



**ESTUDO DO USO E COBERTURA DA TERRA E
FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO DE ARINOS, MINAS
GERAIS, BRASIL**

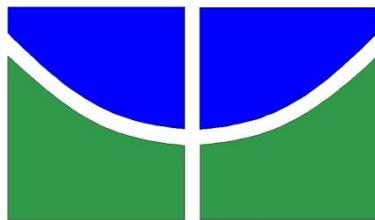
EVELYN BIANCA ALMEIDA VAZ

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL – EFL
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

Brasília, 21 de julho de 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

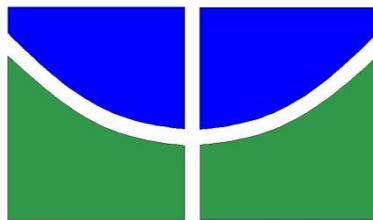
**ESTUDO DO USO E COBERTURA DA TERRA E
FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO DE ARINOS, MINAS
GERAIS, BRASIL**

EVELYN BIANCA ALMEIDA VAZ

Trabalho de Conclusão de Curso de
graduação apresentado ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade de Brasília
como parte das exigências para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Matricardi

Brasília-DF, 21 de julho de 2023



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal – EFL

**ESTUDO DO USO E COBERTURA DA TERRA E
FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO DE ARINOS, MINAS
GERAIS, BRASIL**

Estudante: Evelyn Bianca Almeida Vaz

Matrícula: 18/0041673

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trandoli Matricardi

Menção: _____

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador

Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro Interno da Banca Examinadora

Prof. Dr. Fabrício Assis Leal

Universidade Federal do Acre – UFAC
Membro Externo da Banca Examinadora

Brasília-DF, 21 de julho de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

BV393e	Bianca Almeida Vaz, Evelyn ESTUDO DO USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO DE ARINOS, MINAS GERAIS, BRASIL / Evelyn Bianca Almeida Vaz; orientador Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi. -- Brasília, 2023. 46 p. Monografia (Graduação - Engenharia Florestal) -- Universidade de Brasília, 2023. 1. Sensoriamento Remoto. 2. Uso e Cobertura da Terra. 3. Ecologia da paisagem . 4. Fragmentação florestal. 5. MapBiomias. I. Aparecido Trondoli Matricardi, Eraldo, orient. II. Título.
--------	---

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VAZ, E. B. A. (2023). Estudo do Uso e cobertura da terra e fragmentação florestal na região de Arinos, Minas Gerais, Brasil. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR(A): Evelyn Bianca Almeida Vaz

TÍTULO: Estudo do uso e cobertura da terra e fragmentação florestal na região de Arinos, Minas Gerais, Brasil

GRAU: Engenheiro(a) Florestal

ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O(A) autor(a) reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Evelyn Bianca Almeida Vaz

eflevelyn@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram de maneira significativa para a realização desta monografia. Em especial, agradeço:

Primeiramente, a Deus pela oportunidade e sabedoria para alcançar mais um objetivo em minha vida.

Aos meus pais, Sandro e Lucilene, pelo apoio e incentivo ao longo de toda a minha vida. Sem o amor e suporte de vocês, essa conquista não seria possível.

Aos meus professores do Ensino Médio, Berlânia (in memoriam), Layra, Gustavo e Alexandra, por me apresentarem a Universidade Pública e plantarem em mim o desejo de ingressá-la.

À minha amiga Any, por estar comigo há tantos anos e ter me dado tanto apoio para concluir esta graduação.

Às minhas amigas, Júlia, Laura e Marcella, que ingressaram comigo neste curso e caminhamos juntas nessa jornada, pelas conversas, momentos felizes e superação em todas as dificuldades.

Agradeço à minha primeira orientadora na pesquisa Júlia Sonsin por todo conhecimento compartilhado.

Aos meus supervisores de estágio Carolina Lepsch, do Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) e Henrique Cruvinel, da Companhia de Saneamento Ambiental do DF (CAESB), bem como aos demais colegas que integravam as equipes, pela orientação e paciência para me ensinar sobre o mundo profissional e tanto me capacitar.

Agradeço imensamente ao meu estimado orientador, Eraldo. Sua orientação, paciência, conhecimento, incentivo e amizade foram a base para a conclusão deste TCC e por me moldar como profissional.

À UnB, por me proporcionar experiências únicas, dentre aulas, projetos, pesquisas e todas as oportunidades possíveis.

Aos demais professores, que me instruíram em mais do que a academia poderia prever, meu muito obrigada! Por fim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma com minha formação pessoal e profissional

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento. Seu apoio, amor e encorajamento foram essenciais para o sucesso deste trabalho. Que nossa jornada continue repleta de momentos de aprendizado e crescimento juntos.

RESUMO

ESTUDO DO USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATURAL NA REGIÃO DE ARINOS, MINAS GERAIS, BRASIL

O Cerrado é um bioma brasileiro localizado na região central do Brasil, de grande extensão e características particulares, as quais proporcionam uma grande diversidade e endemismo de espécies da fauna e flora. Nos últimos anos tem sido observado interferências nesse bioma, sendo o desmatamento a atividade antrópica responsável por grande parte das alterações da sua paisagem, com consequente destruição de habitats, perda de biodiversidade e outros impactos ambientais. O presente estudo foi desenvolvido na Região de Arinos-MG, inserida no bioma Cerrado, onde buscou-se o entendimento da dinâmica do uso e cobertura da terra ocorrida nas últimas décadas e os efeitos sobre a fragmentação da vegetação natural, para fornecer subsídios para a definição de estratégias de conservação e ordenamento territorial. Para tanto, foram utilizados dados de sensoriamento remoto, técnicas de geoprocessamento e métricas da paisagem. Foi utilizada a Coleção 7 do Projeto MapBiomias, disponível na plataforma *Google Earth Engine*, e para o cálculo das métricas da paisagem foi utilizado o *plugin Patch Grid* e ferramentas de geoprocessamento do *software ArcGIS 10.8®*. Os resultados das análises do uso e cobertura da terra evidenciaram a descaracterização da vegetação natural, com aumento significativo da fragmentação da paisagem entre 1985 e 2021. Tal fragmentação implicou em perdas de vários serviços ecossistêmicos e de biodiversidade, requerendo medidas de controle ao desmatamento para evitar maiores problemas socioambientais.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Ecologia da Paisagem, Fragmentação Florestal, Métricas da Paisagem, *Google Earth Engine*, MapBiomias.

ABSTRACT

Land Use and Coverage and Fragmentation of Natural Vegetation in Arinos, Minas Gerais, Brazil

The Cerrado, a Brazilian biome situated in the central region of Brazil, boasts vast expanses and distinctive features that foster a rich diversity and endemism of both fauna and flora species. Deforestation stands as a principal driver of alterations in the Cerrado's landscape, resulting in the destruction of habitats, loss of biodiversity, and a range of other environmental repercussions. This study focuses on the Arinos-MG region, located in the northwestern part of the state of Minas Gerais, entirely within the Cerrado biome. The aim is to comprehend the recent decades' dynamics of land use and land cover changes and their impact on the fragmentation of natural vegetation within this study area. To facilitate these analyses, remote sensing data and geoprocessing techniques, including landscape metrics, were employed. The MapBiomas Project Collection 7, accessible via the Google Earth Engine platform, was utilized. Furthermore, for calculating landscape metrics, the Patch Grid plugin alongside geoprocessing tools from the ArcGIS 10.8® software was applied. Analysis of land use and land cover revealed a noteworthy degradation of natural vegetation, accompanied by a substantial rise in landscape fragmentation within the study area between 1985 and 2021. This heightened fragmentation entails the loss of diverse ecosystem services and biodiversity and enhances the necessity for measures to control deforestation, to avert significant socio-environmental challenges.

Keywords: Remote Sensing, Landscape Ecology, Florestal Fragmentation, Landscape metrics, *Google Earth Engine*, MapBiomas.

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ERTS	<i>Earth Resource Technological Satellites</i>
ETM	<i>Enhanced Thematic Mapper</i>
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LULC	<i>Land use and land cover</i>
LDCM	<i>Landsat Data Continuity Mission</i>
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSS	<i>Multispectral Scanner System</i>
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
REIS	<i>RapidEye Earth Imaging System</i>
RPPN	Reservas Particulares de Patrimônio Natural
SBSR	Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TIRS	<i>Thermal Infrared Sensor</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
1.1.1 O problema e questões de pesquisa	13
1.1.2 Justificativa.....	13
1.1.3 Objetivos.....	13
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.2.1 Sensoriamento Remoto	14
1.2.1.1 Histórico da série de Satélites Landsat	14
1.2.2 Uso e Cobertura da Terra.....	15
1.2.2.1 Análise Espaço-Temporal	15
1.2.3 MapBiomias.....	16
1.2.4 Google Earth Engine.....	16
1.2.5 Ecologia da Paisagem	16
1.2.5.1 Fragmentação Florestal	17
1.2.5.2 Métricas da Paisagem.....	17
1.3 ESTRUTURA DESTE TRABALHO	18
2 CAPÍTULO II - MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DA TERRA NA MUNICÍPIO DE ARINOS, MG	18
2.1 INTRODUÇÃO	18
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.2.1 Área de estudo	19
2.2.2 Base de Dados.....	21
2.2.3 Processamento das Imagens de Satélite.....	21
2.2.4 Avaliação da dinâmica espaço temporal de uso e cobertura da terra	22
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23

2.3.1	Avaliação da Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra	23
2.4	CONCLUSÃO	28
3	CAPÍTULO III – ESTUDO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL.....	29
3.1	INTRODUÇÃO	29
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.2.1	Localização e caracterização da área de estudo.....	30
3.2.2.	Base de dados	30
3.2.3.	Análise da fragmentação da paisagem.....	30
3.2.1.1	Métricas de área	30
3.2.1.2	Métricas de Tamanho.....	30
3.2.1.3	Métricas de borda.....	31
3.2.1.4	Métricas de forma	31
3.2.1.5	Métricas de área central	31
3.2.1.6	Métricas de proximidade.....	31
3.2.1.7	Métricas de Diversidade.....	31
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.3.1.	Métricas de área.....	32
3.3.2.	Métricas de tamanho.....	33
3.3.4.	Métricas de borda	36
3.3.5.	Métricas de forma.....	37
3.3.6.	Métricas de área central	37
3.3.6.	Métricas de diversidade	39
3.4	CONCLUSÃO	39
4	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	41
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estatísticas de acurácia da classificação da coleção 7 do projeto MapBiomias para o bioma Cerrado.	22
Figura 2 - Localização da região de Arinos, no noroeste do estado de Minas Gerais, Brasil. .	20
Figura 3 - Fluxo metodológico para a sobreposição (intersecção) dos dados do MapBiomias x Município de Arinos – MG para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021.	23
Figura 4- Percentual de variação de mudança das classes de uso e cobertura da terra nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 na região de Arinos.	24
Figura 5 - Uso e cobertura da terra da Município de Arinos, MG.	25
Figura 6 - Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra	27
Figura 7 - Estimativa da métrica de área (PLAND)	33
Figura 8 - Número de fragmentos estimados para 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 em classes de tamanho na região de Arinos, MG.....	34
Figura 9 - Estimativa da métrica de tamanho (MPS).	35
Figura 10 – Estimativa da métrica de tamanho (NumP)	35
Figura 11 – Estimativa da métrica de borda (ED).....	36
Figura 12 - Estimativa da métrica de Área Central (TCAI)	38
Figura 13 - Estimativa da métrica de proximidade e isolamento (MNN).....	38
Figura 14 - Estimativa das métricas de diversidade para o município de Arinos, MG - índice de diversidade de Shannon (SHDI) e índice de uniformidade de Shannon (SHEI).....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fonte de dados utilizados no estudo.....	21
Tabela 2 - Mudanças no uso e cobertura da terra.	23
Tabela 3 - Estimativa dos tipos de uso e cobertura da terra nos períodos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 na região de Arinos.	26
Tabela 4 - Métricas de paisagem utilizadas na quantificação da estrutura da paisagem da região de Arinos-MG.....	32
Tabela 5 - Número de fragmentos estimados para 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 em classes de tamanho na região de Arinos, MG.....	33
Tabela 6 - Estimativa das métricas de forma para o Município de Arinos, MG.....	37

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil ocupando cerca de 25% (2 milhões de km²) do território brasileiro, . Abrange os Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e o Distrito Federal, formando a segunda maior região biogeográfica do planeta (MMA, 2014a; MOURANO et al., 2019).

O Cerrado brasileiro representa um papel de destaque nas discussões climáticas por ser considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade e o berço das águas da América do Sul (MMA, 2014a, MOURANO et al., 2019). Forma um complexo mosaico de fitofisionomias, com a mais rica vegetação savânica do planeta, com alta taxa de endemismo e grande relevância de seus serviços ecossistêmicos (ALMEIDA et al., 2011).

O Bioma Cerrado é importante na hidrografia brasileira, pois abriga as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul, Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata (SANTOS et al., 2010). Em termos de produção hídrica é o responsável por contribuir com 71% na bacia Tocantins-Araguaia, 94% na bacia do São Francisco, 71% na bacia Paraná-Paraguai, e com 4% na bacia Amazônica. Essa disponibilidade de recursos hídricos favorece a biodiversidade (MMA, 2014a).

Desde a década de 1970, com o avanço da fronteira agrícola, o Cerrado se tornou um dos maiores produtores de *commodities* do mundo. Essa demanda pela produção de grãos, carne e carvão vegetal, aumentou a pressão para a abertura de novas áreas, o que configura agravamento do desmatamento (MOURANO et al, 2019).

Apesar da oportunidade de desenvolvimento que o agronegócio proporciona ao país, de acordo com o PRODES Cerrado, o bioma perdeu 272.200 km² entre 2001 e 2017 (INPE, 2018) e, segundo o Relatório Anual de Desmatamento do MapBiomas, entre 2021 e 2022, o incremento na área desmatada foi de 156.871 ha. Em 2022, o Cerrado perdeu de cobertura vegetal nativa, o equivalente a 75,3 hectares por hora, ou 1.807,3 ha por dia (MAPBIOMAS, 2023).

Atualmente, com o desenvolvimento da Ecologia da Paisagem, que busca analisar os padrões espaciais dos ecossistemas e, com o avanço do sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas na obtenção de dados, é possível monitorar e quantificar o desmatamento que ocorre nos territórios.

Desse modo, vários projetos fazem o levantamento de dados sobre uso e cobertura da terra no Brasil, tais como o Projeto de Monitoramento dos Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), desenvolvido pelo MMA, através do IBAMA, porém já descontinuado; o Programa de Monitoramento de Cerrado (PRODES Cerrado), do INPE e; o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil - MapBiomas, uma Organização não-Governamental (ONG).

1.1.1 O problema e questões de pesquisa

A região de Arinos, no estado de Minas Gerais, é relevante do ponto de vista socioeconômico e ambiental, incluindo alta diversidade de fauna e fitofisionomias do Cerrado e de grande importância hidrológica por ocupar regiões de nascentes. Ao mesmo tempo, esta região foi objeto de expansão agrícola e pecuária nas últimas décadas, que impactaram substancialmente a matriz ambiental natural do Cerrado. Apesar disso, ainda não se tem uma compreensão mais detalhada das mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra nos últimos anos e os consequentes impactos causados na paisagem da região, em especial os referentes a sua fragmentação.

O presente estudo foi norteado pelas seguintes questões de pesquisa: Qual a dinâmica do uso e cobertura da terra na região de Arinos-MG no período compreendido entre 1985 e 2021? Quais os impactos das mudanças de uso e cobertura da terra na fragmentação da paisagem no período de 36 anos?

1.1.2 Justificativa

A maior evidência do desmatamento e destruição do Cerrado é o desaparecimento gradativo da cobertura vegetal nativa e a sua substituição por uma paisagem de múltiplos usos. O desenvolvimento de diferentes sensores e resoluções permitem o estudo da ecologia da paisagem, com dados precisos e acurados, com rapidez e baixo custo em grandes áreas (RIBEIRO et al, 2019). Dessa forma, no presente trabalho fez-se o uso dessas ferramentas para analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra na região de Arinos-MG, no período compreendido entre 1985 a 2021 e os respectivos impactos ocorridos na paisagem natural.

1.1.3 Objetivos

O objetivo geral do trabalho foi avaliar as mudanças no uso e cobertura da terra e os consequentes impactos na paisagem natural utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento para o Município de Arinos, Minas Gerais, entre 1985 e 2021.

- identificar e quantificar as mudanças do uso e cobertura da terra, utilizando dados do Projeto MapBiomias entre 1985 e 2021;
- analisar a fragmentação da vegetação nativa entre 1985 e 2021, utilizando métricas de paisagem e dados de uso e cobertura da terra do Projeto Mapbiomas.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão abordados os principais temas que nortearam o desenvolvimento da pesquisa, incluindo: Sensoriamento Remoto, Uso e Cobertura da Terra; Ecologia da paisagem, Fragmentação da paisagem;

1.2.1 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto (SR) é um conjunto de atividades utilizado para obter informações sobre um objeto/alvo (i.e. a superfície da Terra) sem que ocorra um contato direto com este. Essas informações são capturadas a partir de dispositivos sensores instalados em aeronaves ou satélites, que detectam a energia eletromagnética (ou radiação eletromagnética) emitida ou refletida pelos objetos. Sendo assim, a energia eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos configura a base de dados para que seja feita a sua identificação, pois permite quantificar a energia espectral e, portando, avaliar suas características (INPE, 2002).

O SR atrelado ao Sistema de Informação Geográfica e ao processamento de imagens de satélite tem sido amplamente utilizado em estudos de monitoramento ambiental (FRANÇA et al., 2020). Dentre as aplicações dessa técnica está o mapeamento do uso e cobertura da terra. Esse mapeamento é feito de maneira rápida e com periodicidade, essencial para se criar mapas espaço-temporais, os quais, no contexto de constantes alterações causadas pela atividade humana, são características essenciais (SATO, 2012).

1.2.1.1 Histórico da série de Satélites Landsat

A série Landsat é composta por satélites lançados para realizar pesquisas de recursos naturais, mapeamento e monitoramento da superfície terrestre. O primeiro satélite, o Earth Resource Technological Satellites (ERTS-1), foi lançado em 1972 e posteriormente renomeado para Landsat-1. Este modelo carregava as câmeras RBV (Return Beam Vidicon) e MSS (Multispectral Scanner System). Os satélites Landsat-2, lançado em 1975, e Landsat-3, lançado em 1978, também possuíam esses mesmos instrumentos (EMBRAPA, 2013).

O Landsat-4, lançado em 1982, operou com os sensores MSS e Thematic Mapper (TM), projetados para pesquisas em recursos naturais. Em 1984, o Landsat-5 foi lançado com os

mesmos sensores, mas o MSS parou de enviar dados em 1995, enquanto o TM permaneceu ativo até 2011. O INPE é responsável pela manutenção do acervo do Landsat no Brasil, capturando imagens desde os anos 70 (EMBRAPA, 2013). Em 1993, os satélites Landsat-4 e Landsat-5 excederam sua vida útil. O Landsat-6 foi lançado no mesmo ano, mas falhas no lançamento o deixaram perdido no espaço. O Landsat-7, lançado em 1999 com o sensor ETM+, funcionou até 2003 (PONZONI et al, 2012). A continuidade da série ocorreu com o Landsat-8 Landsat Data Continuity Mission (LDCM) em 2013, que opera com os sensores Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), trazendo melhorias na resolução espectral e incluindo novas bandas para estudos costeiros e detecção de nuvens cirrus (EMBRAPA, 2015).

1.2.2 Uso e Cobertura da Terra

O levantamento da cobertura e uso da terra consiste na análise e registro de informações sobre os diferentes tipos de uso do solo. Esse processo inclui a interpretação de observações da paisagem, a criação de mapas e a identificação de mudanças ocorridas ao longo do tempo. Esses estudos são fundamentais para compreender a relação entre o homem e o meio ambiente, além de fornecer informações essenciais para análises de impacto ambiental, planejamento urbano e conservação dos recursos naturais (IBGE, 2013).

O estudo da cobertura e do uso da terra permite identificar as áreas ocupadas por diferentes atividades e quantificar a sua extensão. Essas informações são valiosas para a elaboração de planos de manejo sustentável, restauração de áreas degradadas e tomada de decisões relacionadas à preservação do meio ambiente. Além disso, o levantamento auxilia na identificação de riscos ambientais e na compreensão das mudanças na paisagem, possibilitando estimar as consequências futuras dessas transformações (ROSA, 2007).

1.2.2.1 Análise Espaço-Temporal

A crescente preocupação com o meio ambiente e o uso intensivo dos recursos naturais impulsionaram a necessidade de conhecer as características ambientais regionais. Os órgãos governamentais têm incentivado estudos que fornecem informações sobre a composição dos conjuntos paisagísticos, bem como aspectos da fauna e flora, incluindo biodiversidade e biogeografia (CARVALHO; CARVALHO, 2012).

A análise dos padrões de uso da terra ao longo do tempo é essencial para estudar os fenômenos relacionados à ocupação de uma determinada região. Nesse contexto, a análise temporal envolve a busca de informações provenientes de dados coletados em diferentes datas

no mesmo local (LANGLEY et al., 2001). Esse tipo de análise é fundamental para monitorar áreas desmatadas, acompanhar a ocupação de terrenos com base nas características do solo de uma determinada região e como uma ferramenta de monitoramento em unidades de conservação (LENNEY et al., 1996).

1.2.3 MapBiomias

O MapBiomias é um projeto de monitoramento ambiental por meio de imagens de satélite criado em 2015. Para desenvolver seus produtos, conta com uma equipe de especialistas em biomas, uso da terra, sensoriamento remoto, sistema de informações geográficas, geoprocessamento e ciência da computação (MapBiomias, 2023).

Para realizar o processamento de dados, conta com uma parceria com a plataforma Google Earth Engine, através da qual, é possível gerar uma série história de mapas, tais como o mapeamento anual do uso e cobertura da terra do Brasil. Esse produto permite analisar a dinâmica de uso e a mudança em classes, para qualquer região do país (MAPBIOMAS, 2023).

O processo de mapeamento é automatizado, com processamento em nuvem e utilização da classificação do tipo Random Forest.

1.2.4 Google Earth Engine

A plataforma Google Earth Engine (GEE) oferece recursos avançados de processamento computacional em nuvem para análise de dados geoespaciais a nível global, incluindo imagens de satélite do Landsat, Sentinel e alguns dados do MODIS, além de fornecer informações climatológicas e de elevação do terreno (GEE, 2020).

O GEE é controlado por meio de uma Interface de Programação de Aplicação (API), a qual é acessada por um navegador web, dentro de um Ambiente de Desenvolvimento Interativo (IDE). Para ganhos de otimização, utiliza técnicas ativadas por linguagens funcionais (GORELICK et al., 2017).

1.2.5 Ecologia da Paisagem

A ecologia é a ciência que estuda as interações dos organismos em seu ambiente, (ODUM, 1993). As variáveis estudadas pela ecologia são: a) as interações dos organismos (dinâmicas e mutáveis no tempo) que ocorrem em um b) ambiente (espaço). Desse modo, pode-se dizer que são variáveis espaço-temporais (HAWKINS; SELMAN, 2002). Metzger (2001) definiu a paisagem como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”.

A ecologia da paisagem é uma disciplina nova, em desenvolvimento, cuja problemática central é o efeito da estrutura da paisagem nos processos ecológicos e que demanda a integração de equipes multidisciplinares. (MARTIS et al, 2004; METZGER, 2001). Existem dois principais enfoques dentro dessa disciplina moderna: o geográfico e ecológico. O primeiro tem enfoque na influência do homem sobre a paisagem, enquanto o segundo tem enfoque em analisar como a disposição espacial da paisagem afeta os processos ecológicos (METZGER, 2001).

1.2.5.1 Fragmentação Florestal

Cerqueira et al. (2003), definem a fragmentação florestal como um processo, no qual um habitat contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos, mais ou menos isoladas. Essa divisão ocasiona a perda de habitat e altera espacialmente a cobertura florestal, levando à formação de uma paisagem em mosaico (FRANÇA et al., 2020; METZGER, 2001).

A cobertura florestal exerce a função de regular processos hidrológicos e do ecossistema, ou seja, é importante indicador das condições ambientais. Portanto, oferece uma gama de serviços ambientais à sociedade como conservação da qualidade das águas, do solo, do ar, e pela redução dos riscos a desastres ambientais, indispensáveis para uma boa qualidade de vida (LIMA; ROCHA, 2011).

Como o crescimento das populações ocorre uma ocupação desordenada do solo, com o avanço de fronteiras agrícolas e urbanas sem o mínimo planejamento. Esse comportamento gera enormes pressões sobre os ecossistemas florestais, que acabam sendo fragmentados e, conseqüentemente sofrem com a perda da diversidade biológica (LIMA; ROCHA, 2011).

1.2.5.2 Métricas da Paisagem

A análise da paisagem através do uso de mapas categóricos é feita utilizando índices denominados "métricas da paisagem". As métricas de paisagem quantificam os padrões espaciais de fragmentos, classes de fragmentos, ou de um inteiro mosaico de uma paisagem (COUTO, 2004).

Com um cenário de avanço da fronteira agrícola, da expansão da industrial e do crescimento populacional, o qual aumenta a pressão imobiliária, depara-se com um aumento da descaracterização dos ambientes com a vegetação nativa. Desse modo, existem estudos para entender a mudança na dinâmica do uso do solo em diversas regiões. Silva et al. (2015) realizaram um estudo de fragmentação da paisagem para uma região de Mata Atlântica, no Espírito Santo e, Cerqueira et al., (2016) e Morandi et al., (2020) avaliaram a estrutura espacial

de Unidades de Conservação em Minas Gerais, cabe citar também Baral et al., (2014), que avaliaram espacialmente uma paisagem fragmentada na Austrália,

Os métodos computacionais conhecidos para a análise de padrões espaciais de mapas categóricos e que têm como ferramenta as métricas de paisagem são o *software* Patch Analyst e Patch Grid (REMPEL et al., 2015) utilizado como *plugin* no ArcGIS, o *software* Fragstats (MCGARIGAL et al., 2002), e o *software* LecoS (JUNG, 2016), utilizado como *plugin* no QGIS.

O *plugin* Patch Grid é utilizado no ArcGIS e fornece, de maneira sintetizada, as mesmas métricas do Fragstats (LANG; BLASCHE, 2009), o qual, segundo MCGARIGAL et al., (2002) muitas das suas métricas fornecidas são repetitivas para determinadas situações. Esta extensão constitui um conjunto de ferramentas geoestatísticas que permitem uma análise ampla do espaço, quantificando a estrutura da paisagem e a distribuição dos elementos em mapas categóricos de cobertura do solo (FRANÇA et al., 2020).

O *software* Patch Grid fornece índices para determinada paisagem, ou classes desta, agrupadas por Área, Forma, Proximidade, Área Central e Diversidade. Os resultados dos cálculos dessas métricas são pertinentes para análises de estudos de ecologia da paisagem e fragmentação florestal (BEZERRA et al., 2011; MACHADO et al., 2012).

1.3 ESTRUTURA DESTE TRABALHO

Este trabalho está organizado em três capítulos. No primeiro capítulo é apresentado todo o referencial teórico, objetivos, problema e questões norteadoras na pesquisa. O segundo capítulo aborda as mudanças no uso e cobertura da terra na região de Arinos-MG, avaliando os impactos do desmatamento na vegetação nativa. O terceiro capítulo trata da análise da fragmentação da vegetação nativa na região de estudo. Ao final do trabalho foram descritas as conclusões, contribuições e recomendações de estudos futuros.

2 CAPÍTULO II - MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DA TERRA NA MUNICÍPIO DE ARINOS, MG

2.1 INTRODUÇÃO

A Ecologia da Paisagem estuda a interação entre os elementos de uma paisagem e como estes se comportam espacialmente e no tempo (METZGER, 2001). De modo a buscar compreender como a estrutura de uma paisagem influencia em processos ecológicos, como a distribuição de espécies e os padrões de uso e ocupação. Apesar de ser uma ciência ainda em

desenvolvimento e consolidação de conceitos, apresenta aplicações que ajudam no planejamento e ordenamento do território (FRANÇA, et al. 2020).

O processo de ocupação do território costuma ocorrer de forma desordenada. Sendo assim, a substituição das paisagens naturais por áreas de múltiplos usos, majoritariamente agrícolas ou destinadas à construção de cidades, acabam alterando a dinâmica de uso e cobertura da terra. Essas modificações, atreladas ao uso intensivo dos recursos naturais, aumentam o desequilíbrio na relação homem-natureza (NETO, 2012).

O estudo da mudança da paisagem é de fundamental importância para entender melhor como tem evoluído a relação do homem com o uso da terra. Esse tipo de análise permite identificar o padrão de ocupação dos territórios e são essenciais para fins de manutenção da biodiversidade, uma vez que fornecem informações para eleger, por exemplo, áreas aptas à conservação (CALEGARI, et al., 2010).

À medida que avançam, o sensoriamento remoto e as ferramentas de geoprocessamento, permitem que seja feito o monitoramento ambiental, através do qual obtêm-se dados sobre mudanças nas paisagens. Esses dados são utilizados em projetos como o realizado pelo MapBiomas no mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil, divulgados em importantes encontros de líderes mundiais, como na 21ª Conferência do Clima (COP 21) realizada no ano de 2015 (CERQUEIRA et al., 2021).

O setor agrícola é responsável por 70% das extrações de água em todo o mundo (OLIVEIRA et al., 2020) e, juntamente com a demanda do setor industrial e da produção de energia, além do abastecimento urbano, a disponibilidade hídrica é uma das principais discussões para o planejamento das cidades. Desse modo, considerando que a região do Noroeste de Minas apresenta déficit hídrico de abril a outubro, áreas naturais, como as veredas do Noroeste de Minas Gerais, possuem grande importância socioambiental (SILVA; MAILARD, 2012, p. 25).

Através de dados disponíveis do projeto MapBiomas e das ferramentas de geoprocessamento, o objetivo foi compreender as mudanças do uso e cobertura da terra da região de Arinos- MG, no período entre 1985 a 2021, e também o impacto das atividades antrópicas na ecologia da paisagem, visando fornecer subsídios necessários a implantação de estratégias e ações de ordenamento territorial menos impactantes.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

O estado de Minas Gerais é composto por 853 municípios, dentre esses está o município de Arinos, localizado na mesorregião Noroeste, há uma distância de 657,30 km da

capital Belo Horizonte e a 269,70 km de Brasília-DF (Figura 1). A cidade possui 17.272 mil habitantes (IBGE, 2023) e as principais atividades econômicas existentes no município são a pecuária de corte e leite, a agricultura, o comércio local e indústrias de pequeno porte (NETO, 2017).

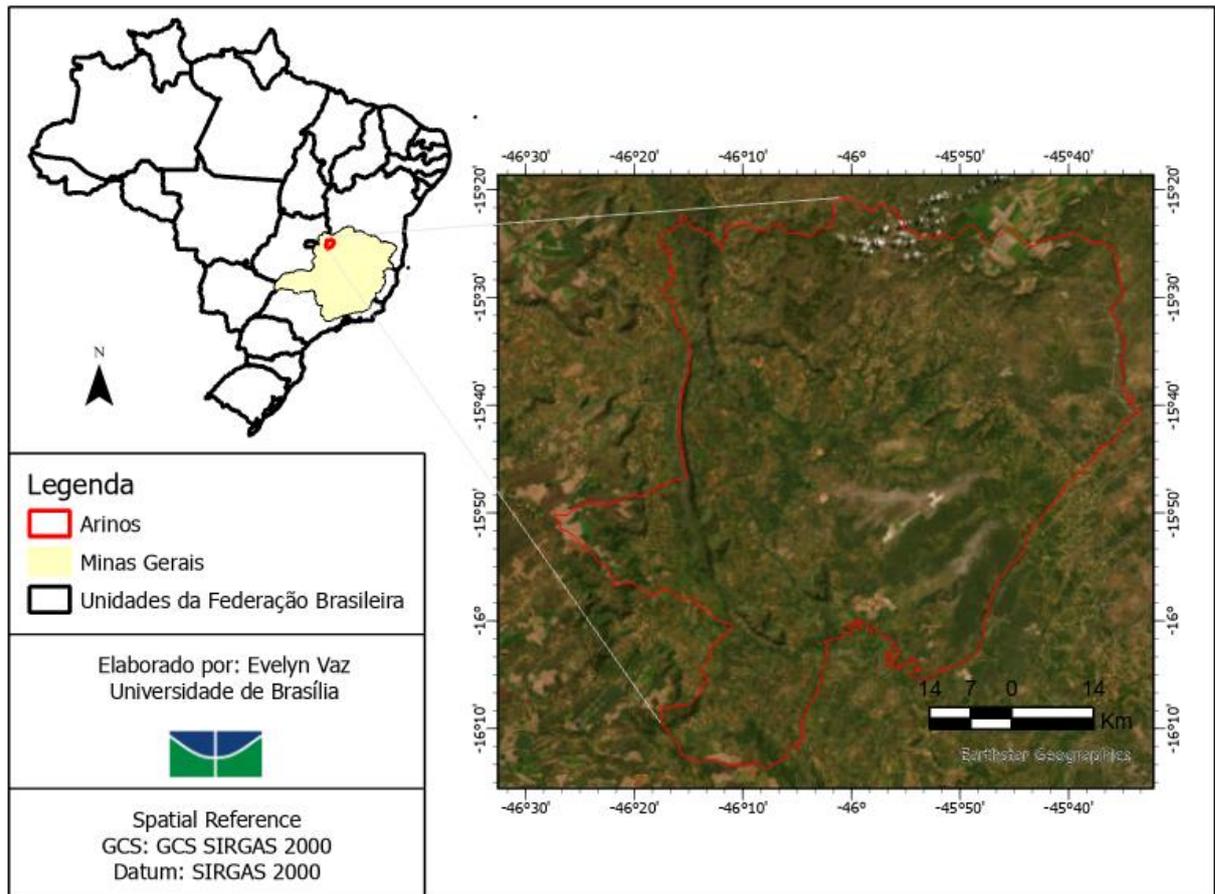


Figura 1 - Localização da região de Arinos, no noroeste do estado de Minas Gerais, Brasil.

A vegetação típica é do bioma Cerrado (OLIVEIRA et. al., 2018) e os solos que abrangem os latossolos vermelho-escuro e vermelho-amarelo, o hidromórfico cinzento álico e os solos aluviais eutróficos (MOURÃO et al., 2001).

O clima predominante é o tropical, com inverno seco, com duas estações definidas: um verão chuvoso (de novembro a abril) e um inverno seco (de maio a outubro). As precipitações variam entre 1100 e 1200 mm anuais, atingindo 1800 mm e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C, sendo fortemente influenciada pela altitude (MOURÃO et al. 2001; MARTINS et al, 2018)

2.2.2 Base de Dados

As análises do uso e cobertura da terra foram obtidas através de *scripts* utilizados na plataforma *Google Earth Engine*, com dados da Coleção 7 do MapBiomias (Tabela 1). Tabela 1 - Fonte de dados utilizados no estudo.

Fonte	Tipo de dado	Dado	Data/Período	Escala/resolução (m)
MapBiomias	Raster	Coleção 7 LCLU	1985-2021	30
Google Earth Engine	.csv, .tif	Classificação, reclassificação e área LCLU Arinos, MG	1985-2021	30

2.2.3 Processamento das Imagens de Satélite

O processamento digital das imagens foi realizado pelo MapBiomias Coleção 7, que forma mosaicos com imagens dos satélites Landsat 5 (TM) – exceto para os anos 2001 a 2002, devido a problemas técnicos apresentados por este satélite. Estes anos foram incluídos pelo Landsat 7 (ETM+), também utilizado na obtenção de imagens para os anos de 2011 e 2012, e Landsat 8 (SR), utilizado para obtenção de imagens de 2013 a 2021. De modo a formar 37 mosaicos Landsat dos anos 1985 a 2021.

O mosaico consiste em uma composição de pixels que são extraídos de todas as imagens disponíveis em um período definido do ano. Para cada ano, os parâmetros das imagens são computados, gerando um conjunto de valores por pixel: média, amplitude, desvio padrão e mínimo (MAPBIOMAS, 2023).

Devido à sazonalidade existente no bioma Cerrado foram avaliados os períodos chuvoso e seco para determinar o melhor período para obtenção das imagens. O período entre abril e setembro foi o que melhor apresentou pixels que resolviam o problema de mapeamento, nem completamente verde, nem muito seca.

A coleção 7 foi gerada utilizando o modelo de classificação Random Forest (BREIMAN, 2001) e aplicados filtros espaço-temporais na pós classificação, associados à utilização de temas transversais e informações sobre cada bioma, à integração das camadas pixel a pixel, que resultam em mapas de transição, sobre as quais aplica-se mais uma vez os filtros espaço-temporais, para assim, além das imagens, obter o produto da coleção 7.

A acurácia do mapeamento do Bioma Cerrado, da coleção 7, no nível de classificação 1, adotado para este trabalho, é de 84.3%, com discordâncias de alocação e de quantidade, de 11.8% e 3,9%, respectivamente (Figura1) (MAPBIOMAS, 2023).

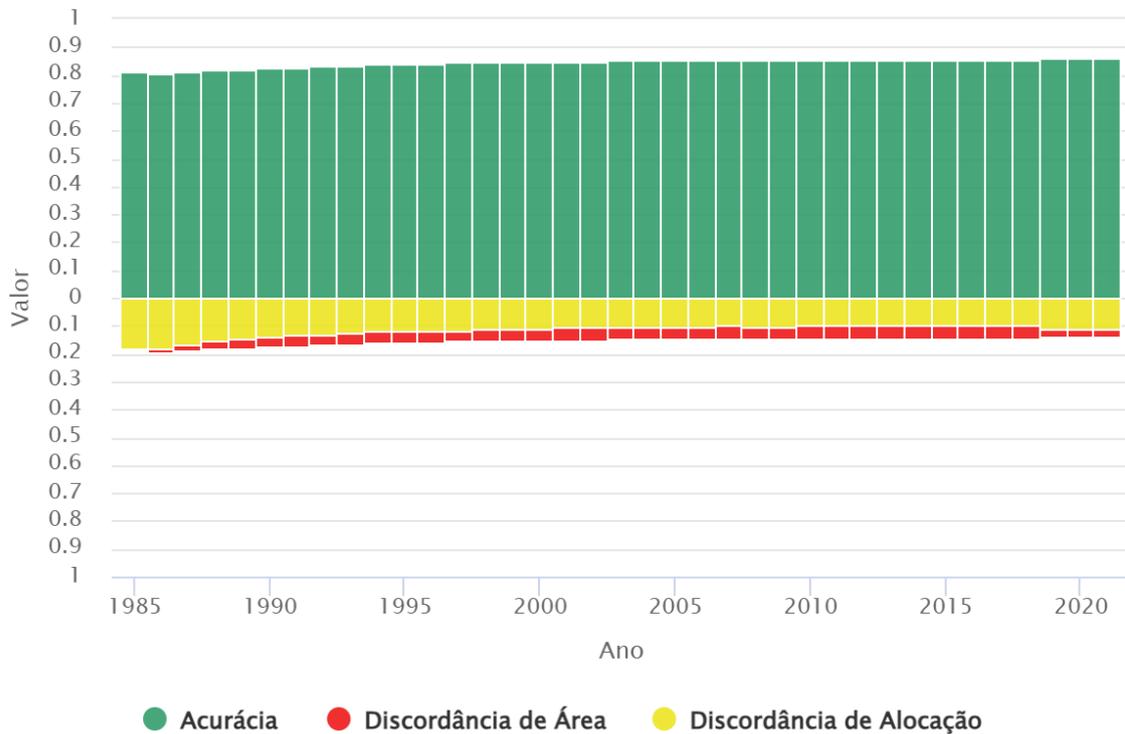


Figura 2 - Estatísticas de acurácia da classificação da coleção 7 do projeto MapBiomias para o bioma Cerrado. Fonte: MapBiomias (2023)

2.2.4 Avaliação da dinâmica espaço temporal de uso e cobertura da terra

Com os dados de Uso e Cobertura da Terra da coleção 7 do MapBiomias foi feito um recorte para a região de Arinos, utilizando um script na plataforma GEE.

Para identificar as classes temáticas do MapBiomias (ano), (Florestal, Formação vegetal não florestal, Agricultura, Corpos d'água e área não vegetada, foram definidos paletes categóricos (conjunto de cores).

Foi calculada a área total da região, bem como as áreas que representam cada classe do nível da legenda do MapBiomias para cada ano. Depois foi feita uma reclassificação em duas classes: área natural e área vegetada, atribuindo valores 1 e 2 aos valores da classificação do MapBiomias.

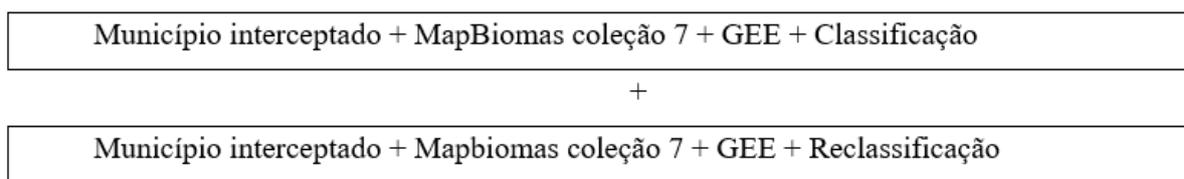


Figura 3 - Fluxo metodológico para a sobreposição (intersecção) dos dados do MapBiomias x Região de Arinos – MG para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021.

A partir dos mapas de Uso e Cobertura da Terra e da Reclassificação realizou-se as análises da dinâmica temporal da mudança da paisagem na região, onde foram estimadas as classes da legenda nível 1 do MapBiomias e da reclassificação para os anos 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021.

O script permitiu não só proporcionar uma visualização da mudança através de arquivos de saída em formato de imagem (tif), como também as quantificar, com arquivos de saída em formato de tabelas (.csv) para todo o período de estudo.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Avaliação da Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra

Os resultados do mapeamento do Uso e Cobertura da terra nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 (Tabela 2) indicaram aumento nas áreas antropizadas (agropecuária e área não vegetada), em detrimento de áreas naturais (Floresta, Formação Natural Não Florestal e Corpos d'água). Tabela 2

Tabela 2 - Mudanças no uso e cobertura da terra ocorrida na região de Arinos entre 1985 e 2021.

Ano	1985	1995	2005	2015	2021
Uso e Cobertura da Terra	Área (%)				
Floresta	63.24	58.40	55.90	50.65	51.92
Agropecuária	18.81	24.57	27.52	34.23	33.03
Formação Natural Não Florestal	17.14	16.36	16.08	14.72	14.69
Área não vegetada	0.41	0.18	0.18	0.18	0.18
Corpo d'água	0.40	0.49	0.33	0.21	0.18
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Os resultados demonstram que as principais mudanças de uso e cobertura da terra observadas entre 1985 e 2021 ocorreram em áreas de Floresta e Agropecuária, sendo a redução da área de florestal praticamente igual ao incremento da área de Agropecuária (Figura 4).

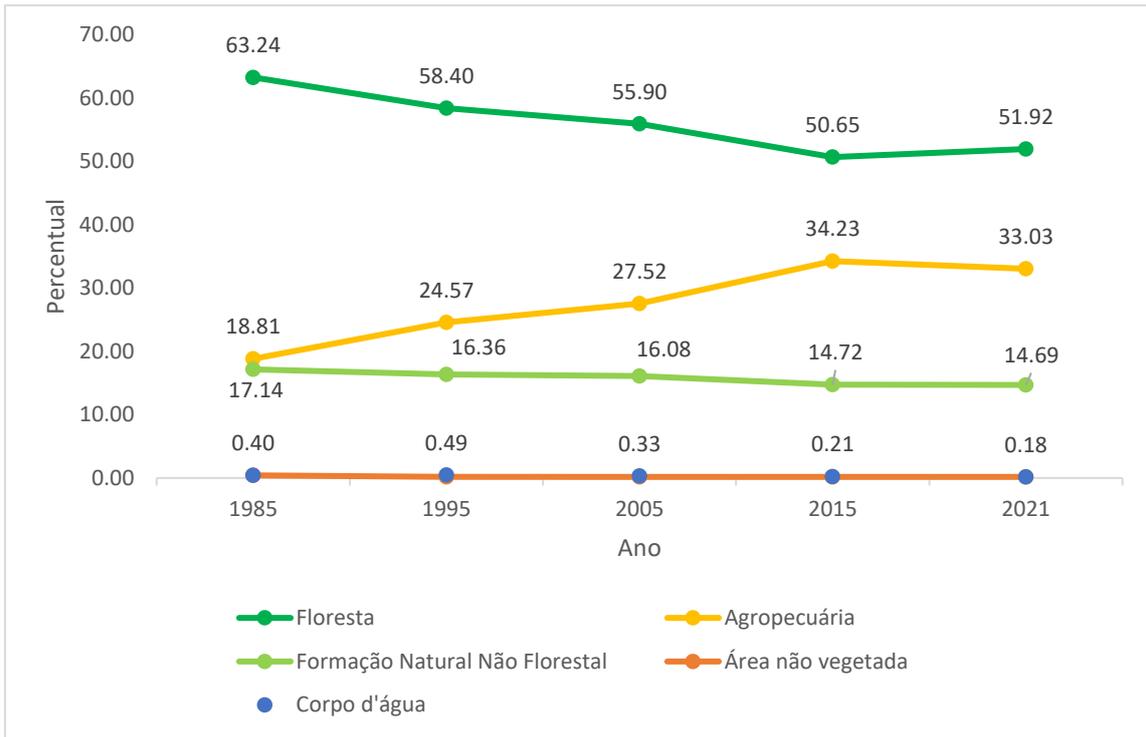


Figura 4-Percentual de variação de mudança das classes de uso e cobertura da terra nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 na região de Arinos-MG.

Mais detalhes da distribuição espacial das mudanças de uso e cobertura da terra na área estão apresentados na Figura 5.

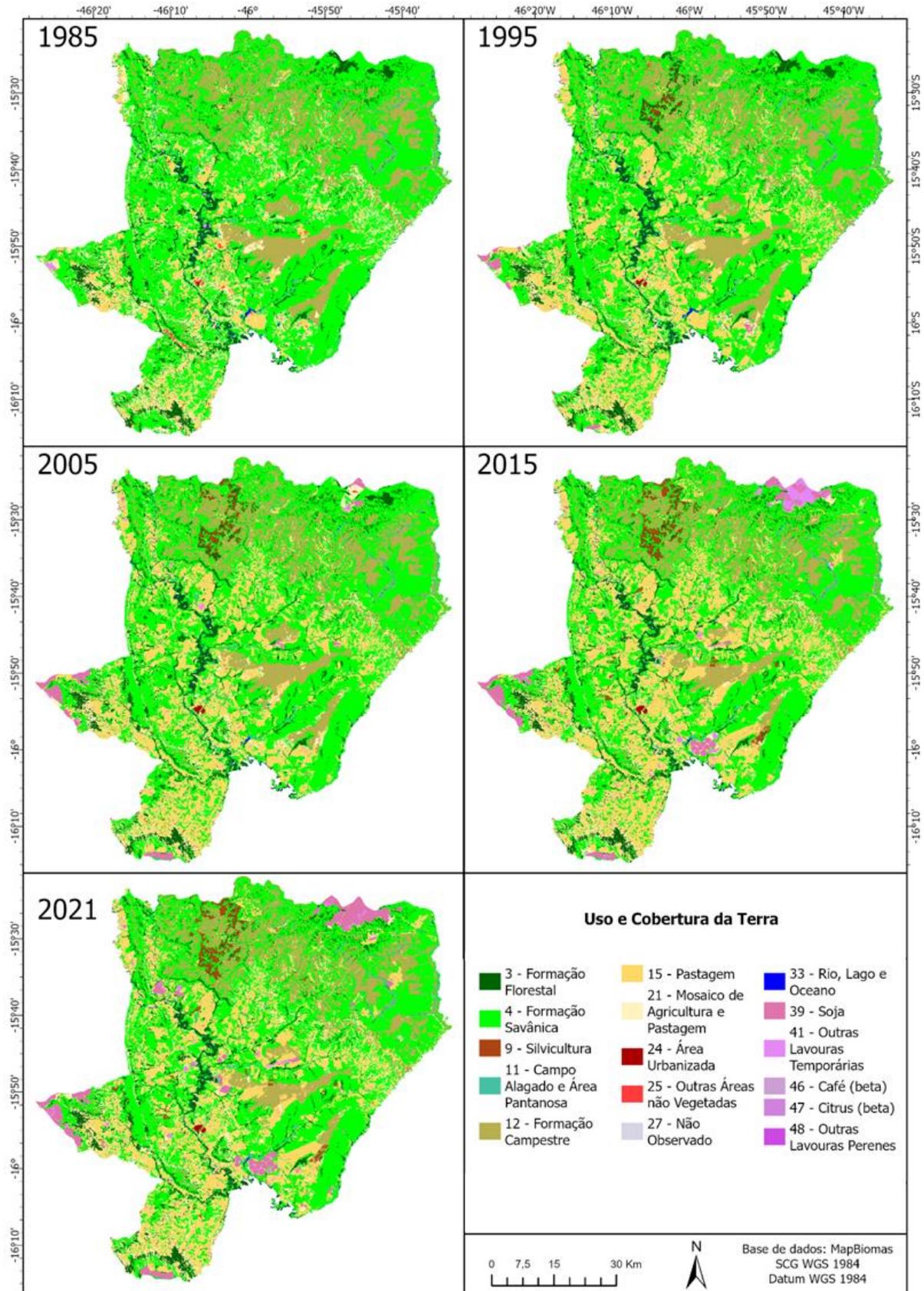


Figura 5 - Uso e cobertura da terra da Região de Arinos-MG.

Os resultados da reclassificação podem ser observados na Tabela 3 e na Figura 6 os detalhes da dinâmica do uso e cobertura da terra (1985-2021), com a variação percentual em área natural e área antropizada.

Analisando os resultados gerados pode-se constatar que a área natural sofreu uma redução enquanto a área antropizada obteve incrementos.

Tabela 3 - Estimativa dos tipos de uso e cobertura da terra entre 1985 e 2021 na região de Arinos-MG.

Uso e Cobertura da Terra	Área									
	1985		1995		2005		2015		2021	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Área antropizada	101527	19.22	130697	24.74	146312	27.7	181797	34.42	175435	33.21
Área natural	426697	80.78	397525	75.26	381912	72.3	346427	65.58	352789	66.79
Total	528224	100	528222	100	528224	100	528224	100	528224	100

(*) Porcentagens em relação à área total da região de estudo (528222 hectares).

A reclassificação permitiu melhor visualização do padrão espacial das alterações na paisagem do município de Arinos, MG. Entre 1985 e 2021, o incremento nas áreas antropizadas foi de 14%. Observou-se que o padrão espacial de alterações ocorreu sempre próximo aos corpos hídricos, onde existem solos com melhores condições para a agricultura e a pecuária. Esse modo de ocupação, já foi observado no estado de Minas Gerais por Vilela et. al., (2009) e Cerqueira et. al. (2021) em estudos na região do Rio Pardo.

A conversão de áreas naturais em áreas antropizadas ocorrem conforme aumenta-se a demanda por recursos naturais para atender às necessidades humanas. A problemática desse tipo de comportamento está na substituição desordenada de paisagens naturais por paisagens de composição homogênea, com baixa biodiversidade, como plantios florestais e agrícolas, pastagens e áreas urbanas.

A perda de biodiversidade implica no avanço de extinção de espécies, redução de habitats naturais e no funcionamento de serviços ecossistêmicos importantes para a manutenção da vida, como a qualidade do ar, a disponibilidade hídrica e a conservação do solo (MEA, 2005).

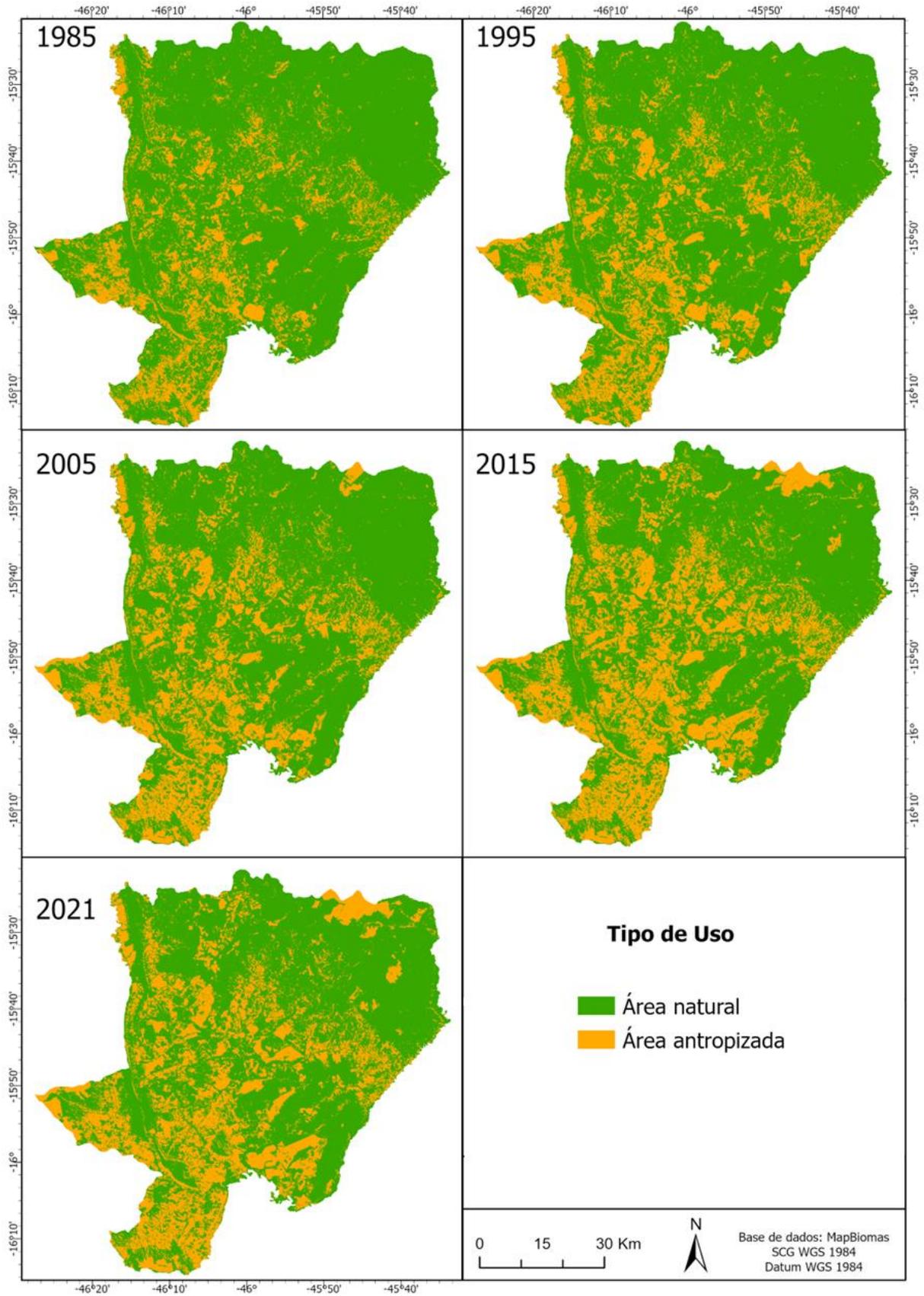


Figura 6 - Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra na região de Arinos - MG

2.4 CONCLUSÃO

O presente capítulo permitiu entender a dinâmica na mudança do uso e cobertura da terra da região de Arinos-MG, bem como identificar o padrão espacial de ocupação do território. Pode-se concluir que a agropecuária foi a principal atividade antrópica, responsável pela descaracterização da paisagem natural da região, sendo a principal atividade econômica desenvolvida na região.

O estudo de uso e ocupação da terra através do sensoriamento remoto e uso de ferramentas de geoprocessamento foi essencial para entender a mudança na paisagem da região de Arinos-MG desde o ano de 1985 até o ano 2021. Com as observações feitas neste capítulo foi possível concluir que a paisagem está passando por um processo de fragmentação florestal. A permanência deste tipo e processo de ocupação e exploração dos recursos naturais, sem o devido manejo e uso sustentável do solo, pode comprometer num futuro breve o desenvolvimento da região. Isto inclui a exaustão de vários serviços ecossistêmicos, em especial os recursos hídricos e outros serviços ecossistêmicos de provisão, regulação e função, que dependem da biodiversidade local.

As seguintes conclusões podem ser extraídas deste capítulo: (a) a agropecuária foi a principal atividade antrópica responsável pela descaracterização da paisagem natural da região, e a principal atividade econômica desenvolvida na região; (b) a paisagem está passando por um processo de fragmentação florestal; e (c) A permanência deste tipo e processo de ocupação e exploração dos recursos naturais, sem o devido manejo e uso sustentável do solo, pode comprometer num futuro breve o desenvolvimento da região, com a exaustão de vários serviços ecossistêmicos, em especial os recursos hídricos e outros serviços ecossistêmicos de provisão, regulação e função, que dependem da biodiversidade local.

3 CAPÍTULO III – ESTUDO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL

3.1 INTRODUÇÃO

A fragmentação florestal ocorre quando áreas contínuas de floresta são divididas em manchas (i.e., fragmentos) menores e isoladas e pode ser ocasionada por fatores bióticos ou abióticos (FAHRIG, 2003; CERQUEIRA et al., 2021). A ação antrópica tem sido o principal agente da fragmentação florestal em virtude do crescimento populacional acelerado e através do desmatamento de áreas para a expansão agrícola, urbanização e construção de rodovias (LIMA et al., 2017; LINDENMAYER; NIX, 1993).

Os principais problemas ambientais provocados pela fragmentação florestal envolvem a alteração do microclima, aumento dos riscos de erosão, assoreamento de leitos, aumento do efeito de borda, entre outros, que acabam afetando a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas (FORMAN; GODRON, 1986; FORMAN, 1995). Essas modificações alteram as relações ecológicas entre espécies e são consideradas a principal causa de perda de biodiversidade (BORGES et al., 2004; LUSTIG et al., 2015).

A conversão de maciços em fragmentos remanescentes de tamanho menor, formas irregulares e desconexas afetam a composição, estrutura e funcionamento dos ecossistemas em relação da maior ou menor tolerância ambiental das espécies, inserindo-as em habitats não-florestais (GASCON, 2004; TABARELLI; GASCON, 2005; GUEIRA et al., 2012; MAGNAGO et al., 2014).

Com o desenvolvimento de ferramentas de mapeamento avançados através do sensoriamento remoto é possível obter dados sobre as mudanças nas paisagens. Esses dados servem para gerar mapas categóricos através dos quais aplicam-se cálculos de métricas da paisagem, para quantificar a fragmentação florestal e compreender seus efeitos em processos ecológicos (LANG; BLASCHKE, 2009).

As métricas da paisagem produzem informações sobre a área, forma, borda, área central, isolamento e diversidade, possibilitando descrever o nível de fragmentação espacial da paisagem ou de uma classe da paisagem (REMPEL, 2012). Segundo Slavieiro (2007) e Calegari et al. (2021), a análise de paisagens fragmentadas é essencial para a definição de modelos de conservação ou preservação da biodiversidade.

A Assim sendo, o objetivo do trabalho foi compreender a estrutura dos fragmentos na paisagem na área natural do município de Arinos-MG, e avaliar o padrão de fragmentação a partir do uso de métricas de paisagem, com a finalidade de produzir subsídio para definição de áreas prioritárias de conservação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende a região de Arinos, localizado no noroeste do estado de Minas Gerais. Os detalhes sobre a localização e caracterização da área de estudo estão apresentados no Capítulo 2 deste trabalho.

3.2.2. Base de dados

Os dados de uso e cobertura da terra utilizados compreenderam os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021. Estes dados foram preparados e apresentados no Capítulo 2 deste trabalho, acompanhados de detalhes metodológicos e da acurácia dos mapeamentos.

3.2.3. Análise da fragmentação da paisagem

A análise da fragmentação da paisagem foi feita utilizando mapas temáticos apresentados no capítulo 2 deste capítulo. Para viabilizar o estudo, as classes originais de uso e cobertura da terra foram reclassificadas como: área natural (Florestal e Formação Natural Não Florestal e área antropizada (Agropecuária e Área não vegetada), sendo a área natural objeto da análise da fragmentação.

Para descrever o grau de fragmentação da paisagem natural na região de estudo foi utilizado o *plugin Patch Grid*© versão 5 (REMPEL et al, 2012) do *software ArcGIS* v.10.8 As estatísticas são geradas em nível de fragmento (ou fragmentos), nível de classe ou categoria de cobertura do solo e nível de paisagem (REMPEL et al., 2020).

As métricas geradas pelo *plugin Patch Grid* serão descritas a seguir.

3.2.1.1 Métricas de área

As métricas de área utilizadas foram a Classe de área (CA), referente à soma de todos os fragmentos de determinada classe de uso da terra em hectare (ha). A CA proporcionou obter a métrica que representou a porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem (ZLAND). Essas métricas foram calculadas a nível de classe.

3.2.1.2 Métricas de Tamanho

As métricas de tamanho utilizadas foram a Área Total da Paisagem (TLA), que expressa a área da paisagem (área total do estudo) em hectare (ha); o Número de Fragmentos (NumP) e o Tamanho Médio dos Fragmentos (MPS) em hectare. Essas métricas foram calculadas à nível de paisagem (TLA) e a nível de fragmento (NumP e MPS).

Complementarmente, os fragmentos mapeados foram divididos em classes de tamanho, pequenos (< 5 ha), médios (5-50 ha) e grandes (>50 ha).

3.2.1.3 Métricas de borda

As métricas de borda adotadas foram a Borda Total (TE), a qual se refere ao comprimento total do perímetro (borda) para a classe de uso da terra analisado em metros (m), e a Densidade de Borda (ED) a qual expressa a relação entre a Borda Total (TE) da classe pela área Total da Paisagem (TLA), em metros por hectare (m/ha). Essas métricas foram calculadas a nível de classe.

3.2.1.4 Métricas de forma

A forma dos fragmentos foi mensurada utilizando-se as métricas Índice de forma médio (MSI) e a Dimensão Fractal Média do Fragmento Ponderado Pela Área (AWMPFD). No caso dos mapas no formato matricial, as métricas de forma indicam a complexidade do fragmento. As adotadas para este estudo foram o Índice Médio de Forma (MSI) e a Dimensão Fractal Média da Mancha Ponderado pela Área (AWMPFD). Para estas métricas, os valores se aproximam de 1 quando a forma do fragmento é regular, ou seja, mais próximo de um quadrado, e aumenta conforme se distancia dessa geometria

3.2.1.5 Métricas de área central

Para analisar as áreas centrais dos fragmentos da classe área natural, foram utilizadas as métricas Área Central Total (TCA) e Índice de Área Central Total (TCAI). Essas métricas foram escolhidas pois expressam o tamanho total das manchas, em hectare (ha), e a média da quantidade relativa de área central na paisagem em porcentagem (%).

3.2.1.6 Métricas de proximidade

Como forma de medir a proximidade, foi utilizada a métrica Distância Média do Vizinho Mais Próximo (MNN), em metros (m), que mede a conectividade dos fragmentos (i.e. a média das distâncias do vizinho mais próximo da mesma classe) no nível da paisagem.

3.2.1.7 Métricas de Diversidade

Para medir a diversidade da paisagem, foram utilizados o Índice de Diversidade Shannon (SDI) e o Índice de Uniformidade de Shannon (SHEI). A partir destes índices pode-se analisar a riqueza e a igualdade na distribuição dos diferentes elementos que compõem a paisagem ao longo do tempo.

O SDI varia de 0 a infinito, sendo igual à zero quando a paisagem contém apenas uma mancha, ou seja, não há diversidade. Já o SHEI varia de 0 a 1, sendo atribuído valor 0 quando a distribuição dos diferentes tipos de mancha torna-se cada vez mais desigual, (i.e., predomina um tipo de mancha), e atribuído valor 1 quando a distribuição das manchas é perfeitamente uniforme.

A Tabela 4 apresenta mais detalhes das métricas espaciais de fragmentação utilizadas nesta análise.

Tabela 4 - Métricas de paisagem utilizadas na quantificação da estrutura da paisagem da região de Arinos-MG.

<i>Grupo</i>	<i>Métrica</i>	<i>Sigla</i>	<i>Unidade</i>
<i>Área</i>	Quantidade relativa da área da classe na paisagem	ZLAND	Porcentagem (%)
<i>Tamanho</i>	Área total da paisagem	TLA	Hectares (ha)
	Número total de manchas	NumP	Adimensional
	Tamanho médio das manchas	MPS	Hectares (ha)
<i>Borda</i>	Cumprimento total do perímetro da borda	TE	Metro (m)
	Densidade da borda	ED	m/ha
<i>Forma</i>	Índice médio da forma	MSI	Adimensional
	Dimensão fractal média da mancha ponderado pela área	AWMP	Adimensional
		FD	Adimensional
<i>Área Central</i>	Tamanho total das manchas de área central	TCA	Hectares (ha)
	Índice da área central relativa na paisagem	TCAI	Porcentagem (%)
<i>Proximidade</i>	Distância média do vizinho mais próximo	MNN	Metro (m)
<i>Diversidade (A nível de paisagem)</i>	Índice de Diversidade de Shannon	SDI	Adimensional
	Índice de Uniformidade de Shannon	SHEI	Adimensional

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Métricas de área

Os resultados da métrica de área ZLAND (Figura 7) indicaram que a área natural foi reduzida entre os períodos de 1985-1995; 1995-2005 e 2005-2015. Em 2015 ocorreu a maior redução de áreas de vegetação nativa na região estudada.

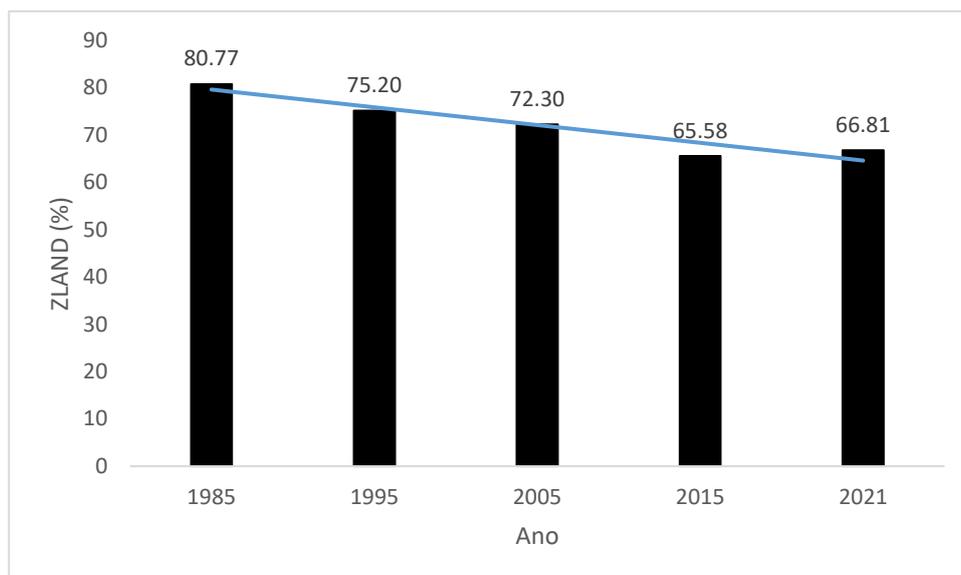


Figura 7 - Estimativa da métrica de área (ZLAND)

Observou-se em 2021 um aumento na área classe, possivelmente por ter ocorrido algum processo de reflorestamento ou, com abandono de áreas antropizadas, principalmente aquelas destinadas à agropecuária, tenha ocorrido uma regeneração natural.

3.3.2. Métricas de tamanho

A partir dos resultados deste estudo, estimou-se 2338, 2683, 2904, 3804 e 3708 fragmentos florestais no município em 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021, respectivamente. Os fragmentos foram separados em classes de tamanho. Tabela 5 - Número de fragmentos estimados para 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 em classes de tamanho na região de Arinos, MG.

Classes de tamanho	Número de fragmentos (Nump) (Ano/percentual)									
	1985	%	1995	%	2005	%	2015	%	2021	%
Pequeno (<5 ha)	1969	84.22	2192	81.70	2339	80.54	3045	80.05	2970	80.10
Médio (5-50 ha)	329	14.07	432	16.10	495	17.05	666	17.51	637	17.18
Grande > 50ha	40	1.71	59	2.20	70	2.41	93	2.44	101	2.72
Todos (0 a > 50 ha)	2338	100	2683	100	2904	100	3804	100	3708	100

Com essas estimativas observou-se que o número de fragmentos pequenos (< 5ha) aumentou nos períodos de 1985-1995, 1995-2005 e 2005-2015, de modo que, no ano inicial do estudo somavam 1969 fragmentos e em 2015 saltou para 3045 fragmentos, representando um incremento de 1076 na classe “Pequeno”. Esse aumento é explicado pela fragmentação de áreas

maiores. Observou-se também que, no período de 2015 a 2021, houve um pequeno decaimento no número de fragmentos pequenos, o que pode ser explicado pela descaracterização completa desses fragmentos.

O número de fragmentos da classe “Médio” apresentou um aumento de 329 para 673 fragmentos, no período de 1985 a 2021, evidenciando que a fragmentos maiores também sofreram segregação. Quanto aos fragmentos da classe “Grande” também se observou, para o mesmo período de 1985 a 2021, um aumento no número desses fragmentos, passando de 40 para 101 fragmentos.

Considerando que a área do fragmento é o parâmetro que melhor explica as variações na riqueza de espécies (PIVORANI et al.,2014), a análise dos fragmentos por classes de tamanho é um indicador adequado do grau de fragmentação, uma vez que é influenciada pelo número de fragmentos e pela área total ocupada pelos habitats (VALENTE, 2001).

O comportamento de aumento no número de fragmentos e o desaparecimento dos menores, constitui o fenômeno da fragmentação florestal, que diminui a área central dos fragmentos e aumenta o efeito de borda, configurando uma ameaça à biodiversidade (ALMEIDA, 2008; LUSTIG et al., 2015). A Figura 8 ilustra o aumento no número de fragmentos entre 1985 e 2015, como também o desaparecimento dos menores no ano de 2021.

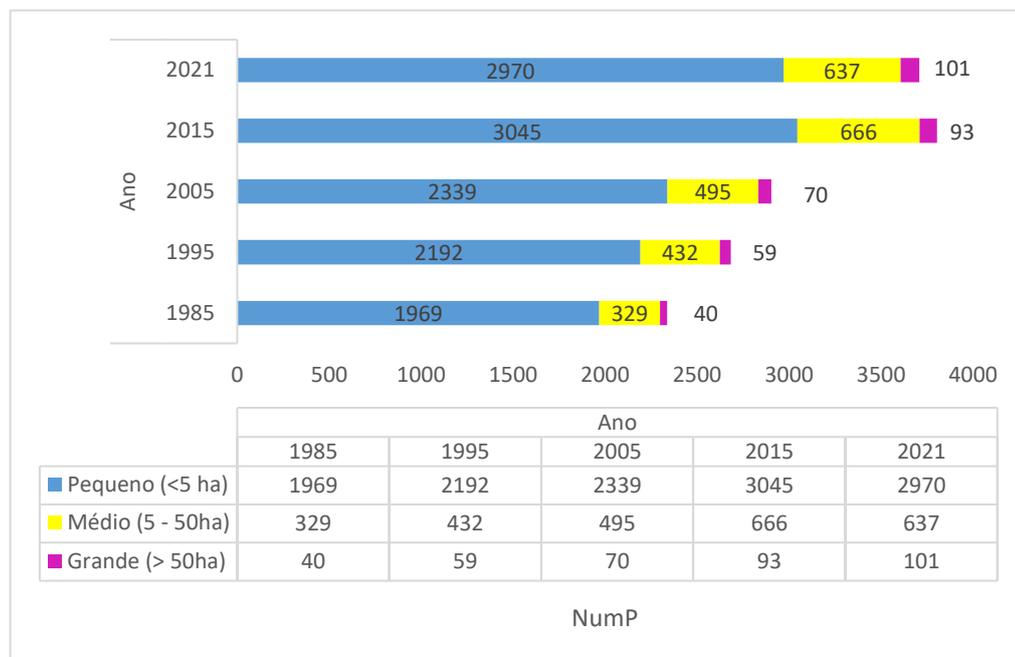


Figura 8 - Número de fragmentos estimados para 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 em classes de tamanho na região de Arinos, MG.

A métrica do tamanho médio dos fragmentos (MPS) apresentou uma diminuição ao longo dos anos, passando de 504,26 hectares em 1985 para 207,91 hectares em 2015. Do ano de 2015 para 2021 ocorreu um incremento, ainda que pequeno no MPS, passando de 207,9 hectares para 232,43 hectares, ainda assim, não supre a perda comparada ao ano de 1985.

No período de 1985 a 2015, o tamanho médio dos fragmentos diminuiu à medida que o número de fragmentos (NumP) aumentou (Figura 9 e Figura 10), indicando que as áreas dos fragmentos se tornaram menores à medida que ocorreu a fragmentação da paisagem. Em 2021, a área média dos fragmentos aumentou à medida que os fragmentos (NP) diminuíram, isso ocorreu porque houve o desaparecimento de fragmentos menores na divisão dos fragmentos em classes de tamanho.

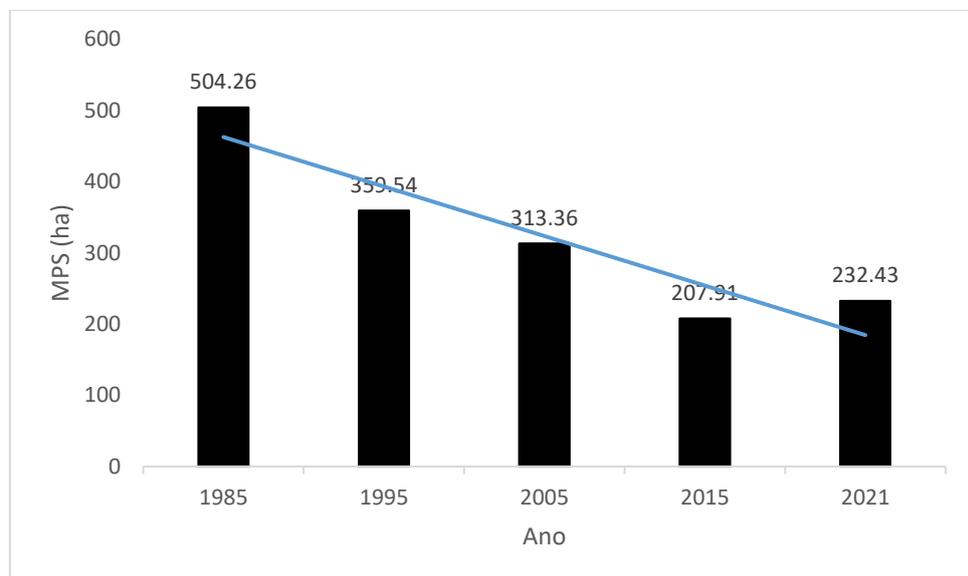


Figura 9 - Estimativa da métrica de tamanho (MPS).

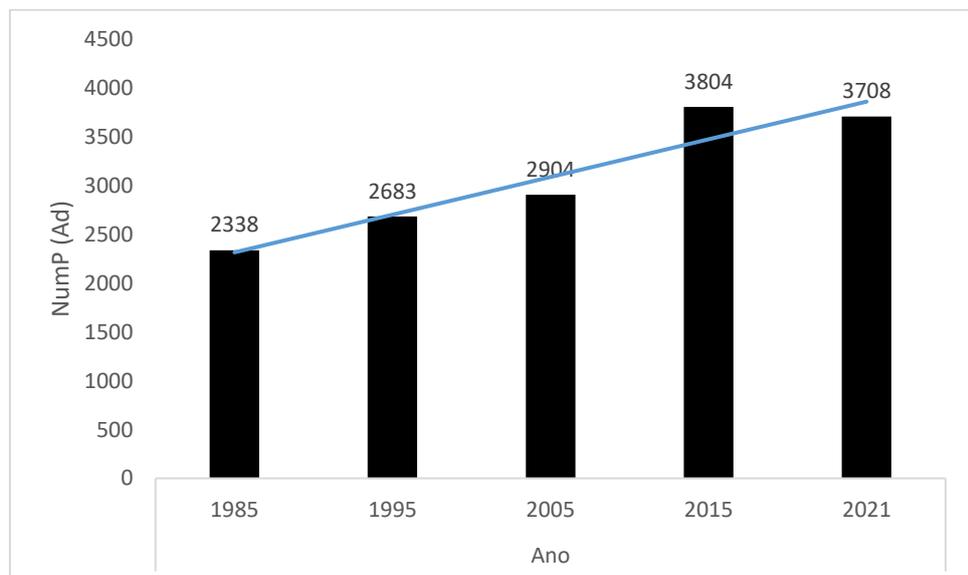
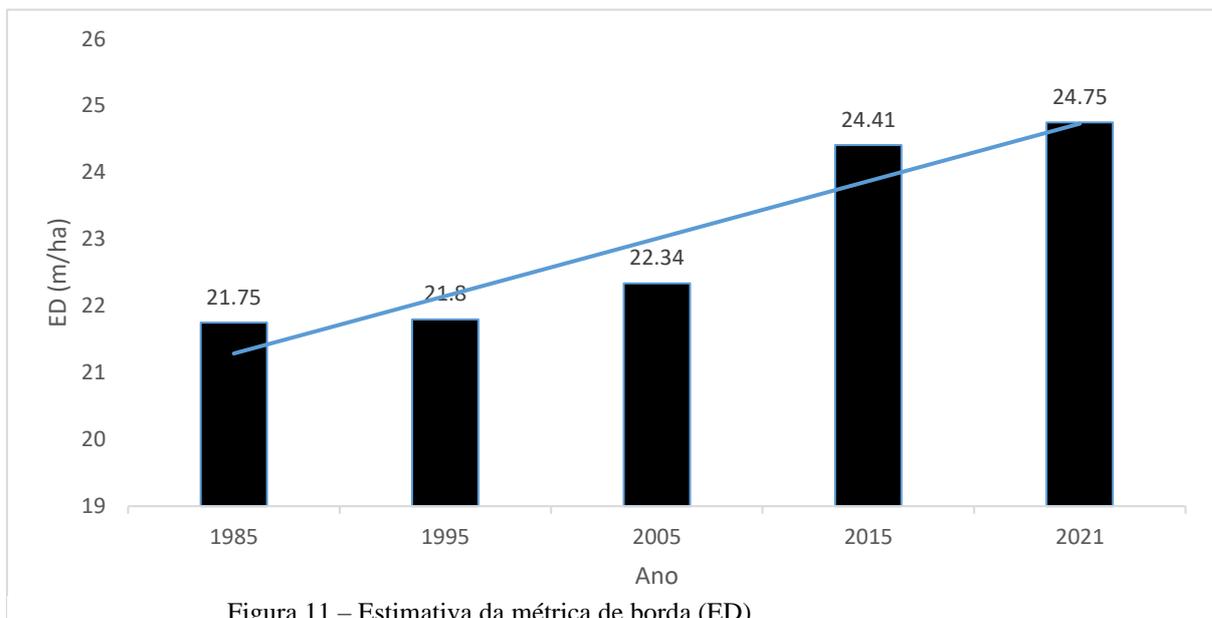


Figura 10 – Estimativa da métrica de tamanho (NumP)

3.3.4. Métricas de borda

As duas métricas de borda utilizadas permitiram observar que ocorreu um aumento de borda da classe e, conseqüentemente da densidade dessa borda em relação à paisagem. A densidade de borda (ED) passou de 21,75 m ha⁻¹ em 1985 para 24,75 m ha⁻¹ em 2021. Esse resultado evidenciou a fragmentação da paisagem na região de Arinos e que os fragmentos estão submetidos ao efeito de borda e diminuição da área central (nuclear) (LIMA et al., 2017).



O efeito de borda está associado a alterações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos que ocorrem no limite dos fragmentos florestais com a área central (matriz do fragmento). Essas mudanças tendem a diminuir gradualmente em direção ao interior do fragmento e têm um impacto significativo na composição, estrutura e funcionamento do ecossistema florestal, dependendo da maior ou menor tolerância ambiental das espécies (MURCIA, 1995; HARPER et al., 2005; RIGUEIRA et al., 2012; MAGNAGO et al., 2014).

No limite dos fragmentos, observou-se modificações nas condições ambientais, como a disponibilidade de luz solar, a umidade do solo e a temperatura. Algumas espécies, mais generalistas, podem ser mais adaptadas às condições de borda e tolerar melhor as variações ambientais encontradas nessa região de transição. Outras espécies preferem a matriz do fragmento, onde as condições são mais estáveis e adequadas às suas necessidades específicas. A forma dos fragmentos também está associada ao efeito de borda.

3.3.5. Métricas de forma

A relação com o efeito de borda é o principal aspecto da forma dos fragmentos. À medida que os valores do índice de forma aumentam, os fragmentos se tornam mais irregulares e mais suscetíveis ao efeito de borda (VALENTE, 2001). A forma de um fragmento pode influenciar processos como a migração de espécies, a colonização de plantas de médio e grande porte e as estratégias de fuga de certos animais (CERQUEIRA et al., 2021). Quanto mais recortado e com menor área, maior é o valor deste índice (VOLOTÃO, 1998).

Os valores do MSI e da AWMPFD, estimados neste estudo, mostraram que praticamente não houve uma diferenciação entre os anos estudados para o município de Arinos, MG. Os resultados obtidos indicaram que a paisagem deste estudo possui fragmentos florestais com formas menos complexas, próximas da geometria de um quadrado, o que é benéfico para a conservação da biodiversidade da classe florestal.

Tabela 6 - Estimativa das métricas de forma para o Município de Arinos, MG

Métricas de forma	Ano				
	1985	1995	2005	2015	2021
MSI	1.25	1.31	1.30	1.30	1.30
AWMPFD	1.33	1.32	1.33	1.33	1.33

3.3.6. Métricas de área central

O Índice da Área Central na paisagem (TCAI) mede a quantidade relativa de área central na paisagem. Através dos resultados obtidos, por meio do cálculo desse índice, observou-se que a proporção de áreas núcleo da classe na paisagem reduziram com o passar dos anos. No ano de 1985, as áreas centrais ocupavam 79% da paisagem, enquanto em 2021 ocupavam 72,63%, uma redução de 6,3pp., explicada pelo aumento da fragmentação da paisagem. A diminuição de áreas centrais está diretamente associada ao aumento do efeito de borda.

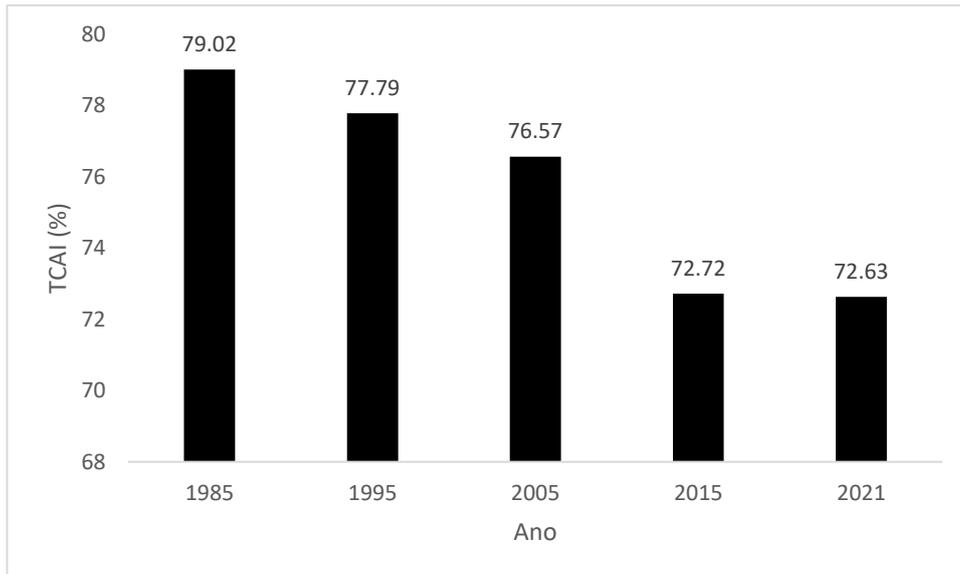


Figura 12 - Estimativa da métrica de Área Central (TCAI)

3.3.4. Métrica de proximidade

A distância média do vizinho mais próximo (MNN) indica que em todos os anos desta análise os fragmentos de vegetação nativa possuíam vizinhos da mesma classe, uma vez que não foram observados valores nulos. Porém, os resultados revelam uma tendência de aumento da distância entre fragmentos, sendo que em 2015 foi observado o maior valor de MNN, indicando a presença de fragmentos mais isolados em toda a área de estudo (Figura 13).

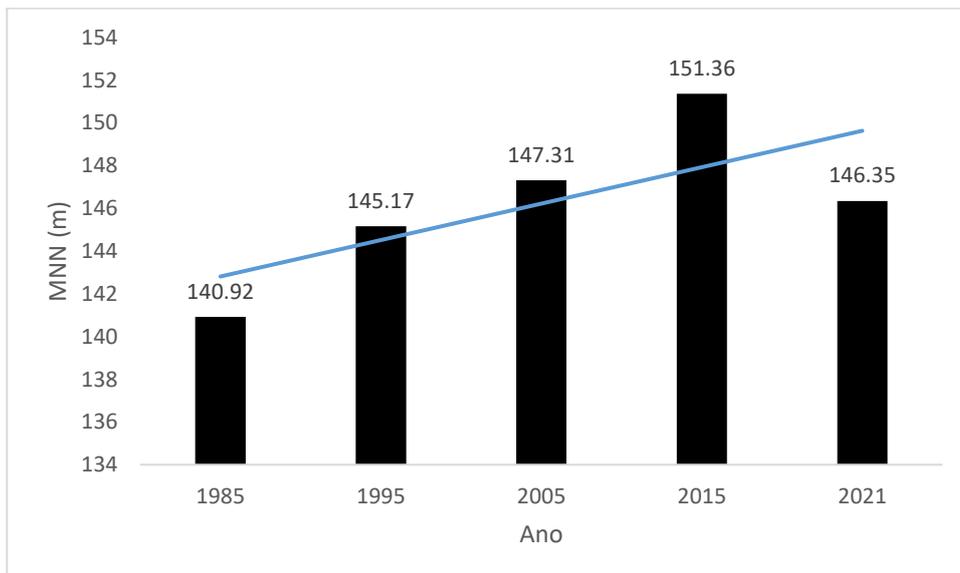


Figura 13 - Estimativa da métrica de proximidade e isolamento (MNN)

No contexto espacial de um fragmento de habitat em relação à sua vizinhança, quanto menor a proximidade, maior a fragmentação e menor a conectividade entre esses fragmentos.

3.3.6. Métricas de diversidade

Ao comparar a paisagem de 1985 com a de 2021 na área de estudo, observou-se que a riqueza e distribuição da abundância dos elementos que compõem a paisagem apresentaram incrementos nas condições da paisagem (Figura 14).

Estes valores mostraram que a paisagem se tornou mais rica e diversa e com maior uniformidade na distribuição de abundância dos elementos. Isto ocorreu como consequência ao aumento da fragmentação da paisagem, com distribuição dos elementos que compõem a paisagem, especialmente os de origem antropogênica.

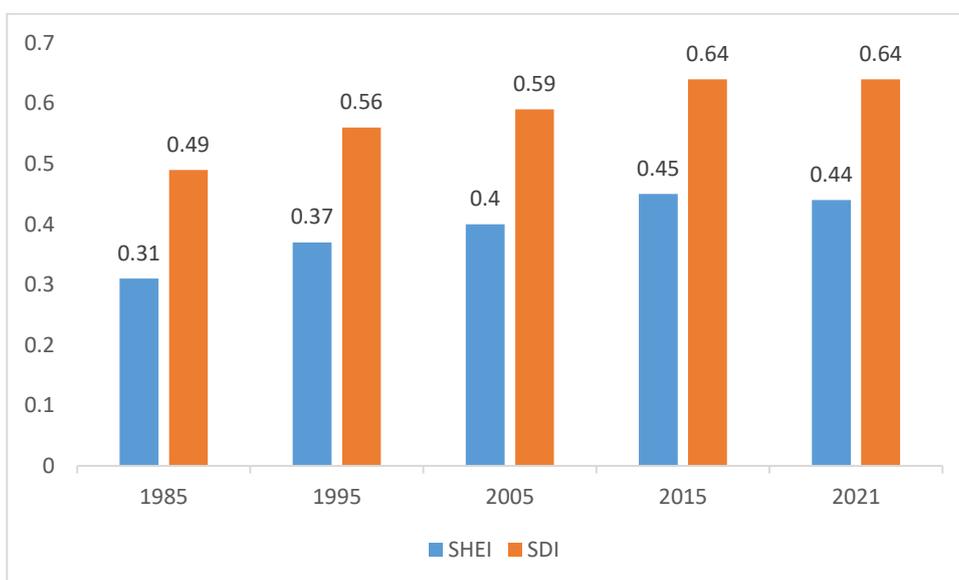


Figura 14 - Estimativa das métricas de diversidade para o município de Arinos, MG - índice de diversidade de Shannon (SHDI) e índice de uniformidade de Shannon (SHEI).

3.4 CONCLUSÃO

Este estudo foi essencial para entender o padrão espacial da classe “Área natural” na paisagem de Arinos. Métricas como tamanho do fragmento, forma, conectividade e diversidade forneceram informações valiosas sobre a condição e a qualidade dos fragmentos florestais. A fragmentação florestal está alterando a paisagem da região de Arinos – MG, e, os resultados das análises das métricas da paisagem permitiram quantificar essa mudança, confirmando que a ocupação da classe “Área Natural” no território está sendo substituída pela classe “Área antropizada”.

O número de fragmentos aumentou sendo observado o desaparecimento de fragmentos menores que 5 ha. Esses pequenos fragmentos podem abrigar uma biodiversidade remanescente, porém, trata-se de áreas pouco estudadas (SLAVIERO, 2007). O processo de fragmentação florestal chamou atenção para o aumento do efeito de borda, o qual pode

contribuir para a extinção de espécies que exigem de uma estabilidade maior no ambiente, como a encontrada em áreas núcleo.

As informações aqui levantadas são de grande valia para orientar a tomada de decisões acerca do ordenamento territorial da região e contribuir para a conservação e o manejo sustentável dos ecossistemas florestais, de modo a promover a proteção da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano e a saúde do planeta.

As seguintes conclusões podem ser extraídas desse capítulo: (a) as métricas da paisagem forneceram informações valiosas sobre a condição e a qualidade dos fragmentos florestais; (b) a fragmentação florestal está alterando a paisagem da região, confirmando que a ocupação da classe “Área Natural” no território está sendo substituída pela classe “Área antropizada”; (c) o número de fragmentos aumentou e houve o desaparecimento de fragmentos menores que 5 ha; (d) houve aumento do efeito de borda, o qual pode contribuir para a extinção de espécies que exigem de uma estabilidade maior no ambiente, como a encontrada em áreas núcleo; e (e) com as informações do capítulo é possível orientar a tomada de decisões acerca do ordenamento territorial da região e contribuir para a conservação e o manejo sustentável do ecossistema, promovendo a proteção da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

4 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

- O sensoriamento remoto viabilizou o estudo da ecologia da paisagem, com dados precisos e acurados, com rapidez e baixo custo de grandes áreas.
- A agropecuária foi a principal atividade antrópica que alterou a paisagem da região de Arinos-MG no período de 1985 a 2021.
- A paisagem da região foi altamente fragmentada entre 1985 e 2021, com impactos potenciais em diversos serviços ecossistêmicos relacionados aos ambientes naturais, especialmente aos recursos hídricos (produção e regulação). Tais impactos ainda carecem ser mais bem estudados e quantificados.
- A substituição da paisagem natural por uma paisagem antropizada ocorre de maneira desordenada, ocasionando a fragmentação florestal, aumento do efeito de borda, perda de habitats, perda de biodiversidade e danos aos serviços ecossistêmicos.
- O estudo da Ecologia da paisagem é uma excelente ferramenta para definições de planos de ordenamento territorial e definição de estratégias de conservação.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Cristina Guilherme de. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná.** 72 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Setor de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

ALMEIDA, Sabrina; LOUZADA, Julio. ; SPERBER, Carlos. ; BARLOW, Jos. **Subtle Land-Use Change and Tropical Biodiversity: Dung Beetle Communities in Cerrado Grasslands and Exotic Pastures.** *Biotropica*, v. 43, p. 704-710, 2011.

ALLENCAR-SILVA, Thiago.; MAILLARD, Philippe. Delimitação, Caracterização e Tipologia das veredas do Parque Estadual Veredas do Peruaçu. *Geografias* (UFMG), v. 7, p. 24-39, 2021.

BARAL, Himlal; KEENAN, Rodney J; SHARMA, Sunil K.; STORK, Nigel E.; KASEL, Sabine. Spatial assessment and mapping of biodiversity and conservation priorities in a heavily modified and fragmented production landscape in north-central Victoria, Australia. *Ecological Indicators*, v. 36, p. 552-562, 2014.

BEZERRA, Caroline. G.; SANTOS, Alexandre. R. dos; PIROVANI, Daiani. B.; PIMENTEL, Leonardo. B.; EUGENIO, Fernando. C. Estudo da Fragmentação Florestal e Ecologia da Paisagem na Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES. *Espaço & Geografia*, Brasília, v. 14, n. 2, p. 257:277, 2011.

BORGES, Luí.F.R.; SCOLFORO, José R.; OLIVEIRA, Antônio D. et al. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. *Cerne*, v. 10, n. 1, p. 22-38, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMAa – O Bioma Cerrado. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Brasília, DF: CSR/IBAMA, MMA e PNUD, 2011. 54p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 25 jul. 2023.

CERQUEIRA, Marizete. C. Estudo do uso e cobertura da terra e fragmentação da vegetação natural na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras no Norte de Minas Gerais, Brasil. *Ciência Florestal*. Universidade Federal de Santa Maria UFSM, 2021

CALEGARI, Leandro; MARTINS, Sebastião V.; GLERIANI, José M.; SILVA, Elias; BUSATO, Luiz C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.

CARVALHO, Igor. S. H.; SAWYER, Donald. R. Potenciais e limitações do uso da biodiversidade do Cerrado: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 2, p.1449-1452, 2007.

CARVALHO, Luis M. T.; ACERBI JUNIOR, Fausto W.; SCOLFORO, José R. S.; CAVALCANTI, H. C. Monitoramento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais entre 2005 e 2007. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: **INPE**, 2009. p. 2653-2660. DVD, Online. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://dpi.inpe.br/>>. Acesso em: 29 jun. 2023.

CARVALHO, Thiago M.; CARVALHO, Celso M. Sistemas de informações geográficas aplicadas à descrição de habitats. **Acta Scientiarum, Ciências Humanas e Sociais**, v. 34, p. 79-90, 2012. ISSN 2178-5198.

COUTO, Paula. Análise fatorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. **Investigação Operacional**, v. 24, n. 1 p. 109-137, 2004.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Satéltes de Monitoramento: LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/missao_landsat.php>. Acesso em: 26 mar. 2023.

ESPÍRITO-SANTO, Fernando D. B.; OLIVEIRA FILHO, Ary T.; MACHADO, Evandro L. M.; SOUZA, Josival S.; FONTES, Marco A. L.; MARQUES, João J. G. S. M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 331-356, 2002.

FORMAN, Richard. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, Richard. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wilwy & Sons, 1986. 619p.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 34, p. 487-515, 2003.

FORMAN, Richard. T. T. Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**, v. 10, p. 133-142, 1995.

FORMAN, Richard. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

GEE. Google Earth Engine. **What is Earth Engine?** 2020. Available at: <https://earthengine.google.com/faq/>.

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

GUERRA, E. P. **Ecologia**. 2. ed. Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.

HAWKINS, V.; SELMAN, P. Landscape scale planning: exploring alternative land use scenarios. **Landscape Urban Planning**, v. 60, p. 211-224, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. 3 ed. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**, 23 p., 2002.

JUNG, M. LecoS – A python plugin for automated landscape ecology analysis. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 18-21, 2016.

LINDENMAYER, D. B.; NIX, H. A. Ecological principles for the design of wildlife corridors. **Conservation Biology**, Maiden, v. 7, p. 627-631, 1993.

LIMA, B.C.; FRANCISCO, C.N.; BOHRER, C.B.A. Deslizamentos e fragmentação florestal na região serrana do estado do Rio de Janeiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1283-1295, out.-dez., 2017

LUSTIG, A. STOUFFER, D. B.; ROIGÉ, M.; WORNER, S. P. Towards more predictable and consistent landscape metrics across spatial scales. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 11-21.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo, SP: Oficina de Texto, 2009. 424p.

LANGLEY, S. K.; CHESHIRE, H. M.; HUMES, K. S. **A comparison of single date and multitemporal satellite image classifications in a semi-arid grassland**. **Journal of Arid Environments**, v. 49, n. 2, p. 401-411, 2001.

LENNEY, M. P.; WOODCOCK, C. E.; COLLINS, J. B.; HAMDI, H. The Status of Agricultural Lands in Egypt: The Use of Multitemporal NDVI Features Derived from Landsat TM. **Remote Sensing of Environment**, v. 56, n. 1, p. 8-20, 1996.

MapBiomias. Disponível em: < <https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

MapBiomias. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). V. 1., 52 p., 2023.

MapBiomias. Relatório Anual de Desmatamento no Brasil (RAD Brasil), 125 p., 2023.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, p. 1-9, 2001.

MORANDI, D. T. et al. Delimitation of ecological corridors between conservation units in the Brazilian Cerrado using a GIS and AHP approach. **Ecological Indicators**, v. 115, 2020.

MOURÃO, M. A. A.; SIMÕES, E. J. M.; SOARES, A. G.; BRITO, R. M. D. A. de. Caracterização hidrogeológica do município de Arinos. Belo Horizonte: CPRM; COMIG, 2001. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB**.

MEA. Millenium Ecosystem Assessment (MEA). Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis. **World Resources Institute**, Washington, DC. Island Press, 31 p., 2005

MCGARIGAL, Kevin., CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE, E. **Fragstats**: Spatial pattern analysis program for categorical maps - version 3.3 build 5. Manual do programa. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, 2002.

MCGARIGAL, Kevin.; CUSHMAN S.A.; NEEL, M.C.; ENE, E. **Fragstats v3**: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Massachusetts; 2002. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em: 2015 Jun. 23.

MCGARIGAL, Kevin.; MARKS, B. J. **Fragstats**: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Reference manual. Corvallis: For. Sci. Dep. Oregon State University, 1995. 59p.

METZGER, Jean. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n.3-I, p. 445-463, 1999.

METZGER, Jean. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN, J. R.; L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (eds) **Métodos de estudos embiologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003. p. 423-538.

METZGER, Jean. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/fullpaper?bn00701122001+pt>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

NETO, R.L. História da cidade de Arinos-MG. Secretaria Municipal de Cultura, Arinos-MG. Disponível em: <http://arinos.mg.gov.br/web/conteudo/236-_Historia> Acesso em: 15 jul. 2023

ODUM, Lustig A.; STOUFFER, D. B.; ROIGÉ, M.; WORNER, S. P. Towards more predictable and consistent landscape metrics across spatial scales. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 11-21.

REMPEL, R. S.; KAUKINEN, D.; CARR, A. P. Patch Analyst and Patch Grid. **Ontario Ministry of Natural Resources**. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario, 2012.

OLIVEIRA, Carlos .M.M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos-MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 2019.

PONZONI, Flávio. J.; SHIMABUKURO, Yosio. E.; KUPLICH, T.M. Sensoriamento Remoto da Vegetação. São José dos Campos, SP: **Oficina de Textos**. 2012, 176 p.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 6°. ed. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

SANTOS, Mauro A., BARBIERI, Alisson F., CARVALHO, José A. M., MACHADO, C.J. **O cerrado brasileiro: notas para estudo**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2010. 15p.

SATO, Simone E. **Zoneamento geoambiental do município de Itanhaém** - Baixada Santista (SP). 2012. 123 f. Tese - (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/104397>>. Acesso em: 30 jun. 2023.

SLAVIERO, L. B. et al. Estrutura, configuração e fragmentação da Paisagem na região norte do rio grande do sul, Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. Anais... Caxambu, 2007. p. 1-2.

TABARELLI M, GASCON C. Lessons from fragmentation research: improving management and policy guidelines for biodiversity conservation. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 734-739, 2005.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C.A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2328-2340, 2010.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY- USGS. Landsat Project Description. 2015. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em: 15 mai. 2023.

VALENTE, Roberta O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP**. 2001. 144 f. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

VILELA, Maria F.; CORREIA, J. R. ; SANO, S. M. ; SEVILHA, A. C. ; MACHADO, C.T. de T.; FERNANDES, S. G. ; CARRARA, A. A. ; FRANZ, C. A. B. . Mapeamento e análise da dinâmica de uso e da cobertura do solo em comunidades tradicionais do Alto Rio Pardo, Minas Gerais. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2009

VOLOTÃO, Carlos F. S. Trabalho de análise espacial – Métricas do Fragstats. **INPE**, São José dos Campos. 1998. 48p.