

Dinâmica de uso e ocupação do solo gerado pelo desenvolvimento agropecuário e industrial em Açailândia-MA, na Amazônia Oriental Brasileira

Dynamics of land use and occupation generated by agricultural and industrial development in Açailândia-MA, Eastern Brazilian Amazon

Dinámica de uso y ocupación del suelo generado por el desenvolvimiento agropecuario y industrial em Açailandia-MA, Amazonía Oriental Brasileira

DOI: 10.54033/cadpedv21n8-031

Originals received: 07/01/2024

Acceptance for publication: 07/22/2024

Joaquim Paulo de Almeida Júnior

Mestre em Ciências da Educação

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Imperatriz, Maranhão, Brasil

E-mail: joaquimjunior@uemasul.edu.br.

Ísis da Rocha Sousa

Graduanda em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Imperatriz, Maranhão, Brasil

E-mail: isissousa.20190002559@uemasul.edu.br

Arabutan Maracaipe da Silva Neto

Graduando em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Imperatriz, Maranhão, Brasil

E-mail: arabutanneto.20200002236@uemasul.edu.br

Marcelo Francisco da Silva

Doutor em Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Imperatriz, Maranhão, Brasil

E-mail: silvamf@gmail.com

Jurandir Pereira Filho

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais
Instituição: Universidade do Vale do Itajaí
Endereço: Itajaí, Santa Catarina, Brasil
E-mail: jurandir@univali.br

RESUMO

O Maranhão é o estado brasileiro que faz parte da Amazônia Oriental e possui o menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas gerando alto grau de pressão antrópica. Encontra-se entre os estados que mais desmataram a floresta. Este trabalho teve como objetivo analisar as alterações das paisagens, que levam ao desequilíbrio sistêmico ambiental, gerado pelo desenvolvimento agropecuário e industrial no município de Açailândia-MA, localizado na Amazônia Oriental brasileira, utilizando ferramentas de geoprocessamento nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. Os dados foram adquiridos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), Agência Espacial Europeia (ESA), MapBiomas, Imagens do satélite Sentinel-2. Foram construídos mapas de densidade populacional, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de área verde (IVA). Os resultados demonstram que áreas destinadas a silvicultura sofreram um aumento a partir do ano de 2010, e a Lavouras temporárias foram implementadas significativamente no ano de 2020. A floresta amazônica oriental na região está concentrada em sua maior parte, em áreas de reservas federais, como a do Gurupi. Muito da cobertura vegetal nativa foi perdido, e a atividade antrópica avançou sobre áreas de vegetação natural causando uma mudança no índice de áreas verdes do município.

Palavras-chave: Antropização. Desmatamento. Atividade Econômica. Poluição.

ABSTRACT

Maranhão is a Brazilian state, which is part of the Eastern Amazon, with the lowest degree of space occupation with protected areas. Reflecting a high degree of anthropic pressure. It is among the states that have deforested the forest the most. This work aimed to analyze the changes in landscapes that lead to systemic environmental imbalance generated by agricultural and industrial development in the municipality of Açailândia-MA, located in the Brazilian Eastern Amazon, using geoprocessing tools in the years 1990, 2000, 2010, and 2020. The data was acquired from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), European Space Agency (ESA), MapBiomas, and Sentinel-2 satellite images. Maps of population density, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and Green Area Index (GAI) were constructed. The results demonstrate that areas destined for silviculture increased from 2010, and temporary crops were significantly implemented in 2020. The eastern Amazon rainforest in the region is mostly concentrated in federal reserves, such as Gurupi. Much of the native vegetation cover has been lost, and anthropic activity has advanced over areas of natural vegetation, causing a change in the green area index of the municipality.

Keywords: Anthropization. Deforestation. Economical Activity. Pollution.

RESUMEN

Maranhão es un estado brasileiro que hace parte de la Amazonía Oriental, y posee el menor grado de ocupación de espacio con áreas protegidas, generando un alto grado de presión antrópica. Se encuentra entre los estados que producen más deforestación. Este trabajo tiene como objetivo analizar las alteraciones en los paisajes, que llevan al desequilibrio sistemático ambiental, generado por el desarrollo agropecuario e industrial en el municipio de Açailândia – MA, localizado en la Amazonía Oriental Brasileira, utilizando herramientas de geoprocésamiento de los años 1990, 2000, 2010 e 2020. Los datos fueron adquiridos en el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE), Agencia Espacial Europea (ESA), MapBiomas, Imágenes del satélite Sentinel-2. Fueron construidos mapas de densidad poblacional, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Índice de Área Verde (IVA). Los resultados demuestran que las áreas destinadas a la silvicultura sufrieron un aumento a partir del año 2010, y los cultivos temporarios fueron implementados significativamente en el año 2020. La selva amazónica oriental en la región está concentrada, en su mayor parte, en áreas de reservas federales, como la de Gurupi. Mucho de la cobertura vegetal nativa fue perdida, y la actividad antrópica avanzó sobre áreas de vegetación natural, causando un cambio en el índice de áreas verdes del municipio..

Palabras clave: Antropización. Deforestación. Actividad Económica. Contaminación.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento industrial e populacional urbano, tem gerado uma forte pressão ao meio ambiente, resultando na constante e crescente exploração de recursos naturais e produção de produtos industriais em larga escala, acompanhando o desenvolvimento econômico dos países. Essas atividades antrópicas culminam com um elevado impacto ambiental (Song *et al.*, 2017).

O Maranhão é o estado brasileiro, que faz parte da Amazônia Oriental, que possui o menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas, e que, portanto, apresenta alto grau de desmatamento e fragmentação florestal, assim como, um dos menores índices de desenvolvimento humano do país. Refletindo um alto grau de pressão antrópica (Azevedo; Matias, 2022).

A ocupação econômica da Amazônia Oriental Maranhense, se caracterizou pela exploração exacerbada da madeira de lei contida na região, objetivando nutrir o mercado interno e para exportação (Catunda, Dias, 2019) e que praticamente 76% de suas florestas originais foram suprimidas devida esta atividade extrativista (Messias *et al.*, 2021). Com a retirada da madeira, adveio a atividade agropecuária, para ocupação do solo (Oliveira *et al.*, 2021).

A descoberta das reservas e exploração de minério de Ferro na Serra do Carajás, a partir do ano de 1980, foi fator preponderante para um novo cenário econômico das cidades de Açailândia e Imperatriz, que se distanciam em média de 82 Km, a partir da rodovia BR 010. A construção efetiva da ferrovia possibilita uma maior industrialização na região, com a construção de Guseiras, que beneficiam parte do minério de ferro transportado pela Ferrovia Carajás, gerenciada pela Companhia Vale do Rio Doce. Surge desta forma o polo siderúrgico de Açailândia, situado no Distrito Industrial de Piquiá (Rocha, 2015).

Inicialmente foram implantadas cinco indústrias de ferro gusa no município de Açailândia, na década de 80, com o objetivo de transformar o minério de ferro em lingotes de ferro para exportação pelo porto da madeira, localizado em São Luís – MA, e atualmente há duas em funcionamento. O polo siderúrgico de Piquiá, assim denominado, possui diretamente 6.500 hectares, incluindo as instalações industriais e plantio de eucalipto adjacentes, e indiretamente a ocupação de milhares de hectares na forma de plantios de eucaliptos que fornecem o carvão vegetal, como forma de energia para os altos fornos das siderúrgicas implantadas (Prefeitura Municipal De Açailândia, 2022).

À época da implantação do Polo Siderúrgico de Açailândia, na década de 80, não haviam políticas públicas ambientais consolidadas no país, que teve início com a Lei no 6938/81, que criou o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) como órgão consultivo e deliberativo, instituindo a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), e a resolução CONAMA no 001/86. As indústrias siderúrgicas que se instalaram na região não foram submetidas a criteriosos licenciamentos ambientais na fase de ocupação territorial, que se deu com a ocupação física, assim como para seu funcionamento (Moreira *et al.*, 2021).

As legislações ambientais do Estado do Maranhão só foram implementadas a partir da Lei Estadual no 5405/92, que dispõe sobre o código de proteção de meio ambiente e o Sistema Estadual de Meio Ambiente, assim como o uso adequado dos recursos naturais. Esta lei foi instituída posteriormente à implantação do Polo Siderúrgico de Piquiá (Açailândia-MA), contribuindo com o impacto ambiental gerado ao meio ambiente devido à falta de legislação pertinente no ato de sua implantação (Neres; Neres, 2021).

O constante desmatamento da floresta amazônica oriental maranhense, objetivando as demandas crescentes do setor agropecuária, o extrativismo vegetal realizado pelas madeireiras, o mercado siderúrgico com carvão vegetal e a indústria de celulose que geram a substituição das espécies nativas, por espécies comerciais, como o eucalipto, têm gerado fortes pressões ecossistêmicas nesta região (Alves; Nóbrega, 2018).

Este estudo teve como objetivo analisar as alterações das paisagens, que levam ao desequilíbrio sistêmico ambiental, gerado pelo desenvolvimento agropecuário e industrial no município de Açailândia-MA, localizado na Amazônia oriental brasileira, utilizando ferramentas de geoprocessamento.

2 METODOLOGIA

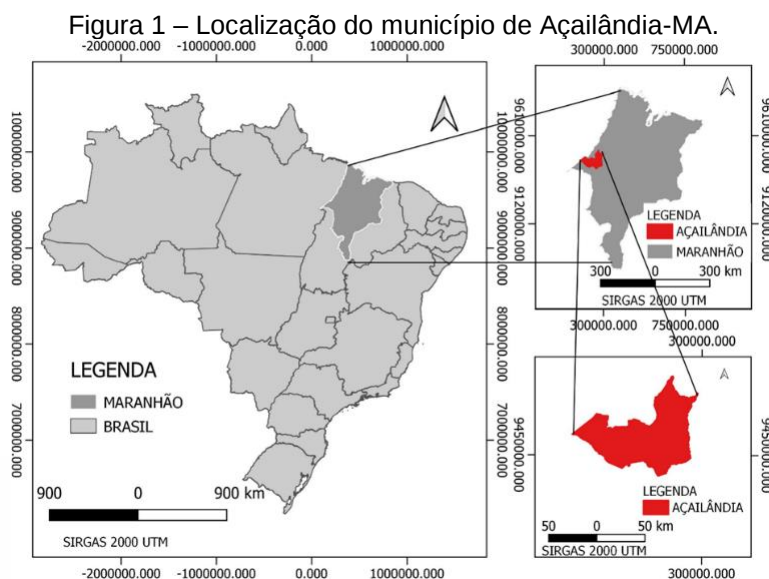
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Açailândia está situado na mesorregião oeste maranhense e microrregião de Imperatriz. Foi emancipado em junho de 1981 pela Lei Estadual no 4295, desmembrado integralmente do município de Imperatriz (Figura 1). Faz limite ao norte com os municípios de Itinga e Bom Jardim, a Leste com os municípios de Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, a sul com João Lisboa, São Francisco do Brejão, Cidelândia e Imperatriz e a oeste com os municípios paraenses de Rondon do Pará e Dom Eliseu (Prefeitura Municipal de Açailândia, 2019).

O município tem uma área de abrangência de 5.806 km², com uma população estimada em 113.121 habitantes e densidade demográfica de 17,92

habitantes/km², o que o torna o 12º município maranhense em extensão (de um total de 217 municípios). Possui Produto Interno Bruto per capita no valor de R\$ 23.289,73 (IBGE, 2021). Há também duas rodovias federais (BR-010 e BR- 222) e duas ferrovias regionais (Carajás e Norte-Sul) que cortam seu território. A principal fonte de economia do município é a exportação de ferro gusa gerada atualmente por duas indústrias siderúrgicas instaladas no distrito industrial do Piquiá, uma Aciaria e indústria de cimento. O município está entre os 330 maiores do Brasil e consolidou-se com uma das mais importantes economias do estado. Em valores, o PIB de Açailândia em 2011 é de R\$ 1.664.720.000,00, tornando Açailândia como o 3º Maior PIB do Estado Maranhão (IBGE, 2021).

A classificação tipologia Climática da região segundo Köppen-Geiger, caracteriza-se como Clima Úmido (B1) com chuvas de verão, período seco bem definido no inverno. Os meses com maior deficiência hídrica na região, são os meses de julho-agosto-setembro. A partir do mês de outubro, há um pequeno aumento do índice pluviométrico, até chegar ao seu ápice hídricos na região, que ocorre no mês de janeiro até o mês de abril. O bioma principal é o amazônico, tendo parte também pertencente ao cerrado, e a vegetação predominante é floresta latifoliada do tipo amazônica de terra firma e cerradão com formações florestais com estrato herbáceo sem gramíneas. A área está dentro da bacia hidrográfica do rio Gurupi. (Prefeitura Municipal de Açailândia, 2019).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

2.2 ESTRATÉGIA DA COLETA DOS DADOS

Os dados foram adquiridos através de pesquisas em portal da internet, dados cartográficos em formato digital, para efetuar as análises usando geoprocessamento. Dados estes localizados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), Agência Espacial Europeia (ESA) e MapBiomias. Os dados utilizados como base do estudo neste trabalho foram: Imagens do satélite Sentinel-2, sendo composta por 3 (três) grades de imagens do dia 26/07/2021 (T23MKQ, T23MKR E T23MHV) por ter melhor visualização sem presença de nuvens com resolução espacial de 10 m no site da ESA (Copernicus Open Access Hub); Dados relacionados aos municípios e malhas dos setor censitário do estado do Maranhão e do município de Açailândia, na forma de shapefiles no ano de 2010; Imagens raster, no site do Mapbiomas, relacionados aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. Todas as imagens tiveram projeção UTM 23S, no DATUM SIRGAS 2000, utilizando o software livre QGIS 3.22.

2.3 CONSTRUÇÕES DOS MAPAS TEMÁTICOS

Na construção do mapa de densidade populacional (DP) por área setorial do município de Açailândia, foram utilizados os dados censitários do IBGE para o ano de 2010. A unidade de medida utilizada é hab/Km².

Para a realização do cálculo de Densidade Populacional por área setorial do município foi utilizado a expressão matemática (1).

$$DP = \frac{n^{\circ} \text{ de habitantes setoriais}}{\text{ÁreaSetoria}} \quad (1)$$

O mapa de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) , foi elaborado selecionando imagens do satélite Sentinel-2, com correção atmosférica (absorção e distorção) em resolução de 10m e ausência de nuvens no local desejado para o estudo. Para a composição do mapa, utilizando o software QGIS 3.22, foram utilizadas duas bandas espectrais: Banda 4 (Red) e a banda 8 (NIR). Para o cálculo do NDVI foi utilizada a equação (2) abaixo.

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (2)$$

No site do Mapbiomas, foram adquiridas os mapas correspondentes aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, objetivando construir o mapa de uso e ocupação da terra, o qual foi processado utilizando o software QGIS 3.22. Após o processamento da imagem, foram obtidas 8 (oito) classes distintas, nos anos de 1990 e 10 classes distintas em 2000, 2010 e 2020, sendo elas: Formação Florestal, Formação Savânica, Silvicultura, Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Pastagem, Área Urbanizada, Rio, Lago e Oceanos, Soja e Outras Lavouras Temporárias. As cores utilizadas foram baseadas na Coleção 6 do MapBiomas.

Os mapas de Índice de Área Verde (IVA) foram construídos a partir da fusão dos mapas de uso e cobertura do solo do mapbiomas, após vetorização dos mesmos, utilizando o software QGIS 3.22 e selecionadas as classes que representam a vegetação, que no caso foram escolhidas: Formação Florestal, Formação Savânica e Silvicultura, referentes aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, com o os dados dos setores censitários contendo a Densidade Populacional (DP), na unidade mensurável em (hab.km⁻²). Para o cálculo da Densidade de Áreas Verdes (DAV), foi utilizado a equação 3.]]

$$DAV = \frac{\text{Área Verde (m2)}}{\text{Área (Km2)}} \quad (3)$$

Para o cálculo do Índice de Áreas Verdes (IVA), foi utilizado a equação 4, cuja unidade é expressa em m².hab⁻¹.

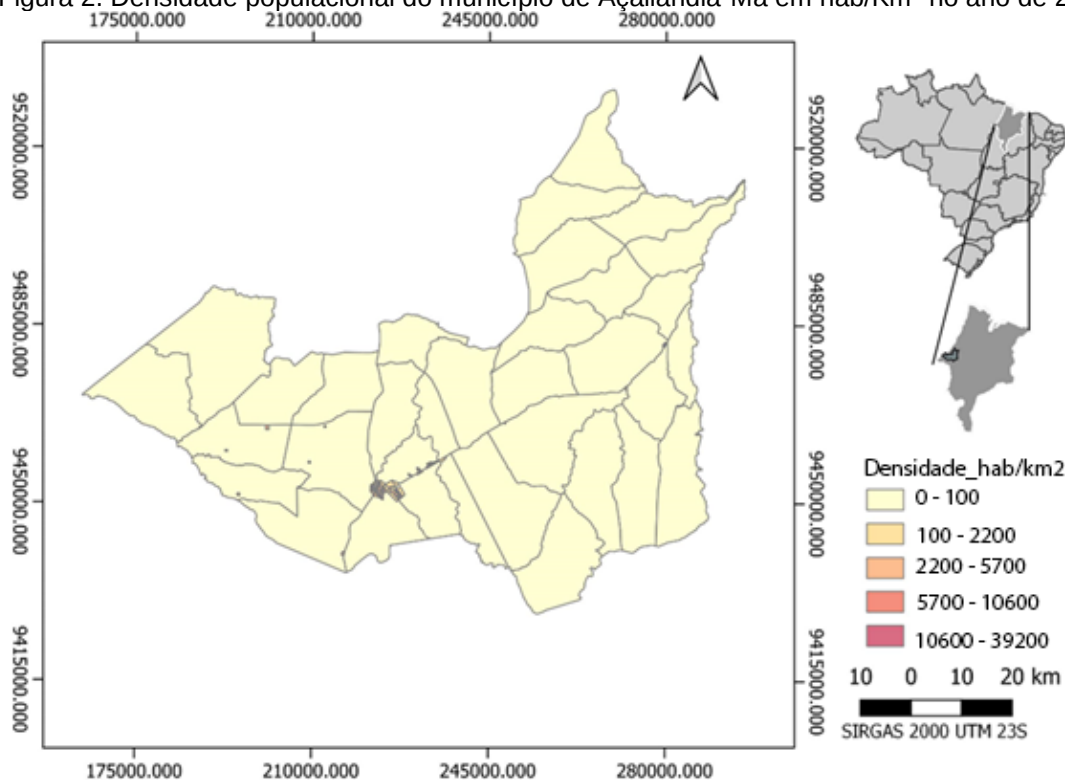
$$IVA = \frac{DAV}{DP} \quad (4)$$

Os cálculos foram realizados utilizando o software livre QGIS 3.22.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades econômicas do município se concentram na Cidade de Açailândia (sede do município) e em seu polo siderúrgico do Piquiá. Este comportamento na ocupação espacial é refletido na baixa densidade populacional por setores do município, possuindo uma grande área cuja densidade varia de 0 a 100 hab/Km², como pode ser observado na Figura 2. Observamos que as áreas de maior densidade se encontram na sede do município e no polo siderúrgico de Piquiá.

Figura 2. Densidade populacional do município de Açailândia-Ma em hab/Km² no ano de 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

O NDVI é um índice importante para analisar a condição da vegetação natural ou agrícola nas imagens geradas por sensores remotos (Barros, *et al.*, 2020). É frequentemente usado para medir a intensidade de atividade clorofiliana, inclusive comparando vários períodos distintos (Oliveira, Aquino, 2020). O seu cálculo aritmético utiliza canais espectrais provenientes de satélites, especificamente as faixas espectrais na qual existem absorção pela

vegetação, que sendo mais específico, seria a faixa espectral vermelho e infravermelho próximo (Oliveira; Freitas, 2015).

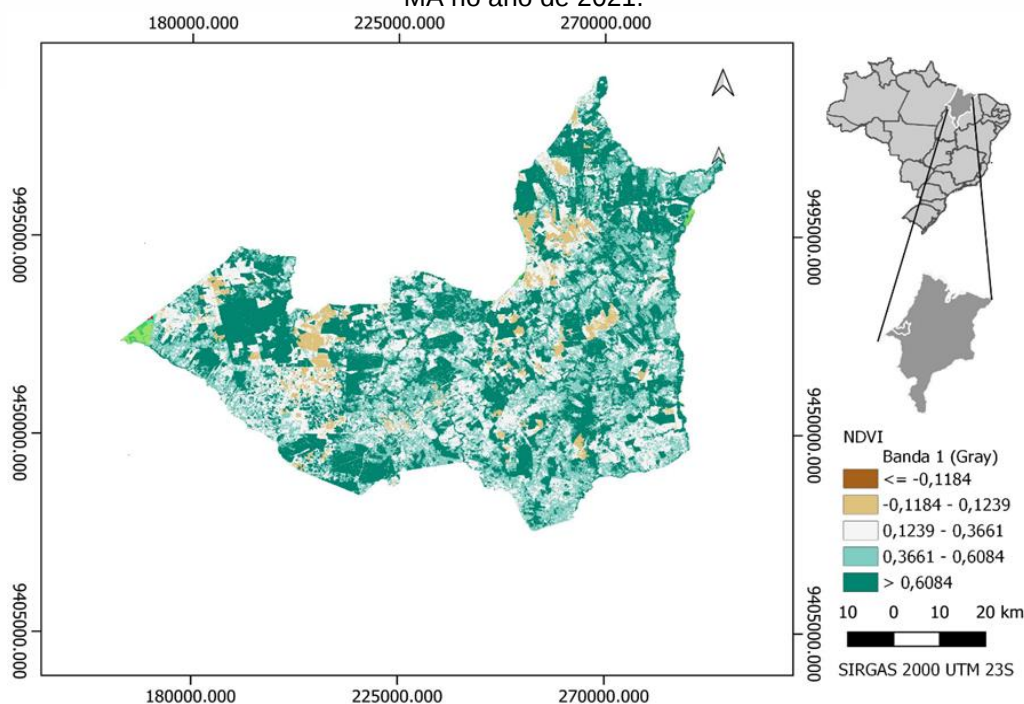
Como parâmetro que possibilita avaliar densidade da vegetação na área estudada, os valores do NDVI variam continuamente de -1 a +1. As áreas de forte atividade clorofiliana terão valores tendendo a +1 (Maiores densidades de vegetação), e áreas de baixa atividade clorofiliana possuirão valores tendendo a -1 (Menores densidades de vegetação, tendendo a área desmatadas, solos expostos) (Bonfim *et al.*, 2019).

O mapa temático gerado do NDVI, foi considerado cinco classes, variando de -0,1184 a 0,6084, usando o intervalo quantílico. Na legenda não foi utilizado a classificação nominal, mas sim a numérica, com seus valores padrões, possibilitando assim uma melhor interpretação dos resultados pelos leitores deste trabalho.

Na análise, foi utilizado para determinar sem atividade clorofiliana os valores inferiores a -0,1184, entre -0,1184 e 0,1239 atividade clorofiliana muito baixa, entre 0,1239 a 0,3661 baixa atividade clorofiliana, entre 0,3661 a 0,6084 média atividade clorofiliana e maiores que 0,6084 alta atividade clorofiliana.

Aa áreas de alta atividade clorofiliana, com legenda verde escuro, indicam vegetação densa, com alta cobertura foliar, indicando florestas nativas, e sob esta ótica, observamos no mapa uma pequena área no município que conserva estas características. As áreas com média atividade clorofiliana, representada pela legenda verde clara, representam áreas arbustivas, vegetação nova, que no mapa é a maior quantidade observada, em conjunto com a as áreas de pastagem, representada pela legenda cinza (Figura 3).

Figura 3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do município de Açailândia-MA no ano de 2021.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A utilização desta ferramenta no monitoramento das modificações no uso e ocupação do solo, realizado no sudoeste paraense, no ano de 2018, detectou uma diminuição de áreas verdes em torno da rodovia Transamazônica, assim como devido expansão da área urbana em seu entorno (Rodrigues *et al*, 2022), demonstrando ser uma ferramenta útil para estudos ambientais.

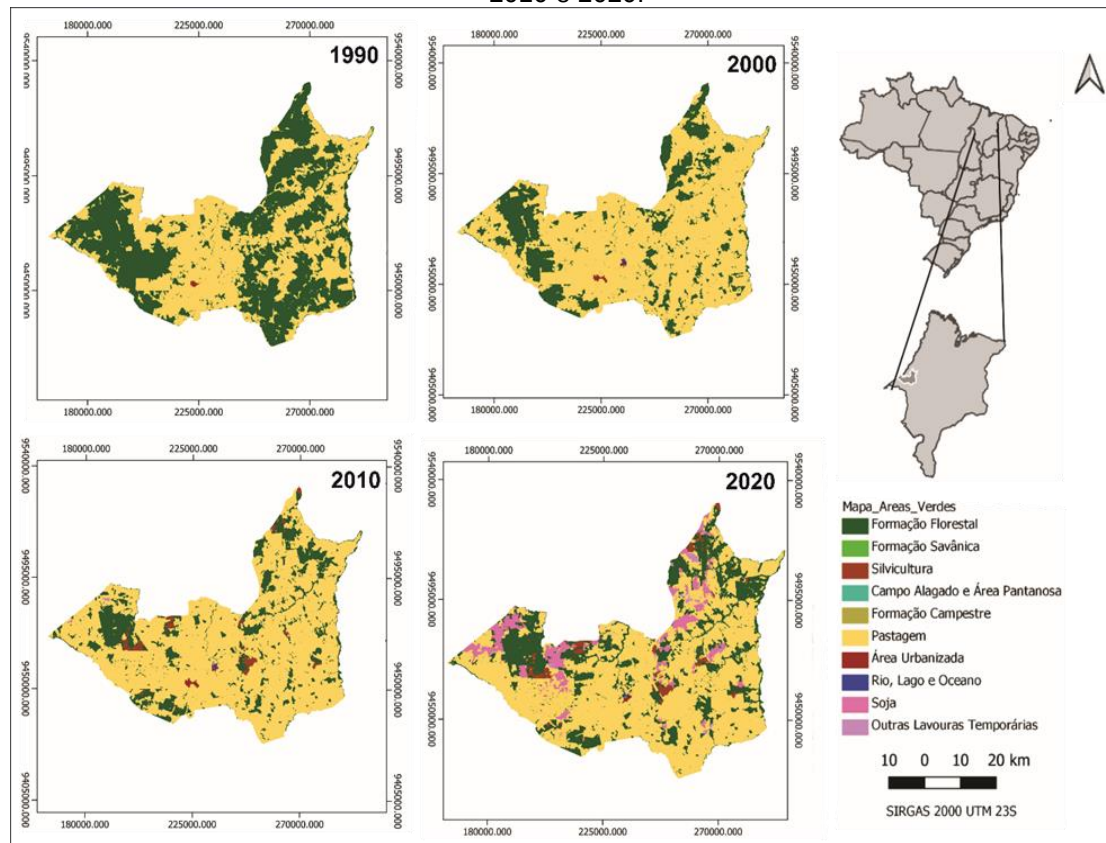
O resultado do NDVI na região de Açailândia reflete a atividade econômica da região, onde se caracteriza pela produção de carvão vegetal, a partir da retirada de madeira, principalmente eucalipto, para alimentar os altos fornos das siderúrgicas, e da atividade da pecuária de corte.

A diminuição de áreas verdes é uma característica observável nas regiões fronteiriças do estado do maranhão com a Floresta Amazônica, ao longo dos anos, devido à forte ação antrópica.

A classificação do uso e cobertura do solo, utilizando dados do MapBiomas, referentes aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, está representada na Figura 4. Analisando-a, observamos um grande aumento das áreas de pastagens na região, enquanto as áreas de florestas amazônicas diminuíram

drasticamente. As áreas destinadas a silvicultura sofreram um aumento a partir do ano de 2010, e as lavouras temporárias foram implementadas significativamente no ano de 2020.

Figura 4. Uso e cobertura do solo no município de Açailândia-MA nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

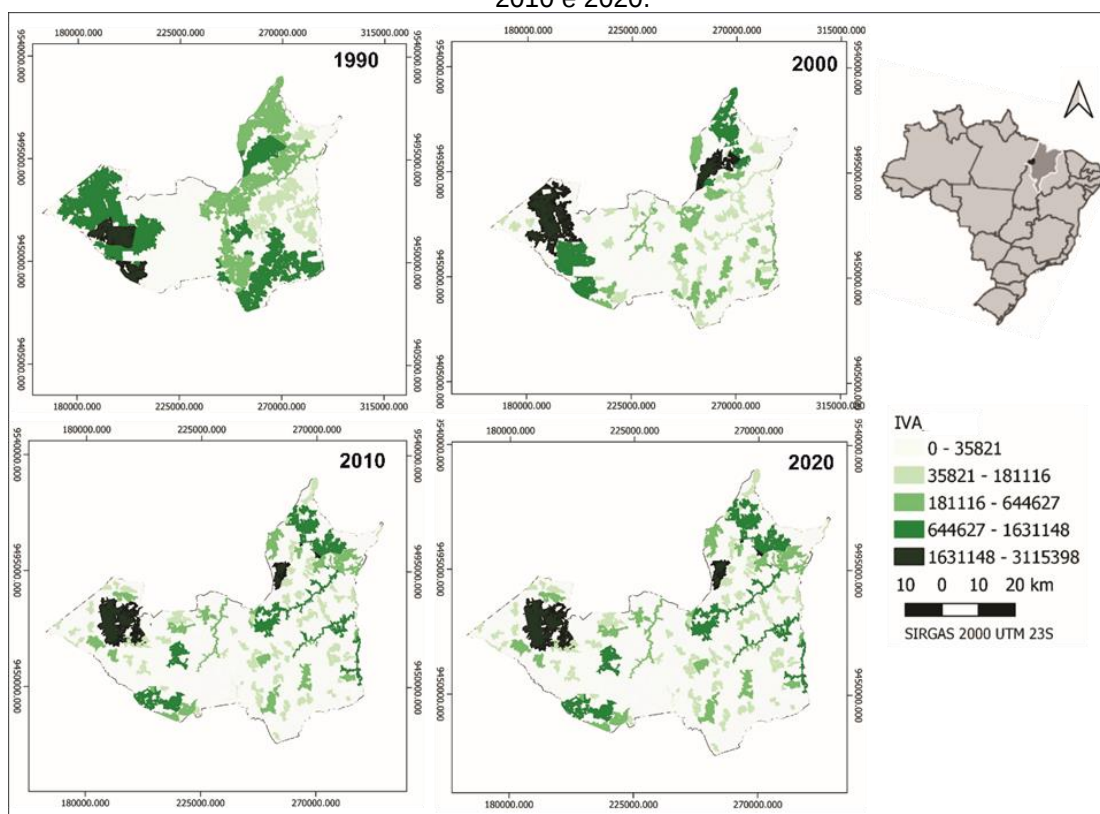
A supressão das áreas florestais, considerando a Amazônia Legal, ocorreram nos estados de Mato Grosso e Tocantins, na parte sul; e Maranhão e Pará, na parte leste, no período de 1985 a 2019 (Amaral *et al.*, 2021). O avanço das indústrias e agropecuária, foram fortes fatores que geram impactos na transformação da paisagem e com isso graves impactos no equilíbrio ecossistêmicos.

O Índice de Áreas Verdes (IVA), correspondentes a Figura 5, em relação ao município de Açailândia-MA, foi elaborado para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, e observamos que nestes últimos 30 anos estudado, este índice diminuiu drasticamente, como podemos verificar nas figuras abaixo. Este fato se deve a

produção de carvão vegetal pelas carvoarias, para suprir a demanda das siderúrgicas, ao aumento nas áreas de pastagens, e das lavouras temporárias e o plantio de soja, na região.

Um estudo realizado no nordeste paraense, próximo ao município de Açailândia, foi observado um intenso processo de transformação no uso e ocupação do solo, com diminuição da cobertura florestal nativa, devido as atividades agrícolas e pecuárias (Reis *et al.*, 2022).

Figura 5. Índice de áreas verdes (IVA) no município de Açailândia-MA nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A floresta amazônica oriental maranhense está concentrada em sua maior parte, em áreas de reservas federais, como a do Gurupi. Muito da cobertura vegetal nativa foi perdido, como podemos visualizar na Figura 5.

A perda de cobertura vegetal, é um dos principais fatores que geram problemas ambientais, pois geram impactos negativos na emissão de gases poluentes, diminuição da biodiversidade, desequilíbrio hídrico, gerando alterações em todo ecossistema da região (Alencar *et al.*, 2023).

Na Tabela 1, estão representados os dados quantitativos absolutos em relação ao uso e ocupação do solo, em área por quilômetros quadrados (Km²), do município de Açailândia-MA. A formação florestal no ano de 1990, possuía 3.021,40 Km² e no ano de 2020, esta área passou a ocupar 1.423,58 Km², destacando uma grande redução de sua área de abrangência. A área urbana cresceu em relação aos anos anteriores analisados, pois os valores da área em relação a 1990 e 2020, foram respectivamente 8,74 Km² e 22,13 Km², um aumento de 13,39 Km².

Tabela 1. Distribuição anual das Classes de paisagens no município de Açailândia-MA em Km².

Classes de Paisagem	Área (Km ²)- Ano 1990	Área (Km ²)- Ano 2000	Área (Km ²)- Ano 2010	Área (Km ²)- Ano 2020
Formação Florestal	3.021,40	1.879,89	1.570,97	1.423,58
Formação Savânica	7,26	3,07	1,79	3,95
Silvicultura	0,00	8,89	130,02	162,59
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,13	0,15	11,57	0,11
Formação Campestre	3,49	3,02	2,77	2,91
Pastagem	2.766,96	3.893,61	4.066,15	3.779,79
Área Urbana	8,74	16,04	19,36	22,13
Rio, Lago e Oceano	6,57	8,91	10,87	10,37
Soja	0,00	0,10	3,04	287,84
Outras Lavouras Temporárias	0,03	0,57	9,18	121,27

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

A área de Pastagem cresceu intensamente entre os anos de 1990 e 2000, e depois estabilizou nos anos subsequentes até 2020. A silvicultura, com predominância de eucalipto, devido inicialmente ao fornecimento de carvão vegetal para os altos-fornos das ferro-gusa e lignina para a indústria de papel e celulose, aumentou a área de ocupação no município. O plantio de soja, que em 1990, era incipiente na região, com 0 Km², passou a ocupar 287,84 Km², refletindo o avanço do cultivo desta monocultura em todo o estado do Maranhão.

Estudos realizados no município de Conceição do Araguaia-PA, localizada na região Amazônica, teve comportamento idêntico ao município de Açailândia, nos anos 1985 a 2020, onde foi constatado que no ano inicial, a classe de vegetação nativa era constituída por 4.500,94 Km², e no ano de 2000 passou a ser de 2820,24 Km², tendo uma redução de 1680,70 Km² de área florestal. A área destinada a agropecuária em 1985 era de 1175,92 Km² e houve um acréscimo para 3519,54 Km² em 2020. A redução na área florestal no

território foi de 40%, e o aumento da área destinada a agropecuária foi de aproximadamente 40% (Arrazet *et al.*, 2022).

A distribuição das classes de paisagem em percentual (medida relativas) das áreas ocupadas do município, objeto do estudo, retrata pormenorizado a temporalidade do processo de transformação do uso do solo (Tabela 2). No ano de 1990, as classes de paisagem dominante do município era a Formação Florestal (51,92%) e a Pastagem (47,59%). Em 2020, foram adicionadas a estas classes, a Silvicultura (2,80%), cultivo da soja (4,95%) e outras lavouras temporárias (2,09%), conforme explicitado na Tabela 2. Ressaltamos a redução percentual da área Florestal, que corresponde a 27,48 %.

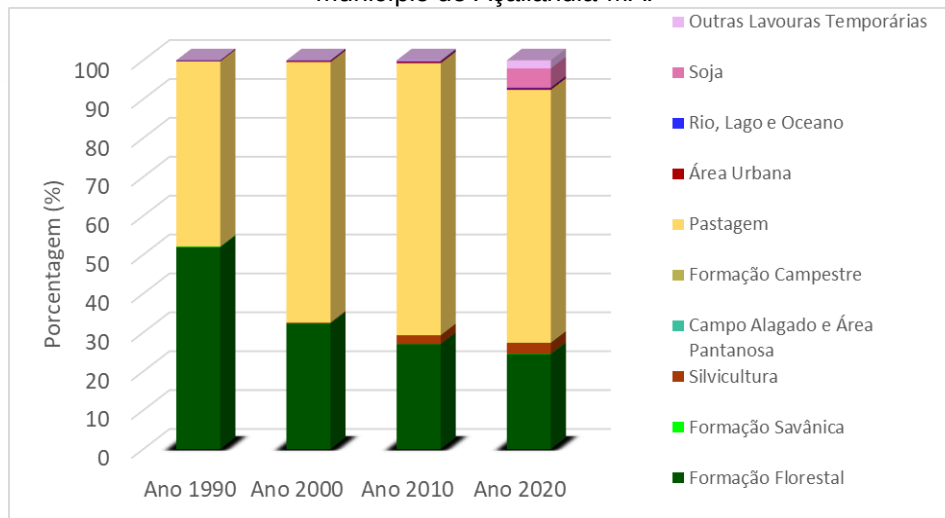
Tabela 2. Distribuição percentual das classes de paisagem no período de 1990 a 2020.

Classes de Paisagem	Ano 1990 (%)	Ano 2000 (%)	Ano 2010 (%)	Ano 2020 (%)
Formação Florestal	51,962	32,332	27,019	24,483
Formação Savânica	0,125	0,053	0,031	0,068
Silvicultura	0,000	0,153	2,236	2,796
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,002	0,003	0,002	0,002
Formação Campestre	0,060	0,052	0,048	0,050
Pastagem	47,587	66,967	69,934	65,006
Área Urbana	0,150	0,276	0,333	0,381
Rio, Lago e Oceano	0,113	0,153	0,187	0,178
Soja	0,000	0,002	0,052	4,950
Outras Lavouras Temporárias	0,000	0,010	0,158	2,086

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A Figura 6, que ilustra o percentual de cada classe ao longo do ano de 1990 até 2020, no município de Açaíândia-MA, destaca o aumento percentual da área de pastagem, soja e silvicultura e outras lavouras temporárias e o decréscimo percentual da área de floresta, ao longo do tempo.

Figura 6. Percentual individualizada das classes de paisagem entre os anos de 1990-2020 do município de Açaíândia-MA.

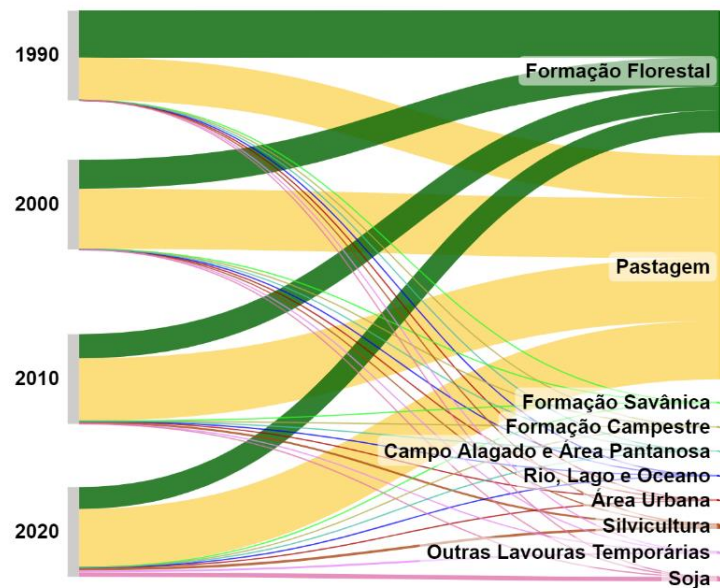


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A análise da variação percentual das classes de paisagem, realizada entre cada década analisada, ou seja, 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020, explicita melhor o impacto das atividades econômicas antrópicas sobre a paisagem da região (Figura 6), revela que a silvicultura, cultivo da soja, o desenvolvimento urbano e outras lavouras temporárias, tem sempre aumentado nas três décadas estudadas, enquanto a área florestal, tem diminuído constantemente.

A área de cobertura vegetal nativa (Floresta) no município de Novo Repartimento-PA, situado na mesorregião do sudeste do paraense, microrregião de Tucuruí, em 2000 totalizava percentualmente 64,02% e em 2019 apenas 28,85 %, sofrendo uma redução de aproximadamente 35,17% (Souza *et al.*, 2022). Em regiões próximas à reserva biológica do Jaru-PA, de 1975 a 2021, houve uma redução de 25% na área de floresta. (Nunes *et al.*, 2022). Dados que corroboram com os encontrados no município de Açaíândia-MA, possibilitando observar que muitas regiões que integram a Amazônia Legal, vem sofrendo com o desmatamento da floresta nativa.

Figura 7. Diagrama de Sankey das transições das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1990-2000-2010-2020 do município de Açailândia-MA.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

O diagrama de Sankey das transições das classes de uso e ocupação do solo (Figura 7) relacionadas aos anos de 1990-2000-2010-2020, reflete a dinâmica das alterações no decorrer do tempo, diante das atividades antrópicas na região. A figura demonstra a diminuição consistente das florestas nativas e o avanço gradual das atividades econômicas relacionados ao agronegócio e a indústria de beneficiamento de Ferro e papel e celulose, que impactam diretamente na paisagem da região de Açailândia, localizada na Amazônia Oriental Maranhense.

4 CONCLUSÃO

As atividades econômicas na região, que se localiza na Amazônia Oriental maranhense, vêm impactando consideravelmente as áreas de florestas nativas, sendo as mesmas gradualmente substituídas pela Silvicultura, e em alguns casos pelo cultivo de soja e outras culturas temporárias. A dinâmica de transformação no processo de uso e ocupação do solo, denota estas alterações, que se baseiam no desenvolvimento do agronegócio e das indústrias de beneficiamento do ferro, oriundos da Serra de Carajás-PA, que utilizam a

matéria-prima proveniente do eucalipto, para a produção de carvão para alimentar seus alto fornos, assim como a indústria de papel e celulose, localizada no município vizinho, Imperatriz-MA.

O monitoramento dinâmico de uso e ocupação do solo na região estudada, utilizando os dados do Mapbiomas, demonstrou sua importância em expressar as transformações das áreas em diferentes períodos cronológicos, possibilitando assim, compreender os fatores que condicionam estas mudanças na paisagem.

As áreas de florestas que estão inseridas nos municípios que compreendem a Amazônia Legal, tem sofrido intensamente com as atividades antrópicas, principalmente com o agronegócio, que substituem estas áreas em pastagem, cultivo de soja e lavouras temporárias, e pelo fornecimento de matéria prima, através da silvicultura, para os setores industriais da região.

A transformação da paisagem é evidente no estudo realizado nesta área da Amazônia Legal, ameaçando a preservação dos ecossistemas típicos da região. Os resultados desta pesquisa contribuirão como referencial em novos estudos na área de ciências ambientais, relacionados aos impactos ambientais gerados pelas atividades antrópicas produtivas, em relação as áreas remanescentes da vegetação nativa na porção oriental Amazônia brasileira.

A análise da mudança da paisagem nas últimas décadas gerada no presente estudo permite uma compreensão mais precisa dos impactos gerados ao longo da evolução da ocupação antrópica e do crescimento não só da área urbana da cidade de Açailândia, como também das atividades econômicas na região. Gerando uma base de conhecimento que poderá ser utilizada para futuras ações de planejamento e a tomada de decisão sobre os rumos futuros da interação entre a dinâmica ambiental da região versus a expansão urbana e das atividades econômicas.

A não existência de uma política local de acompanhamento e monitoramento da dinâmica ambiental na região é uma questão que gera uma grande pressão sobre as áreas remanescentes de vegetação na área de estudo. Nesse contexto, é importante o estabelecimento de ações voltadas para o monitoramento periódico das pressões geradas pela ação antrópica sobre as

áreas remanescentes de floresta amazônica oriental, localizada no município de Açailândia, e de outras áreas que sofrem pressões pelas atividades econômicas, através do estudo da dinâmica de uso e ocupação do solo, possibilitando a intervenção das autoridades competentes, mais especificamente a secretaria do meio ambiente estadual, e municipal, como forma de minimizar ou mesmo recuperar as áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, U. C. *et al.* Dinâmica de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Juruá, Amazônia Ocidental. **Uaquiri-Revista do Programa de Pós-Graduação em GeografiaUFAC**, v. 5, n. 1, p. 163-175, 2023.
- ALVES, V. E. L.; NÓBREGA, M. L. C. Os novos desafios das populações agroextrativistas na Amazônia diante da instalação da empresa Suzano papel e celulose na região tocantina maranhense. **Espaço & Geografia**, UnB, v. 21, n. 1, p. 3-43, 2018.
- AMARAL, F. G. **Evolução recente do desflorestamento na Amazônia legal: supressão, trajetórias e seus padrões.** Cartografia do ontem, hoje e amanhã. Curitiba: Appris, 2021.
- ARRAZ, R. M.; MARQUES, E. E.; RIBEIRO, L. S. Análise da dinâmica temporal do uso e ocupação do solo no município de conceição do Araguaia-PA (1985-2020). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e37911831026, 2022.
- ASCOM. **Prefeitura Municipal de Açailândia.** 2022. Disponível em: <https://www.acailandia.ma.gov.br/o-municipio/historia>. Acesso em: 23 dez. 2022.
- AZEVEDO, T.; MATIAS, L.F. Dinâmica da alteração do uso e ocupação agrícola na Amazônia Maranhense: uma análise a partir de dados do mapbiomas. *In: Anais do Evento em Comemoração aos 20 anos do Programa de Pós-Graduação em Geografia (IG-UNICAMP)*, 2022, Anais. São Paulo, Instituto de Geociências, 2022.
- BARROS, A. S.; FARIAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro do Norte – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2885-2895, 2020.
- BONFIM, N. P. S.; CUNHA, D. V. P.; TROIAN, A. Aplicação do NDVI na caracterização da cobertura vegetativa de Vitória da Conquista-BA. *In: Semana Florestal da Bahia.* UESB.
- CATUNDA, P. H. A.; DIAS, L. J. B. S. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão:** Etapa bioma amazônico. São Luís: IMESC, 2019.
- MOREIRA, K. S. *et al.* A evolução da legislação ambiental no contexto histórico brasileiro. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 2, e14010212087, 2021.
- NERES, D. A. dos S. L.; NERES, R. L. Degradação do meio ambiente maranhense: uma investigação com aportes nas leis ambientais. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 101793-101812, 2021.

OLIVEIRA, A. O.; PAZ, D. A. S.; PEREIRA, A. M. Grandes projetos agro-minero-exportadores na inserção da silvicultura do eucalipto na Amazônia maranhense. **Caminhos da Geografia**, v. 22, n. 79, p. 219-231, 2021.

OLIVEIRA, G. C. M.; FREITAS, M. A.V. Análise de correlações entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e dados hidrometeorológicos do entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí-PA utilizando imagens Landsat-5 TM. In: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, João Pessoa, PB.

OLIVEIRA, L. N., AQUINO, C. M. S. Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (Ndvi) na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Gurguéia, Piauí-Brasil: Análise do Efeito da Expansão Agrícola. **Revista Geoaraguaia**, v. 10, n.2, p. 126-143, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE AÇAILÂNDIA. **Prognóstico e alternativas para a universalização, condicionantes, diretrizes, objetivos e metas**, 2019. Disponível em: <https://acailandia.ma.gov.br/arquivos/legislacao/2021/Marco/7db37e8486e9ad4ff44a2fd4266dd692610.pdf>. Acessado em: 11 nov. 2022.

QUEIROZ, F. A. Meio ambiente e comércio internacional: Relação sustentável ou opostos inconciliáveis? Argumentos ambientalistas e pró-comércio do debate. **Contexto Internacional**, v. 31, n. 2, p. 251-283, 2009.

REIS, A. J. S. *et al.* Análise comparativa dos dados do terraclass e mapbiomas acerca do uso e cobertura da terra para microrregião Bragantina, costa Amazônica – Pará. **Jornal Aplicado em Hidro-Ambiente e Clima**, v. 3, n. 2, p. 21-31, 2022.

ROCHA, M. R. V. S.; SILVA, D. C. O.; LOIOLA, E. Amazônia Oriental: impactos socioambientais em Pequiá de baixo no município de Açailândia-Ma. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 12, n. 1/2, p. 17-30, 2015.

RODRIGUES, H. C. T. *et al.* NDVI e SAVI como ferramentas de monitoramento das modificações no uso e ocupação do solo no sudoeste paraense. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e47611122583, 2022.

SONG, B. Z. G.; GONG, J. *et al.* Evaluation methods for assessing effectiveness of in situ remediation of soil and sediment contaminated with organic pollutants and heavy metals. **Environment International**, v. 105, p. 43-55, 2017.

SUZANO PAPEL E CELULOSE. **Relatório de Sustentabilidade**, 2015. Disponível em: http://www.suzano.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Relato%CC%81rio-Sustentabilidade2015_Suzano_versa%CC%83o-digital.pdf. Acesso em: 01 mar. 2017.

WELERSON, C. C.; *et al.* Anthropicexpansionof Paraty in Serra da Bocaina National Park, Mata Atlântica Biome. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, n.1, p. 1-18, 2021.