



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

BEATRIZ CONCEIÇÃO DOS SANTOS

**ANÁLISE TEMPORAL DA DINÂMICA DA PAISAGEM NA SUB-BACIA DO RIO
JAVAÉS**

Gurupi, TO

2023

Beatriz Conceição dos Santos

Análise Temporal da Dinâmica da Paisagem na sub-bacia do Rio Javaés

Monografia apresentada à Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi para obtenção do título de bacharel em Engenharia Florestal

Orientador (a): Prof. Dr. José de Oliveira Melo Neto

Gurupi, TO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S237a Santos, Beatriz Conceição dos.
Análise temporal da dinâmica da paisagem na sub-bacia do Rio Javaés. /
Beatriz Conceição dos Santos. – Gurupi, TO, 2023.
31 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Gurupi - Curso de Engenharia Florestal, 2023.
Orientador: José de Oliveira Melo Neto

1. Ecologia da paisagem. 2. Processamento digital de imagens. 3. Métricas
de paisagem. 4. Fragmentação florestal. I. Título
- CDD 577.272**

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Beatriz Conceição dos Santos

Análise Temporal da Dinâmica da Paisagem na sub-bacia do Rio Javaés

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Engenharia Florestal foi avaliado para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 30/06/2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. José de Oliveira Melo Neto, UFT

Prof. Dr. Saulo Boldrini Gonçalves, UFT

Prof. Dr. Everton Alves Rodrigues Pinheiro, UFT

A todos que já passaram pela minha vida, em especial a vó Rita, que tenho certeza que sempre cuidará de mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela força, saúde e resiliência que me proporcionou chegar até aqui.

A Universidade Federal do Tocantins por proporcionar não só a mim, mas a muitos a oportunidade de um ensino superior gratuito e de qualidade, bem como todos os profissionais que me instruíram e me moldaram como profissional e ser humano.

A meu orientador pela confiança e incentivo.

A minha família, em especial minha mãe, minha grande protetora, que sempre me mantém sob suas orações, sem você e sem sua luta diária nada disso seria possível, é tudo por você.

Aos meus amigos, aqueles que me acompanham desde antes da faculdade, em especial a Yasmin que sempre esteve comigo e sei que sempre estará. A Maria Antônia que também se tornou minha família. Obrigada por se fazerem presentes mesmo distantes, por todo apoio e carinho.

Aos meus amigos de vida acadêmica que também se tornaram família, primeiramente Fabíola, que foi minha parceira desde sempre (literalmente), que é minha irmã de alma. Ao Welton sempre pelo apoio e as melhores palavras. Ao Boi pelo carinho e acolhimento. A Wadylla pelo companheirismo e paciência. Obrigada por todas as vezes que vocês foram meu refúgio e minha alegria durante esses anos, realizar essa caminhada com a presença de vocês com certeza foi mais leve e prazeroso.

Aos demais que não citei, mas sei que fizeram e fazem parte da minha história até aqui, que deixaram um pouco de vocês em mim e me ajudaram a me tornar o que hoje sou, a todos gratidão. Levo comigo boas lembranças e bons sentimentos.

RESUMO

Durante as últimas décadas, a cobertura vegetal da terra foi muito afetada pela ação antrópica, afetando não somente a qualidade de vida humana, mas também as características do ecossistema. A dinâmica da vegetação e as alterações na cobertura vegetal podem influenciar em diversos aspectos ambientais, e sobretudo nos processos hidrológicos de uma bacia, além de influenciar na disponibilidade hídrica. O estado do Tocantins destaca-se por apresentar grande potencial para a agricultura pela existência de terras férteis e disponibilidade hídrica. Com isso, o crescimento de atividades agrícolas no Tocantins tornou-se destaque no Brasil. Nesse sentido, aplicações de técnicas de processamento digital de imagens e análise de métricas espaciais são importantes fontes de informações úteis para monitorar uso da cobertura florestal, estimando o quanto esses impactos gerados afetam a biodiversidade. Este trabalho buscou aplicar essas técnicas para compreender a dinâmica estrutural e temporal da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés que fica localizado na região sudoeste do estado do Tocantins. Para realização do processo de classificação da cobertura do solo foram utilizadas imagens de satélite da série LANDSAT, para os anos 2000, 2010 e 2020. A partir das imagens de cada período foram gerados mosaicos e recortes utilizando o software QGIS. A seleção das métricas espaciais foi baseada em preceitos ecológicos de acordo com Metzger e os dados foram processados no programa ArcGis. Nos dois primeiros anos as mudanças foram pouco significativas visualmente quando comparado ao ano de 2020, onde observa-se uma redução significativa na vegetação nativa, principalmente no entorno dos cursos d'água, alguns trechos basicamente não apresentaram resposta espectral da água, provavelmente devido ao processo de assoreamento, e possivelmente causando o aumento dos bancos de areia. Com relação as métricas de paisagem aplicadas notou-se um aumento de 26,57% de áreas antropizadas no período de 20 anos, a redução de 35,31% da vegetação natural da sub-bacia, e a redução de 41,91% na classe de água/áreas alagadas. Dessa forma, conclui-se que o aumento das áreas antropizadas em detrimento da vegetação nativa, pelo avanço das áreas de pastagem e agricultura, causou um aumento no número de fragmentos de vegetação e conseqüentemente uma redução nas áreas dessa classe.

Palavras-chaves: Ecologia da paisagem; Cobertura do solo; Processamento digital de imagens; Métricas de paisagem; Fragmentação florestal.

ABSTRACT

During the last decades, the earth's vegetation cover has been greatly affected by anthropic action, affecting not only the quality of human life, but also the characteristics of the ecosystem. Vegetation dynamics and changes in vegetation cover can influence several environmental aspects, and especially the hydrological processes of a basin, in addition to influencing water availability. The state of Tocantins stands out for having great potential for agriculture due to the existence of fertile land and water availability. As a result, the growth of agricultural activities in Tocantins became a highlight in Brazil. In this sense, applications of digital image processing techniques and analysis of spatial metrics are important sources of useful information to monitor the use of forest cover, estimating how much these generated impacts affect biodiversity. This work sought to apply these techniques to understand the structural and temporal dynamics of the landscape in the sub-basin of the Javaés River, which is located in the southwest region of the state of Tocantins. To carry out the land cover classification process, satellite images from the LANDSAT series were used for the years 2000, 2010 and 2020. From the images of each period, mosaics and clippings were generated using the QGIS software. The selection of spatial metrics was based on ecological precepts according to Metzger and the data were processed in the ArcGis program. In the first two years, the changes were not very significant visually when compared to the year 2020, where there was a significant reduction in native vegetation, mainly around the watercourses, some stretches basically did not show a spectral response from the water, probably due to the siltation process, and possibly causing the increase of sandbanks. With regard to the landscape metrics applied, an increase of 26.57% of anthropized areas was observed in the period of 20 years, a reduction of 35.31% of the natural vegetation of the sub-basin, and a reduction of 41.91% in the class of water/wetlands. Thus, it is concluded that the increase in anthropized areas to the detriment of native vegetation, due to the advance of pasture and agriculture areas, caused an increase in the number of vegetation fragments and consequently a reduction in the areas of this class.

Key-words: Landscape ecology; Ground cover; Digital image processing; Landscape metrics; Forest fragmentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1: Mapa da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés.....	19
Figura 2: Mapa dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés	20
Figura 3: Mapa de classes de solos e hipsométrico da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés .	21
Figura 4: Mapa das composições de bandas falsa cor e cor natural da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés.....	22
Figura 5: Dinâmica da cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métricas da paisagem aplicadas	23
Tabela 2: Percentual das áreas das classes analisadas	25
Tabela 3. Métricas da paisagem obtidas em cada classe.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Ecologia da paisagem e o uso de geotecnologias	14
2.2. Fragmentação da paisagem e suas consequências	15
2.3. O avanço das áreas agrícolas no estado do Tocantins e a importância da cobertura vegetal para os recursos hídricos	15
3. OBJETIVOS	18
4. METODOLOGIA.....	19
4.1. Área de estudo.....	19
4.2. Aquisição dos dados	21
4.3. Seleção de métricas para análise da paisagem.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

A paisagem pode ser vista como uma unidade espacial cuja heterogeneidade é modificada principalmente pelas relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza. Usualmente essa interação acaba resultando em configurações que são marcadas pela fragmentação ou conexão de seus elementos. As paisagens no geral estão em constante modificação, e no contexto florestal, estudos tem apontado para um alto grau de fragmentação da vegetação nativa promovendo diversos danos ambientais.

O bioma Cerrado tem se tornado grande alvo desses estudos, pois com o avanço das áreas agrícolas nos últimos anos neste bioma, são formadas paisagens bastante homogêneas compostas por pastagens e grandes lavouras, em que o impacto ambiental mais evidente desse processo é a fragmentação florestal e o desaparecimento gradativo do ecossistema

A fragmentação da paisagem e suas consequências é um dos objetos de estudo da ecologia da paisagem. O ponto central da análise em ecologia de paisagens é o reconhecimento da existência de uma dependência espacial entre as unidades da paisagem: o funcionamento de uma unidade depende das interações que ela mantém com as unidades vizinhas. A problemática central é o efeito da estrutura da paisagem nos processos ecológicos (METZGER, 2001).

A dinâmica da vegetação e as alterações na cobertura vegetal podem influenciar em diversos aspectos ambientais, e sobretudo nos processos hidrológicos de uma bacia, além de influenciar na quantidade e qualidade da água. A água é um recurso fundamental para a vida sendo utilizada em diversas atividades humanas. A agricultura irrigada é o maior usuário da água no Brasil e no mundo, a nível nacional representa cerca de 53,7% do consumo total, seguido pelo abastecimento urbano com 22,6% e indústria com 8,8% (ANA, 2019). A falta de planejamento no uso dos recursos naturais promove consequências negativas tais como: má conservação do solo e da água, erosão, baixa produtividade e perdas econômicas e ambientais.

Os indicadores de padrão ou métricas da paisagem fornecem medidas simples da estrutura em que uma dada paisagem se encontra e podem ser obtidas com a aplicação de técnicas de geoprocessamento (KUPFER, 2012). Os bancos de dados geográficos nos permitem desenvolver análises multitemporais, onde é possível avaliar as mudanças na paisagem de um local em diferentes períodos de tempo. Essa técnica é fundamental para a compreensão das transformações ocorridas em um determinado ecossistema, possibilitando a avaliação dos impactos ambientais e a identificação de áreas com potencial fragilidade

O crescimento das atividades agrícolas no Tocantins é destaque no Brasil, isso porque o estado possui um grande potencial para a agricultura, pois detém terras férteis, de topografia

plana (favoráveis a mecanização) e possuem valores competitivos no mercado. Além disso o estado possui a maior área de várzea tropical contínua do Brasil (aproximadamente 1,2 milhão de hectares), localizada no Vale do Javaés onde possui um solo de alta fertilidade e capacidade de irrigação, que abre oportunidade para até três safras por ano. As várzeas são excelentes para o cultivo de frutas, soja, arroz, feijão e milho, além do potencial para produção de sementes de soja para todo território nacional. O Estado é o terceiro maior produtor de arroz irrigado do Brasil com uma produção de 550 mil toneladas na safra 2021/2022 (TOCANTINS, 2016).

Levando-se em consideração a abundância de espécies nesse bioma e que as atividades antrópicas geram impactos ambientais, as aplicações de técnicas de processamento digital de imagens e análise de métricas espaciais são importantes fontes de informações úteis para monitorar a cobertura florestal, estimando o quanto esses impactos gerados afetam a biodiversidade (OLIVEIRA; PIRAJÁ, 2022).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ecologia da paisagem e o uso de geotecnologias

Os estudos voltados à análise de paisagem abrangem a ecologia e a geografia, formando a ciência denominada ecologia de paisagem. Através dessa ciência é possível entender como os padrões e elementos espaciais de uma paisagem interferem nos processos ecológicos (VIDA; PINTO, 2022). O termo ecologia da paisagem surgiu em meados do século XX, para que os estudos científicos pudessem englobar o ser humano, a sociedade e o meio físico. O termo “ecologia da paisagem” foi cunhado por Troll em 1939 e tinha a intenção de unir a geografia e a ecologia, realizando estudos através de fotografias aéreas e interpretação das paisagens, ou seja, fazendo uso dos recursos geoecológicos (MOREIRA, 2022).

As métricas da ecologia da paisagem são indicadores determinantes para a interpretação dos padrões espaciais, tornando possível a avaliação dos remanescentes florestais e a análise da dinâmica da paisagem. As métricas de paisagem são comumente divididas em grupos como área, forma, borda, área central e proximidade dos fragmentos florestais (SILVA et al. 2019). Essas métricas são utilizadas para compreender a complexidade das interações (inter e intra espécies, fluxo gênico, diversidade, relação vegetação e paisagem e outros), principalmente em situações de fragmentação dos ambientes florestais com mudanças do uso da terra (OLIVEIRA et al., 2022).

Atualmente várias técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são usadas para fazer o monitoramento ambiental e de como os recursos ambientais estão sendo gerenciados, visando a sustentabilidade. O uso de imagens de satélites, por exemplo, permite acompanhar as alterações de extensas áreas ambientais em escala temporal. As imagens de satélites aliado ao geoprocessamento têm um ganho rápido e eficiente de informação o que auxilia em tomar decisões estratégicas para sanar problemas, como por exemplo, assoreamento do leito do rio devido à da retirada da cobertura vegetal (COUTINHO, 2019).

A ecologia da paisagem unida as geotecnologias, é um grande avanço nos métodos e técnicas aplicados no estudo e diagnóstico dos ecossistemas (COSTA, 2020). Por meio de técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR) é possível calcular os índices espaciais utilizados em Ecologia da Paisagem, além de permitir uma análise integrada e de maior precisão de características como os padrões de fragmentação, isolamento e conectividade ocasionadas pelas atividades antrópicas e como essas influenciam nos processos ecológicos dos remanescentes florestais (SANTOS, 2023). Esse tipo de análise pode

permitir a realização de estudos da paisagem relacionados à biodiversidade, os quais não seriam possíveis de serem realizados somente em campo (FERNANDES et al., 2017).

2.2. Fragmentação da paisagem e suas consequências

A fragmentação é um processo cuja extensão de área nativa, principalmente florestal, é reduzida em manchas (fragmentos), separadas geograficamente por uma matriz diferente do original. Processo este citado como uma das causas globais de redução da biodiversidade (MARJAKANGAS et al., 2020). Trata-se de um conjunto de alterações provenientes de ações naturais e antrópicas, que provoca simultaneamente uma série de modificações ecossistêmicas e, em bacias hidrográficas, pode culminar na redução da área de habitat e dinâmica entre espécies, bem como no aumento do isolamento das manchas remanescentes (BISPO; MATOS; JESUS, 2022).

Durante as últimas décadas, a cobertura vegetal da terra foi muito afetada pela ação antrópica movida a uma crescente demanda por infraestrutura de que tem surtido efeito não somente na qualidade de vida humana, mas também nas características do ecossistema (RAQUEEB et al., 2021; ZANIRATO, 2021).

A fragmentação de uma área contínua de floresta provoca impactos diretos no aumento dos efeitos de borda, que por sua vez provoca alteração do microclima proveniente do aumento do regime de ventos e luminosidade que penetram com maior facilidade na borda da floresta (BISPO; MATOS; JESUS, 2022). Além disso, as consequências podem culminar com a perda de habitat, perda de biodiversidade, modificações nas interações ecológicas e nos processos reprodutivos de espécies, isolamento das formações vegetais, aumento da predação, da competição e perda de micro-habitat (BRITO et al., 2021).

Conhecer a situação da distribuição das florestas, e particularmente dos fragmentos remanescentes, é essencial para analisar, manter e garantir a biodiversidade e a conservação dos recursos hídricos. Indicadores, também conhecidos como métricas da paisagem, possibilitam a análise dos fragmentos florestais para que possíveis medidas sejam tomadas (JESUS et al., 2019).

2.3. O avanço das áreas agrícolas no estado do Tocantins e a importância da cobertura vegetal para os recursos hídricos

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma da América Latina, com mais de 200 milhões de hectare e abriga algumas das atividades agrícolas mais intensivas para a produção

de grãos e carne bovina do mundo. Devido a sua riqueza em biodiversidade e aos altos níveis de endemismo, o Cerrado é considerado um dos biomas prioritários para conservação da biodiversidade no mundo (FERNANDES et al., 2022).

Dentro deste cenário, o estado do Tocantins apresenta-se com 91% de sua área ocupada originalmente pelo Cerrado como fitofisionomia nativa e totalmente inserido na bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia (SANO et al., 2007; ANA, 2015). Associado a esta condição temos o grande avanço de áreas agrícolas no estado, principalmente das áreas plantadas para a produção de grãos, que encontram-se em crescimento linear nos últimos 20 anos (safra 2000/01 - 2019/20), saindo de menos de 300 mil hectares para 1,5 milhões de hectares, refletindo num crescimento de mais de 400%), além das pastagens com variados aspectos de manejo presentes no Tocantins. (CONAB, 2020)

O uso e a conservação ambiental das regiões agrícolas do Estado do Tocantins vêm sofrendo forte influência dos projetos de desenvolvimento regional, em especial os hidroagrícolas. Com incentivos fiscais, foram criadas áreas destinadas para projetos de irrigação, destacando-se o projeto Luiz Alves, no rio Araguaia, e projeto Javaés, no rio Javaés e seus tributários, incluindo-se os projetos Rio Formoso e da Lagoa da Confusão, bem como o Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Estado do Tocantins (Prodoeste), em fase de implantação e que tem como meta ampliar de 100 mil para 300 mil hectares de terras baixas, por meio de obras de infraestrutura (reservatórios e mini barragens nos leitos dos rios), que visam proporcionar a oferta hídrica regular para usos múltiplos (TOCANTINS, 2013).

No estado do Tocantins a disponibilidade hídrica é exuberante, porém existem regiões que sofrem com a escassez de água, devido à sazonalidade das chuvas, registrando-se também crescentes conflitos em função da quantidade de água, como nas bacias do Rio Urubu, Formoso e Javaés. Estima-se que a área irrigável (por inundação e outros métodos) é de aproximadamente em 107.235 hectares (TOCANTINS, 2016).

Um grande avanço para o gerenciamento de recursos hídricos foi a Lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou, no Brasil, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como preceitos básicos: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, a consideração dos múltiplos usos da água, o reconhecimento da água como um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico e a necessidade da consideração da gestão descentralizada e participativa desse recurso (BRASIL, 1997).

A preservação da vegetação em torno de nascentes e cursos d'água é de suma importância na gestão de bacias hidrográficas, visto que a cobertura vegetal age de maneira

positiva sobre a hidrologia do solo, auxiliando nos processos de infiltração, percolação e armazenamento de água pelos lençóis freáticos, reduzindo o processo de escoamento superficial e contribuindo para a diminuição da erosão e do assoreamento. Além disso, a vegetação garante a sustentabilidade das mais variadas formas de vida que habitam esses ecossistemas (TEIXEIRA; RIZZATTI, 2022).

A cobertura vegetal proporciona uma barreira física dissipando o fluxo de água escoado e, conseqüentemente, aumenta o tempo de oportunidade de infiltração da água no solo, diminuindo a perda de solo (PINHEIRO *et al.*, 2018), e reduzindo o escoamento superficial (SANTOS *et al.*, 2017).

No entanto, mesmo respaldada pela lei, a proteção destas áreas enfrenta uma série de dificuldades, envolvendo principalmente o desmatamento. Nesse sentido, tem-se observado uma intensificação de atividades humanas sobre estes ambientes, causando a alteração ou, ainda, a substituição das paisagens naturais por outros usos e ocupações do solo (TEIXEIRA; RIZZATTI, 2022).

3. OBJETIVOS

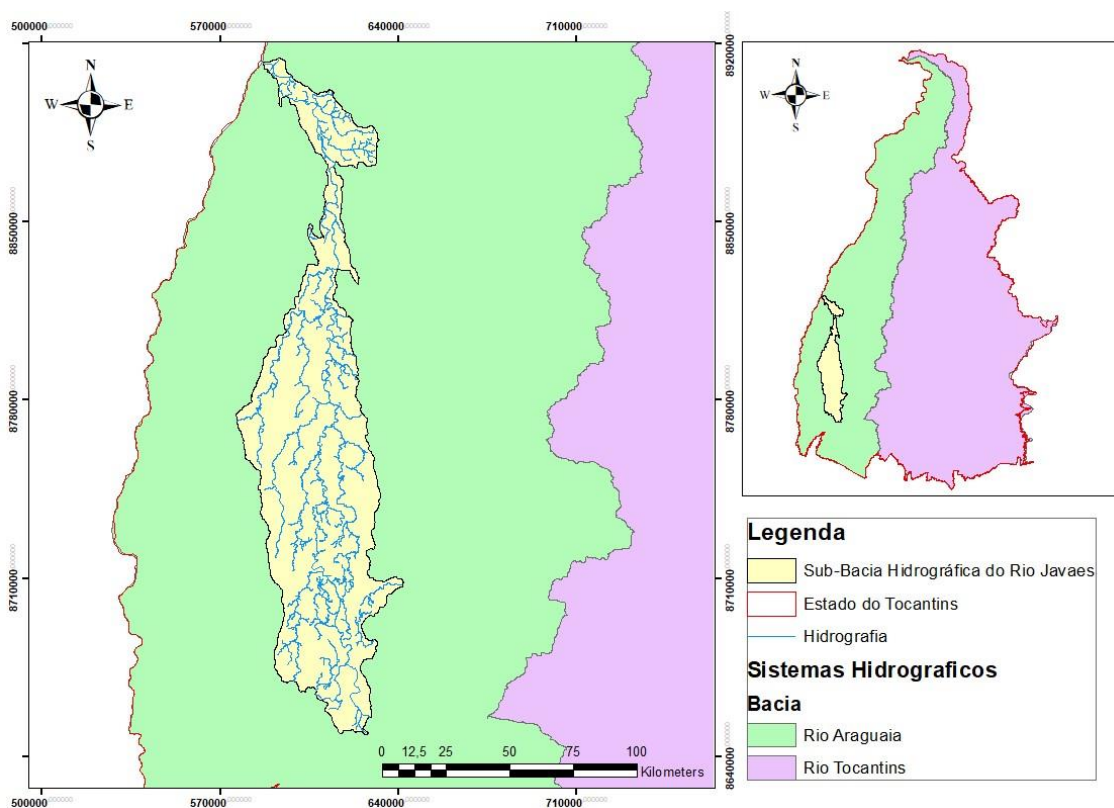
O presente trabalho buscou compreender a dinâmica estrutural e temporal da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés, através da aplicação de técnicas de processamento digital de imagens e análise de métricas espaciais que expõem medidas quantitativas baseadas nas propriedades e no arranjo espacial de fragmentos florestais dentro da paisagem.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés, localiza-se na região sudoeste do estado do Tocantins (Figura 1), e pertence à Bacia do Rio Araguaia, especificamente na região do Médio Araguaia (MMA, 2009). Apresenta uma área de 7553,99 km², tendo o rio Javaés como principal curso d'água e este nasce da defluência do Rio Araguaia, por esse motivo também é conhecido como Braço Menor do Araguaia. A partir desta defluência é formada a Ilha do Bananal, que é a maior ilha fluvial do mundo. Praticamente todos os rios que nascem dentro da ilha fluem para a margem esquerda do Rio Javaés; na margem direita deste, o mais importante tributário é o Rio Formoso (FLEISCHMANN et al., 2017). Os rios que compõem a sub-bacia totalizam 2057,96 km de extensão, onde o Rio Javés possui 394,83 km.

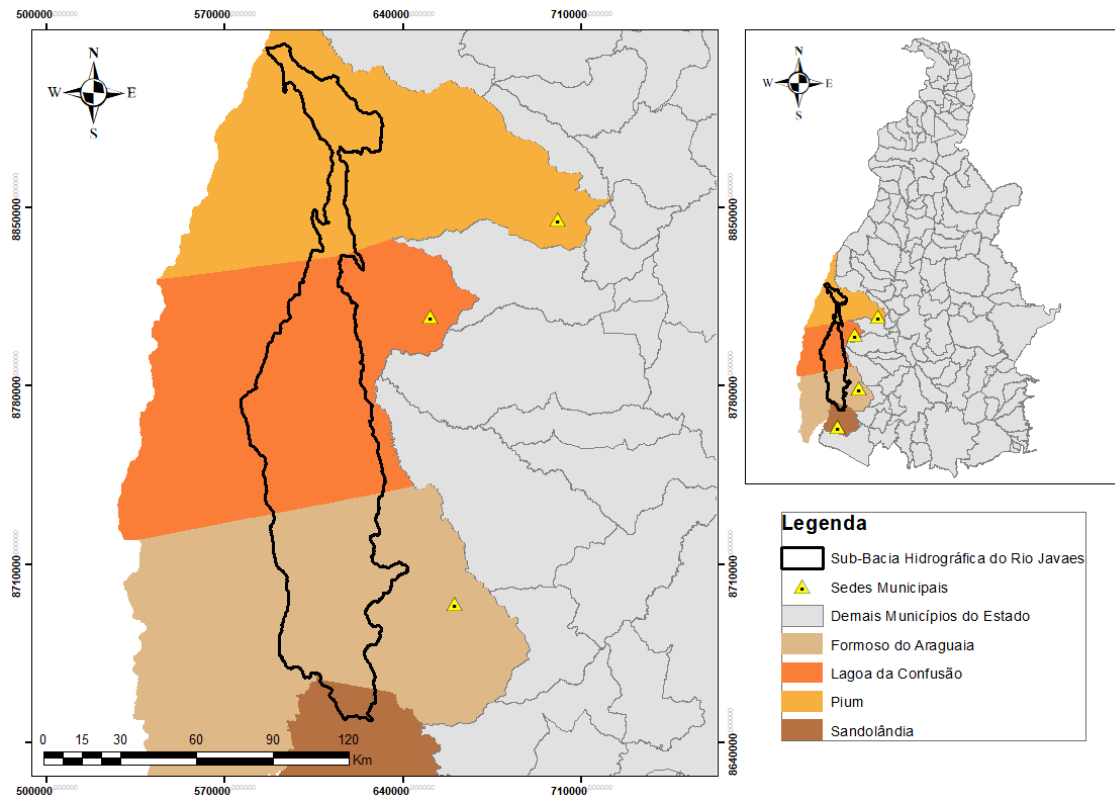
Figura 1: Mapa da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés



O clima na região segundo a classificação de Köppen é tropical com inverno seco (Aw), apresenta nítida estação seca no inverno, de maio a setembro, estação chuvosa de outubro a abril, temperaturas médias anuais entre 24 e 26°C, e precipitação média anual entorno de 1.700 mm.

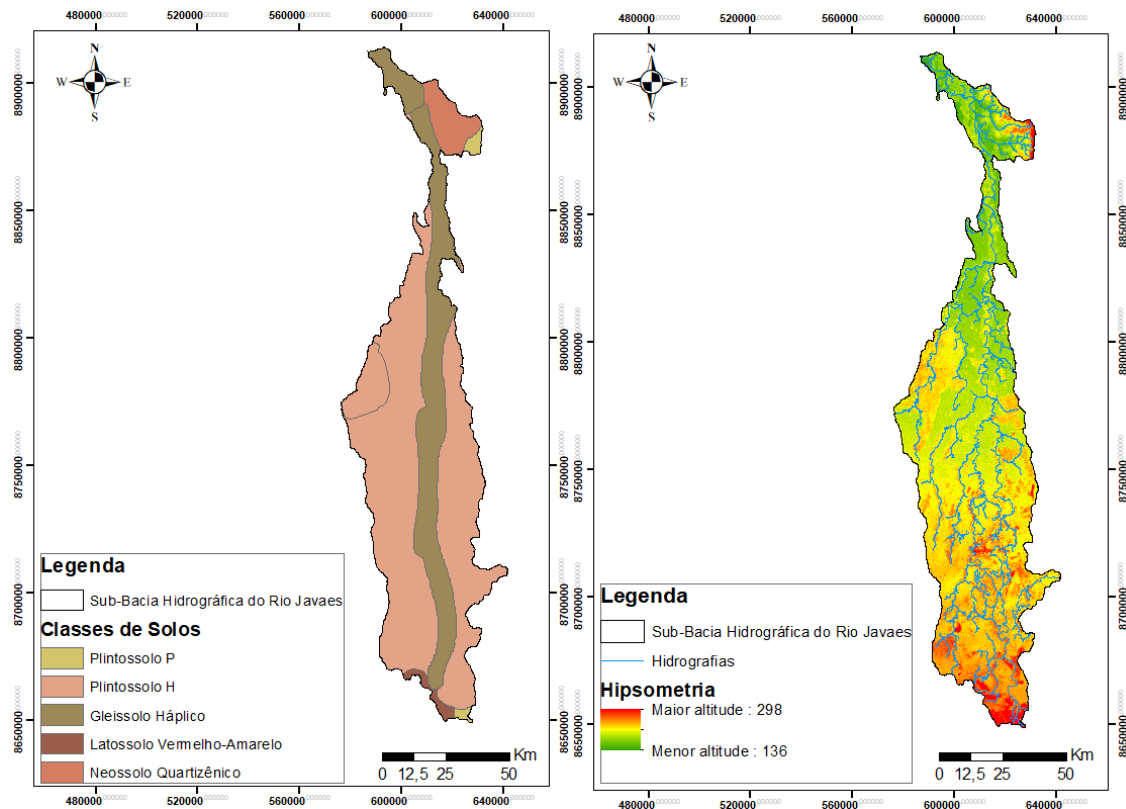
O Rio Javaés deságua no Rio Araguaia. Sua bacia abrange quatro municípios (Figura 2), onde 41,62% da sua área está inserida no município de Lagoa da Confusão, 34,87% em Formoso do Araguaia, 14,91% em Piim e 2,59% em Sandolândia.

Figura 2: Mapa dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés



Cinco classes de solo compõem a área da sub-bacia, onde 66,9% da sua área total é composta por Plintossolo Háplico e 26,32% Gleissolo, as demais classes ocupam áreas pequenas como mostra na figura 3. Na mesma figura podemos observar também a hipsometria da sub-bacia, onde ao sul localizam-se suas áreas mais altas e conseqüentemente sua nascente, atingindo a altura máxima de 298 metros, seguindo ao norte com áreas mais baixas atingindo a menor altitude de 136 metros, onde seria o exutório.

Figura 3: Mapa de classes de solos e hipsométrico da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés



4.2. Aquisição dos dados

Para realização do processo de classificação da cobertura do solo foram utilizadas imagens de satélite da série LANDSAT, para os anos 2000, 2010 e 2020, adquiridas na plataforma *Earth Explorer* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Para os anos 2000 e 2010 foram utilizadas imagens do LANDSAT-5 referentes ao sensor Thematic Mapper (TM) e para o ano de 2020 foram utilizadas imagens do LANDSAT-8 sensor Operational Land Imager (OLI). A utilização de sensores diferentes não afeta o resultado da pesquisa nesse nível de detalhamento.

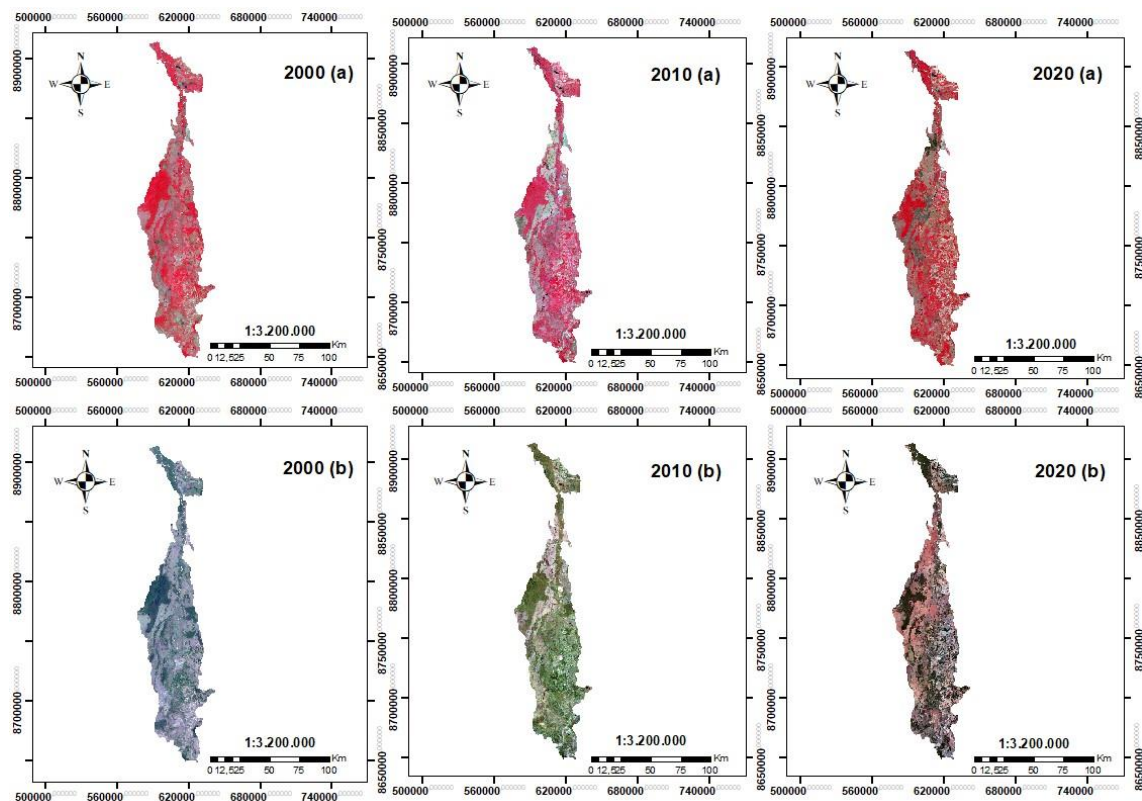
No processo de busca foram priorizadas imagens no mesmo período de cada ano, para identificar respostas semelhantes das coberturas do solo. Como critério adicional, foi adotado um limite máximo de presença de cobertura de nuvens nas imagens de 5 %.

A partir das imagens de cada período foram gerados mosaicos e recortes utilizando o software QGIS em sua versão 3.16. Todas as imagens dos sensores utilizados apresentam resolução espacial de 30 metros.

Foram utilizadas duas composições de cores (Figura 4) com o intuito de obter melhores resultados na classificação, sendo: composição cor natural RGB das bandas 3, 2, 1 para o sensor

TM e 4, 3, 2 para o sensor OLI; e composição falsa cor das bandas 4,3,2 para o sensor TM e 5,4,3 para o sensor OLI. A partir desses produtos foi realizada uma análise visual para definir quais classes se enquadrariam melhor, o qual foram definidos três tipos de classes, sendo estas: 1 – Vegetação Nativa; 2 – Área Antropizada (solo exposto, áreas agrícolas e pecuária); e 3 – Água/Áreas alagadas.

Figura 4: Mapa das composições de bandas falsa cor e cor natural da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés.



As imagens foram processadas aplicando o método de classificação orientada a objeto OBIA (Object-based Image Analysis) que consiste em analisar parâmetros que vão além da resposta espectral do pixel, como textura e forma dos objetos que compõem uma determinada cena em uma imagem (WATTS et al., 2009). O plug-in utilizado para esses processamentos foi o Orfeo ToolBox (OTB), onde no primeiro momento foi realizada a segmentação das imagens em formato vetorial, depois a coleta de amostras referentes as classes definidas para o trabalho e posteriormente foram calculadas as estatísticas dos pixels para finalmente executar a classificação utilizando o método de aprendizado de máquina Random Forest. O produto final dessa classificação foi utilizado para a obtenção das métricas espaciais.

4.3. Seleção de métricas para análise da paisagem

A seleção das métricas espaciais foi baseada em preceitos ecológicos de acordo com Metzger (2009). Os dados foram processados no programa ArcGis ® em sua versão 10.8, no plugin Patch Analyst ® versão 5.0 que possibilita quantificar os elementos da paisagem.

Dessa maneira, procedeu-se uma análise ao nível de classe, com métricas pertencentes a cinco grupos: 1 – área, densidade e borda; 2 – forma; 3 – área central; 4 – contágio e dispersão; e 5 – proximidade e isolamento (MCGARIGAL, 2015). Para tabulação de dados foi utilizado o software Excel ® em sua versão 2015. Na Tabela 1 estão descritas as métricas utilizadas para análise da estrutura da paisagem com base nos produtos de classificação das imagens de satélite.

Tabela 1: Métricas da paisagem aplicadas

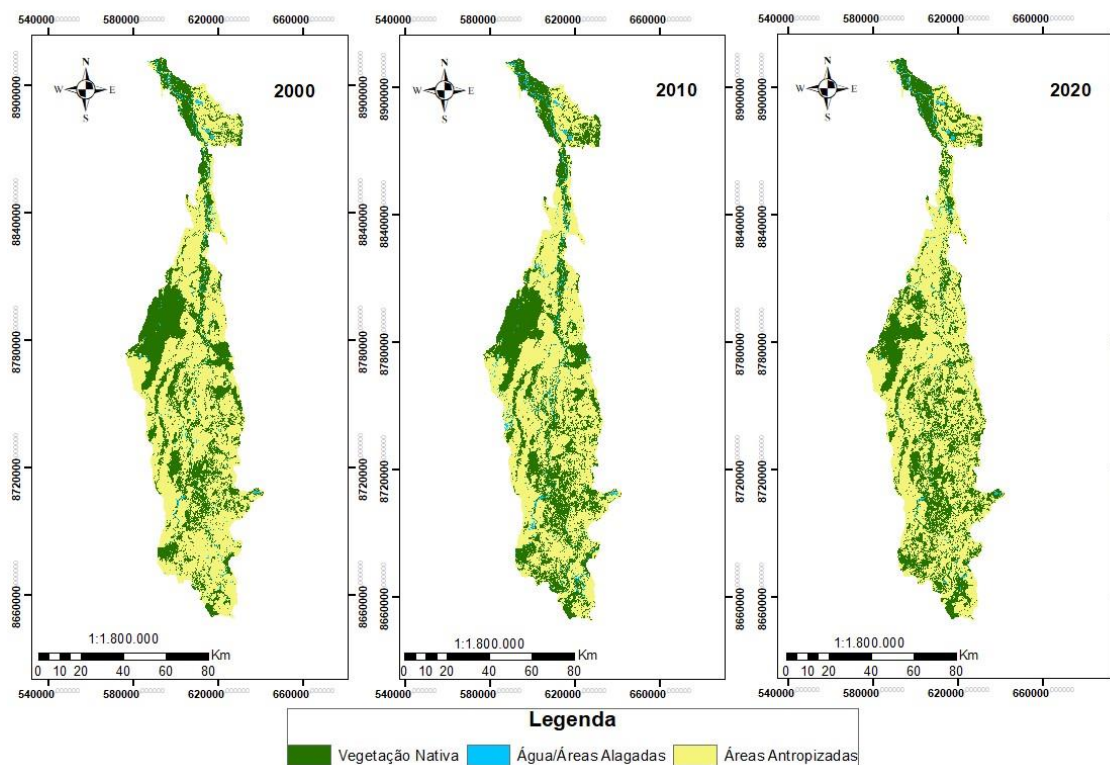
Sigla	Métrica	Unidade	Descrição
NumP	Número de fragmentos	Adimensional	Número total de manchas; expressa o número total de manchas por classe de uso da terra.
MPS	Área média dos fragmentos	Hectare (ha)	Tamanho médio das manchas; expressa o tamanho médio das manchas por classe de uso da terra.
CA	Área de classes	Hectare (ha)	Área total da classe; representa a soma de todas as manchas de determinada classe de uso da terra.
TE	Total de bordas	Metro (m)	Comprimento total do perímetro (borda) para cada classe de uso da terra.
ED	Densidade de bordas	m/ha	Densidade de borda; expressa a relação entre perímetro (te) de cada classe pela área total da paisagem (tla).
MNN	Distância média do vizinho mais próximo	Metro (m)	A distância média do vizinho mais próximo é a média dessas distâncias para classes individuais ao nível de classe.
TCA	Total da área central	Hectare (ha)	O tamanho total das manchas.
IJI	Conectividade	Porcentagem (%)	O grau de conectividade dos fragmentos, aproximasse de zero quando distantes e 100 próximos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 são apresentados os mapas de cobertura do solo para os três períodos analisados (2000, 2010 e 2020) da sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés. Podemos observar que na primeira década (2000-2010) as mudanças foram pouco significativas quando

comparado ao ano 2020, onde é possível perceber uma redução significativa na vegetação nativa, principalmente no entorno dos cursos d'água. Em relação as áreas antropizadas foi possível observar durante o estudo que a sub-bacia basicamente se divide em dois usos, onde na região leste concentram-se agricultura com presença de grandes lavouras, e na região oeste pecuária com grandes áreas de pastagem.

Figura 5: Dinâmica da cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Rio Javaés



O Rio Javaés é um rio raso e apresenta durante o seu curso vários bancos de areia, característica esta que no decorrer dos anos analisados foi se tornando cada vez mais significativa, chegando até em alguns trechos basicamente não apresentarem resposta espectral da água. Esse comportamento pode ser explicado pela redução significativa das áreas de vegetação nativa como pode ser observado na tabela 2. Está redução pode ser percebida principalmente em torno dos cursos d'água, onde acaba aumentando o processo de assoreamento e possivelmente causando o aumento dos bancos de areia. Outro ponto de destaque seriam as áreas da nascente do rio principal onde deveriam ser mais preservadas porém são as áreas que estão mais afetada pelas atividades antrópicas, especificamente por áreas de agricultura.

Tabela 2: Percentual das áreas das classes analisadas

Ano	Classe	Porcentagem das classes (%)
2000	Vegetação Nativa	40,16
	Áreas antropizadas	57,35
	Água/Áreas Alagadas	2,48
2010	Vegetação Nativa	43,20
	Áreas antropizadas	54,03
	Água/Áreas Alagadas	2,90
2020	Vegetação Nativa	25,98
	Áreas antropizadas	72,58
	Água/Áreas Alagadas	1,44

Com relação as métricas de paisagem apresentadas na Tabela 2 notou-se um aumento de 26,57% de áreas antropizadas no período de 20 anos, a redução de 35,31% da vegetação natural da sub-bacia, e a redução de 41,91% na classe de água/áreas alagadas. Esse comportamento pode ser explicado pelo processo de assoreamento, que é consequência da redução significativa de vegetação ciliar ao longo dos anos, que causou um aumento nos bancos de areia no decorrer dos cursos d'água. Também ocorreram algumas conversões de áreas alagadas em agricultura.

Tabela 3. Métricas da paisagem obtidas em cada classe.

Métrica	Ano	NumP	CA	MPS	TE	ED	TCA	MNN	IJI
Uso do solo		-	ha	ha	m	m/ha	ha	m	%
Vegetação Nativa	2000	472	303402,5	642,8	686664	0,91	194657,6	459,8	60,0
	2010	2463	326316,2	132,49	1257032	1,66	292978,7	183,6	65,0
	2020	3289	196270,3	59,67	1263550	1,673	156328,25	194,17	38,8
Áreas antropizadas	2000	205	433208,3	2113,2	705564,00	0,93	310029,1	426,1	54,6
	2010	1878	408116,6	217,31	1205792,00	1,59	375711,4	158,6	51,9
	2020	3289	548294,0	817,13	1335700,0	1,77	502496,0	133,4	43,8
Água/Áreas Alagadas	2000	793	18706,14	23,59	178524,00	0,24	1567,35	755,6	99,5
	2010	818	21892,96	26,76	337160,00	0,45	12991,84	473,24	96,92
	2020	528	10865,75	20,58	209100,00	0,28	4634,25	255,59	99,36

Além da redução da vegetação nativa foi possível notar um aumento significativo no número de fragmentos (NumP) desta classe, onde apresentou um aumento de 597% nos últimos 20 anos. Identificou-se também uma redução de 91% na área média dos fragmentos (MPS), um aumento de 84% no total de bordas (TE) e na densidade das bordas (ED). O total da área central (TCA) é uma métrica que representa a área efetiva conservada após desconsiderar o efeito de borda. A vegetação nativa apresentou uma redução de 24,51% na área central de seus fragmentos, o que sugere que as áreas com vegetação nativa estão cada vez menores e mais fragmentadas. E apesar da distância entre esses fragmentos (MNN) ter reduzido, a conectividade (IJI) entre eles diminuiu 35,34%, o que apenas reforça como as áreas dessa classe estão fragilizadas e mais susceptíveis a perturbações externas e extinção, uma vez que áreas menores são mais sensíveis e fáceis de se extinguirem.

Outra problemática seria a onde ocorreram essas reduções de vegetação, o qual foram mais expressivas nas áreas onde deveriam ser consideradas APP's, e essa perda de vegetação refletiu diretamente no comportamento dos cursos d'água, onde além da redução da área da classe (CA) da água/áreas alagadas, destaca-se também a redução do NumP de 33% e do MPS de 13%, que denota que essas hidrografias estão cada vez menores com o aumento dos bancos de areia possivelmente causados por assoreamento.

As áreas antropizadas apresentaram um aumento de 1.504% no número de fragmentos (NumP), um aumento de 89% no total de bordas (TE), 90% na densidade das bordas (ED), e ao contrário da classe anterior um aumento de 62% no total da área central (TCA). Esses valores apenas reforçam a ampliação das áreas antropizadas na sub-bacia no decorrer dos anos analisados.

6. CONCLUSÕES

De maneira geral, foi possível observar que ocorreu uma mudança significativa na dinâmica da paisagem da sub-bacia do Rio Javaés ao longo do período analisado. O aumento das áreas antropizadas em detrimento da vegetação nativa, pelo avanço das áreas de pastagem e agricultura, causou um aumento no número de fragmentos de vegetação e consequentemente uma redução nas áreas dessa classe.

O uso de técnicas de processamento digital de imagens e métricas de análise espacial da paisagem se mostraram como ferramentas eficazes para analisar a estrutura das paisagens e proporcionaram uma avaliação efetiva e detalhada das condições estruturais em termos da cobertura do solo na sub-bacia do Rio Javaés.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras** – Edição Especial. Brasília: ANA, 2015, 163 p.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, p. 43-57, 2019.

BISPO, A. L. S.; MATOS, M. R. B.; JESUS, E. N. Análise da fragmentação florestal da Bacia Hidrográfica do Rio Catu, estado da Bahia-Brasil. **Revista Equador**, v. 11, n. 1, p.01-18, 2022. ISSN:2317-3491. Disponível em: < <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/download/13184/8226> >. Acesso em: 4 jun. 2023.

BRITO, A. P. M. et al. Variabilidade espaço-temporal da estrutura da paisagem e fragmentação florestal na APA da Serra de Baturité no Ceará. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 96-104, 31 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/1024979/ambientesvli1945>. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/945>. Acesso em: 7 jun. 2023.

BRASIL. Lei 9.433/97, 8 jan.1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. Brasília: MMA, 2006. 132 p.

CONAB. **Levantamentos de safra: 70 Levantamento grãos safra 2019/20**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safra>. Acesso em: 29 mai. 2023.

COSTA, I. C. N. P. Abordagem metodológica ecologia da paisagem: origem, enfoque e técnicas de análise. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 91-105, 2020.

COUTINHO, J. S. **Uso de geotecnologias para análise da fragmentação florestal, em uma área do município de Capitão Poço - Pa.** 2019. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, 2019. Disponível em: <<http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1165>>. Acesso em: 23 jun. 2023.

FERNANDES, M. M. et al. Fragmentação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Brasil. **Ciência Florestal**, v.32, n.3, p. 1227-1246, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509845253>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/45253/48980>>. Acesso em: 12 jun 2023

FERNANDES, M. et al. Ecologia da Paisagem de uma Bacia Hidrográfica dos Tabuleiros Costeiros do Brasil. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 1-9, 2017. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.025015>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/floram/a/JXxQHsGFLrQ9PT4sYHf55Vq/?lang=pt#>>. Acesso em: 23 jun. 2023.

FLEISCHMANN, A. S. et al. Avaliação da seca de 2016 do Rio Javaés (bacia do Rio Araguaia) com uso de dados de múltiplos satélites. In: **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos: INPE, 2017, p. 5033-5040. ISBN: 978-85-17-00088-1. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr/trabalhos/avaliacao-da-seca-de-2016-do-rio-javaes-bacia-do-rio-araguaia-com-uso-de-dados-d?lang=pt-br#>>. Acesso em: 14 jun 2023.

JESUS, J. B. et al. Fragmentação florestal em região semiárida no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, p. 1-10, 2019. DOI: 10.4336/2019.pfb.39e201801683. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1683>>. Acesso em: 5 jun. 2023

KUPFER, J. A. Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. **Progress in Physical Geography**, v. 36, n. 3, p. 400-420, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309133312439594>. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0309133312439594>>. Acesso em:

MARJAKANGAS, E.L.; ABREGO, N.; GROGAN, V.; LIMA, R. A. F.; BELLO, C.; BOVENDORP, R. S.; CULOT, L.; HASUI, E.; LIMA, F.; MUYLAERT, L. A.; PRADO, P.

I.; STEVESEN, R. D.; VANCINE, M. H.; RIBEIRO, M. C. Fragmented tropical forests lose mutualistic plant–animal interactions. **Diversity and Distributions**, [s.l.], v. 26, n.1, p.154-168, 17 nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.13010>. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ddi.13010> >. Acesso em: 15 jun 2023

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/bn/a/Jbchd6rjY35PGkY5BHPz63S/>>. Acesso em 5 jun 2023.

METZGER, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.10.012. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/238364829_Conservation_issues_in_the_Brazilian_Atlantic_Forest >. Acesso em: 9 jun 2023.

MOREIRA, K. M. **Fragmentação e ecologia da paisagem florestal na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, ES**. 2022. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre, 2022.

OLIVEIRA, A. K. M.; PIRAJÁ, R. V. Análise multitemporal da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul. **Interações (Campo Grande)**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 997-1011, 22 dez. 2022. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i4.3023>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/vhWnNR8CBGTcBVqvCKXC74H/>. Acesso em: 08 jun. 2023.

OLIVEIRA, M. G.; SANTOS, G. G. A.; LAQUES, A.-E.; THALÊS, M. C. .; MITJA, D.; MIRANDA, I. S. Métricas da paisagem e quantidade de habitat florestal em um mosaico agrícola, sudeste do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 42, e201902023, p. 1-8, 2022. e-ISSN: 1983-2605. Disponível em: < <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/2023> >. Acesso em: 04 jun. 2023

PINHEIRO, A. G. et al. Eficiência da cobertura vegetal na redução das perdas de água e solo no município de Iguatu. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2018. ISSN: 1808-3765. Disponível em: < <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2321/2252> >. Acesso em: 15 jun 2023.

RAQUEEB, A. et al. Assessment of land use cover changes, carbon sequestration and carbon stock in dry temperate forests of Chilas watershed, Gilgit-Baltistan. **Braz. J.Biol.**, v.84, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.253821>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/B8QHhhYB5n6tFVNcd65zYft/abstract/?lang=en>>. Acesso em 7 jun 2023.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados**. EMBRAPA Cerrados: Planaltina, DF, 2007. 33 p. ISSN: 1517-5111. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/570887/1/doc190.pdf>>. Acesso em 7 jun 2023.

SANTOS, J. N. S.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Effect of Rainfall Characteristics on Runoff and Water Erosion for Different Land Uses in a Tropical Semiarid Region. **Water Resources Management**, v. 31, Atenas, p. 173-185, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1517-1>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-016-1517-1#citeas>>. Acesso em: 03 jun. 2023.

SANTOS, E. B. **Impactos dos usos rural e urbano em fragmentos de mata atlântica**. 2023. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/49243>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

SILVA, A. L. et al. Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem. **Ciência Florestal**, v.29, n.3, p.1254-1269, jul./set., 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509830201>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cflo/a/6HYDJGRzdfQXqR69dhwvqMC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 03 jun. 2023.

TEIXEIRA, A. C.; RIZZATTI, M. Geotechnologies for the assessment of environmental conflicts in the Vacacaí-Mirim river sub-basin. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 44, p. e8, 2022. DOI: 10.5902/2179460X66982. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/66982>. Acesso em: 25 jun. 2023.

TOCANTINS, 2013. Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Estado do Tocantins. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/125313/>>. Acesso em: 29 maio. 2023.

TOCANTINS. **Perfil do Agronegócio Tocantinense**. Secretaria de Planejamento, p.37-48, 2016.

VIDA, C. G.; PINTO, L. V. A. Ecologia de paisagem: uma análise estrutural dos remanescentes florestais pertencentes ao projeto conservador do Mogi. In: Jornada Científica E Tecnológica do IF Sul de Minas, 14., 2022, Minas Gerais. **ECOLOGIA DE PAISAGEM: uma análise estrutural dos remanescentes florestais pertencentes ao projeto conservador do Mogi**. Minas Gerais: Josif, 2022. ISSN: 2319-0124. Disponível em: <<https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/77/256>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

WATTS, J. D.; LAWRENCE, R. L.; MILLER, P. R.; MONTAGNE, C. Monitoring of cropland practices for carbon sequestration purposes in north central Montana by Landsat remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v.113, n.9, p.1843-1852, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.04.015>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425709001230>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ZANIRATO, S. H. O patrimônio mundial em território brasileiro: vulnerabilidades à conservação em um cenário de mudanças climáticas. **PerCursos**, v.22, n.49, p.95-123, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5965/1984724622492021095>. Disponível em: <<https://www.revistas.udesc.br/index.php/percursos/article/view/19448/13803>>. Acesso em: 16 jun. 2023.