriamento remoto, dada sua escalabilidade e acurácia associadas aos avanços recentes na coleta e na disseminação livre de imagens espectrais, entre outros fatores (VELOSO et al., 2022).

A classificação da cobertura do solo por sensoriamento remoto é um recurso válido quando aplicado a estudos dessa natureza, podendo ser conduzida *ad hoc* ou obtida

em estudos anteriores. Para o território brasileiro, o principal produto disponível resulta do esforço conjunto empreendido nas coleções de classificação do projeto MapBiomias. Esse projeto tem divulgado uma série histórica de classificações quanto a cobertura do solo brasileiro em categorias de floresta preservada, usos da agropecuária, da mineração e ocupação urbana, dentre outras (MAPBIOMAS, 2022).

Outras estratégias podem considerar o uso e a ocupação do solo na identificação de áreas degradadas. No entanto, a abordagem aqui proposta pretende formar um recurso de monitoramento de degradação de APPs via sensoriamento remoto, explorando a vantagem de ser uma fonte de dados com disponibilidade regular e com regras de aquisição definidas. É importante se valer de uma fonte como essa para atender às expectativas de classificação de cobertura do solo, no entanto, informações quanto ao uso e à ocupação demandam harmonização entre informações legais, sociais e culturais concernentes à área de estudo em questão, apesar de existirem alguns esforços no sentido de medir o uso do solo via sensoriamento remoto (MARTÍNEZ; MOLLICONE, 2012).

Recentemente, a literatura acerca do tema tem sido enriquecida com trabalhos, como o de Neto (2020), que investigou a situação das Áreas de Preservação Permanente na microbacia do Córrego Barreiro e apontou o grau de degradação nesse afluente do Rio Uberaba. Em um estudo realizado no Rio Vieira, em Montes Claros, Almeida et al. (2020) utilizaram uma metodologia semelhante, cujo resultado reforça a necessidade de atuação do poder público considerando-se os desafios relacionados à delimitação de APPs em meio urbano.

Portanto, o objetivo deste trabalho é propor a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) para o recorte territorial formado pelos municípios do Semiárido Mineiro. Tal proposta busca representar, em um banco de dados geográficos, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG), as normas estabelecidas pelo Código Florestal e pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Espera-se que os resultados de tal classificação possam contribuir para a construção de um arcabouço teórico para o mapeamento sistemático das APPs e para o diagnóstico das mesmas quanto à sua situação ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Claros é o mais populoso, com 417.478 habitantes, enquanto Governador Valadares possui 282.164 habitantes e Teófilo Otoni conta com 141.269 habitantes. É uma região extensa onde 75% dos municípios da área de estudo possuem menos de 16.675 habitantes, o que configura a concentração populacional de toda a região em três grandes cidades, com boa parte da população espalhada pela área de estudo. Dessa forma, aproximadamente 24% da população da área de estudo está concentrada nestas três cidades, com o restante distribuído desigualmente com alta presença de municípios com menos de dez mil habitantes.

Procedimentos

A abordagem metodológica desta pesquisa consiste na abstração das normas a respeito da determinação das APPs em bancos de dados geográficos e seu diagnóstico via identificação de classes de cobertura do solo a partir de dados de sensoriamento remoto. Ao longo desta seção, estão expostos os critérios técnicos e teóricos que determinaram as opções de modelagem do referido banco de dados geográficos.

O Código Florestal determina elementos de paisagem que caracterizam Áreas de Preservação Permanente. Em primeiro lugar, são consideradas APPs às margens dos cursos d'água naturais perenes ou intermitentes, excluindo os efêmeros. A largura mínima para a faixa de APP varia de acordo com a largura do curso d'água: 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura, 50 metros para cursos d'água com menos de 50 metros de largura, 100 metros para cursos d'água com menos de 200 metros de largura, 200 metros para cursos d'água com menos de 600 metros de largura e 500 metros para cursos d'água com mais de 600 metros de largura.

A delimitação das APPs de cursos d'água é realizada através da criação de um buffer a partir da malha de cursos d'água da Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas da ANA (ANA, 2017), em conformidade com os trabalhos de Nowatzki, Santos e Paula (2010), Pietzsch (2013) e Costa, Souza e Brites (1996). A estimativa da largura dos cursos d'água toma como referência a estimativa global de Downing et al. (2012) para canais a partir da ordem conforme Strahler (1957). O trabalho em questão utiliza uma técnica de regressão para estimar a largura dos rios em escala global com base na ordem atribuída a cada canal. O conceito subjacente a essa abordagem envolve a acumulação de fluxo relacionada ao aumento na ordem ao longo de uma rede fluvial.

As nascentes foram determinadas a partir de um buffer de 50 metros dos vértices de maior altitude dos canais de primeira ordem, visando atender o inciso IV do artigo 4º do Código Florestal de 2012 que estabelece uma área de 50 metros para o entorno dos olhos d'água.

As resoluções 302 e 303 do CONAMA, em conformidade com o Código Florestal de 2012, estabelecem critérios distintos com relação à natureza e ao propósito dos corpos d'água para além dos canais. No caso de lagos naturais em zona urbana, foi determinado um buffer de 30 metros, enquanto para lagos naturais em zona rural, foi estabelecido um buffer de 50 metros para corpos d'água com menos de 20 hectares

de área de superfície e 100 metros para aqueles com área de superfície acima desse limiar (BRASIL, 2002^a, 2002b).

Os reservatórios artificiais foram discriminados conforme a sua finalidade. Se o reservatório resulta do represamento de cursos d'água naturais, como é especificado no parágrafo 6º do artigo 3º da resolução do CONAMA nº 302/2002 (BRASIL, 2002^a), a APP é a área de pelo menos 15 metros para reservatórios destinados à produção de energia elétrica, 30 metros para reservatórios localizados em zona urbana e 100 metros para reservatórios localizados em zona rural. No SIG, foi aplicado um buffer de tamanho congruente com a legislação a partir da finalidade e localização determinadas a partir da relação com a malha de setores censitários do IBGE e de informações obtidas na tabela de atributos da base de hidrografia da ANA.

Restingas e manguezais não foram identificados na área de estudo. Veredas, no entanto, foram identificadas a partir do mapeamento da vegetação do Cerrado disponibilizado pelo INPE através do TerraBrasilis (INPE, 2022). Portanto, a APP referente a essa classe de cobertura do solo foi determinada como um buffer de 50 metros de seu entorno.

Para identificar as áreas em altitude superior a 1.800 metros, realizou-se uma reclassificação do mosaico SRTM. A declividade da região de estudo foi obtida por meio do método proposto por Horn (1981) e implementado por Hijmans (2022). Como entrada, foram utilizadas cenas do modelo digital de elevação SRTM em um sistema de referência de coordenadas geográficas, com um fator de conversão de graus para metros estabelecido em 111.350. A declividade em porcentagem refere-se à tangente do ângulo calculado, expressa em porcentagem, representando a variação no eixo vertical em relação à variação percorrida no eixo horizontal.

O esforço de traduzir as especificações das Áreas de Preservação Permanente, como descrito no Código Florestal, em regras computacionais não é de todo inédito na literatura sobre sensoriamento remoto. Uma das categorias de maior complexidade de demarcação, as APPs em topos de morro, já foi objeto de pesquisa em trabalhos como o de ROCHA (2022). Para os fins a que se destinam este artigo, o método desenvolvido para delimitação de APPs em topos de morro consiste em:

- Preencher as depressões do modelo digital de elevação com o algoritmo fill sinks através do software Conrad et al. (2015); implementação da metodologia proposta por Wang e Liu (2007).
- Inverter o mosaico do modelo digital de elevação multiplicando a altitude por -1.
- Para toda a área de estudo, identificar o ponto máximo local de cada elevação através da convolução do mosaico SRTM por uma matriz 15x15 onde cada célula é igual a 1. O filtro da convolução é o pixel de maior altitude (obtido pelo SRTM). A matriz escolhida foi de 15x15 haja vista que a missão SRTM produziu imagens de 30 metros de resolução, portanto, a busca pelo máximo local em cada pixel pressupõe um raio de 210 metros na superfície. Finalmente, a identificação do máximo local se dá através da comparação da igualdade entre o mosaico SRTM original e o mosaico convoluido. O resultado é reclassificado e convertido em camada vetorial de pontos.

- Extrair as bacias de drenagem do modelo digital de elevação invertido. Cada “bacia de drenagem” passa a ser interpretada como morro.
- Filtrar os morros de declividade superior a 30% e cota de topo em relação à base superior a 50 metros. Considera-se como morro, também, a tipologia de elevação do terreno especificada como montanha pela resolução do CONAMA nº 303/2002 (BRASIL, 2002b).
- A menor altitude do morro é a altitude do menor pixel dentro de cada morro.
- A maior altitude do morro é a altitude do máximo local de menor elevação identificado dentro de cada morro.
- O mosaico SRTM é reclassificado considerando as altitudes superiores a 2/3 da cota dos morros filtrados como topo de morros caracterizado como APP.

A demarcação de APPs de tabuleiros e chapadas, conforme o Código Florestal, é problemática, pouco clara e, inclusive, conforme aponta Martins et al. (2015), apresenta conflitos com definições técnicas. Em vista da vasta literatura acerca da delimitação dos tabuleiros e das chapadas, optou-se por usar o mapeamento das unidades de relevo do IBGE (IBGE, 2006) como referência da localização destas. As APPs foram classificadas como um buffer de 100 metros em torno das áreas de declividade maior que 45° ou 100% dentro dos compartimentos do relevo Chapadas e Tabuleiros.

Neste trabalho, rótulos foram atribuídos às classes de APPs por categoria: APP_1 refere-se às APPs de cursos d’água e nascentes; APP_2 refere-se às APPs de lagos naturais e reservatórios artificiais; APP_3 refere-se aos manguezais, restingas e veredas; APP_4 refere-se às APPs de declividade maior que 100%, altitude maior que 1.800 m e chapadas; APP_5 refere-se às APPs de topos de morro.

Para o diagnóstico de situação de degradação das Áreas de Preservação Permanente, foi usada reclassificação do mapeamento de cobertura do solo do projeto MapBiomias, em que cada classe foi interpretada como a superclasse, conforme dicionário dos dados (MAPBIOMAS, 2022). Dessa forma, foram consideradas degradadas as parcelas de solos de APPs classificadas como Agropecuária e Área não Vegetada. Formação Florestal e Formação Natural não Florestal foram consideradas como classes de preservação dos solos de APPs. Corpos d’água e outras unidades não classificadas ficaram fora do diagnóstico.

Para a execução das etapas descritas nesta seção, os dados foram organizados e distribuídos em banco relacional SQLite/GeoPackage, onde foi feita a modelagem de relações e cálculo de indicadores. Além disso, foi necessário o uso complementar dos softwares QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022), GRASS (GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2017), SAGA (CONRAD et al., 2015), bem como das bibliotecas terra (HIJMANS, 2022) e sf (PEBESMA, 2018) implementadas em linguagem R (R CORE TEAM, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Semiárido Mineiro abrange boa parte do norte e nordeste de Minas Gerais, desde o vale do rio São Francisco até o vale do rio Doce, apresentando diversas configurações de paisagem que irão condicionar a presença de APPs além de trazer uma diversidade de atividades econômicas e formas de uso do solo que colaboram para a degradação das APPs de diversas maneiras.

A “Figura 2” apresenta a hipsometria do Semiárido Mineiro, evidenciando as diversas formas de relevo. É bastante evidente a marcação do rio São Francisco no relevo norte-mineiro, que se estende desde o oeste do estado até a cidade de Janaúba, na bacia do rio Gortuba. Outros rios de forte expressão no relevo do Semiárido Mineiro são o rio Jequitinhonha, no nordeste do estado, e o rio Doce, no leste da área de estudo.

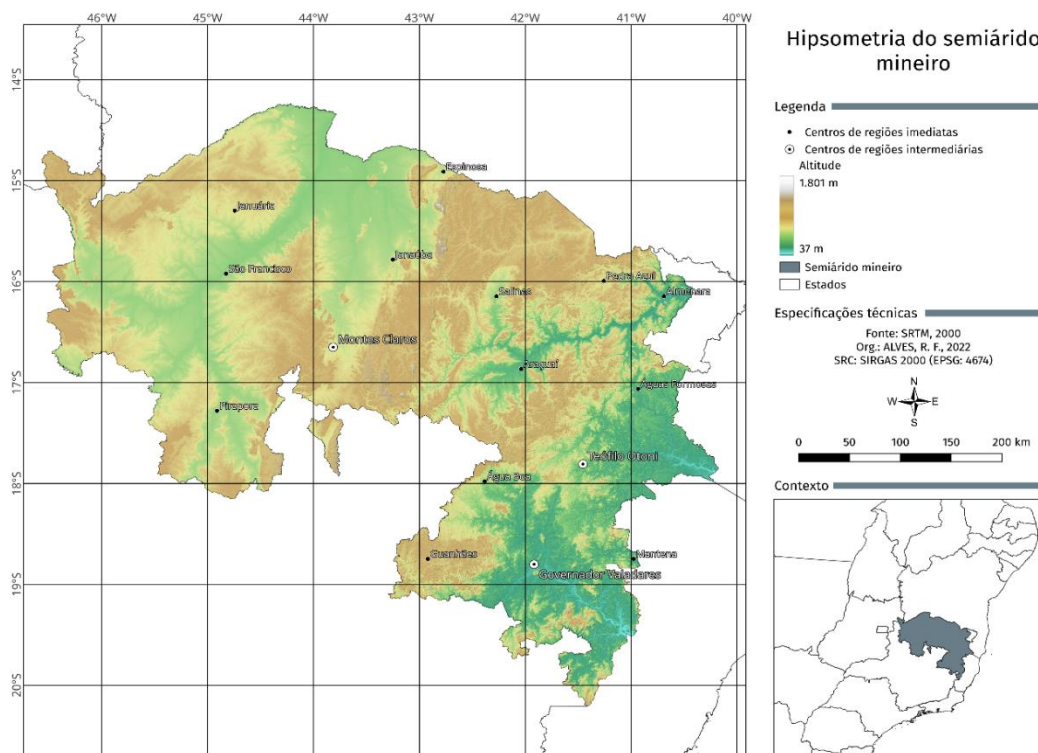


Figura 2: Hipsometria do Semiárido Mineiro. **Fonte:** SRTM (2000).

O Semiárido Mineiro apresenta altas variações de altitude por toda sua extensão. Verifica-se que a altitude média da área de estudo tende a aumentar conforme se adentra ao território nacional, variando de 37 metros de altitude no ponto mais baixo a 1801 metros de altitude no ponto mais alto. A altitude média é de 633 metros, enquanto metade do território se encontra entre 497 e 791 metros de altitude.

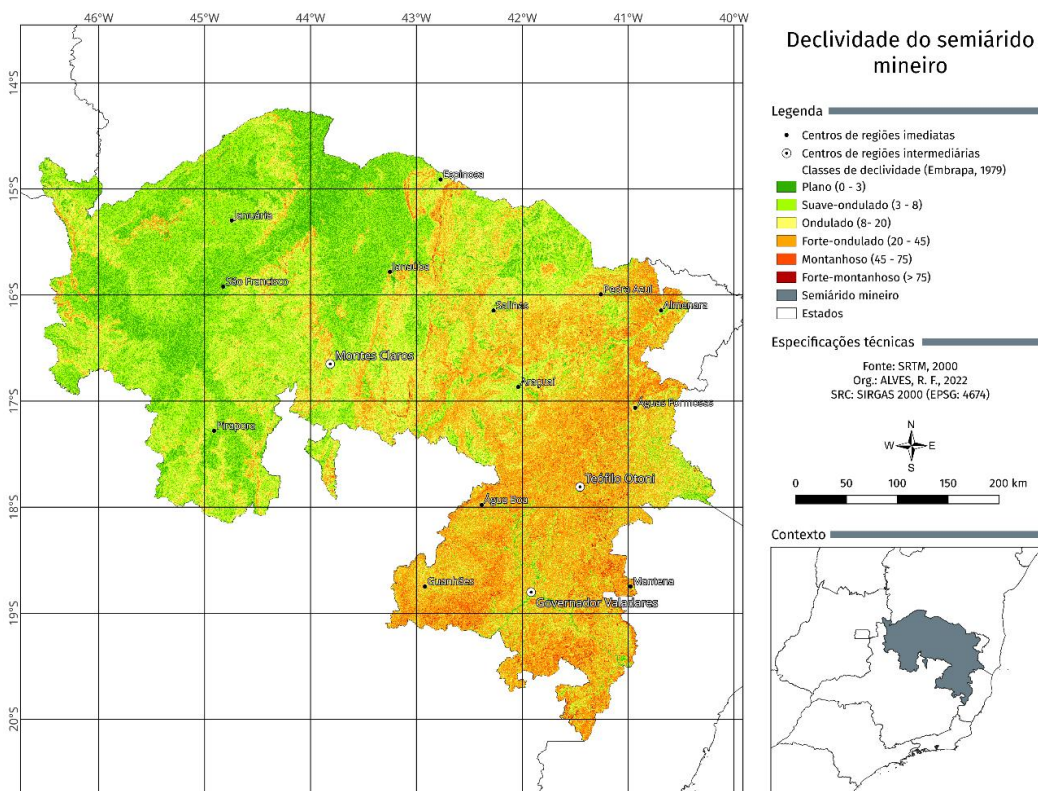


Figura 3: Declividade do solo no Semiárido Mineiro. **Fonte:** SRTM, 2000.

A “Figura 3” evidencia a heterogeneidade do relevo da área de estudo, sendo possível observar que é predominantemente plano no entorno da bacia do São Francisco, com poucas escarpas próximas ao rio Verde Grande. É a partir da bacia do rio Jequitinhonha que o relevo se torna mais montanhoso, estendendo-se até a bacia do rio Doce. Em média, a declividade no Semiárido Mineiro é de 14,5% (Ondulado), com alta presença de escarpas, sendo que metade da área de estudo apresenta declividade entre 4% (Suave-ondulado) a 21,5% (Forte-ondulado).

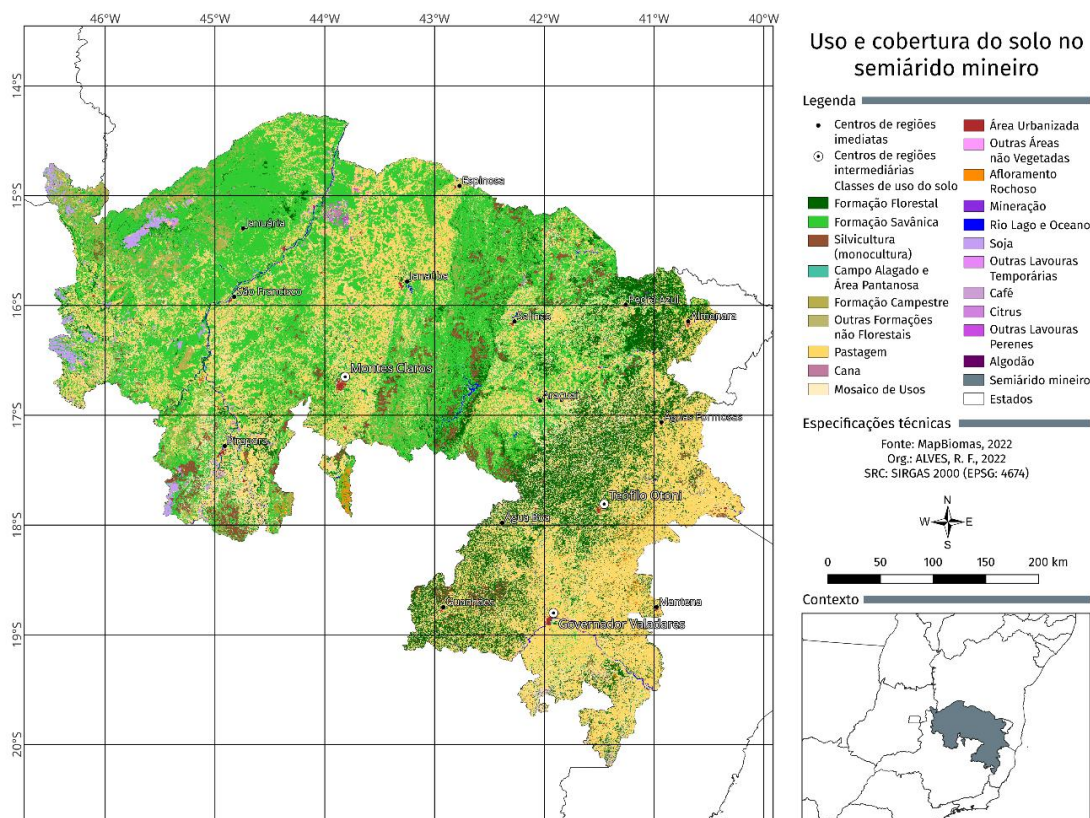


Figura 4: Cobertura do solo no Semiárido Mineiro. **Fonte:** MapBiomias (2022).

A partir da “Figura 4”, percebe-se que é nítida a predominância da atividade agrícola na porção noroeste do Semiárido Mineiro, com destaque para a produção de soja em meio a todas as culturas identificadas no entorno do rio São Francisco. A partir da região imediata de Montes Claros, verifica-se forte presença de pastagens e áreas dedicadas à silvicultura. É a partir desta localização que a paisagem natural se transforma, com a redução de áreas de Formação Savânica e aumento de áreas de Formação Florestal. A leste do estado, sobressaem as áreas ocupadas por pastagens, mineração e silvicultura.

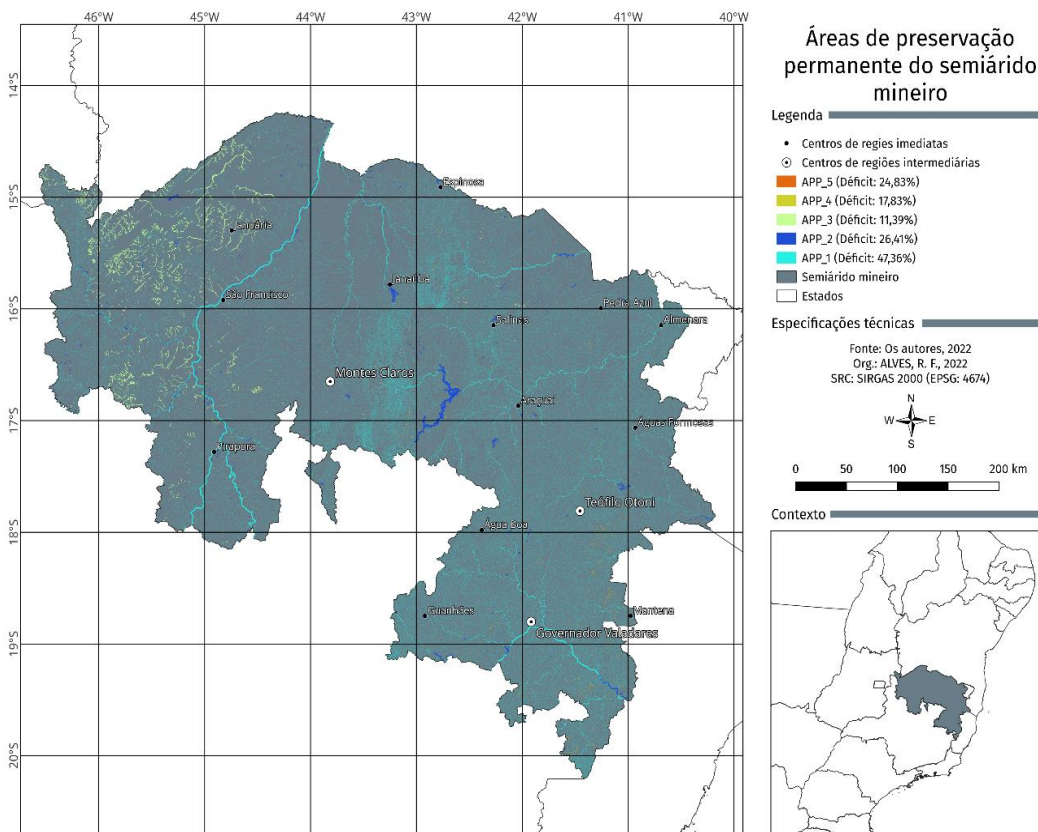


Figura 5: Áreas de preservação permanente no Semiárido Mineiro. **Fonte:** Alves e Ferreira (2022).

Dos 21.855.489,17 hectares da área do Semiárido Mineiro, foram identificados 2.099.862,72 hectares de Áreas de Preservação Permanente, isto é, aproximadamente 9,60% de toda a área de estudo. Com base na Figura 5, pode-se inferir o destaque das Áreas de Preservação Permanente associadas à hidrografia (APP_1) por todo o Semiárido Mineiro. Nota-se que o relevo dissecado a leste do estado associa-se à ocorrência de APP_4 e APP_5, delimitações típicas de formação de relevo. Formações de cobertura do solo originárias de APPs (APP_3) estão concentradas a leste da área de estudo, o que indica a predominância das veredas próximas ao Rio São Francisco. Quanto aos corpos d’água, observa-se que os grandes represamentos são responsáveis pela maior parte de sua delimitação, com destaque às barragens Bico da Pedra, em Janaúba e Irapé, em Grão Mogol.

Tabela 1. Situação das áreas de preservação permanente no Semiárido Mineiro

Classe	Natureza da APP	Conservada	Degradada	Não se aplica	Total por APP
APP_1	Hidrografia	791.631,07	803.775,18	88.913,02	1.684.319,26
		47,00%	47,72%	5,28%	100,00%
APP_1	Nascentes	43.095,63	27.098,53	26,46	70.220,62
		61,37%	38,59%	0,04%	100,00%
APP_2	Massa d’água artificial	36.965,44	22.740,25	26.531,61	86.237,31
		42,86%	26,37%	30,77%	100,00%

APP_2	Massa d'água natural	24.991,51 67,23%	9.855,81 26,51%	2.327,22 6,26%	37.174,54 100,00%
APP_3	Veredas	172.161,68 88,55%	22.141,60 11,39%	117,28 0,06%	194.420,57 100,00%
APP_4	Altitude maior que 1.800 m	0,35 100,00%	0,00 0,00%	0,00 0,00%	0,35 100,00%
APP_4	Declividade maior que 100%	17.035,33 81,23%	3.674,86 17,52%	262,80 1,25%	20.972,99 100,00%
APP_4	Tabuleiros e chapadas	1.040,80 75,86%	309,37 22,55%	21,90 1,60%	1.372,06 100,00%
APP_5	Topos de morro	3.844,03 74,71%	1.277,45 24,83%	23,54 0,46%	5.145,02 100,00%
Total por situação		1.090.765,83 51,94%	890.873,05 42,43%	118.223,85 5,63%	2.099.862,72 100,00%

Fonte: Alves e Ferreira (2023).

A partir da Tabela 1, observa-se que a classe APP_1 é representada, principalmente, por Áreas de Preservação Permanente de margens de rios. O grau de degradação destas áreas chega a 47,72%, a maior e única que supera a área conservada. Quanto à classe APP_2, verifica-se a predominância das APPs de reservatórios artificiais, com 86.237,31 hectares, dos quais 26,37% estão em situação de conflito.

A classe APP_3, qualificada pelas formas de cobertura do solo de interesse do Código Florestal, representada apenas pelas veredas na área de estudo, é a segunda classe de APPs em área, com 194.420,57 hectares, dos quais 11,39% estão em situação de conflito. É a classe com menor grau de degradação dentre as mapeadas neste estudo.

Quanto às classes referentes às formações do relevo, APP_4 e APP_5, as APPs de terreno com declividade superior a 45° sobressaem com 20.972,99 hectares, seguida das APPs de topo de morro, com 5.145,02 hectares. De modo geral, são Áreas de Preservação Permanente com baixo grau de degradação em comparação com as demais classes mapeadas.

Tabela 2. Classes de uso do solo por classe de APP

Uso do solo	APP_1	APP_2	APP_3	APP_4	APP_5
Formação Florestal	308.468,93	10.852,62	28.253,01	3.900,48	1.376,28
Formação Savânica	465.022,32	37.936,83	108.468,22	1.694,35	168,31
Campo Alagado e Área Pantanosa	26.189,40	9.197,15	16.250,06	367,79	26,09
Formação Campestre	31.294,64	3.757,26	19.185,75	196,76	71,60
Afloramento Rochoso	3.749,71	212,74	4,64	11.916,41	2.201,76
Outras Formações não Florestais	1,70	0,34	0,00	0,68	0,00
Pastagem	574.913,70	20.966,29	13.785,07	1.056,43	324,64
Soja	1.245,95	256,24	1.125,20	0,00	0,00
Cana	31,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Outras Lavouras Perenes	1.232,94	80,41	6,96	2,79	1,61
Outras Lavouras Temporárias	1.832,49	186,26	143,92	2,88	2,45
Café	3.027,19	67,73	83,92	267,64	78,45
Citrus	83,37	17,09	3,86	0,00	0,00

Uso do solo	APP_1	APP_2	APP_3	APP_4	APP_5
Silvicultura (monocultura)	8.959,50	243,80	1.305,94	38,54	10,91
Mosaico de Usos	227.554,20	9.725,85	5.492,61	2.508,69	825,11
Área Urbanizada	5.860,59	169,80	4,30	0,00	0,00
Mineração	141,93	0,00	0,00	0,17	0,00
Outras Áreas não vegetadas	5.989,99	882,61	189,81	107,08	34,27
Rio, Lago e Oceano	88.662,88	28.657,02	117,11	160,05	9,51
	276,60	201,82	0,17	124,65	14,03
Total por classe de APP	1.754.539,89	123.411,84	194.420,57	22.345,40	5.145,02

Fonte: Alves e Ferreira (2023).

Entre as classes de cobertura do solo mapeadas para a classe APP_1, verifica-se a predominância das classes Pastagem e Mosaico de Usos, que se referem às áreas em que não foi possível discriminar pastagens das áreas destinadas à agricultura, principalmente no leste do Semiárido Mineiro. O que se observa é uma dificuldade de evitar o avanço da pecuária extensiva sobre as Áreas de Preservação Permanente no entorno dos canais de drenagem. Observa-se, também, que a classe APP_1 é a mais vulnerável à degradação por atividades como a mineração e a agricultura, haja vista a natureza de tais atividades econômicas.

Ao analisar as classes de cobertura do solo ocupantes das demais classes de APPs, torna-se evidente a força da pecuária extensiva sobre a degradação de tais áreas. Sob a ótica das formas de uso e cobertura do solo, verifica-se que as áreas destinadas à produção de soja tendem a ocupar o entorno de veredas, bem como as margens de canais, enquanto a produção de café está localizada nas margens de rios, em áreas de declividade superior a 45° e chapadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa investigou a situação das APPs nos municípios do Semiárido Mineiro, onde foi observado alto grau de degradação nas APPs hídricas em relação às outras formas de determinação das áreas de preservação. Dentre as formas de cobertura do solo identificadas na área de estudo, o uso agropecuário é o que mais se sobressai em relação às demais formas de degradação das APPs, com destaque à presença de pastagens no entorno dos canais e corpos d'água.

A compreensão é de que os resultados apresentados neste estudo apresentam uma contribuição significativa como fonte de referência na determinação das APPs e na avaliação de seu estado de degradação, com base em bancos de dados geográficos e tecnologias de sensoriamento remoto. Apesar de as normas procurarem esclarecer as definições, divergências semânticas ainda são encontradas em alguns critérios, como a determinação de tabuleiros ou chapadas. Portanto, não é descartada a busca por definições que se adequem à jurisprudência em cada contexto, mas a metodologia aqui exposta viabilizou importante diagnóstico para o semiárido mineiro.

É evidente que a preservação das APPs hídricas representa um desafio à parte no que se refere ao cumprimento do Código Florestal. Isso se deve, em grande parte, à

configuração natural do relevo, que pode ser inadequada para práticas de uso antrópico do solo. Ao mesmo tempo, é importante observar que a degradação de áreas em topos de morro e regiões de declive, resultante de atividades no setor primário, foi identificada como uma preocupação relevante.

Verificou-se, também, que a legislação atual carece de objetividade e/ou consenso em sua elaboração. Diversas entidades técnicas podem divergir com relação ao entendimento legal da determinação das unidades de paisagem que compõem as APPs, provocando uma dissonância entre a realidade material apreendida pelas instituições técnicas e científicas e o corpo jurídico do Estado.

Finalmente, cabe reforçar o papel que a construção de um banco de dados geográficos, viabilizado por técnicas de processamento digital de imagens e de sensoriamento remoto, desempenhou neste estudo. Dados disponíveis abertamente foram processados de maneira sistemática e consultas formais foram desenvolvidas a partir da legislação vigente, revelando de maneira setorial áreas prioritárias para ações de conservação das APPs, além de formas de uso e cobertura do solo mais associadas à degradação das áreas de preservação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de iniciação científica na modalidade PIBIC em 2021 e à Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) pelo apoio na produção da pesquisa.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Rik Ferreira Alves. **Metodologia:** Rik Ferreira Alves. **Análise formal:** Rik Ferreira Alves e Gustavo Henrique Cepolini Ferreira. **Pesquisa:** Rik Ferreira Alves. **Recursos:** Rik Ferreira Alves e Gustavo Henrique Cepolini Ferreira. **Preparação de dados:** Rik Ferreira Alves. **Escrita do artigo:** Rik Ferreira Alves e Gustavo Henrique Cepolini Ferreira. **Revisão:** Gustavo Henrique Cepolini Ferreira. **Supervisão:** Gustavo Henrique Cepolini Ferreira. **Aquisição de financiamento:** Gustavo Henrique Cepolini Ferreira. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. I. S. DE et al. Análise ambiental nas margens fluviais da bacia hidrográfica do Rio Vieira - município de Montes Claros/MG. **Revista Geonorte**, v. 11, n. 37, p. 195-209, 2020.

ANA. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017**, 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>>. Acesso em: 9 set. 2022

FERREIRA, G. H. C. **Gestão Ambiental**. 1. ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2015.

BRASIL. **Decreto Federal nº 23.793**, de 23 de janeiro de 1934. Decreta o código florestal. Brasília, DF, [1934]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm>. Acesso em: 11 mai. 2023.

_____. **Lei nº 7.827 de 27 de setembro de 1989**. Brasília, DF, Brasil, 27 set. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7827.htm>. Acesso em: 9 set. 2022

_____. **Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002**. Brasília, DF, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 2002a. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2002/res_conama_302_2002_apps_reservatoriosartificiais.pdf>. Acesso em: 9 set. 2022.

_____. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002**. Brasília, DF, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 2002b. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=274>>. Acesso em: 9 set. 2022.

_____. **Lei 12.651 de 25 de maio 2012**. Brasília, DF, Brasil, 25 maio 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 9 set. 2022.

CONRAD, O. et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. **Geoscientific Model Development**, v. 8, n. 7, p. 1991-2007, jul. 2015.

COSTA, T. C. E. C. DA; SOUZA, M. G. DE; BRITES, R. S. **Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG)**. Em: ANAIS VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Salvador: 1996.

DOWNING, J. A. et al. Global abundance and size distribution of streams and rivers. **Inland Waters**, v. 2, n. 4, p. 229-236, 2012.

GRASS DEVELOPMENT TEAM. **Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software, Version 7.2** Open Source Geospatial Foundation, 2017. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org>>. Acesso em: 9 set. 2022.

HIJMANS, R. J. **Terra: Spatial Data Analysis**, 2022. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=terra>>. Acesso em: 14 set. 2022.

HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, v. 69, n. 1, p. 14-47, 1981.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Unidades de Relevo 1:5.000.000**, 2006. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15827-unidades-de-relevo.html?edicao=15928>>. Acesso em: 14 set. 2022.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais**, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>>. Acesso em: 11 mai. 2023.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TerraBrasilis**, 2022. Disponível em: <<http://terrabilis.dpi.inpe.br/en/home-page/>>. Acesso em: 9 set. 2022

LEITE, M. E. et al. Mapeamento das fitofisionomias do Cerrado no Norte de Minas Gerais. **Revista de Geografia**, v. 8, n. 1, p. 85-98, 2018.

MAPBIOMAS. **Uso e cobertura do solo Coleção 7**, 2022. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 9 set. 2022.

MARTÍNEZ, S.; MOLLICONE, D. From Land Cover to Land Use: A Methodology to Assess Land Use from Remote Sensing Data. **Remote Sensing**, v. 4, n. 4, p. 1024-1045, abr. 2012.

MARTINS, F. P. et al. As chapadas brasileiras e a legislação ambiental: conflito de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 3, p. 387-398, 2015.

NETO, L. M. DE C. Uso e Ocupação do solo da Área de preservação permanente (APP) da microbacia do Córrego Barreiro, Uberaba (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 2, p. 29-41, 2020.

NOWATZKI, A.; SANTOS, L. J. C.; PAULA, E. V. DE. Utilização do Sig na delimitação das áreas de preservação permanente (APP's) na Bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2010.

PEBESMA, E. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. **The R Journal**, v. 10, n. 1, p. 439-446, 2018.

PIETZSCH, N. **Proposição e avaliação de metodologia aplicada para delimitação de área de preservação permanente (APP) de margem de rio e APP de topo de morro, utilizando ferramentas de geoprocessamento, conforme diretrizes do novo código florestal brasileiro**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/114541>>. Acesso em: 9 set. 2022

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. QGIS Association, 2022. Disponível em: <<https://www.qgis.org>>. Acesso em: 14 set. 2022.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2022.

REBOITA, M. S. et al. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015.

ROCHA, V. M. **Desenvolvimento de uma ferramenta no Qgis para delimitação em APP em topos de morros em acordo com o código florestal brasileiro**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34913>>. Acesso em: 9 set. 2022

SILVA, R. F. T. DA. **Manual de Direito Ambiental**. 5. ed. Salvador: JusPODIVM, 2015.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

VELOSO, M. das D. M. et al. Dinâmica Espaço-Temporal da Cobertura e Uso do Solo em Unidades de Conservação no Norte de Minas Gerais, Brasil, entre 1986 e 2015. **BioBrasil**, v. 12, n. 2, p. 1-13, 2022.

WANG, L.; LIU, H. An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 2, p. 193-213, 2007.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0