



UFOP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental



Bruno Neres Lopes

Análise temporal do uso e cobertura do solo no município de Porto Firme - MG

Ouro Preto

2024

Análise temporal do uso e cobertura do solo no município de Porto Firme - MG

Bruno Neres Lopes

Trabalho Final de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção
do Grau de Engenheiro Ambiental na
Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Profa. Livia Cristina Pinto Dias

Ouro Preto

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

L864a Lopes, Bruno Neres.

Análise temporal do uso e cobertura do solo no município de Porto Firme - MG. [manuscrito] / Bruno Neres Lopes. - 2024.
58 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Lívia Cristina Pinto Dias.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Ambiental .

1. Engenharia ambiental. 2. Solo urbano- Uso. 3. Cobertura dos solos.
I. Dias, Lívia Cristina Pinto. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 502

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Bruno Neres Lopes

Análise temporal do uso e cobertura do solo no município de Porto Firme - MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em 06 de setembro de 2024

Membros da banca

Dra. Lívia Cristina Pinto Dias - Orientadora (Departamento de Engenharia Ambiental - UFOP)

Dr. César Falcão Barela - (Departamento de Engenharia Ambiental - UFOP)

Eng. Victor Barycza Fernandes Ramos - (Mestrando ProfágUA e Analista de geoprocessamento na DeGeMa Soluções Ambientais)

Eng. Luan Soares Costa - (Analista de geoprocessamento na Pimenta Ávila Consultoria)

Lívia Cristina Pinto Dias, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 18/09/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Livia Cristina Pinto Dias, CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**, em 18/09/2024, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0780180** e o código CRC **29DA783C**.

*Este trabalho é dedicado a todos que integraram
a jornada e deixaram a suas marcas.
O eu atual reflete a influência de cada pessoa
que cruzou meu caminho.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus pela vida e as inúmeras oportunidades de escolhas que apresentaram até o momento. Aos meus pais, Francisco e Maria Roseli, e a minha irmã Luana, dedico meu reconhecimento por todo amor, apoio e confiança. A dedicação de vocês a nossa família e a crença em meu sucesso foram fundamentais para minha trajetória até aqui e futura.

Aos familiares, próximos e distantes, que sempre foram pontos de apoio, mesmo quando a presença física não era possível. Aos amigos de longa data, desde o Ensino Fundamental e Médio, como Pablo, Tati, Rafael, Jhonni, Ricardo, Felipe, Lucas Purê, Carlinhos, Patrick, Luiza Moraes, Yago Reis, Carol Ângelo e Webert, sem me esquecer os irmãos que a Agronomia no IFMG me deram, como Torrão, Zé Peixeira e Richard, agradeço por manterem a amizade viva, mesmo à distância.

Aos colegas do curso de Engenharia Ambiental, Ana Bárbara, Saulo, Gabriel Meneses, Luan, Blendow, Bruno, Cássio, Daniele, Janine, Fernando, Lucas Coelho, Isabela Pereira, Victor Ramos, compartilho o meu reconhecimento. superamos juntos momentos de dificuldade e frustrações durante a graduação, aprendendo e crescendo como acadêmicos e profissionais. As memórias felizes e os momentos memoráveis compartilhados enriqueceram nossa jornada.

Expresso minha gratidão aos professores e mentores da Universidade Federal de Ouro Preto, pela oferta de ensino gratuito e de extrema qualidade. Agradeço também a Equipe do Arquivo Central pela oportunidade de trabalho e aprendizado que me auxiliou, ao SAAE – Mariana na pessoa do Rômulo, pelos ensinamentos e caminhos que devo trilhar para me tornar um Engenheiro Ambiental.

Aos irmãos que a cidade de Ouro Preto me presenteou, como Shelmmer, Webert, Luzia Xarlim, Xeroso, Rodovéi, PraFrente,7 a 0, Presunto, lapoke Luzia, Motoboy, Mindinho, Chicô, Júlia Aguilhari, T.I., Valenet, Stallonge, Escadinha, Mickey Jovem, Gustavo, Igor, Dificultae e In-off, agradeço por abrirem suas casas, as quais eu chamo de lar, e por serem pessoas essenciais em minha vida. E não poderia me esquecer das repúblicas e seus ex alunos Calamidade Pública, Taranóia, Partenon, Tropicália,

IV

Toda Menina, Complexo, Kzona, Mandala que foram minhas casas fora da minha casa e dos momentos em que dividimos.

RESUMO

O presente estudo é fundamental para compreender as transformações na cobertura e uso do solo, bem como seu impacto na dinâmica paisagística de locais específicos. A pesquisa em questão avaliou as mudanças na utilização e cobertura do solo no município de Porto Firme, em Minas Gerais, ao longo de três décadas. Utilizaram-se para tal dados provenientes do MapBiomias e análises efetuadas com o suporte do plugin Semi Automatic do QGis. Notou-se uma diminuição acentuada nas áreas destinadas à pastagem, assim como nos corpos d'água e nas formações não florestais. Por outro lado, houve um incremento nas áreas de floresta nativa, em plantações de silvicultura e em regiões desprovidas de vegetação. Os dados do MapBiomias referentes ao ano de 2020 sugerem uma tendência à conversão do uso do solo de pastagens para atividades de silvicultura e áreas florestais. Contudo, essa tendência não se verifica ao se examinar os dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental (Sicar), de 2023, os quais indicam que uma grande extensão do município vem passando por alterações antrópicas expressivas.

Palavras-chaves: MapBiomias. Comparação. Semi Automatic Plugin. CAR

ABSTRACT

The current study is essential to understand the transformations in land cover and use, as well as their impact on the landscape dynamics of specific locations. The research evaluated changes in land use and cover in the municipality of Porto Firme, Minas Gerais, over three decades. Data from MapBiomass and analyses carried out with the support of the Semi-Automatic plugin of QGIS were used for this purpose. There was a marked decrease in areas designated for pasture, as well as in water bodies and non-forest formations. On the other hand, there was an increase in native forest areas, in silviculture plantations, and in regions devoid of vegetation. MapBiomass data for the year 2020 suggest a trend towards the conversion of land use from pastures to silviculture activities and forest areas. However, this trend is not confirmed when examining the CAR data from 2023, which indicate that a large extent of the municipality has been undergoing significant anthropic changes.

Key-words: Land Use and Land Cover. MapBiomass. Comparison. Semi Automatic Plugin. CAR

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos fundamentais do sensoriamento remoto	5
Figura 2. Mapa de localização do município de Porto Firme - MG	11
Figura 3. Dados de Classificação MapBiomias	14
Figura 4. Interface do Semiautomatic Classification Plugin, comparando dados dos anos de 1990 a 2000	16
Figura 5. Dados de classificação do uso do solo com base no CAR de 2023	19
Figura 6. Mapa de uso e ocupação do solo com base nos dados do CAR 20203	20
Figura 7. Uso e Ocupação do solo entre os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020 para o município de Porto Firme.	23
Figura 8. Mapa de comparação entre o uso do solo no período de 1990 a 2000	24
Figura 9. Mapa de comparação entre o uso do solo no período de 2000 a 2010	26
Figura 10. Mapa de comparação entre o uso do solo no período de 2010 a 2020	28
Figura 11. Uso e ocupação do solo e suas respectivas áreas entre os anos 1990 a 2020	30
Figura 12. Mapa de comparação entre dados do MapBiomias 2020 a CAR 2023	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Descrição das fontes de dados geográficas utilizadas	12
Tabela 2 – Agrupamento das Classes do MapBiomias	15
Tabela 3 - Mudanças de classes após análise do SCP.....	18
Tabela 4 - Dimensão do uso e ocupação do solo com base nos dados do CAR de 2023 para o município de Porto Firme – MG.....	19
Tabela 5 – Dimensão das áreas de uso e ocupação do solo após a conversão de polígono para raster.	21
Tabela 6 - Reclassificação dos dados de comparação entre MapBiomias e CAR	22
Tabela 7 - Área de referência das classes de uso do solo para o ano de 1990.	25
Tabela 8 - Resultado da comparação de mudança do uso e ocupação do solo entre os anos 1990 e 2000.....	25
Tabela 9 - Resultado da comparação de mudança do uso e ocupação do solo entre os anos 2000 e 2010.....	27
Tabela 10 - Resultado da comparação de mudança do uso e ocupação do solo entre os anos 2010 e 2020.....	29
Tabela 11. Diferença de áreas por classe do CAR no formato vetorial e matricial	32
Tabela 12 - Dados de comparação entre as Classes do MapBiomias e CAR.....	34
Tabela 13 - Resultado de comparação dos dados do MapBiomias 2020 e CAR 2023.	36

LISTA DE SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

CAR – Cadastro Ambiental Rural

GEE – *Google Earth Engine*

ID – Identificação

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

LULC – *Land use Land Cover*

MapBiomass - Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil

OLI – *Operational Land Imager*

ONGs - Organizações Não Governamentais

PRA – Programa de Regularização Ambiental

REM – Radiação eletromagnética

RL – Reserva Legal

SCP – *Semi Automatic Classification Plugin*

SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SR – Sensoriamento Remoto

SRC – Sistema de Referência de Coordenadas

TIRS – *Thermal Infrared Sensor*

Sumário

1	Introdução	1
2	Objetivos	3
2.1	Objetivo geral.....	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
3	Revisão Bibliográfica.....	4
3.1	Sensoriamento remoto	4
3.2	Geoprocessamento	6
3.3	Planejamento do uso e cobertura do solo	6
3.4	MapBiomas.....	7
3.5	Cadastro Ambiental Rural (CAR).....	8
4	MATERIAIS E MÉTODOS	10
4.1	Área de estudo	10
4.2	Base de dados.....	12
4.3	Processamento.....	13
4.3.1	Dados MapBiomas.....	13
4.3.2	Dados do Sicar.....	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1	Histórico de 30 anos de uso e ocupação do solo de Porto Firme.....	23
5.2	Comparação do uso e ocupação do solo com base no MapBiomas 2020 e CAR 2023	32
6	Conclusão	38
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A cobertura da terra é definida como o que existe na superfície da Terra e que pode ser diretamente observado por sensoriamento remoto, enquanto uso do solo se refere as atividades humanas e a gestão aplicada à superfície Comber (2008) . Esse autor ainda explica que as alterações no uso e cobertura do solo (LULC, do inglês *land use and land cover*) refletem tanto processos naturais quanto intervenções humanas, que se desdobram em múltiplas escalas temporais e espaciais. Essas transformações são evidentes em áreas rurais e urbanas, onde a ocupação humana e as práticas agrícolas modelam e remodelam o cenário físico. Compreender essas dinâmicas é crucial para a gestão ambiental e o planejamento sustentável do uso do solo, à modelagem ambiental e para entender as atividades socioeconômicas de uma região (Comber, 2008; Dúran; 2020; Allan et al., 2022).

A utilização de técnicas de processamento digital em imagens obtidas por sensoriamento remoto permite a identificação e o monitoramento de alterações ocorridas na cobertura do solo em áreas urbanas e rurais (como em Zhao et al., 2023 e Goodin et al., 2015). Este método é eficaz para detectar variações nas práticas agrícolas e pecuárias, bem como nas regiões de vegetação nativa protegidas por leis ambientais. A análise dessas imagens ao longo do tempo é fundamental para compreender a dinâmica das transformações e para fundamentar políticas de gestão territorial e ambiental que sejam sustentáveis e responsáveis (Flacco et al., 2017).

Produto do avanço contínuo das tecnologias de observação da Terra e sensoriamento remoto, além do aumento da precisão das classificações de LULC utilizando análise de imagens baseada em objetos e algoritmos de aprendizado de máquina, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MapBiomas se destaca como uma iniciativa inovadora (Francisco, 2022). O MapBiomas é uma iniciativa colaborativa para mapear o uso e cobertura do solo brasileiros utilizando imagens de satélite e inteligência artificial, resultando em mapas que mostram a evolução do LULC no Brasil desde 1985 e com atualizações anuais. Essa tem sido uma importante ferramenta para planejamento territorial e

monitoramento de políticas públicas voltadas à preservação do meio ambiente no Brasil.

O Brasil possui um extenso território, que abrange aproximadamente 851Mha, dos quais 530 Mha são cobertos por vegetação nativa (Tedesque e Klink, 2022). Para estabelecer normas para a proteção da vegetação nativa no Brasil, foi criada a Lei Federal nº 12.651/2012, conhecida como Lei de Proteção a Vegetação Nativa. Essa lei regula o uso de áreas de preservação permanentes (APPs), as reservas legais (RLs) e trata da exploração florestal, do controle de produtos florestais, do controle da supressão de florestas e outras formas de vegetação nativa (Brasil, 2012).

No contexto dessa legislação, o artigo 29 destaca o Cadastro Ambiental Rural (CAR), um mecanismo integrado ao Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente (SINIMA). O CAR tem como principal objetivo integrar informações ambientais de imóveis rurais, visando o desenvolvimento sustentável. O Decreto 7.830, de 2012, regulamenta essa normativa, estabelecendo o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), como fonte de dados abertos para consulta e análise (Merlin e Oliveira, 2016). Essas medidas refletem o compromisso do Brasil em monitorar e regular de maneira transparente e eficaz a relação entre atividades rurais e conservação ambiental.

Diante desse contexto, o objetivo deste é analisar o uso e cobertura do solo no município de Porto Firme, Minas Gerais, utilizando tanto os dados do MapBiomas quanto os dados do Sicar. O propósito é explorar e contrastar os dados a ponto de obter uma compressão nas características do território, contribuindo assim para os conhecimentos sobre esse município.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o histórico de uso e cobertura do solo e a organização do espaço do município de Porto Firme no período de 1990 a 2020 utilizando dados do MapBiomias e do Sicar.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever as alterações do uso e cobertura do solo no município de Porto Firme entre os anos de 1990 a 2020 utilizando dados do MapBiomias e Sicar
- Comparar as informações de uso do solo obtidas utilizando MapBiomias (ano base 2020) e CAR (ano base 2023).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sensoriamento remoto

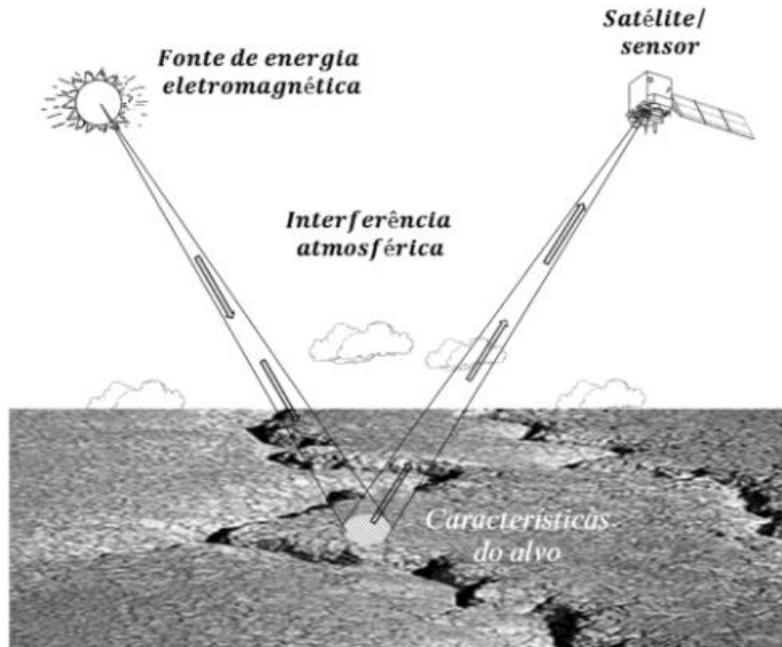
A definição de sensoriamento remoto (SR) é suscetível a diversas interpretações, sendo caracterizado como a obtenção de informações sobre as propriedades de objetos ou fenômenos sem contato físico direto com os mesmos. A aquisição dessas informações se dá pela detecção e medição das alterações que um objeto provoca no meio circundante seja eletromagnético, acústico ou potencial. O foco principal consiste na obtenção de informações a distância, em contraste com medidas *in loco*. Neste contexto, a ênfase recai sobre a utilização de dados coletados por meio de satélites orbitais, cujos sensores fornecem informações cruciais para aplicações diversas (Lorenzzetti, 2015).

A câmera fotográfica foi o primeiro instrumento utilizado na captura de fotos aéreas, o que deu início ao SR como conhecido até hoje. Um exemplo é a câmera Russa KVR-1000, com resolução espacial de 2 a 3 metros. Inicialmente, essa tecnologia tinha aplicações militares, com câmeras de pequeno porte e disparo automático sendo acopladas ao peito de pombos-correios para fotografar locais estratégicos, como bases e tropas inimigas. Posteriormente, balões não tripulados foram empregados com a mesma finalidade. Com o avanço tecnológico, na década de 1960, as câmeras passaram a ser acopladas a aviões, evoluindo até a configuração atual em que são instaladas em satélites orbitais (Figueiredo, 2005).

Na Figura 1 estão apresentados os elementos fundamentais da técnica de SR. Sobre a interação desses elementos, Novo e Ponzoni (2001) citam que:

“A interação se dá como um triângulo onde encontra-se a radiação eletromagnética (REM), atuando como elemento de ligação entre os demais posicionados dos vértices. Esses elementos incluem a fonte de REM, que, para aplicação das técnicas de SR no estudo dos recursos naturais, é representada pelo Sol, o sensor é o instrumento encarregado de coletar e registrar a REM refletida ou emitida pelo objeto, também denominado de alvo. Sendo o elemento central do qual se busca extrair informações relevantes no contexto do sensoriamento remoto”.

Figura 1. Elementos fundamentais do sensoriamento remoto



Fonte: Lorenzetti, 2015, p.18

A resolução espacial de um sensor está diretamente relacionada à autocorreção da organização espacial do objeto no terreno. Em outras palavras, se um objeto exibe pouca variabilidade na superfície terrestre, não será necessária uma alta resolução espacial para sua identificação. Por outro lado, em casos de alta variabilidade de tipos de objetos, torna-se imperativa a utilização de um sensor com resolução espacial de poucos metros para discernir cada elemento distintamente (Meneses, Almeida, 2012).

A resolução espectral refere-se à capacidade do sensor de operar em diversas e estreitas bandas espectrais. No contexto do SR, a obtenção simultânea de imagens em múltiplas bandas espectrais destaca-se como uma das propriedades mais relevantes dos sensores. Essa resolução espectral engloba pelo menos três parâmetros de medida, relacionados à quantidade de bandas do sensor, à largura em comprimento de onda dessas bandas e às posições específicas em que essas bandas estão situadas no espectro eletromagnético. Esses aspectos combinados proporcionam uma visão abrangente e detalhada do objeto ou fenômeno sob análise, permitindo uma análise mais refinada e precisa das características espectrais presentes na cena observada (Novo, Ponzoni, 2001).

3.2 Geoprocessamento

Segundo Câmara, Davis e Monteiro (2001), o termo geoprocessamento indica:

“A disciplina que emprega técnicas matemáticas e computacionais no tratamento da informação geográfica tem exercido uma influência cada vez mais expressiva em áreas como Cartografia, Análises de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais associadas ao Geoprocessamento, conhecidas como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilitam a condução de análises sofisticadas ao integrar dados provenientes de diversas fontes e ao estabelecer bancos de dados geo-referenciados. Além disso, viabilizam a automação da produção de documentos cartográficos”.

Para Leite et al. (2019), o geoprocessamento demonstra sua habilidade em adquirir e analisar dados georreferenciados, permitindo a geração de produtos como imagens e mapas por meio de diversas ferramentas, incluindo o SR. Essa capacidade de integrar informações espaciais provenientes de diferentes fontes contribui para uma análise abrangente e detalhada do ambiente geográfico.

Para Bianchini e Oliveira (2019), a abordagem do geoprocessamento na manipulação eficiente de uma vasta quantidade de informações espaciais, permite a identificação e estabelecimento de controle e direcionamento das atividades antrópicas de uso da terra. Além disso, ela desempenha um papel fundamental na avaliação de possíveis conflitos entre as atividades humanas. Nogueira (2008) explica que os dados vetoriais são arquivos cujos limites são definidos por uma série de pontos interconectados, enquanto os dados matriciais têm seus limites estabelecidos por pixels, representando uma área e tamanho pré-determinado. Essas integrações de tecnologias fornecem uma abordagem abrangente e eficaz para garantir a preservação e o manejo sustentável do uso da terra.

3.3 Planejamento do uso e cobertura do solo

Francisco (2022) destaca que o uso do solo está intrinsecamente relacionado às atividades humanas que abrangem uma extensão da superfície terrestre. Essa abordagem vai além, revelando as complexas relações entre os seres humanos e sua interação com o meio ambiente. Essa perspectiva mais ampla permite uma compreensão mais profunda das dinâmicas ambientais e das influências recíprocas entre as ações humanas e o espaço geográfico, ressaltando a importância de analisar

o uso da terra como um reflexo das interações sociais e ambientais. De acordo com Francisco (2022):

“A cobertura da terra, engloba tanto a cobertura vegetal natural quanto a antropogênica. Contudo, em um sentido mais amplo, refere-se à evidência visual do uso da terra, abrangendo características como vegetação presente ou ausente, como floresta densa, solo exposto, terra arada e estrutura urbana. Essa abordagem abrangente reconhece a diversidade de elementos que compõem a paisagem, destacando desde as feições naturais até aquelas resultantes da intervenção humana. Essa compreensão mais ampla da cobertura da terra é crucial para uma análise completa do ambiente, considerando tanto os aspectos naturais quanto os modificados pela ação humana”.

Para Jensen (2009), o uso da terra é um termo que se refere à forma como os seres humanos utilizam a terra. Por outro lado, a cobertura da terra diz respeito aos materiais biofísicos presentes na superfície terrestre. Esses dois conceitos são distintos, mas estão interligados, uma vez que o uso da terra pode afetar diretamente a cobertura da terra.

3.4 MapBiomias

O projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil é composto por uma rede colaborativa entre Organizações não Governamentais (ONGs), universidades e *startups* de tecnologia com o propósito de produzir um mapeamento anual da cobertura e uso da terra no Brasil. A geração de dados e estudos anuais desde 1985, disponibilizados gratuitamente, tem como objetivo revelar as transformações no território brasileiro com precisão, agilidade e qualidade, tornando acessível o conhecimento sobre o uso e cobertura do solo para promover a conservação e o manejo sustentável. A metodologia utilizada no MapBiomias baseia-se na classificação pixel a pixel de imagens de satélites da série Landsat (resolução espacial de 30m x 30m) e, mais recentemente, da série Sentinel (resolução espacial de 10m x 10m, ainda em versão Beta em 2024). O processamento ocorre por meio de algoritmos de *machine learning* pela plataforma do *Google Earth Engine* (GEE) (MapBiomias, 2023).

Os produtos fornecidos pelo MapBiomas, especialmente os gerados a partir da classificação das imagens Landsat, têm contribuído significativamente para diversas áreas do conhecimento científico. Esses dados de LULC tem sido utilizados para monitoramento ambiental (Furtado et al., 2020; Moraes, 2020; Almeida et al., 2023), entendimento da dinâmica da vegetação (Nunes et al, 2020; Vancine et al., 2023), dar suporte a modelagem e projeções futuras para a formulação de políticas públicas (Ramos et al., 2023; Souza et al., 2023), comparar e validar outros mapeamentos (Neves et al., 2020), estimar o estoque de carbono e as absorções e emissões de gases de efeito estufa (Rosan et al., 2021; Zimbres et al., 2021) e até mesmo para dar suporte a estudos de fauna (Fraga et al., 2022).

3.5 Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O documento que ficou conhecido no Novo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº12.651/2012) introduziu a obrigatoriedade de um Cadastro Ambiental Rural (CAR), que é um registro eletrônico obrigatório para todos os imóveis rurais. Este cadastro, tem caráter autodeclaratório, visa estabelecer as bases para o controle e monitoramento ambiental, além de auxiliar no planejamento ambiental e econômico. O CAR também é fundamental para fornecer dados que apoiem o combate ao desmatamento (Brasil, 2012a).

Um dos principais objetivos do CAR é definir as áreas de reserva legal que todos os imóveis rurais devem manter com cobertura vegetal nativa, excluindo as áreas de preservação permanente (APP). Essas áreas de reserva legal (RL), devem representar um percentual mínimo em relação à área total do imóvel, sendo que, na maior parte do país, esse valor é de 20%. Contudo, dentro da Amazônia Legal, os percentuais podem ser mais elevados, devido à importância ecológica desta região (Brasil,2012a).

Critérios específicos foram estabelecidos para utilização do solo em propriedades rurais, categorizando diferentes áreas conforme suas funções e restrições de uso. Entre essas categorias, destacam-se as APPs, que protegem recursos hídricos e encostas; as reservas legais, destinadas à conservação da biodiversidade; as áreas de uso restrito, que possuem limitações de uso devido a características ambientais especiais; e as áreas consolidadas (AC), que são áreas já utilizadas e alteradas antes de 22 de julho de 2008 (Savian et al.,2014)

Além disso, o CAR inclui a identificação de áreas de uso alternativo do solo (UAS) e áreas remanescentes de vegetação nativa (ARR). As UAS são destinadas a atividades produtivas que não comprometem a sustentabilidade ambiental, enquanto as ARR são áreas que preservam a vegetação nativa existente. Essas classificações são essenciais para o planejamento e gestão sustentável das propriedades rurais, permitindo um equilíbrio entre produção e agropecuária e conservação ambiental (Savian et al.,2014).

Com o Decreto 7.830/2012 foi implementado o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), que tem como objetivo receber os dados do CAR e controlar as informações dos imóveis rurais, incluindo os remanescentes de vegetação nativa e as áreas de uso consolidado no território brasileiro (Brasil, 2021b).

Essas declarações devem incluir detalhes sobre as áreas de parcela mencionadas anteriormente, além de passivos ambientais. Com base nessas informações, atividades em áreas de uso alternativo do solo podem ser desenvolvidas mediante a estudos de potencial poluidor e de degradação e licenciadas (Savian et al., 2014). Entretanto, conforme Laudares et al. (2014) observaram que, mesmo diante dos benefícios propostos pelo CAR, áreas ambientalmente sensíveis têm enfrentado degradação devido a práticas agrícolas

Apesar dos desafios de implementação, um sistema de informação unificado e passível de auditoria é essencial para validar informações no controle ambiental, fornecendo uma visão precisa do processo de degradação ambiental e facilitando a implementação de práticas mais sustentáveis e eficientes de manejo do território.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

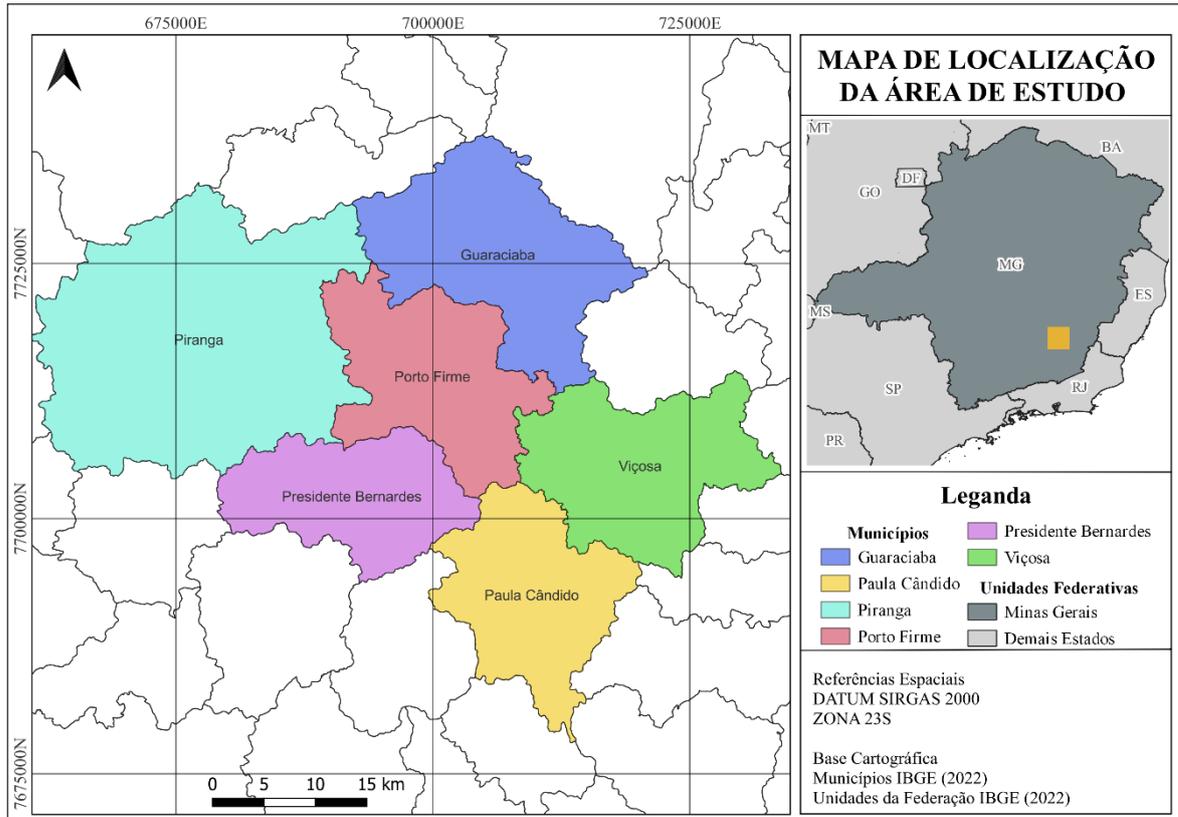
A cidade de Porto Firme, localizada no interior de Minas Gerais, na Zona da Mata, a cerca de 200 km da capital Belo Horizonte, tem suas origens no povoado de Tapera, fundado no final do século XVII. Na década de 1950, o município conquistou sua emancipação, adotando o nome de Porto Firme (Silva, 2020).

A ocupação da região se intensificou devido à disponibilidade de recursos naturais e à morfologia do solo, favorecendo a presença humana. Estabelecida às margens do rio Piranga, que corta o centro da cidade, Porto Firme experimentou uma atividade significativa de garimpo no século XVII, contribuindo para seu crescimento populacional (Prado et al., 2018).

As atividades econômicas fundamentais do município englobam a agropecuária, a indústria de transformação, construção, extração mineral e comércio, desempenhando papéis essenciais no desenvolvimento local (IBGE, 2022).

Com uma população de 10.569 habitantes, de acordo com dados do IBGE (2022), a cidade se caracteriza com uma localidade de pequeno porte, fazendo fronteira com Viçosa, Piranga, Guaraciaba, Paula Cândido e Presidente Bernardes, contendo uma área territorial de aproximadamente 285 km² (Figura 2). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Porto Firme alcança 0,634, classificando-o como Índice de Desenvolvimento Humano Nacional Médio.

Figura 2. Mapa de localização do município de Porto Firme - MG



Fonte: Autor, 2024

Porto Firme está localizado em uma região classificada como Cwa pelo sistema Koppen, apresenta um clima temperado úmido com invernos secos e verões quentes. A temperatura média é de 19,7 °C, a altitude média atinge 669 metros, e a precipitação média anual é de 1.212 mm (Briamezi, 2015). Os solos predominantes na região são Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Cambissolo (Briamezi, 2015). Tais características climáticas e edáficas desempenham um papel significativo nos processos ecológicos e agrícolas locais, impactando a dinâmica ambiental da Zona da Mata.

A cobertura vegetal na região é predominantemente de Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual), em estágios primário e secundário. Conforme apontado por Coelho et al. (2005), o município de Porto Firme tem conseguido preservar a floresta natural em comparação com outros municípios da região. No entanto, ao longo dos

anos, essa preservação tem sido afetada pelas atividades econômicas locais, evidenciando a necessidade de monitoramento e implementação de ações sustentáveis para preservar o ecossistema local. Essa constatação ressalta a importância de estratégias de manejo ambiental que conciliam o desenvolvimento econômico com a conservação da biodiversidade na região.

4.2 Base de dados

Para elaboração deste trabalho, os dados foram adquiridos por meio de sites e plataformas que oferecem bases de dados georreferenciados, compatíveis com o *software* QGis 3.28.8 (Tabela 1). Esses dados se apresentam em formatos vetoriais (em geral, em formato shapefile) e matricial (raster). Essa abordagem permite uma ampla flexibilidade na manipulação e análise dos dados no contexto do estudo proposto.

Tabela 1 - Descrição das fontes de dados geográficas utilizadas

Fonte/ Autor	Nome do mapa/ Produto	Tipo/ Formato	Sistema de coordenadas	Ano de referência
IBGE	Malha do País	Vetor/ Shapefile	SIRGAS 2000	2022
IBGE	Malha Estadual	Vetor/ Shapefile	SIRGAS 2000	2022
IDE - SISEMA	Malha Municipal	Vetor/ Shapefile	SIRGAS 2000	2022
MapBiomias	Cobertura e uso da Terra	TIF/ Raster	WGS 84	1990, 200, 2010 e 2020
CAR	Área de Preservação Permanente	Shapefile	SIRGAS 2000	2023
CAR	Áreas Consolidadas	Shapefile	SIRGAS 2001	2023
CAR	Área do Imóvel	Shapefile	SIRGAS 2002	2023
CAR	Área de Pousio Preservação Permanente	Shapefile	SIRGAS 2003	2023
CAR	Hidrografia	Shapefile	SIRGAS 2004	2023
CAR	Vegetação Nativa	Shapefile	SIRGAS 2005	2023

CAR	Reserva Legal	Shapefile	SIRGAS 2006	2023
CAR	Servidão Administrativa	Shapefile	SIRGAS 2007	2023

Fonte: Autor, 2024

4.3 Processamento

O Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) era diversificado entre os dados vetoriais e matriciais obtidos (Tabela 1), tornando necessário reprojetar as camadas para um único SRC compatível ao projeto. Considerando a necessidade de obter dados precisos das áreas de estudo, foi selecionado o Datum oficial brasileiro SIRGAS 2000 / Zona UTM 23 S. Esse sistema métrico de coordenadas projetadas abrange toda a área de estudo e o estado de Minas Gerais.

4.3.1 Dados MapBiomias

Para adquirir os dados do MapBiomias referentes aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, optou-se pela utilização da coleção 6.0, mesmo ciente da existência das versões 7.0 e 8.0. Filho et al. (2023) elucida que dados de nível 2 (acurácia geral de 85,5% e discordância de alocação 8,3%) ou 3 (acurácia de 85,5% e discordância de alocação 7,6%), potencialmente relevantes para as análises feitas nesse estudo, ainda apresentam algumas inconsistências relacionadas aos padrões temporais estabelecidos. Esse dado de uso e cobertura do solo em formato matricial possui resolução espacial de 30 x 30 metros e estão disponíveis em <https://brasil.mapbiomas.org/>. O MapBiomias Coleção 6 tem suas classes enumeradas em ID (Identificação) em valores que variam de 1 a 48, que constituem classes e subclasses de classificação do uso da terra (Figura 3)

Figura 3. Dados de Classificação MapBiomias

COLEÇÃO 6	ID
1. Floresta	1
1.1. Formação Florestal	3
1.2. Formação Savânica	4
1.3. Mangue	5
1.4. Restinga Arborizada (beta)	49
2. Formação Natural não Florestal	10
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	11
2.2. Formação Campestre	12
2.3. Apicum	32
2.4. Afloramento Rochoso	29
2.5. Outras Formações não Florestais	13
3. Agropecuária	14
3.1. Pastagem	15
3.2. Agricultura	18
3.2.1. Lavoura Temporária	19
3.2.1.1. Soja	39
3.2.1.2. Cana	20
3.2.1.3. Arroz (beta)	40
3.2.1.4. Outras Lavouras Temporárias	41
3.2.2. Lavoura Perene	36
3.2.2.1. Café (beta)	46
3.2.2.2. Citrus (beta)	47
3.2.2.3. Outras Lavouras Perenes	48
3.3. Silvicultura	9
3.4 Mosaico de Agricultura e Pastagem	21
4. Área não Vegetada	22
4.1. Praia, Duna e Areal	23
4.2. Área Urbanizada	24
4.3. Mineração	30
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	25
5. Corpo D'água	26
5.1. Rio, Lago e Oceano	33
5.2. Aquicultura	31
6. Não Observado	27

Fonte: Adaptado MapBiomias, 2024

Neste estudo algumas classes foram generalizadas e outras separadas a nível de subclasses para análise das mudanças ao decorrer dos anos (Tabela 2), sendo realizada pela função “reclassificar por tabela” no QGis.

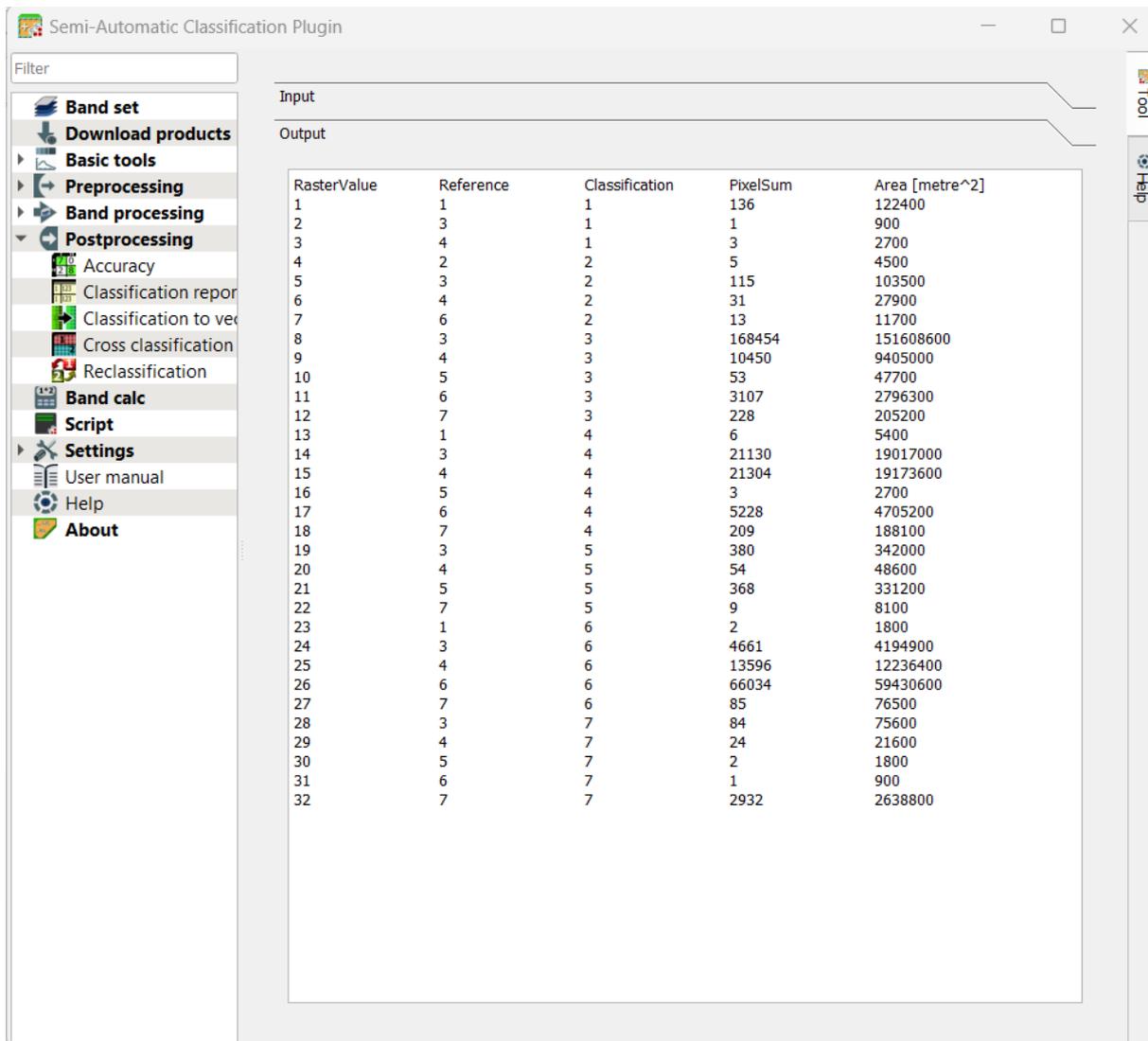
Tabela 2 – Agrupamento das Classes do MapBiomas

Classe	Novo ID	ID das classes relacionadas	Cor
Formação Natural não Florestal	1	10-11-12-29-32	665a3a
Agricultura	2	14-18-19-20-36-39-40-46-47-48	FFFFB2
Pastagem	3	15-41	FFD966
Silvicultura	4	9-21	ad4413
Área não Vegetada	5	22-23-24-25-30	EA9999
Floresta Natural	6	1-3-4-5-49	129912
Corpos Hídricos	7	26-31-33	0000FF

Fonte: Autor, 2024

A análise temporal das mudanças nos mapas gerados foi conduzida utilizando o “*Semiamatic Classification Plugin*” (SCP). A função “*Cross Classification*” desse plugin (Figura 4) permite comparar um *raster* de referência a outro *raster*, possibilitando classificar as mudanças ocorridas em seu ano de referência e o ano posterior. Os arquivos gerados a partir dessa comparação são dados em formato .tif, .csv. ou CrossMatrixCorde (Congedo, 2021).

Figura 4. Interface do *Semi Automatic Classification Plugin (SCP)*, comparando dados dos anos de 1990 a 2000



Fonte: Autor, 2024.

Como um exemplo, evidencia-se na Figura 4 a alteração dos valores de “Reference” referente ao ano de 1990 para o “Classification” do ano de 2000. As mudanças foram delineadas conforme a Tabela 3, destacando a variação nos tipos de uso e cobertura do solo ao longo dos anos. O mesmo procedimento foi aplicado para os períodos de 2000 a 2010 e 2010 a 2020.

Nesse estudo, áreas que oscilaram de floresta natural para formação natural não floresta ou ao contrário, foram considerados mudanças naturais ao longo do tempo. A variação entre agricultura, pastagem, silvicultura e área não vegetada, indicam alterações Antrópicas, podendo representar transformações de uso como agricultura

para pastagem ou área urbana. Áreas que alteraram de Corpos hídricos para agricultura, pastagem, silvicultura e área não vegetada a - sinalizam modificações em Corpos Hídricos por ação humana sendo consideradas alterações Antrópicas, enquanto agricultura, pastagem, silvicultura e área não vegetadas para corpos hídricos, apontaram áreas anteriormente antropizadas que se tornaram Corpos Hídricos.

Mudanças de formação natural não floresta e floresta natural para agricultura, pastagem, silvicultura e área não vegetadas, foram associadas a alterações antrópicas em áreas naturais, classificadas como Desflorestamento. O mesmo critério se aplica para a transição de formação natural não florestal e floresta natural para corpos hídricos, denotando áreas que eram naturais e se tornaram áreas inundadas, classificadas como Corpos Hídricos. Já alterações de corpos hídricos para formação natural não floresta e formação natural foram categorizadas como Reflorestamento, representando a substituição de corpos hídricos por vegetação, seja natural ou plantada, o mesmo vale para mudanças antrópicas de agricultura, pastagem, silvicultura e área não vegetadas para formação natural não floresta e floresta natural. Valores que permaneceram inalterados, como formação natural não floresta para formação natural não floresta ou pastagem para pastagem, foram classificados como áreas que mantiveram a mesma condição entre o ano de referência e o ano posterior (Tabela 3).

Tabela 3 - Mudanças de classes após análise do SCP.

Mudanças de classe	Grupo	ID Classes	Cor
Natura => Natural	Natural	6-1	#00FF00
Antrópico => Antrópico	Antrópico	2-3-4-5	#95968E
Corpos Hídricos => Antrópico	Antrópico	7 > 3-4-5	#95968E
Antrópico => Corpos Hídricos	Corpos Hídricos	3-4-5 > 7	#003399
Natural => Antrópico	Desflorestamento	1-6 > 2-3-4-5	#FF0000
Natural => Corpos Hídricos	Desflorestamento	1-6 > 7	#FF0000
Corpos Hídricos => Natural	Reflorestamento	7 > 1-6	#003300
Antrópico => Natural	Reflorestamento	2-3-4-5 > 1-6	#003300
Inalterado			#FFFFFF

Fonte: Autor, 2024

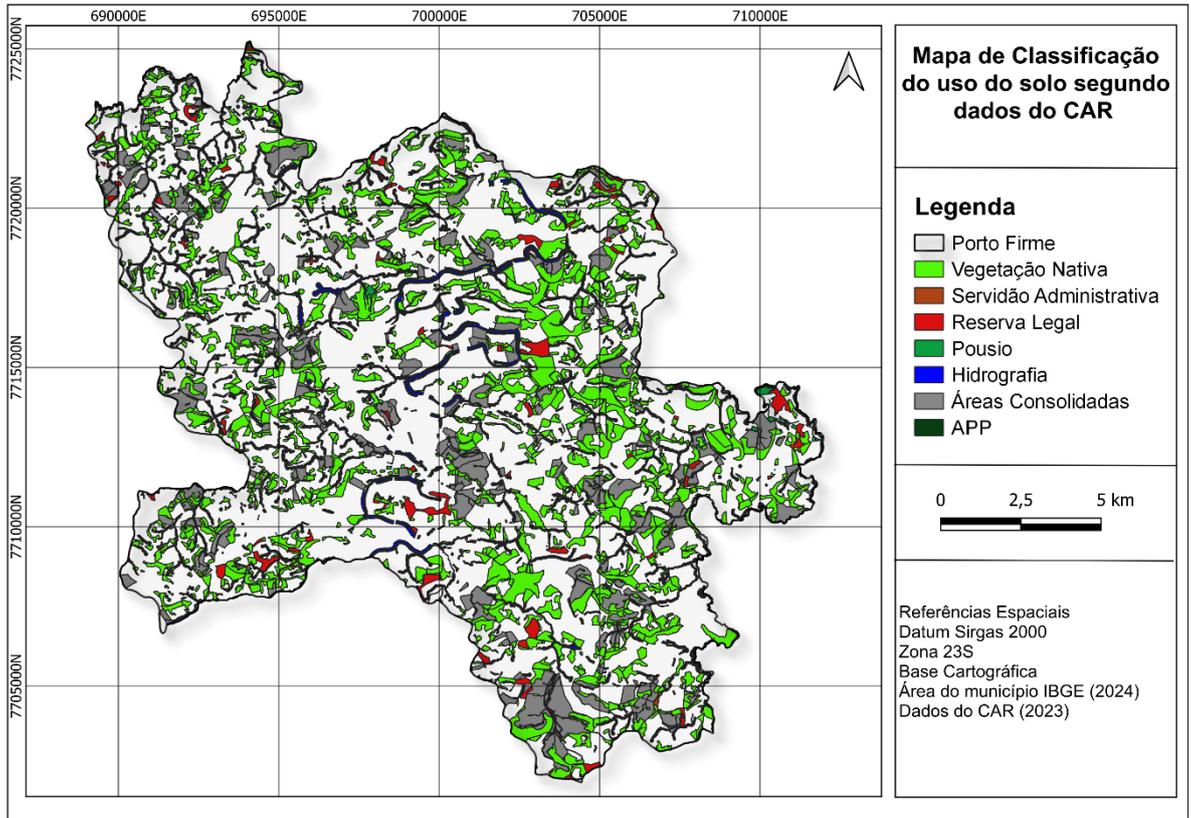
4.3.2 Dados do Sicar

Os dados utilizados neste trabalho foram extraídos do Sicar (disponível em <https://www.car.gov.br/#/>). Essas informações correspondem aos dados prestados pelos produtores rurais do Estado de Minas Gerais no preenchimento do CAR. O acesso aos dados foi realizado no dia 25 de novembro de 2023.

Foram selecionados, para o presente estudo, as bases de perímetros dos imóveis, APP, remanescente de vegetação nativa, área consolidada, área de pousio, uso restrito e RL, tendo como referência o município de estudo, Porto Firme, para o recorte dos dados.

Para integrar os *shapefiles* de mesma base, foi necessário fazer a conversão direta de dados polígonos para matriz de cada um dos dados do CAR. Dessa forma, tornou-se viável realizar uma representação cartográfica mais completa e coerente dos dados, facilitando a interpretação e compreensão dos resultados obtidos, como evidenciado na Figura 5

Figura 5. Dados de classificação do uso do solo com base no CAR de 2023



Fonte: Autor, 2024

Todas as informações do CAR são cadastradas e registradas em quilômetros quadrados (km²), o que proporciona uma medida das características do terreno e das áreas presentes na Tabela 4.

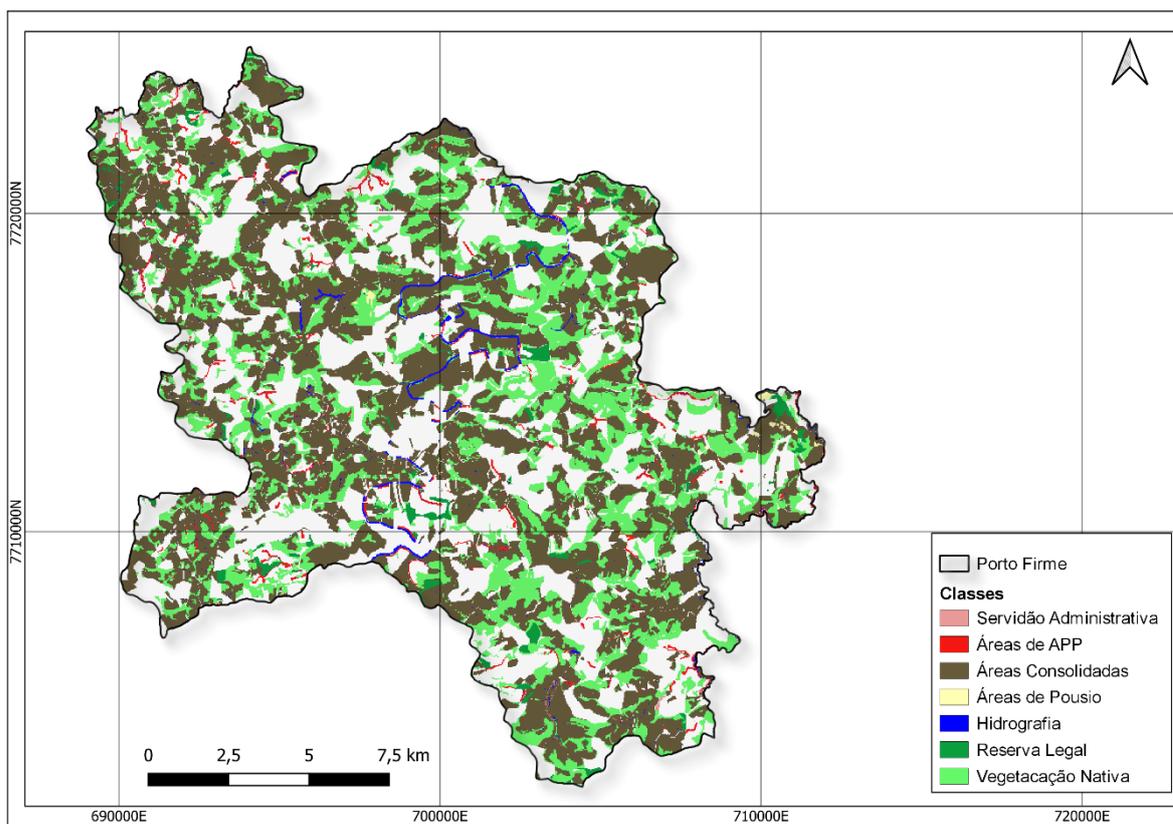
Tabela 4 - Dimensão do uso e ocupação do solo com base nos dados do CAR de 2023 para o município de Porto Firme – MG

ID	Classes	Área (km ²)
11	Servidão Administrativa	0,24
12	Áreas de APP	22,26
13	Áreas Consolidada	121,88
14	Áreas de Pousio	0,44
15	Hidrografia	2,90
16	Reserva Legal	43,58
17	Vegetação Nativa	60,70
Total		251,99

Fonte: Autor, 2024

Para viabilizar a análise utilizando o “*Semiautomatic Classificatio Plugin*” (SCP), foi imprescindível converter os dados em formato polígono para *raster*. Esse processo foi realizado utilizando o conversor de polígono para raster disponível no QGis. Dessa forma, os dados geométricos foram convertidos em dados raster, com uma resolução espacial de 30 m por 30 m, como ilustrado na Figura 6. Os valores resultantes foram, então, tabulados na Tabela 5, fornecendo as respectivas áreas de cada categoria.

Figura 6. Mapa de uso e ocupação do solo com base nos dados do CAR 2023



Fonte: Autor, 2024

Tabela 5 – Dimensão das áreas de uso e ocupação do solo após a conversão de polígono para raster.

ID	Classes	Área (km²)
11	Servidão Administrativa	0,177
12	Áreas de APP	3,82
13	Áreas Consolidada	117,46
14	Áreas de Pousio	0,43
15	Hidrografia	2,79
16	Reserva Legal	4,291
17	Vegetação Nativa	60,7
Total		189,668

Fonte: Autor, 2024

Para a análise temporal, foram utilizados os dados do MapBiomas referente ao ano de 2020, comparado com os dados do CAR de 2023. A ferramenta escolhida para realizar essa comparação foi o SCP.

Considerando que as classificações dos dados não são exatamente idênticas, foi elaborada uma tabela para identificar as variações de ID entre os valores de referência do MapBiomas e os valores de comparação do CAR, conforme apresentado na Tabela 6. Essa tabela foi essencial para compreender e interpretar as mudanças ocorridas nas classes de uso e cobertura do solo ao longo no período analisado.

Tabela 6 - Reclassificação dos dados de comparação entre MapBiomias e CAR

Classes de referência MapBiomias	ID	Classes do CAR	ID	Cor
Área não vegetada	5	Servidão Administrativa	11	EA9999
Floresta Natural	6	Área de Preservação Permanente	12	#f31713
Formação Natural não Floresta	1	Área Consolidada	13	665a3a
Silvicultura	2-3-4	Área de Pousio	14	FFFFB2
Corpos Hídricos	7	Hidrografia	15	0000FF
Floresta Natural	6	Reserva Legal	16	#0a9e3e
Floresta Natural	6	Vegetação Nativa	17	#53f806
		Áreas não classificadas	0	#ffffff

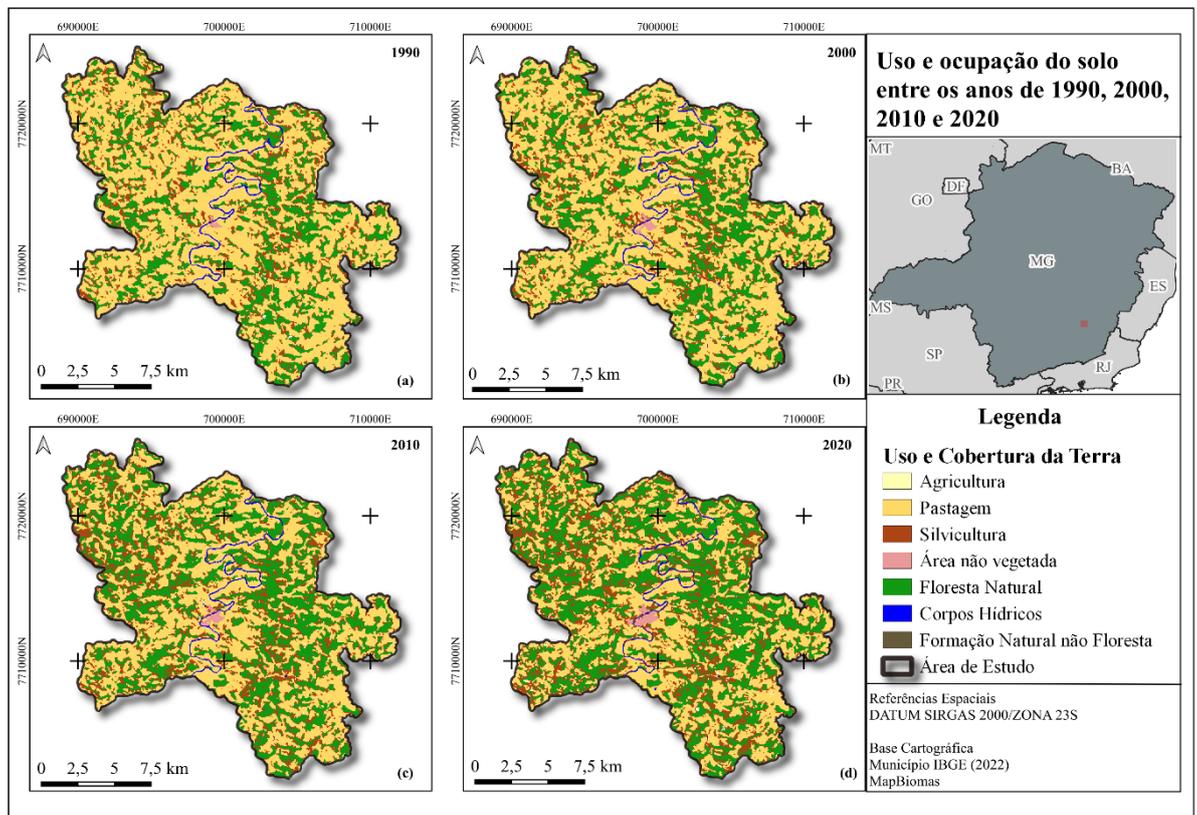
Fonte: Autor, 2024

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Histórico de 30 anos de uso e ocupação do solo de Porto Firme

Na Figura 7 estão ilustrados os dados de uso e cobertura do solo para os anos de 1990 (Figura 7^a), 2000 (Figura 7^b), 2010 (Figura 7^c) e 2020 (Figura 7^d). É possível notar as mudanças ocorridas ao longo dos 30 anos analisados, que ocorreram considerando a dinâmica natural ou ações antrópicas.

Figura 7. Uso e Ocupação do solo entre os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020 para o município de Porto Firme.

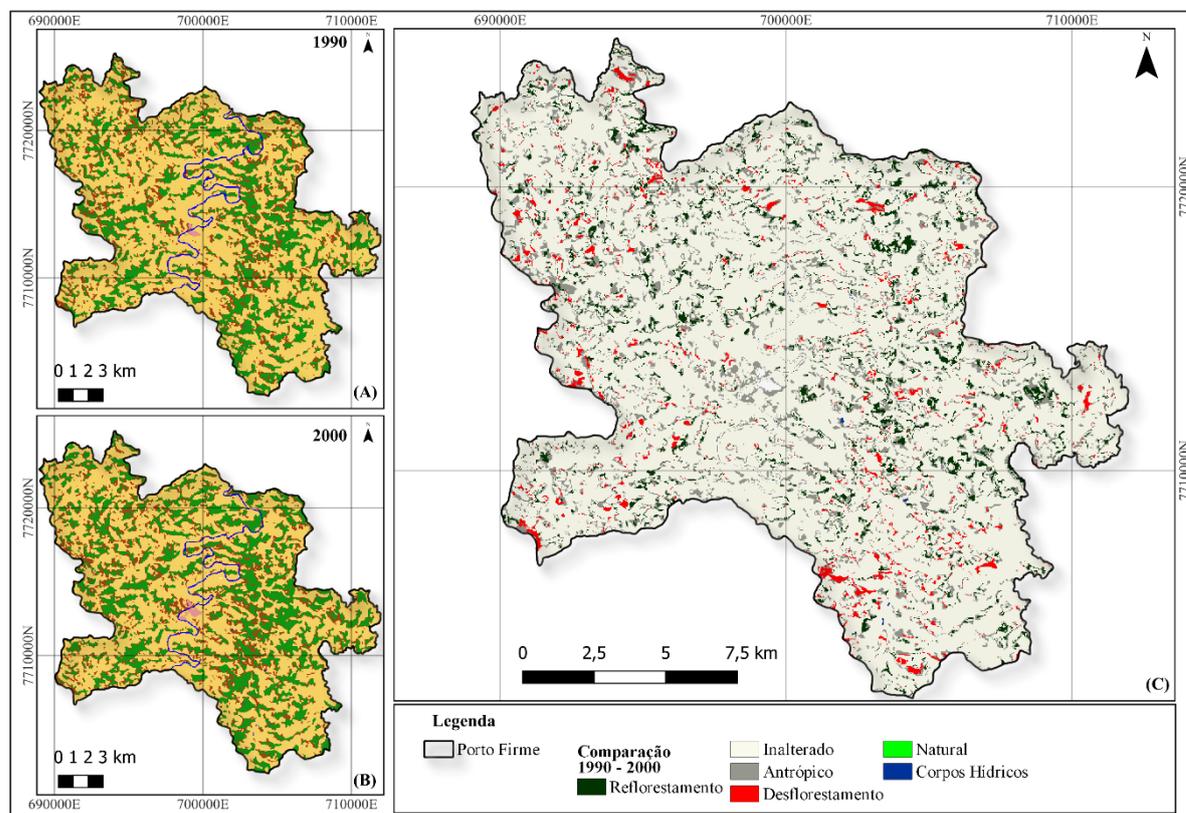


Fonte: Autor, 2024

Na Figura 8 está apresentada a comparação do uso e ocupação do solo de Porto Firme entre os anos de 1990 (Figura 8a), 2000 (Figura 8b) e a diferença entre esses anos (Figura 8c). Observa-se que grande parte da área de estudo permaneceu inalterada, ressaltando que o Rio Piranga, que atravessa toda a extensão do

município não está em destaque, mas que não houve alteração significativa em sua extensão.

Figura 8. Mapa de comparação entre o uso do solo no período de 1990 a 2000



Fonte: Autor, 2024

Em 1990, o uso e cobertura do solo de Porto Firme era classificado majoritariamente por pastagens, seguido por floresta natural e silvicultura (Tabela 7). Ao se comparar os dados de 1990 e 2020, nota-se que esse padrão de uso e cobertura do solo permaneceu inalterado em 81,34% do território enquanto 10,25% da área sofreu algum tipo de ação antrópica (Tabela 8). Observa-se um desflorestamento de 2,62% na região Sul-Sudeste e um reflorestamento de 5,76% na região Norte-Nordeste (Figura 8c)

Tabela 7 - Área de referência das classes de uso do solo para o ano de 1990.

Classes	Área (km²)
Formação Floresta	0,130
Agricultura	0,005
Pastagem	175,343
Silvicultura	40,916
Área Não Vegetada	0,383
Floresta Natural	66,945
Corpos Hídricos	3,117
Total	286,837

Fonte: Autor, 2024

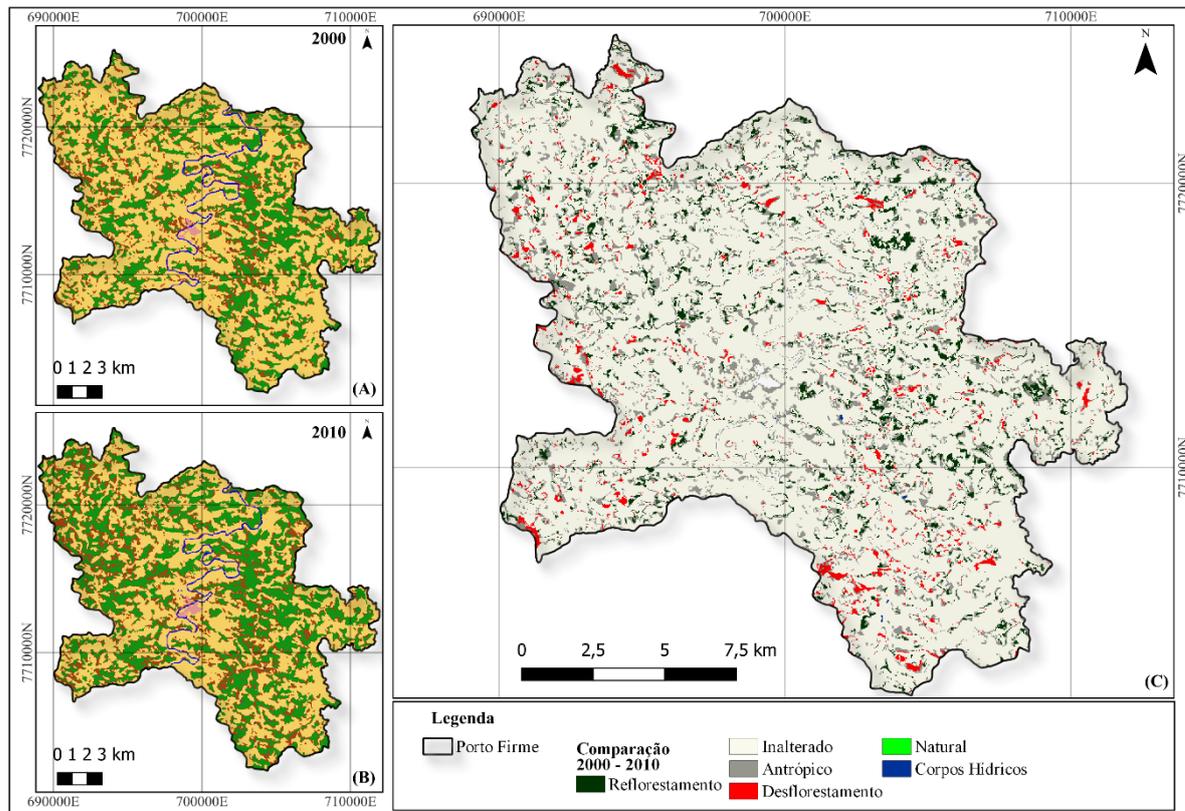
Tabela 8 - Resultado da comparação de mudança do uso e ocupação do solo entre os anos 1990 e 2000.

1990 - 2000		
Classes	Área km²	% Território
Antrópico	29,3958	10,25%
Corpos Hídricos	0,0999	0,03%
Desflorestamento	7,5186	2,62%
Inalterado	233,31	81,34%
Natural	0,0018	0,001%
Reflorestamento	16,5114	5,76%
Total	286,8372	100%

Fonte: Autor, 2024

Ao comparar os anos de 2000 (Figura 9a) e 2010 (Figura 9b), o comportamento da área de estudo diverge significativamente do período anterior. Nota-se que regiões que anteriormente passavam por desflorestamento no Sul-Sudeste agora evidenciam pontos significativos de reflorestamento (Figura 9c). Esse padrão de reflorestamento também se repete na região Noroeste, indicando uma mudança positiva nas práticas de uso do solo e na recuperação das áreas anteriormente degradadas.

Figura 9. Mapa de comparação entre o uso do solo no período de 2000 a 2010



Fonte: Autor, 2023

Não ocorreram mudanças naturais consideráveis nesse período (Tabela 9). No entanto, observa-se uma redução no desflorestamento para 1,42%, enquanto o reflorestamento cresceu para 7,75%. Apesar desse aumento, as áreas inalteradas ainda predominam, representando mais de 78% do território, embora essa proporção tenha diminuído em comparação ao período de 1990-2000 (Tabela 8), o que demonstra uma pequena tendência de recuperação florestal.

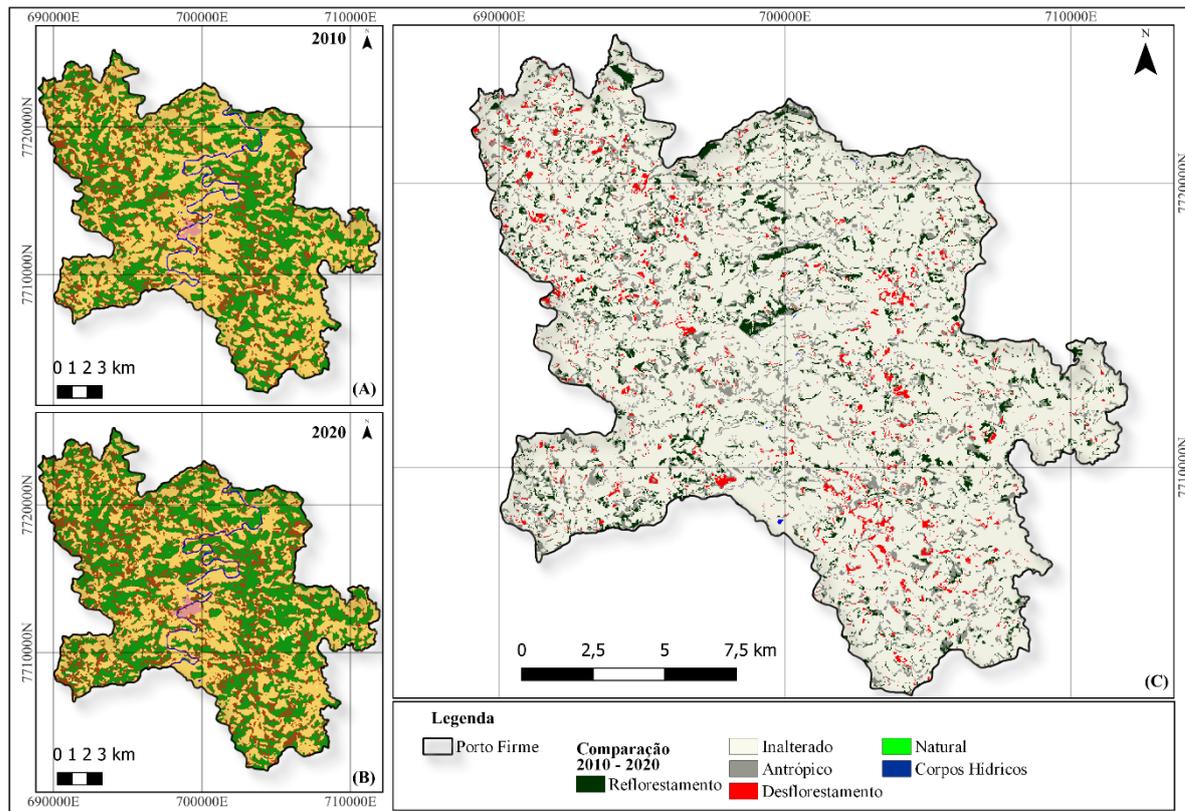
Tabela 9 - Resultado da comparação de mudança do uso e ocupação do solo entre os anos 2000 e 2010.

2000 – 2010		
Classes	Área km²	% Território
Antrópico	34,50	12,03%
Corpos Hídricos	0,17	0,06%
Desflorestamento	4,07	1,42%
Inalterado	225,88	78,75%
Natural	0,00	0,00%
Reflorestamento	22,22	7,75%
Total	286,84	100%

Fonte: Autor, 2024

Entre 2010 (Figura 10a) e 2020 (Figura10b), ocorre um desflorestamento inferior ao ano de 1990 e 2000 (Tabela 8), houve um aumento da alteração antrópica e reflorestamento, áreas inalteradas predominam a área de estudo e o comportamento da área de estudo. Na Figura 10c fica evidenciado que o uso e cobertura do solo de Porto Firme volta a assemelhar-se ao período entre 1990-2000, com desflorestamento nas regiões sul, sudeste, centro e nordeste.

Figura 10. Mapa de comparação entre o uso do solo no período de 2010 a 2020



Fonte: Autor, 2024

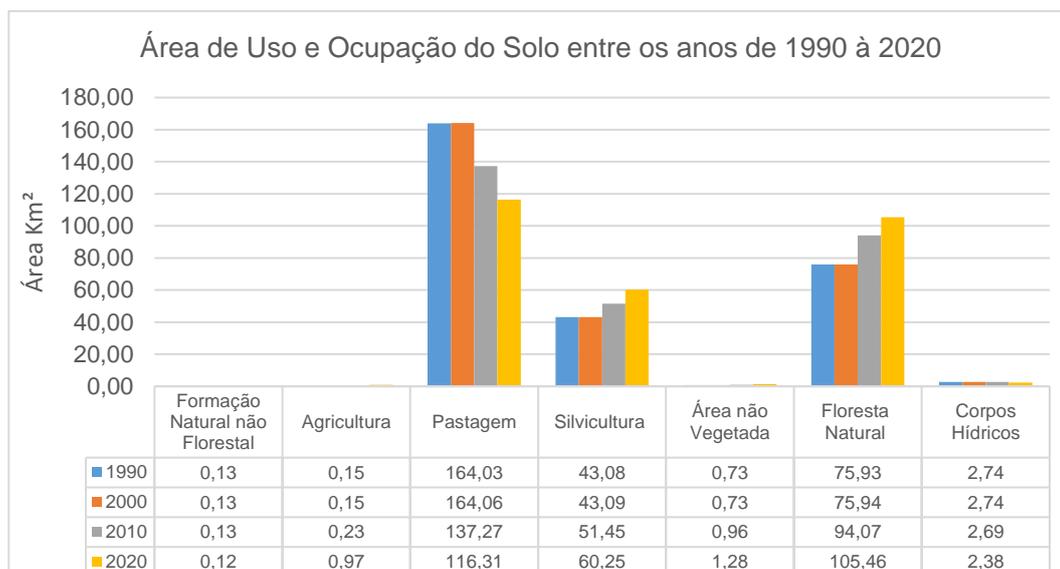
Houve um aumento nas classes de uso antrópico e desflorestamento ao longo dos 10 anos analisados (Tabela 10). As áreas inalteradas continuam predominantes em todos os períodos, mas vêm perdendo espaço para outras categorias de uso e cobertura do solo. Não foram observadas recuperações ou mudanças naturais significativas. O desflorestamento alcançou 2,80% da área de estudo, o uso antrópico de alguma natureza elevou-se para 10,98% e o reflorestamento atingiu 6,76%. Esses dados evidenciam uma tendência crescente de alterações antrópicas no território.

Tabela 10 - Resultado da comparação de mudança do uso e ocupação do solo entre os anos 2010 e 2020.

2010 - 2020		
Classes	Área Km²	% Território
Antrópico	31,50	10,98%
Corpos Hídricos	0,09	0,03%
Desflorestamento	8,02	2,80%
Inalterado	227,82	79,43%
Natural	0,00	0,001%
Reflorestamento	19,40	6,76%
Total	286,84	100%

Fonte: Autor, 2024

Os dados obtidos ao longo dos 30 anos de análise, conforme ilustrado na Figura 11, revelam mudanças significativas, especialmente na transição entre as classes de uso do solo. A classe de pastagem, por exemplo, apresentou uma redução ao longo dos anos, enquanto classes como silvicultura e floresta natural registraram um aumento no mesmo período. Esses resultados indicam que o município tem passado por transformações em suas principais atividades econômicas. No entanto, devido à escassez de estudos que integrem dados específicos, não é possível determinar se essas mudanças estão diretamente relacionadas a políticas públicas ou a ações ambientais implementadas na região. A ausência de uma análise mais aprofundada sobre o município dificulta a correlação entre as mudanças observadas e iniciativas de políticas públicas.

Figura 11. Uso e ocupação do solo e suas respectivas áreas entre os anos 1990 a 2020

Fonte: Autor, 2024

Verifica-se a ocorrência de alterações significativas na redução das áreas de formação não natural e das zonas não florestais, assim como no incremento das atividades agrícolas; no avanço das áreas desprovidas de vegetação e na retração dos corpos d' água. Tais mudanças espelham uma evolução temporal e sinalizam a premente necessidade de implementação de políticas voltadas à conservação ambiental e ao manejo sustentável dos recursos naturais. O intensificado desenvolvimento agrícola e a ampliação das áreas desprovidas de vegetação, em prejuízo dos recursos hídricos, evidenciam a contínua pressão exercida sobre os recursos naturais e a necessidade de ações mitigadoras.

Frente a essas observações, ressalta-se a relevância de uma análise mais extensa dos dados coletados, a fim de fundamentar iniciativas de políticas públicas orientadas para a administração territorial e para o progresso sustentável. O entendimento minucioso das variações no uso do solo e na cobertura vegetal torna-se crucial para a formulação de estratégias efetivas que almejem a conservação do meio ambiente e o fomento de práticas mais sustentáveis na utilização do solo. A análise deve abarcar não somente os dados já existentes, mas também integrar novas informações e visões para um enfoque mais integrativo e holístico.

É imprescindível a realização de estudos mais detalhados, fundamentados em conjuntos de dados mais abrangentes e informações espaciais de maior precisão do que as empregadas neste estudo, para entender com exatidão a situação vigente e

discernir soluções viáveis para o aperfeiçoamento do uso do solo no município de Porto Firme. A integração desses dados pode revelar percepções adicionais ou contrárias ao trabalho apresentado, promovendo um entendimento mais amplo dos padrões de uso do solo, das tipologias vegetais e da dinâmica das classes de uso. Tais pesquisas de campo são essenciais para a validação e o refinamento dos dados espaciais, auxiliando na formulação de políticas públicas mais assertivas e alinhadas com a realidade local.

5.2 Comparação do uso e ocupação do solo com base no MapBiomias 2020 e CAR 2023

Houve uma grande perda de dados após a conversão dos polígonos do CAR para o formato raster (Tabela 11). As maiores diferenças ocorreram nas áreas com APP (redução de 82,84%) e de RL (redução de 90,15%). Por outro lado, a redução das áreas das classes “áreas consolidadas”, “área de pousio” e “hidrografia” foi menor que 5%. A área de vegetação nativa não apresentou diferença na área entre o formato vetor e raster.

Tabela 11. Diferença de áreas por classe do CAR no formato vetorial e matricial

ID	Classes	Área (km ²) em formato vetor	Área (km ²) em formato raster	Diferença em km ² e redução em %
11	Servidão Administrativa	0,24	0,18	0,06 (26,25%)
12	Áreas de APP	22,26	3,82	18,44 (82,84%)
13	Áreas Consolidada	121,88	117,46	4,42 (3,63%)
14	Áreas de Pousio	0,44	0,43	0,01 (2,27%)
15	Hidrografia	2,90	2,79	0,11 (3,79%)
16	Reserva Legal	43,58	4,29	39,29 (90,15%)
17	Vegetação Nativa	60,70	60,70	0 (0%)
	Total	251,99	189,67	62,32 (24,73%)

Durante o desenvolvimento da pesquisa já se tinha conhecimento de que a conversão de dados poderia afetar áreas menores, especialmente considerando a necessidade de uniformidade no tamanho dos dados e a escolha de uma dimensão de 30 x 30 metros para os dados do CAR, resultando em perda de informações durante o processo de rasterização.

A partir da análise da Tabela 12, que compara as classes do MapBiomias com os dados do CAR, foi possível estimar as alterações ocorridas entre os dados do MapBiomias de 2020 (Figura 12a) e os dados do CAR de 2023 (Figura 12b).

Essas alterações foram categorizadas em três grupos principais: alteração antrópica, alteração natural e áreas não informadas. Adicionalmente, foram identificadas áreas que permaneceram inalteradas, tais como áreas de APP, pousio, vegetação nativa, reserva legal e áreas consolidadas, as quais foram consideradas na análise.

Tabela 12 - Dados de comparação entre as Classes do MapBiomas e CAR

Mudanças de classe	Grupo	ID Classes	Cor
Área Não Vegetada => APP; Reserva Legal; Vegetação Nativa; Hidrografia	Natural	5 > 12-15-16-17	#003300
Área não Vegetada => Servidão Administrativa;	Inalterado	5 > 11	EA9999
Área Não Vegetada => Área Consolidada; Área de Pousio	Antrópico	5 > 13-14	#95968E
Floresta Natural => APP	APP	6 > 12	#f31713
Floresta Natural => Servidão Administrativa; Área Consolidada; Área de Pousio	Antrópico	6 > 11-13-14	#95968E
Floresta Natural =>Hidrografia	Natural	6 > 15	#003300
Floresta Natural => Reserva Legal	Reserva Legal	6 > 16	#0a9e3e
Floresta Natural => Vegetação Nativa	Vegetação Nativa	6 > 17	#53f806
Formação Natural não Floresta => Área Consolidada	Área Consolidada	1 > 13	665a3a
Formação Natural não Floresta => Servidão administrativa; Área de Pousio	Antrópico	1 >11-14	#95968E

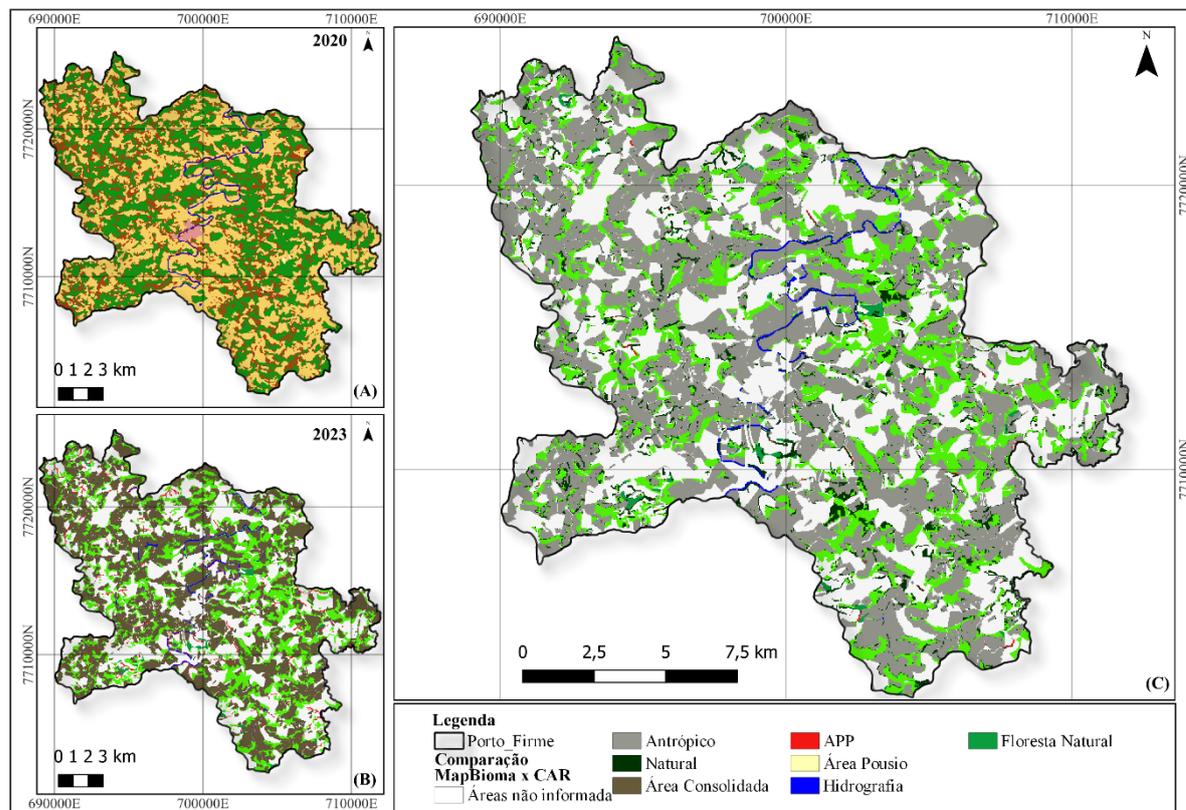
Fonte: Autor, 2024

Tabela 13 - Dados de comparação entre as Classes do MapBiomas e CAR

Formação Natural => Reserva Legal; Vegetação Nativa; APP; Hidrografia	Natural	1 > 12-15-16-17	#003300
Agricultura =>APP; Hidrografia; Reserva Legal; Vegetação Nativa	Natural	2-3-4 > 17-16-15-12	#003300
Agricultura => Servidão Administrativa; Área Consolidada	Antrópico	2-3-4 > 11-13	#95968E
Agricultura => Área de Pousio	Área de Pousio	2 -3-4> 14	FFFFB2
Corpos Hídricos => APP; Reserva Legal; Vegetação Nativa	Natural	7 > 12-16-17	#003300
Corpos Hídricos => Servidão Administrativa; Área Consolidada; Área de Pousio	Antrópico	7 > 11-13-14	#95968E
Corpos Hídricos => Hidrografia	Hidrografia	7 > 15	0000FF
Áreas não informadas	-	1-2-3-4-5-6-7 > 0-	#ffffff

Fonte: Autor, 2024

Após a análise realizada com o uso do SCP no QGis, obteve-se como resultado a Figura 12c, decorrente da comparação e do tratamento dos dados. Observou-se que, em todo o território de Porto Firme, a classe antrópica é a mais proeminente, o que possivelmente se deve à maneira como os dados foram classificados (Tabela 13).

Figura 12. Mapa de comparação entre dados do MapBiomias 2020 a CAR 2023

Fonte: Autor, 2024

Tabela 14 – Quantitativo de áreas por classe após a comparação dos dados do CAR2023 e MapBiomias 2020.

Classe	Área em km ²
Antrópico	122,03
APP	0,41
Área Consolidadas	0,03
Área de Pousio	0,07
Áreas não informadas	97,20
Hidrografia	1,40
Natural	15,26
Reserva Legal	1,53
Vegetação Nativa	48,90
Total	286,83

Fonte: Autor, 2024

Um fator que pode ter influenciado os resultados da comparação entre o MapBiomias e o CAR é a ausência de validação e de uma análise completa dos dados

do CAR, conforme apontado por Xavier et al. (2023) e Silva (2023). Esses estudos realizam uma análise de casos nos quais foram identificadas sobreposições de áreas cadastradas, divergências nas informações sobre a quantidade de vegetação nativa, reserva legal e APP além de outras informações que podem ter sido omitidas ou declaradas incorretamente, visto que se trata de uma ação auto declaratória.

Apesar dessas possíveis inconsistências, o CAR é como uma base de dados estratégica essencial para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa no Brasil. Além disso, desempenha um papel fundamental no planejamento ambiental e econômico do uso e ocupação dos imóveis rurais. Ao viabilizar o planejamento ambiental e econômico dessas áreas, a inscrição do CAR, acompanhada do compromisso de regularização ambiental, quando necessário, torna-se um requisito prévio para acessar a emissão das Cotas de Reserva Ambiental e os benefícios previstos nos Programas de Regularização Ambiental (PRA) e de Apoio e Incentivo à Preservação e Regularização do Meio Ambiente, conforme estabelecido pela Lei 12.615/12. (Neto; Melo, 2016)

Dessa forma, o CAR se revela um instrumento de extrema importância para facilitar o processo de regularização ambiental de propriedades e posses rurais. Ao centralizar as informações sobre a situação ambiental dessas áreas, o cadastro possibilita uma gestão transparente, auxiliando na identificação de áreas passíveis de regularização e na elaboração de estratégias para promover a conservação dos recursos naturais. Assim, ao integrar aspectos ambientais e econômicos, o CAR contribui significativamente para o desenvolvimento sustentável do meio rural e para a preservação dos ecossistemas naturais (Neto; Melo, 2016).

Para projetos futuros, recomenda-se a utilização de outras coleções de dados do MapBiomas com uma escala espacial de referência mais definida. Alternativamente, pode -se considerar a reprojeção dos dados para uma resolução inferior, de modo a tornar os resultados mais compatíveis com as informações provenientes do CARs, especialmente em municípios de menor extensão territorial. Tal abordagem proporcionará maior precisão nas análises e permitirá uma integração mais adequada entre as diferentes fontes de dados geoespaciais. .

6 CONCLUSÃO

A dinâmica do meio físico terrestre resulta em uma transformação natural ou de atividades antrópicas influenciando o uso e a cobertura do solo, ressaltando a necessidade de um planejamento territorial para uma análise abrangente desses fenômenos.

A utilização de geoprocessamento, informações geográficas e a cartografia exercem técnicas para entender a dinâmica da modificação do uso e cobertura do solo. O presente estudo teve como objetivo analisar a cobertura do uso do solo no município de Porto Firme, MG ao longo de 30 anos e observou que houve mudanças no aumento da silvicultura, floresta natural e agricultura, em contrapartida uma diminuição na pastagem, formação não natural de floresta e corpos hídricos, não sendo possível definir o motivo dessas mudanças sem mais dados e com poucos estudos sobre o município.

Podem ser levantadas diversas hipóteses para explicar as mudanças observadas no município, porém, nenhuma delas possui embasamento suficiente para ser considerada uma representação precisa da realidade. Essas transformações podem estar associadas a fatores como o êxodo rural, alterações nos estilos de vida ou até à crescente conscientização ambiental. No entanto, todas essas suposições carecem de estudos adicionais e levantamentos de campo para validação, sendo indispensável uma análise mais aprofundada para confirmar ou refutar tais possibilidades.

A metodologia adotada consistiu em uma pesquisa exploratória, com o intuito de coletar informações, identificar problemas e formular hipóteses sobre as mudanças na cobertura e no uso do solo. O processo iniciou-se com um amplo estudo bibliográfico, seguido pela coleta de dados por meio de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A análise dos dados do Sistema Nacional do SICAR complementou o estudo, destacando a importância de um sistema unificado e auditável para a validação de informações no controle ambiental. Contudo, conforme observado em pesquisas anteriores, a simplificação dos processos pode acarretar efeitos adversos, resultando em uma análise morosa dos dados e na inconsistência das informações, o que dificulta a tomada de decisões e a elaboração de políticas públicas ambientais efetivas. Esse fato ressalta a importância de revisar os

procedimentos de coleta e análise de dados, com o objetivo de acelerar o acesso às informações e aprimorar a precisão dos dados.

A análise comparativa dos dados do MapBiomias e do CAR evidenciou uma tendência de conversão de áreas de pastagem para silvicultura e floresta, impactos vistos como benéficos ao meio ambiente, sugerindo uma possível influência das atividades humanas na natureza. Entretanto, essa tendência não foi seguida ao ser confrontada com os dados do CAR, indicando que uma extensa área do município pode estar sujeita a algum tipo de intervenção antrópica. Para um entendimento mais acurado do ambiente estudado e de suas transformações, torna-se essencial realizar uma análise que inclua levantamentos de campo. Tal abordagem é crucial para uma avaliação mais confiável da realidade local e das mudanças nas categorias do solo.

Ademais, a análise dos dados do CAR em uma escala de 30 x 30 metros revelaram-se ser deficiente devido à perda de detalhes, apontando para a necessidade de um padrão de referência mais detalhado para pesquisas futuras. A complementação desses dados com levantamentos de campo pode fornecer insights adicionais e uma compreensão mais completa dos padrões de uso da terra, a tipologia vegetal e a dinâmica das classes. Dessa forma, será possível desenvolver políticas públicas mais eficazes e fundamentadas na realidade local, promovendo a conservação ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- Allan, A.; Soltani, A.; Abdi, M.H.; Zarei, M. Driving Forcer behind Land Use and land Cover Change: A Systematic and Bibliometric Review. *Land* 2022, 11, 1222. <https://doi.org/10.3390/land11081222>
- Almeida, L. D. S. Carvalho, H. D. S. De. Lobão, J. S. B. Santos, R. L. Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra no Município de Canindé de São Francisco – SE Utilizando MapBiomas. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 02-05 de abril de 2023**. INPE –Florianópolis -SC. ISBN:978-65-89159-04-9.
- Bianchini, C.D., Oliveira, G. G. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas aptas para a implementação de unidade de conservação no Vale do Taquari, RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.1], v. 71, n. 2, p. 513-541, 2019. DOI: 10.14393/rcv-bcv71n2-48357.
- Brasi. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012; Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Lei nº 6.938/1981, 9.493/1996, /11.428/2006 e dá outras providências. **Diário da União, Brasília**, DF, 2012, p. 1. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-
- Brasil, Lei nº12.651 de 25 de maio de 2012a. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm
- Brasil. Decreto nº7.830, de 17 de outubro de 2012b. Dispões sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental. Brasil, 2012b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm
- Brianezi, Daniel. Balanço de gases de efeito estufa em propriedades rurais: Método e aplicações. 2015. 138f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.
- Câmara, G.; Medeiros, J. S. De. Geoprocessamento para projetos ambientais. 2. Ed. INPE. São José dos Campos, 1998. 194p. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/. Acesso em 30/10/23
- Coelho, Danilo José da Silva, Souza, Agostinho Lopes de e Oliveira, Cláudia Maria Lourenço de. Levantamento da cobertura florestal natural da microrregião de

Viçosa, MG, utilizando-se imagens de Landsat 5. **Revista Árvore [online]. 2005**, v. 29, n. 1 Acessado 12 novembro 2023, pp. 17-24. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100003>. Epub 15 Jun 2005. ISSN 1806-9088. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100003>.

Comber, A.J. (2008). The separation of land cover from land use using data primitives. *Journal of Land Use Science*, 3(4), 215-229. <https://doi.org/10.1080/17474230802465173>

Congedo, Luca. 2021. Semi – Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Jornal of Open Source Software**, 6 (64), 3172. Disponível em: <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

Dúran, Glória Yamileth Bolívar. Análise multitemporal de uso e cobertura da terra nas planícies costeiras do baixo Jaguaribe e de Camocim no estado do Ceará com fins de determinação de mudanças e relações com a instalação de parques eólicos. **Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2020.

Facco, D. S.; Benedetti, A. C.; Kaiser, E. A.; Pereira Filho, W. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no Estado do Rio Grande do Sul. *In: Congresso Nacional de Geografia Física*, 1, 2017, Campinas. Anais...Campinas, 2017.

Fialho, M. F. dos S., de Oliveira, B. A. G., Lopes, C. C., Magalhães, D. M., Amaral, F.G., Cruz, C. B. M., Análise comparativa da representatividade dos dados oriundos das coleções 6 e 7 do MapBiomas para estudos temporais no Xingu. Florianópolis -SC. Abril, 2023. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. ISBN:978-65-89159-04-9.**

Figueiredo, Divino. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. São Paulo, 2005

Foley, J. A.; Defreys, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R.; Snyder, P. K. **Global consequences of land use. Science**. v. 309, n.5734, p. 570-574, 2005. Disponível em:

https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.1111772?casa_token=Ilf6YJ5bwkAAAAA%3AUSU4UvcygD3euMjFJBkogdHQ0qX-cHysNbFGOKQ-sUcyCecXTAKDxkWJOK0EtcqGmE_H-QaMwy7HoaA .

Francisco, Paulo Roberto Megna. Avaliação da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do município de Patos-PB utilizando MapBiomas. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.

Frozza, Angelo Augusto; Gonçalves, Rodrigo. Uma introdução à Web Semântica no domínio dos Sistemas de Informações Geográficas. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2010.

Furtado, L. G., Morales, G. P., da Silva, D.F., Pontes, A. N., Transformação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena, Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.13, n.04 (2020) DOI -2340-2354. ISSN:1984-2295. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346690353_Transformacoes_do_uso_e_cobertura_da_terra_na_bacia_hidrografica_do_rio_Murucupi_Barcarena_Para/link/5fcea85892851c00f85b8f39/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Ii9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoicHVibGljYXRpb24ifX0

Goodin, D.G.; Anibas, K.L.; Bezymennyi M. Mapping Land Cover and use from object-based Classification: an example form a complex agricultural landscape. p. 4702-4723 International Journal of Remote Sensing 2015.

IDE-Sisema – Infraestrutura de Dados Espaciais, Minas Gerais, Acessado em: marc, 2023. <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

Jensen, John R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. 2, ed. São Paulo, 2009.

Lakatos, Eva Maria. Marconi, Marina de Andrade. Fundamentos de Metodologia Científica. 5º. ed. São Paulo: Atlas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Rio Grande do Norte. 2003. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view.

- Laudares, de A., Da Silva, S. S. Borges, K. G., Coimbra, L. A., Cadastro Ambiental Rural: Uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental no Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 31, 2014
- Lorenzetti, João A. Princípios físicos de sensoriamento **remoto**. **Editora Blucher, 2015**. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=VEniDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=sensoriamento+remoto+princípios&ots=TvW37doJV7&sig=90ZJgcMxtQgu_8PgIbKWLRXL40Y#v=onepage&q&f=false.
- MapBiomass. O Projeto. 2023. Disponível em [https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/..](https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/)
- MapBiomass. Projeto MapBiomass – Coleção 2020 da Série anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia/>.
- Marques, Greissz da Encarnação. Geoprocessamento como Ferramenta na Análise de Incêndios e Queimadas Através do uso de imagens do Satélite Landsat 8. Viçosa. Brasil. 2015
- Maurício Humberto Vancine, Renata L. Muylaert, Bernardo Brandão Niebuhr, Júlia Emi de Faria Oshima, Vinicius Tonetti, Rodrigo Bernardo, Carlos De Angelo, Marcos Reis Rosa, Carlos Henrique Grohmann, Milton Cezar Ribeiro. The Atlantic Forest of South America: spatiotemporal dynamics of remaining vegetation and implications for conservation. *bioRxiv* 2023.09.16.558076; doi: <https://doi.org/10.1101/2023.09.16.558076>
- Meneses, Paulo Roberto.; Almeida, Tati de. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília, 2012.
- Merlin, L.V.C.T; Oliveira, A. C. Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. ICMS Verde para a redução do desmatamento amazônico: um estudo sobre a experiência recente.
- Moraes, Rafael Adighieri. Análise das mudanças do uso e da cobertura da terra em um município com áreas de mineração na microrregião de Itabira, a partir de dados do MapBiomass entre 1987 e 2017. **Revista Engenharia de Interesse**

Social, v.5, n. 6, p.77-96, ISSN: 2525-6064. 2020. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/reis/index>

Neto, Edson Salvio de França Teixeira; Melo, Jose Airton Mendonça de. Cadastro Ambiental Rural, CAR – Um estudo sobre as principais dificuldades relacionadas a sua implantação. **Negócios em Projeção**, volume 7, Número 2, ano 2016. Pg. 54.

Nogueira, Ruth E. Cartografia: Representação, comunicação e visualização de dados espaciais. **2ª. ed.** Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. 2008

Novo, Evlyn márcia Leão de Moraes, Ponzoni, Flávio Jorge. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos, 2001.

Nunes, S.; Junior, L. O.; Siqueira, J.; Morton, D. C.; Junior, C. M.; Unmasking secondary vegetation dynamics in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, Volume 15, Number 3. DOI 10.1088/1748-9326/ab76db

Prado, Leonardo Brandão. Silva, Cássio Saraiva. Silva, Wlelerson Machado. Fialho, Edson Soares. Análise do comportamento térmico de uma cidade de pequeno porte, um estudo de caso do município de Porto Firme – MG. **XII SBCG -A climatologia Geográfica: O ensino, os métodos, as técnicas e os desafios para o século XXI**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora – MG. 2018. Disponível em: www.abclima.ggf.br/sbcg2018 .

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Version 3.16. 2021.

Ramos, R. G., Scarabello, M. da C., Costa, W., Andrade, P. R., Soterroni, A., & Ramos, F. M. (2023). A mathematical programming approach for downscaling multi-layered multi-constraint land-use models. *International Journal of Geographical Information Science*, 37(9), 2020–2042. <https://doi.org/10.1080/13658816.2023.2241144>

Rosan, Thais M.; Klein Goldewijk, Kees; Ganzenmüller, Raphael; O'Sullivan, Michael; Pongratz, Julia; Mercado, Lina M.; Aragao, Luiz E. O. C.; Heinrich, Viola; Von Randow, Celso; Wiltshire, Andrew; Tubiello, Francesco N.; Bastos, Ana; Friedlingstein, Pierre; Sitch, Stephen. A multi-data assessment of land use and land cover emissions from Brazil during 2000–2019. *Environmental Research*

Letters, v. 16, n. 7, 2021. DOI: 10.1088/1748-9326/ac08c3. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac08c3>.

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. 2018

Savian, M., Milhomens, A., Valesse, M.C., Cabra, P. Cadastro Ambiental rural: Experiência e potencialidades para a gestão agroambiental. Políticas Agroambientais e Sustentabilidade desafios, oportunidades e lições aprendidas. IPEA. Brasília, p. 107 – 126. 2014

Sicar. Regularização Ambiental - Cadastro Ambiental Rural. 2023 <https://www.car.gov.br/#/>

Silva, Júlio Cesar Paes. Sustentabilidade municipal: Uma análise da alocação dos recursos públicos do Município de Porto Firme – MG, nas dimensões do Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS). 2020. 211f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Unihorizontes, Belo Horizonte – MG. 2020.

Silva, Pedro Henrique da. Cadastro ambiental rural (CAR): Avaliação dos registros e apontamentos sobre a digitalização da terra e da gestão rural em Uberlândia-MG. 2023. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

Souza, B. de.; Santo. K. R.; Pezzopane, M. J. E.; Dias, M. H.; Ferrari, J. L.; Peluzio, M. O.; Toledo, J.V.; Carvalho, F. R. C.; Moreira, R. T.; Araújo, F. E.; Modeling Dynamics in Land Use and Cover and Its Future Projectio for the Amazon Biome. *Forests* **2023**, 14, 1281. <https://doi.org/10.3390/f14071281>

Souza, Lenice Santana de. O processo de modernização do território e as transformações da paisagem urbana de Porto Firme, MG (1953-2020). Dissertação Pós- Graduação em Patrimônio Cultural, Paisagens e Cidadania – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa – MG. 2023

Souza, Sâmila. Geotecnologias Aplicadas à Análise Socioambiental do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Uraim (Paragominas-Pa): Contribuições aos Estudos

Integrados. 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Geoprocessamento) - Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua, Ananindeua-PA, 2019.

Tedesque, Luiza Monterani. Klink, Carlos Augusto. Desafios no uso do Cadastro Ambiental Rural para monitoramento ambiental de imóveis rurais. **9º Congresso Florestal**, Brasileiro. V.1 n.1, 23-27, 2022. DOI <https://doi.org/10.55592/CFB.2022.4637119>.

Wulder, M.A, David, P. R, Volker, C.R. Thomas, R. L. Martha, C. A. David, M. Johnson. Sean, H. Z.Z., Theodore, A. S. Nima, P. Matthew, H. Noel, G. Christopher, J.C. Jeffrey, G. M. T. H. Joanne, C. W. Alan, S. B. Crrystal, S. Curtis, E. W. Justin, L. H. Leo, L. Patrick, H. Feng Gao. Alexei, L. Jean, F. P. Pert, S. Brunce, D. C. **Fifty years of Landsat science and impacts**. *Remote Sensig of Environment*. V. 280. 2022. p. 113195. ISSN 0034-4257. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425722003054>.

Xavier, Laura Cristina Moura, Meireles, Tatiane Assis Vilela, De Paula Santil, Fernando Luiz. Análise das inconsistências topológicas nos dados do CAR: Um estudo de caso para o município de Barrão Melgaço-MT. **Revista Brasileira de Geomática**. V. 11, n. 1, p 337 – 354, 2023.

Zhao, X., Wang, P.; Gao, S.; Yasir, M.; Islam, Q.U. Combining LSTM and PLUS Models to Predict Future Urban Land Use and Land Cover Change: A Case in Dongying City, China. *Remote Sens*. 2023, 15, 2370. <https://doi.org/10.3390/rs15092370>

Zimbres, Barbara; Rodríguez-Veiga, Pedro; Shimbo, Julia Z.; da Conceição Bispo, Polyanna; Balzter, Heiko; Bustamante, Mercedes; Roitman, Iris; Haidar, Ricardo; Miranda, Sabrina; Gomes, Letícia; Carvalho, Fabrício Alvim; Lenza, Eddie; Maracahipes-Santos, Leonardo; Abadia, Ana Clara; Prado Júnior, Jamir Afonso do; Machado, Evandro Luiz Mendonça; Gonzaga, Anne Priscila Dias; Terra, Marcela de Castro Nunes Santos; de Mello, José Marcio; Scolforo, José Roberto Soares; Alencar, Ane. **Mapping the stock and spatial distribution of aboveground woody biomass in the native vegetation of the Brazilian Cerrado biome**. *Forest Ecology and Management*. v. 499, nov.2021,119615. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119615>.

