

ANÁLISE ESPACIAL DO DESMATAMENTO DE UMA REGIÃO DO BIOMA CAATINGA POR MEIO DE SIG

Francisco Bruno Souza Silva¹

Rita Karolinny Chaves de Lima²

RESUMO

O desmatamento é um dos principais desafios para a conservação do bioma Caatinga, impactando a cobertura vegetal, os ciclos hidrológicos e os habitats de diversas espécies nativas. Para enfrentar essa problemática, é importante desenvolver e otimizar ferramentas de monitoramento, bem como implementar ações de mitigação. No presente trabalho, buscou-se analisar, com base em geotecnologias, o avanço do desmatamento no município de Canindé, estado do Ceará, no período de 2015 a 2024. O estado da vegetação foi avaliado por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), utilizando dados radiométricos dos satélites Landsat 8, Landsat 7 e Sentinel-2. Os resultados indicaram que grande parte do território canindeense é composta por formações vegetais rasteiras e arbustivas, apresentando transformações adaptativas em resposta às condições ambientais locais. Ao longo do período analisado, observou-se a presença de vegetação mais densa, com valores de NDVI próximos a 1 ao noroeste e sudoeste do município, e solo exposto, com valores de NDVI próximos a 0,1 na região norte, estendendo-se em direção à região sul. A floresta densa e arbórea foi verificada em todos os anos estudados, com maior concentração em 2017, 2022 e 2024. O desmatamento foi mais expressivo nos anos de 2015, 2016, 2020 e 2023, com áreas afetadas de 9,4, 9,4, 11,4 e 12,3 km², respectivamente. Pôde-se concluir que o desmatamento no município de Canindé é uma realidade e corresponde a um fenômeno contínuo que exige atenção e medidas eficazes para a sua contenção.

Palavras-chave: desmatamento da caatinga; monitoramento ambiental; NDVI; Canindé (CE).

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos (GRHAE), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), franciscobruno@aluno.unilab.edu.br.

² Docente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos (GRHAE), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), karolinny@unilab.edu.br.

ABSTRACT

Deforestation is one of the main challenges for the conservation of the Caatinga biome, impacting vegetation cover, hydrological cycles, and the habitats of various native species. To address this issue, it is important to develop and optimize monitoring tools, as well as implement mitigation actions. This study aimed to analyze, based on geotechnologies, the advancement of deforestation in the municipality of Canindé, in the state of Ceará, from 2015 to 2024. The state of the vegetation was assessed using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), utilizing radiometric data from the Landsat 8, Landsat 7, and Sentinel-2 satellites. The results indicated that a large portion of Canindé's territory is composed of low and shrub vegetation formations, showing adaptive transformations in response to local environmental conditions. Throughout the analyzed period, denser vegetation was observed, with NDVI values close to 1 in the northwest and southwest regions of the municipality, and exposed soil, with NDVI values close to 0.1, in the northern region, extending southward. Dense, tree-like forest was observed in all the years studied, with the highest concentrations in 2017, 2022, and 2024. Deforestation was most significant in the years 2015, 2016, 2020, and 2023, with affected areas of 9.4, 9.4, 11.4, and 12.3 km², respectively. It can be concluded that deforestation in the municipality of Canindé is a reality and corresponds to a continuous phenomenon that requires attention and effective measures for its containment.

Keywords: deforestation of the caatinga; environmental monitoring. NDVI. Canindé (CE).

1 INTRODUÇÃO

Exclusivamente brasileiro e com uma rica biodiversidade, o bioma Caatinga é adaptado a altas temperaturas e a baixa disponibilidade hídrica (Brasil, 2024). Localizado no Nordeste do país, esse bioma abriga diversas espécies de plantas e animais, além de sustentar atividades econômicas importantes para população que habita sua extensa área, equivalente a 862.818 km² (IBGE, 2019). Mais de 27 milhões de pessoas vivem nesse território, que se distribui pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (MMA, 2024).

O nome Caatinga surge do Tupi-Guarani e tem como significado, mata branca, aspecto tomado pela vegetação no período de seca (Ribeiro, 2009). Caracterizada principalmente pelo clima semiárido e por uma vegetação adaptada a longos períodos de escassez de água, estudos projetam que, nas próximas décadas, a Caatinga sofrerá modificações significativas, tornando-se ainda mais quente e seca, caso não haja uma redução na intensidade das ações antrópicas (Pimenta, 2024).

Com isso, a sobrevivência de espécies nativas pode ser ameaçada, podendo resultar em extinções. A perda de biodiversidade comprometeria a resiliência ecológica do bioma, diminuindo sua capacidade de se recuperar de distúrbios e alterando os serviços ecossistêmicos essenciais, como o controle do ciclo hidrológico, a fertilidade do solo e a regulação climática (Araújo, 2024).

Nacionalmente, cerca de 42,6% do bioma Caatinga foi transformado, sendo os estados da Bahia e do Ceará os líderes em desmatamento (Euler, 2024; Tribuna da Bahia, 2023). A Caatinga pode ser considerada o ecossistema mais degradado pelas atividades humanas e o terceiro bioma mais modificado do Brasil, ficando atrás apenas da Mata Atlântica e do Cerrado. Apesar de ser um dos biomas mais alterados e intensamente afetados pela ação antrópica, é também o menos protegido, com apenas 8% de sua área sob proteção dos órgãos competentes (Kiill, 2021).

De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2024), em 2023, o estado do Ceará, em particular, registrou uma perda de 632,74 km² de área desmatada, acumulando um total de 28.857 km² de desmatamento desde o ano 2000. Araújo e Sousa (2011) explicam que os diferentes processos de desmatamento sofridos pela Caatinga “quase sempre se referem à exploração dos recursos naturais, a práticas indevidas do uso do solo (superpastoreio e cultivo excessivo) e, sobretudo, aos modelos de desenvolvimento regionais imediatistas”.

Em 2024, visando contribuir para a conservação do bioma Caatinga no estado do Ceará, a Associação Caatinga lançou, em parceria com a Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA/CE) e com o apoio do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), o projeto Caatinga Preservada: ampliando e melhorando a gestão das UCs na Caatinga (Editorial Brasil, 2024). A área de estudo inclui a região dos Sertões de Canindé e Tejuçuoca e regiões serranas e de encostas da Serra da Ibiapaba. Tais localidades possuem quase a totalidade de seus territórios inseridos no bioma Caatinga e, de acordo com a Associação Caatinga (2025), apresentam preocupantes dados de desmatamento.

Convém ressaltar que o desmatamento afeta todas as regiões do Brasil, mas os motivos e o nível do impacto variam de acordo com o bioma. Em casos como o da Amazônia, o desmatamento é mais evidente (Magalhães, 2024), enquanto em outras localidades é menos visível, mas ainda assim preocupante. Para o World Wildlife Fund (WWF, 2024) o desmatamento no Brasil é alarmante e um dos principais desafios do país é a preservação de seus biomas.

O Santander Universidades (2023) destaca que o desmatamento não tem consequências apenas ambientais, como a desertificação, mas também gera instabilidade econômica. No Brasil, o MapBiomas (2024) revela, em seu Relatório Anual do Desmatamento – RAD, que o país perdeu nos últimos 5 anos cerca de 8.558.237 ha de matas nativas, sendo as atividades agropecuárias a principal causa da supressão da vegetação (MapBiomas, 2023).

Assim, é fundamental criar e aprimorar ferramentas para monitorar o avanço do desmatamento, além de implementar ações de combate a essa problemática. De acordo com o MapBiomas (2024), as principais ações contra o desmatamento possuem três frentes: I – garantir que todo desmatamento seja detectado e reportado; II – certificar que todo desmatamento de natureza ilegal receba ação para responsabilização e punição dos infratores; e III – assegurar que o infrator não se beneficie da área desmatada ilegalmente.

Devido às grandes extensões de terra, as metodologias para o monitoramento do desmatamento in loco são muitas vezes custosas e economicamente inviáveis. Formas mais sustentáveis, como as tecnologias espaciais, que utilizam ferramentas para o mapeamento do planeta, como o geoprocessamento, são alternativas eficazes. Segundo Ferreira (2013), “o geoprocessamento é um conjunto de ciências, tecnologias e técnicas, a ser utilizado no monitoramento de diversas características ou mudanças ambientais”.

O governo brasileiro adota várias medidas para combater o desmatamento, destacando-se a criação da Comissão Interministerial Permanente de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas – CIPC, instituída pelo Decreto Federal nº 11.367/2023 (Brasil,

2023). Essa comissão é responsável por definir e coordenar ações interministeriais para a redução dos índices de desmatamento no território nacional.

Para tal, quatro eixos basilares são considerados: I – atividades produtivas sustentáveis; II – monitoramento e controle ambiental; III – ordenamento fundiário e territorial; e IV – instrumentos normativos e econômicos. O plano de ações abrange todos os biomas do país (MMA, 2024). Nessa perspectiva, iniciativas como os projetos MapBiomas e TerraBrasilis são instrumentos relevantes na coleta e divulgação de dados sobre as áreas desmatadas no Brasil, oferecendo informações detalhadas sobre o tema.

Grande parte do monitoramento nacional é realizado por meio de satélites. Para tal, o país conta principalmente com o Programa de Cálculo do Desflorestamento na Amazônia Legal – PRODES, que utiliza predominantemente imagens de satélites da classe Landsat, IRS-1 e do satélite inglês UK-DMC2. Atualmente, o programa também faz intenso uso das imagens do Landsat 8/OLI, CBERS 4 e IRS-2 (INPE, 2024). O levantamento de dados espaciais por sensoriamento remoto e a análise desses dados por meio de Sistemas de Informação Geográfica – SIG oferecem uma ferramenta eficaz para o monitoramento, análise, gestão e tomada de decisão em diversas áreas, com destaque para a gestão ambiental, o planejamento territorial e a conservação de recursos naturais (Neto, 2009).

Além do monitoramento do desmatamento, os dados de satélite são amplamente utilizados para diversos outros fins, incluindo pesquisas sobre a saúde da vegetação em culturas agrícolas, como no estudo de Ramos *et al.* (2023), cujo objetivo foi investigar a saúde nutricional das plantas de eucalipto a partir de índices de vegetação.

Outros exemplos envolvem a gestão de recursos hídricos e a avaliação de impactos das mudanças climáticas, permitindo a análise de padrões de vegetação e uso do solo em diferentes escalas. Há também muitas aplicações em estudos de biodiversidade, conservação de ecossistemas e na elaboração de políticas públicas voltadas para o meio ambiente e o uso sustentável dos recursos naturais.

O presente trabalho teve como objetivo analisar o desmatamento do bioma Caatinga, no município de Canindé, estado do Ceará, por meio do Índice de Vegetação por diferença Normalizada, no período de 2015 a 2024. Os dados coletados possibilitaram a análise da dinâmica da vegetação desse bioma. Com a evidência da exploração da Caatinga, e de sua vegetação, em Canindé, os resultados deste estudo podem fornecer subsídios importantes para o gerenciamento ambiental municipal, orientando ações voltadas ao combate ao desmatamento ilegal e à recuperação da vegetação nativa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os seis biomas brasileiros, Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal e Caatinga, possuem, cada um, aspectos únicos que os diferenciam e são essenciais para a preservação da biodiversidade e equilíbrio dos ecossistemas, assim como para sustentabilidade ambiental nacional (Pádua, 2023).

O fato de não ocorrer em qualquer outra parte do planeta faz da Caatinga um bioma com características ecológicas singulares, de grande relevância para a compreensão dos processos de adaptação à aridez e à variabilidade climática. Apesar de sua importância ímpar, a Caatinga enfrenta inúmeros problemas que comprometem sua preservação, como desmatamento, queimadas, mudanças climáticas, perda de biodiversidade, erosão do solo e degradação dos recursos hídricos (Santos; Silva, 2023).

Em termos de estrutura e ferramentas, o Brasil tem um sistema de gestão ambiental que pode ser considerado moderno e estruturado, com o uso de tecnologias avançadas e políticas bem definidas. No entanto, a eficácia desse sistema é frequentemente prejudicada por questões relacionados a pressões políticas e econômicas, fiscalização insuficiente e desigualdade regional.

Nogueira, Laudares e Borges apontam (2013) que, no Brasil, “talvez os maiores obstáculos para construção de uma gestão ambiental democrática sejam os saberes reducionistas, os imperativos hegemônicos do mercado, e o conservadorismo dinâmico que pretende que tudo permaneça como e onde está”.

2.1 Gestão ambiental no Brasil

O ser humano, enquanto agente modificador da paisagem, tem papel central nas transformações ambientais, sendo responsável por atividades que contribuem de forma significativa para o declínio da conservação de diversos ecossistemas (Pinto *et al.*, 2019, Araújo *et al.*, 2018).

Segundo Bellen (2013), embora a degradação ambiental seja um fenômeno que sempre existiu, a conscientização sobre seus impactos só se intensificou a partir da década de 1970, sendo impulsionada por desastres ecológicos de grande escala, que geraram reações sociais e culminaram na formação de um senso crítico acerca dessa problemática.

Com a crescente conscientização, a sociedade começou a buscar formas menos destrutivas de interagir com o meio ambiente, prezando por estabelecer uma relação

responsável com o patrimônio natural. A partir dessa preocupação, surge então a gestão ambiental.

Gestão é o termo utilizado para definir o ato de gerir, que está intrinsecamente ligado com a tomada de decisões estratégicas relacionadas aos recursos disponíveis e aos objetivos a serem alcançados. Dal Forno (2017) explica que para gerir é necessário “lançar mão de todas as funções e de todos os conhecimentos necessários para, por meio de pessoas, atingir os objetivos de uma organização de forma eficiente”.

De acordo com Santos *et al.* (2008), gestão ambiental “é um conjunto de medidas e procedimentos aplicados adequadamente para reduzir e controlar os impactos ambientais”. Os autores acrescentam ainda que para colocar esse processo em prática é necessário dispor de conhecimentos específicos, que permitam criar um sistema de informação para registrar, medir e relatar as ações realizadas.

Para Nogueira *et al.* (2013), a gestão ambiental pode ser definida como “o conjunto de atividades relacionadas ao planejamento e alocação de recursos, objetivando efeitos positivos sobre o meio ambiente, quer reduzindo, eliminando e prevenindo danos ambientais”. Bellen (2013) define também gestão ambiental como “a administração das atividades econômicas e sociais, a fim de utilizar, da melhor maneira, os recursos naturais, preservando a biodiversidade e amenizando os impactos ambientais”.

A NBR ISO 14001 é uma norma de referência para a gestão ambiental no Brasil, sendo idêntica em conteúdo técnico, estrutura e redação, à ISO 14001, norma internacional elaborada pelo Technical Committee Environmental Management - ISO/TC (ABNT, 2015; Hayashi; Silva, 2015). Seu objetivo é proporcionar às organizações as ferramentas necessárias para melhorar seu desempenho ambiental, reduzir impactos negativos e contribuir para a sustentabilidade, alinhada à legislação ambiental vigente no país.

Tanto no setor privado quanto no público, a certificação ISO 14001 é reconhecida como um compromisso sólido com a melhoria contínua, a preservação ambiental e o cumprimento rigoroso da legislação, além de envolver outras obrigações éticas e morais (Valle, 2002).

Outro importante instrumento de gestão ambiental no país é a lei Nº 6.938/1981 (Brasil, 1981), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e institui o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, que é o conjunto de órgãos e entidades, tanto da administração pública federal quanto estadual e municipal, responsáveis pela gestão, fiscalização e implementação das políticas ambientais no Brasil.

O SISNAMA tem por objetivo promover a proteção do meio ambiente de maneira integrada e coordenada entre os diversos níveis de governo, tendo em vista a preservação, melhoria, e recuperação da qualidade ambiental (Silva, 2019).

De acordo com o MMA (2024), conforme disposto na Figura 1, compõem o SISNAMA: I – Conselho de Governo, como órgão superior; II – Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, como órgão consultivo e deliberativo; III – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – MMA, como órgão central; IV – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, como órgãos executores; V – órgãos ou entidades estaduais, como órgãos seccionais; e VI – órgãos ou entidades municipais, como órgãos locais.

Figura 1 - Composição do SISNAMA.



Fonte: MMA (2024).

Os diversos mecanismos, políticas públicas e instrumentos legais nacionais de gestão ambiental asseguram que se faça cumprir o que é estabelecido no Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil: “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988).

2.2 Geotecnologias aplicadas ao monitoramento vegetal

Rosa (2005) define geotecnologias como um conjunto de tecnologias utilizadas para a coleta, processamento e análise de dados, com o objetivo de fornecer informações referenciadas geograficamente. Essas tecnologias permitem extrair informações sobre objetos de estudo na superfície terrestre a partir de suas coordenadas geográficas, utilizando métodos remotos. Além disso, o autor (2005) enfatiza que as geotecnologias são compostas por softwares, hardwares e

peopleware, que, em conjunto, formam ferramentas essenciais para o processo de tomada de decisões, especialmente em contextos que exigem a análise espacial e ambiental.

Os Sistemas de Informação Geográfica - SIG, o sensoriamento remoto - SR e o Sistema de Posicionamento Global - GPS são algumas das geotecnologias mais relevantes da atualidade. O SIG compreende um grupo de ferramentas que atuam juntas, a fim de adquirir, armazenar, manipular, recuperar, transformar e emitir informações espaciais, permitindo a localização espacial e elementos de interesse (Arjona, 2017).

Shiratsuchi *et al.* (2014), explicam que o sensoriamento remoto “se caracteriza pela obtenção de informações de um objeto sem existir um contato físico com o mesmo, e muitas vezes à longas distâncias”. Segundo a Embrapa Territorial (2018), o GPS pode ser definido como sendo o “sistema utilizado para navegação e aquisição de medidas precisas de localização geográfica e geodésica”. Todas essas ferramentas atuam a fim de gerar dados e informações sobre a superfície terrestre, que posteriormente são utilizados para diversos fins, entre os quais o monitoramento vegetal.

Realizado principalmente por meio de sensoriamento remoto, o monitoramento vegetal se refere ao mapeamento da vegetação de uma ou várias áreas com o intuito de determinar suas características. Conforme afirma o MMA (2024), “o monitoramento da cobertura florestal é uma ferramenta indispensável aos países que adotam políticas públicas para a conservação e preservação de suas florestas”.

Uma das importantes técnicas do sensoriamento remoto é a radiometria espectral, que tem como intuito medir e analisar a quantidade de radiação eletromagnética refletida ou emitida por superfícies terrestres, como a vegetação, solo ou água (Shiratsuchi *et al.*, 2014). Os sensores que captam a radiação podem estar localizados em satélites, aviões, drones ou outros tipos de plataformas (Arjona, 2017).

Os dados radiométricos extraídos são convertidos em pixels, os quais são organizados em imagens georreferenciadas, permitindo assim a representação precisa da superfície do objeto estudado (Souza, 2021). No contexto da vegetação, a radiometria espectral é particularmente útil para avaliar o estado da vegetação, por meio de índices como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI, do inglês Normalized Difference Vegetation Index, que, conforme relatam Silva *et al.* (2019), é uma técnica que vem ganhando forte notoriedade nos últimos anos.

O NDVI se baseia na refletância da vegetação nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo. A radiação eletromagnética refletida é específica para cada tipo de material presente na superfície e corresponde a um comprimento de onda do espectro

eletromagnético (Silva *et al.*, 2019). Assim, a vegetação saudável, por exemplo, reflete de maneira distinta nas várias bandas espectrais quando comparada à vegetação danificada ou ausente. Além disso, a radiometria espectral permite analisar outras características dos ecossistemas, como o nível de umidade do solo, a presença de poluição ou a degradação de habitats naturais.

Com os dados do NDVI de plantas, por exemplo, pode-se observar características como o índice de área foliar, a biomassa ou a fração radiativa interceptada fotossinteticamente, podendo então realizar combinações entre bandas espectrais para que se possa melhor observar diferentes índices (Shiratsuchi *et al.*, 2014). Uma das grandes vantagens do NDVI é a possibilidade da avaliação de áreas extensas com maior rapidez e menor custo.

2.3 Leis de combate ao desmatamento

O Brasil conta com algumas normativas que promovem a diminuição do desmatamento, com ênfase especial no combate a ilegalidade. A Lei Federal no. 9.605/1998 (Brasil, 1998) é uma delas. Em seu Art. 38, define-se como conduta criminosa “destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção”. O Art. 50 estabelece penalidades para quem “destruir ou danificar florestas nativas ou plantadas ou vegetação fixadora de dunas, protetora de mangues, objeto de especial preservação”. Já o Art. 50-A, determina pena maior para quem “desmatar, explorar economicamente ou degradar floresta, plantada ou nativa, em terras de domínio público ou devolutas, sem autorização do órgão competente”.

A Lei Federal 11.284/2006 (Brasil, 2006) dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, institui o Serviço Florestal Brasileiro – SFB e cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF. Em seu Art. 7 estabelece que “a concessão florestal será autorizada em ato do poder concedente e formalizada mediante contrato, que deverá observar os termos dessa Lei, das normas pertinentes e do edital de licitação”.

Outro instrumento de combate ao desmatamento ilegal é a Lei Nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), que é conhecida como Código Florestal brasileiro e determina normas sobre a proteção da vegetação nativa em geral, a exploração florestal, o fornecimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais, o controle e prevenção dos incêndios florestais, e a previsão de instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (IBF, 2025). Castelo (2015) relata que a primeira versão do Código Florestal surgiu em 1934 e é considerado um marco para a proteção dos recursos naturais do Brasil.

De acordo com o MMA (2025) o governo brasileiro se comprometeu, como parte da Meta 15 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em zerar, até 2030, o desmatamento ilegal em todos os biomas do país. Para alcançar tal feito foi instituída a Secretaria Extraordinária de Controle do Desmatamento e Ordenamento Ambiental Territorial, que deve propor políticas, normas e estratégias para a redução e controle do desmatamento, bem como dos incêndios florestais. Soma-se a isso, a, já mencionada, instituição da Comissão Interministerial Permanente de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas, por meio do Decreto Federal 11.367/2023 (Brasil, 2023). Essa comissão é responsável por implementar o Programa de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas no Brasil – PPCD.

Faria *et al.* (2016, p. 110) destacam também os seguintes instrumentos:

- Lei nº 7.347/1985, que prevê o ajuizamento da ação civil pública por danos causados ao meio ambiente;
- Lei nº 6.902 /1981, que dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências, instituindo áreas representativas de ecossistemas em cada bioma;
- Lei nº 5.197/1967, que determina a tutela de animais silvestres ao poder público;
- Lei nº 4.771/65, que determina áreas para conservação da vegetação numa faixa de 30 a 500 metros as margens e rios de forma obrigatória.

2.4 Bioma Caatinga e espécies de interesse

O bioma Caatinga é constituído principalmente por árvores baixas e arbustos ramificados, geralmente com folhas pequenas e caules, que podem possuir espinhos ou acúleos, plantas suculentas, plantas herbáceas anuais, bromélias terrestres e cactos rasteiros (Fernandes; Queiroz, 2018). Possui fauna e flora únicas, com vasta biodiversidade e é rico em recursos genéticos (Rocha *et al.*, 2007). Bastante resistente aos períodos de estiagem comuns no semiárido brasileiro, a Caatinga apresenta a característica de sincronizar a produção de folhas e flores com a estação chuvosa.

As plantas da Caatinga possuem diversas estratégias de sobrevivência, como, retenção de água nos tecidos, folhas pequenas geralmente caducifólias, espinhos, hábitos suculentos e vida terofítica, características essas que conferem aspectos únicos à vegetação (Melo *et al.*, 2023, Fernandes; Queiroz, 2018).

Melo *et al.* (2023) explicam que a Caatinga compõe as chamadas Florestas e Arbustais Tropicais Sazonalmente Secos - FATSS. Além da Caatinga, no mundo são encontradas as Florestas Secas Mexicanas, Florestas Secas Caribenhas, Costa Caribenha da Colômbia e

Venezuela, Costa Pacífica e Vales Secos Interandinos, Chiquitania, Piemonte e Misiones que fazem parte das FATSS (Fernandes; Queiroz, 2018).

De acordo com o MMA (2024), a Caatinga é formada por 4.963 espécies de plantas e 1.182 espécies de animais. Cerca de 327 espécies animais e 323 espécies de plantas são endêmicas do bioma (WWF, 2020). Na Tabela 1 são exemplificadas algumas espécies vegetais que fazem parte da Caatinga.

Tabela 1 - Exemplares de espécies da flora da Caatinga.

Nome popular	Nome científico	Família botânica
Melosa	<i>Ruellia asperula</i>	Acanthaceae
Coroa-de-Frade	<i>Melocactus zehntneri</i>	Cactaceae
Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i>	Anacardiaceae
Imburana	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Burseraceae
Pereiro	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	Apocynaceae
Licuri	<i>Syagrus coronata</i>	Arecaceae
Ipê-Amarelo	<i>Tabebuia aurea</i>	Bignoniaceae
Buquê de Noiva	<i>Varronia leucocephala</i>	Boraginaceae
Feijão-Bravo	<i>Cynophalla hastata</i>	Capparaceae
Cansanção	<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	Euphorbiaceae
Jurema	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Fabaceae
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	Rhamnaceae

Fonte: Adaptado de Souza, (2021).

Atualmente, a Caatinga possui diversas espécies ameaçadas. De acordo com Mendonça (2022), as espécies consideradas em ameaça de extinção possuem algum risco de desaparecer ou reduzir de forma drástica suas populações na natureza. Um estudo realizado por ele, no bioma Caatinga, classificou 78 espécies como ameaçadas de extinção, distribuídas em 29 famílias de plantas nativas. Foram consideradas como criticamente em perigo as espécies: *Gomphrena nigricans*, *Chaptalia chapadensis*, *Melocactus deinacanthus*, *Pilosocereus azulensis*, *Erythroxylum tianguanum*, *Cnidoscolus hamosus*, *Cnidoscolus magni-gerdtii*, *Luetzelburgia harleyi*, *Luetzelburgia neurocarpa*, *Senegalia ricoae* e *Hybanthus albus*.

Em 2002, foi estabelecida, pela Convenção sobre a Diversidade Biológica - CDB, a Estratégia Global para a Conservação de Plantas - EGCP, que tem como intuito promover a conservação das plantas em nível global. A EGCP visa não apenas proteger a biodiversidade vegetal, mas também garantir os serviços ecossistêmicos essenciais que as plantas fornecem para a sobrevivência humana e a saúde do planeta (Costa; Bajgielman, 2016).

Em 2008, destaca-se a criação do Centro Nacional de Conservação da Flora - CNCFlora, que busca centralizar e coordenar as ações de conservação da flora brasileira, especialmente das espécies ameaçadas, além de promover estudos e pesquisas que apoiem a preservação das plantas nativas do Brasil.

O CNCFlora atua por meio do Núcleo de Estratégias para Conservação da Flora Ameaçada de Extinção, que estabelece os Planos de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção – PAN. Segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF, 2024), os PAN são “instrumentos de gestão, construídos de forma participativa, para o ordenamento e a priorização de ações para a conservação da biodiversidade e seus ambientes naturais, com objetivos estabelecidos em um horizonte temporal definido”.

A conservação das espécies de plantas nativas da Caatinga é essencial para o desenvolvimento sustentável e para a qualidade ambiental, além de também ser relevante sob uma perspectiva econômica e social. O estudo realizado por Sá-Filho *et al.* (2021), demonstra, por exemplo, o uso medicinal de diversas espécies, como *Myracrotrum urundeuva*, *Tabebuia caraiba*, *Anadenthera peregrina*, *Caesalpineia piramdalys*, *Ximenia americana*, para variados tipos de tratamentos.

Outra atividade que tem grande valor ecológico e econômico no contexto de biomas como a Caatinga é a meliponicultura, prática que envolve a criação de abelhas nativas, como as abelhas sem ferrão. Essas abelhas têm grande relevância na polinização de plantas nativas, muitas das quais são adaptadas às condições climáticas semiáridas e possuem flores que produzem néctar e pólen essenciais para sua alimentação. Santos, Kiill e Araújo (2006) observaram que diversas plantas da Caatinga fornecem néctar e pólen também para a abelha *Apis mellifera*, principal espécie utilizada na apicultura convencional.

2.5 Desenvolvimento sustentável e sua relação com o desmatamento

O primeiro conceito de desenvolvimento sustentável foi apresentado no relatório Our Common Future, elaborado pela World Commission on Environment and Development – WCED, no ano de 1987. Esse documento definiu desenvolvimento sustentável como sendo, “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades” (WCED, 1987).

Em contraste, o modelo de desenvolvimento baseado na exploração dos recursos naturais é insustentável. De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo (2023), esse tipo de desenvolvimento leva ao esgotamento

dos recursos naturais, dos quais todos os seres vivos dependem. No desenvolvimento sustentável a ideia é proporcionar a redução do uso de recursos naturais e matérias-primas favorecendo a reutilização e a reciclagem (SEMIL, 2023).

Arraes *et al.* (2012) reiteram que “para esse novo modelo de desenvolvimento, o crescimento econômico é uma condição necessária, mas não suficiente para atingir o desenvolvimento”. Com isso, no intuito de minimizar o modelo de desenvolvimento exploratório vigente, surge então a Agenda 2030 das Nações Unidas, um plano de ação global adotado por líderes mundiais em 2015 (MGISP, 2024). A Agenda 2030 estabelece 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, os denominados ODS, com o intuito de erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir a prosperidade para todos. Os ODS abrangem áreas como saúde, educação, social energia e meio ambiente (Figura 2).

Figura 2 - ODS da Agenda 2030 das Nações Unidas.



Fonte: GT Agenda 2030 [s. d].

A exploração desenfreada dos recursos naturais tem sido um dos principais fatores responsáveis pelas mudanças no comportamento da sociedade, que cada vez mais se preocupa em abandonar o modelo de desenvolvimento focado apenas no valor econômico. Modelo esse que, no Brasil, afeta significativamente os recursos florestais. O uso comercial da madeira e a expansão das áreas agrícolas para a agropecuária são algumas das principais causas da devastação da vegetação nativa em todo o país (Arraes *et al.*, 2012).

Uma das medidas adotadas para atender à grande demanda por recursos florestais é o plantio de florestas destinadas ao consumo. Dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBA, 2024), divulgados em seu relatório anual, mostram que o setor florestal planta, colhe e replanta árvores em uma área total de 10,2 milhões de hectares. Essa prática não só contribui para a

preservação das florestas nativas, mas também desempenha um papel importante na proteção do meio ambiente, com o armazenamento de 4,92 bilhões de toneladas de dióxido de carbono nessas florestas. Além disso, essa atividade contribui para a recuperação de áreas degradadas e pastagens de baixa produtividade.

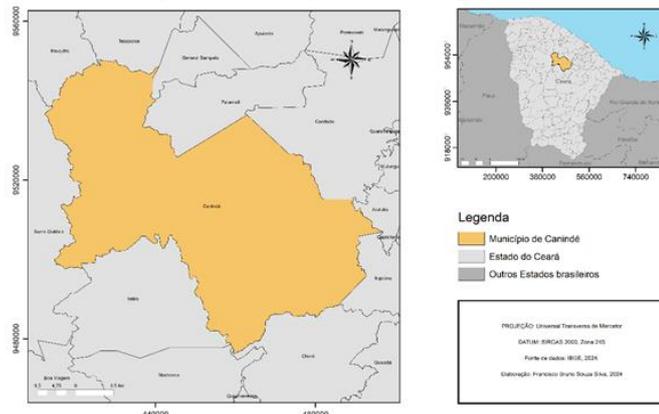
Ainda de acordo com a IBA (2024), “o setor brasileiro de árvores cultivadas se destaca pelo emprego de práticas sustentáveis para atender à demanda por produtos florestais e contribuir para a redução da pressão sobre as florestas nativas”. Essa estratégia possibilita a sustentabilidade na exploração de madeira no país. Conforme afirma a Fundação Joaquim Nabuco do Ministério da Educação (FUNDAJ, 2021), as consequências da superexploração dos recursos naturais levam ao esgotamento dos mesmos - para a flora, em específico, o impacto está na extinção de espécies.

É evidente, portanto, a necessidade de aplicar medidas de enfrentamento ao superexploração dos recursos naturais, dentre estas medidas estão preservar o capital natural, por meio da restauração dos ecossistemas deteriorados e seus serviços, evitando a perda dos habitats e expandindo as áreas protegidas, melhorar os sistemas de produção reduzindo os recursos utilizados no desenvolvimento da vida humana, o volume de resíduos, gerenciar os recursos de modo sustentável e potencializar a produção de energia renovável, consumir de forma responsável, além de, reorientar os fluxos financeiros (FUNDAJ, 2021).

3 METODOLOGIA

Conforme mostrado na Figura 3, o lócus de pesquisa do presente trabalho, foi Canindé, município cearense, localizado a aproximada de 117 quilômetros da capital do estado, Fortaleza. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), Canindé possui uma área de 3.032,390 km², com uma população estimada em 74.174 habitantes.

Figura 3 - Mapa de localização do município de Canindé - CE.



Fonte: Autor (2024).

A região tem uma contribuição econômica notável para o estado, com destaque para o turismo religioso. Localizado em 4° 21' 32'' sul e 39° 18' 42'' oeste, seu território é caracterizado por maciços residuais e depressões sertanejas, com vegetação de caatinga arbustiva aberta, caatinga arbustiva densa e floresta subcaducifólia tropical pluvial, com clima tropical quente semiárido e tropical quente semiárido brando (IPECE, 2018).

Para a realização do estudo, foram obtidos dados radiométricos a partir de imagens orbitais digitais, disponibilizadas gratuitamente nas plataformas EarthExplorer, de domínio do United States Geological Survey (USGS), e SentinelHub, pertencente à empresa eslovena Sinergise Solutions.

As imagens foram capturadas pelos sensores Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), do satélite Landsat 8; pelo Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), do satélite Landsat 7; e pelo Multispectral Imager (MSI), do satélite Sentinel-2. As características dessas imagens estão detalhadas na Tabela 2.

As imagens obtidas pertencem ao nível 1 (L1), o que significa que já passaram pela correção geométrica e radiométrica. Para fins de análise, foi considerado um recorte temporal correspondente ao período de 2015 a 2024. O intervalo entre as imagens é de aproximadamente um ano, com coleta nos meses de agosto e setembro, que correspondem a época de seca da região.

Tabela 2 - Características das imagens utilizadas no estudo.

Imagem	Satélite	Sensor	Bandas utilizadas	Resolução
2015	Landsat 8	OLI e TIRS	B4 e B5	30 m
2016	Landsat 8	OLI e TIRS	B4 e B5	30 m
2017	Sentinel-2	MSI	B4 e B8	10 m
2018	Sentinel-2	MSI	B4 e B8	10 m
2019	Sentinel-2	MSI	B4 e B8	10 m
2020	Landsat 8	OLI e TIRS	B4 e B5	30 m
2021	Landsat 8	OLI e TIRS	B4 e B5	30 m
2022	Landsat 8	OLI e TIRS	B4 e B5	30 m
2023	Landsat 7	ETM+	B3 e B4	30 m
2024	Sentinel-2	MSI	B4 e B8	10 m

Fonte: USGS (2024) e Eris Portugal (2023).

Além disso, foram utilizados arquivos vetoriais da malha municipal do estado do Ceará, bem como das unidades federativas do Brasil, com o objetivo de elaborar os mapas temáticos e de localização. Esses arquivos são disponibilizados de forma gratuita pelo IBGE, sendo, portanto, de acesso livre.

Para a determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI, foi aplicada a relação matemática proposta por Rouse *et al.* (1973), conforme apresentada na Equação 1.

$$\text{Equação 1: } NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_V}{\rho_{NIR} + \rho_V}$$

Na Equação 1, ρ_{NIR} consiste na refletância nas bandas do infravermelho próximo (Banda 5 - satélite Landsat 8, Banda 4 - satélite Landsat 7 e Banda 8 - satélite Sentinel-2) e ρ_V é a refletância nas bandas do vermelho (Banda 4 - satélite Landsat 8, Banda 3 - satélite Landsat 7 e Banda 4 - satélite Sentinel-2). Para o tratamento e geração dos índices, foi utilizado o software ArcGis, versão 10.8.

De acordo com Eos Data Analytics (2023) o NDVI define valores de -1 a 1, no qual valores negativos que compreende índices entre -1 e abaixo de -1 ou menor 0,1 representam áreas com presença de nuvens ou água, além de ser característico de áreas urbanizadas (Barros *et al.*, 2020).

Valores muito pequenos, ou seja, aproximadamente 0,1, representam solo exposto ou áreas rochosas. Valores entre 0,2 a 0,3 representam áreas com vegetação arbustiva, enquanto valores acima de 0,6 representam uma vegetação densa. Com base nesses critérios, foi elaborada a Tabela 3, que classifica os dados apresentados nos mapas temáticos.

Tabela 3 - Tabela de classificação dos dados gerados.

NDVI calculado	Classificação
-1,00 - 0,10	Nuvens ou água
0,10 - 0,32	Solo exposto
0,32- 0,42	Vegetação rasteira
0,42 - 0,55	Vegetação arbustiva
0,55 - 1,00	Vegetação densa

Fonte: Adaptado de Eos Data Analytics, 2023.

A classificação apresentada utiliza intervalos numéricos que, segundo Oliveira e Pirajá (2021), demonstram respostas espectrais semelhantes nas imagens, sendo compatíveis com a classificação realizada. Dessa forma, é possível gerar mapas temáticos a partir dos quais se pode calcular a área correspondente a cada classe. Para o cálculo das áreas, foi necessária a conversão dos mapas temáticos do formato Raster para o formato Shapefile, o que possibilitou a quantificação das áreas de cada classe.

Na Figura 4 estão mostradas as classes de vegetação observadas no território de Canindé. As áreas classificadas como solo exposto são aquelas que possuem solos descobertos,

sem nenhuma vegetação aparente ou com pouca vegetação, principalmente arbustos, plantas anuais ou plantas de pequeno porte (Figura 4D). Geralmente, essas áreas sofreram supressão da vegetação por conta de fins agropecuários.

Figura 4 - Classes de vegetação observadas no território estudado.



Fonte: Adaptado Google Earth (2025).

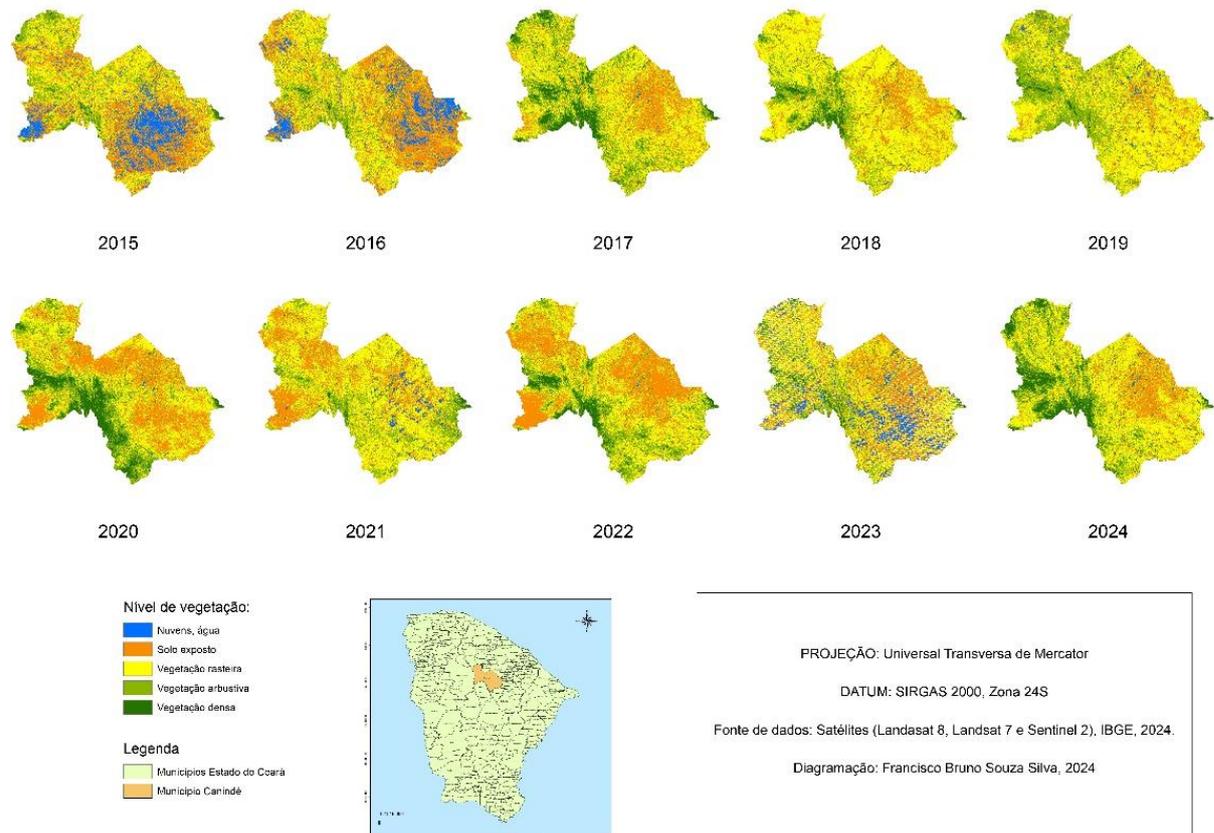
As áreas classificadas como vegetação rasteira possuem, em sua maioria, vegetação de pequeno porte, como plantas anuais e arbustos (Figura 4C). As áreas de vegetação arbustiva são áreas com maior densidade vegetal aparente do que áreas com vegetação arbustiva, apresentando plantas de maior porte, mas com densidade menor que as áreas com vegetação densa (Figura 4B). Já as áreas classificadas como vegetação densa possuem plantas com porte grande, densidade vegetal elevada, maior preservação, e ficam, normalmente, em áreas mais elevadas de montanhas (Figura 4A).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 5 podem ser observadas as variações na cobertura vegetal de Canindé ao longo dos anos de 2015 a 2024. Durante esse período é possível verificar a presença de vegetação mais densa com valores de NDVI próximo a 1 ao noroeste e sudoeste do município, e solo exposto, valores de NDVI próximo a 0,1 na região norte em direção à região sul. Nos

anos de 2015, 2016 e 2023 ocorreu forte interferência de nuvens nas imagens obtidas, o que ocasionou a presença de índices negativos próximos a -1.

Figura 5 - NDVI do município de Canindé (CE), 2015 a 2024.

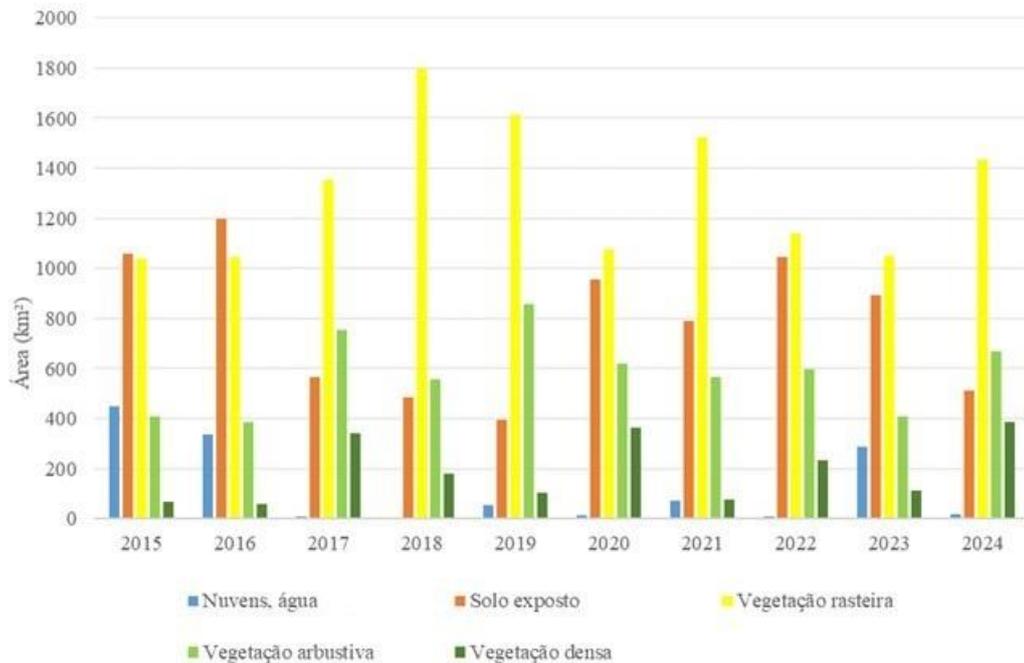


Fonte: Autor, 2024.

Os dados obtidos a partir do cálculo das áreas classificadas quanto à cobertura do solo demonstram que grande parte do território analisado é composta por vegetação rasteira e arbustiva, conforme pode ser observado na Figura 6. Silva Neto *et al.* (2019) obtiveram resultados semelhantes em comparação às áreas dos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí, também no estado do Ceará, verificando um aumento nas áreas classificadas como média, em consonância com a vegetação rasteira apresentada no presente estudo.

A presença de floresta densa e arbórea foi observada em todos os anos estudados, com maiores áreas registradas em 2017, 2020, 2022 e 2024. Os anos de 2015, 2016 e 2022 apresentaram as maiores áreas com solo exposto. Além disso, 2015, 2016 e 2023 foram os anos com as maiores áreas afetadas pela interferência de nuvens.

Figura 6 - Quantificação das classes representativas de paisagem (km²) em Canindé - CE, 2015 a 2024.



Fonte: Autor, 2024.

A dinâmica da vegetação revela um aumento nas áreas de solo exposto entre 2015 e 2016, com um incremento de cerca de 137 km², seguido por uma redução de 803 km² entre 2016 e 2019. Posteriormente, observou-se um aumento significativo de 561 km² entre 2019 e 2020, e, finalmente, uma diminuição de 531 km² nas áreas de solo exposto entre 2022 e 2024.

Essas variações estão diretamente relacionadas ao aumento ou diminuição da vegetação, especialmente da vegetação rasteira. Um dos fatores que pode explicar essa dinâmica é o abandono dessas áreas, que, por meio da sucessão vegetal, passam por um processo de recuperação (Oliveira; Pirajá, 2022).

Como destacado por Corrêa (2010), outro fator que influencia significativamente o aumento das áreas de solo exposto é a extração da mata nativa no bioma. Essa mata é convertida em carvão vegetal, que é utilizado principalmente nos polos gesseiro e cerâmico do Nordeste, além de ser direcionado ao setor siderúrgico de Minas Gerais e Espírito Santo.

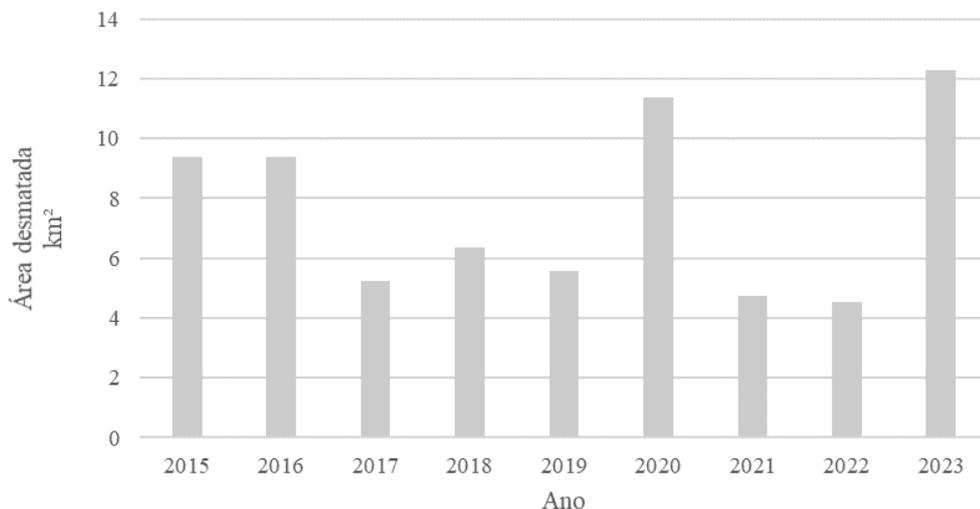
Os anos de 2015, 2016 e 2021 se destacaram pela menor proporção de áreas classificadas como vegetação densa, com 66,69 km², 61,30 km² e 76,40 km², respectivamente. Em todos os anos analisados, as áreas de solo exposto foram superiores às de vegetação densa.

Segundo Oliveira e Pirajá (2022), essa dinâmica na vegetação pode acarretar severos impactos, como a erosão pluvial dos solos, erosão laminar e formação de ravinas e sulcos, o que resulta no maior carreamento de sedimentos para córregos e mananciais hídricos, além de uma diminuição na reposição hídrica do lençol freático.

De forma semelhante, Barros *et al.* (2020) observaram resultados próximos em um estudo realizado em Juazeiro do Norte, outro município do estado do Ceará, onde áreas sem edificações e com solos expostos indicam locais que passaram por supressão da mata nativa ou que estão em estágios iniciais de recuperação.

Os dados sobre desmatamento no município de Canindé (TerraBrasilis, 2024; Prodes-Desmatamento, 2024), mostrados na Figura 7, revelam a dinâmica observada nos índices de vegetação. Essa dinâmica mostra que, nos anos de 2015, 2016, 2020 e 2023, ocorreram os maiores incrementos no desmatamento, com áreas desmatadas de 9,4 km², 9,4 km², 11,4 km² e 12,3 km² respectivamente, corroborando com os dados encontrados para o NDVI no mesmo período estudado.

Figura 7 - Gráfico de área desmatada no município de Canindé-CE, entre os anos de 2015 a 2023.



Fonte: TerraBrasilis (2024), Prodes-Desmatamento (2024).

Dados do PRODES disponibilizados no projeto TerraBrasilis (2024) demonstram que o município de Canindé ocupa a 55ª posição nos incrementos de áreas desmatadas no Ceará, com 377,9 km² entre os anos de 2001 a 2024. Esse incremento corresponde a 0,31% de toda área desmatada no estado para o mesmo período.

Segundo Teixeira *et al.* (2017) as causas do desmatamento estão associadas a pecuária extensiva, a monocultura do algodão e da cana-de-açúcar, agricultura de subsistência, extrativismo vegetal e animal, e as queimadas para a implementação de pastagens. Outro fator de grande impacto na vegetação é a fabricação de carvão vegetal. Dados do IBGE (2025) indicam que, em 2023, foram produzidas 19 toneladas e extraídos 2.881 m³ de madeira em tora.

Em consonância com Teixeira *et al.* (2017), Oliveira (2010) explica que os limitados e vulneráveis recursos naturais do município de Canindé enfrentam há muitos anos uma elevada

pressão social, que resulta em diversos desequilíbrios ambientais, entre os quais o desmatamento devido à extração de lenha e carvão, que por muito tempo foram as principais fontes de energia primária na região. Além disso, ocorre o desmatamento da mata nativa para dar lugar às pastagens e culturas de subsistência.

Brito (2005) detalha que a degradação da cobertura vegetal de Canindé é “o reflexo dos sucessivos desmatamentos, praticados ao longo de pouco mais de dois séculos, desde a ocupação e o povoamento do município, em favor da atividade extrativista e do estabelecimento de novas áreas de pastagem, plantio de algodão e lavouras de subsistência, como o milho e o feijão”. A autora acrescenta ainda que o baixo nível cultural e tecnológico da população, associado aos escassos investimentos para modernização agrícola, levam o pequeno produtor de Canindé a praticar cada vez mais o desmatamento e as queimadas indiscriminadas.

Costa (2021) destaca que, segundo estudo do projeto MapBiomias, “nos últimos 35 anos, o Ceará foi o estado nordestino com maior subtração de formações florestais, uma subdivisão do bioma caatinga”. Apesar disso, o território cearense correspondia a 37,34% dos 5,7 milhões de hectares de formações florestais mapeadas na Caatinga no ano de 2020, o que faz do Ceará o maior detentor desse tipo de cobertura vegetal no Brasil. O coordenador da equipe de Caatinga do MapBiomias, Washington Franca Rocha, explica ainda para Costa (2021) que, pelo Ceará ter a maior área de formações florestais, a área suprimida é percentualmente pequena. Entretanto, como a cobertura vegetal total é baixa, qualquer degradação representa um grande dano ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a dinâmica da vegetação no período de 2015 a 2024, o presente estudo revelou que, apesar de moderado em extensão, o desmatamento em Canindé (CE), é um fenômeno constante que requer atenção e ações contínuas para contê-lo. A literatura mostra que a pressão sobre a vegetação do município existe de forma histórica e pode ser associada a fatores como a exploração da vegetação nativa, atividades agropecuárias e práticas de pastoreio.

A utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), juntamente com as ferramentas de geoprocessamento, destacou que no domínio geográfico analisado verifica-se a existência tanto de áreas de vegetação densa quanto áreas degradadas, evidenciando a dinâmica do solo exposto ao longo do tempo. A vegetação rasteira, identificada como predominante, é altamente suscetível aos impactos das mudanças climáticas, o que agrava

o processo de degradação e pode acelerar o processo de desertificação, comprometendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos fundamentais locais.

A importância do uso de geotecnologias, como o NDVI e o sensoriamento remoto, é clara neste estudo, pois essas ferramentas possibilitaram a geração de dados acessíveis para verificar o desmatamento no município de Canindé. Os resultados obtidos podem orientar o planejamento de ações de preservação, que devem incluir monitoramento constante, recuperação de áreas degradadas e fortalecimento da fiscalização ambiental.

Deve-se ressaltar, no entanto, que embora eficaz na detecção de mudanças gerais na cobertura vegetal, o NDVI não consegue diferenciar entre diferentes tipos de desmatamento, como desmatamento por incêndio, por corte raso ou degradação por pastagem, a menos que sejam usados outros dados complementares.

Além disso, dependendo da resolução espacial das imagens de satélite utilizadas, o NDVI pode não ser sensível a pequenas alterações ou desmatamento em áreas de menor escala. Deve-se mencionar também que fatores climáticos, como nuvens, neblina ou variações sazonais, podem, em certas situações, prejudicar a acuracidade do NDVI. Em períodos de seca, por exemplo, a vegetação pode parecer mais saudável, mesmo que haja degradação no solo.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001:2015 - Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso. 3. ed. Rio de Janeiro, 2015.
- ARAÚJO, Bernardo. **Caatinga pode ser severamente impactada por mudanças climáticas**. O Eco, 2024. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/caatinga-pode-ser-severamente-impactada-por-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 17 dez. 2025.
- ARAÚJO, C. S. F.; DE SOUSA, A. N. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Ciência & Educação**. v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011.
- ARAÚJO, J. E.; CARVALHO, R. C. R. de; FERREIRA, R. L. A questão ambiental no Brasil: políticas públicas e estratégias. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**. v. 13, n. 7, p. 5-18, 2018.
- ARJONA, F. B. S. **Sistema de Informações Geográficas: usos e aplicações na área de saúde**. In: GONDIM, G. M. de M. (Org.). Técnico de vigilância em saúde: fundamentos. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Fundação Oswaldo Cruz, 2017.
- ARRAES, R. de A. e; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.
- ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Associação Caatinga visita cinco municípios do Ceará para criar novas unidades de conservação no semiárido**. 2025. Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/associacao-caatinga-visita-cinco-municipios-do-ceara-para-criar-novas-unidades-de-conservacao-no-semiarido/>. Acesso em: 22 fev. 2025.
- BARROS, A. S.; DE 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.
- BELLEN, H. M. van. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Florianópolis: 2. ed. Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2013.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 1 jan. 2024.
- BRASIL. **Decreto nº 11.367, de 1º de janeiro de 2023**. Institui a Comissão Interministerial Permanente de Prevenção e Controle do Desmatamento, restabelece o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm e dispõe sobre os Planos de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado, na Mata Atlântica, na Caatinga, no Pampa e no Pantanal. Brasília, DF: Presidência da República, 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11367.htm. Acesso em: 18 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006.** Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm#art82. Acesso em: 18 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Institui o Código Florestal e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 maio 2012.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e instrumentos. Diário Oficial da União, Brasília, 2 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 18 dez. 2024.

BRASIL. **Sociedade apresenta propostas sobre a Caatinga em passagem do Plano Clima Participativo por Teresina (PI).** Secretaria Geral da Presidência da República, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/noticias/2024/agosto/sociedade-apresenta-propostas-sobre-a-caatinga-em-passagem-do-plano-clima-participativo-por-teresina-pi>. Acesso em: 06 dez. 2024.

BRITO, E. G. Sistemas ambientais semi-áridos e as evidências de degradação/desertificação no município de Canindé – Ceará – Brasil. **Dissertação** (Mestrado Acadêmico em Geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2005.

CASTELO, T. B. Legislação florestal brasileira e políticas do governo de combate ao desmatamento na Amazônia Legal. **Ambiente & Sociedade**. v. 18, n. 4, p. 221-242, 2015.

CORRÊA, C. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Desmatamento na Caatinga já destruiu metade da vegetação original. [S. I.], 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/desmatamento-na-caatinga-ja-destruiu-metade-da-vegetacao-original#:~:text=De%20acordo%20com%20os%20dados,Gerais%20e%20do%20Esp%C3%AADrito%20Santo..> Acesso em: 31 dez. 2024.

COSTA, A. Mais de 96% do desmatamento no Ceará foram ilegais no último ano. **Diário do Nordeste, 2021.** Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/ceara-perde-o-equivalente-a-226-mil-castelo-es-em-area-de-formacoes-florestais-nos-ultimos-35-anos-1.3147444/relacionadas-1.3147537/mais-de-96-do-desmatamento-no-ceara-foram-ilegais-no-%C3%BAltimo-ano-7.4565307>. Acesso em: 15 fev. 2025.

COSTA, M. L. M. N. da; BAJGIELMAN, T. (Orgs.). **Estratégia Nacional para a conservação Ex Situ de espécies ameaçadas da flora brasileira.** Rio de Janeiro, RJ: Centro Nacional de Conservação da Flora — CNCFlora: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016.

DAL FORNO, Marlise Amália Reinehr (org.). **Fundamentos em gestão ambiental.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017.

EDITORIAL BRASIL. **Associação Caatinga lança dois projetos**. 2024. Disponível em: <https://www.editorialbrasil.com.br/2024/07/associacao-caatinga-lanca-dois-projetos.html>. Acesso em: 12 fev. 2025.

EOS DATA ANALYTICS. **NDVI: Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada**. [S. I.], 2023. Disponível em: <https://eos.com/pt/make-an-analysis/ndvi/>. Acesso em: 26 dez. 2014.
ERIS PORTUGAL. Já todos usamos Sentinel-2! E agora? Portugal, 2023. Disponível em: <https://www.esri-portugal.pt/pt-pt/artigos/sentinel> Acesso em: 31 dez. 2024.

EULER, M. **Plano Clima debate bioma Caatinga em Teresina**. Agência Brasil, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2024-08/plano-clima-debate-bioma-caatinga-em-teresina>. Acesso em: 27 dez. 2024.

FARIA, E. A. S.; FERREIRA, R. M.; PEIXOTO, J. de C.; LIMA, R. E. do V.; MORAES, C. G. O desmatamento e a lei ambiental. **Revista Jurídica**, v. 15, n. 2, p. 100-116, 2016.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. de. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.

FERREIRA, E. de M. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental, texto: análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 7, n. 1, 2013

FUNDAJ - FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO. **Quais são as consequências da superexploração dos recursos naturais?** Brasil, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/copy_of_quais-sao-as-consequencias-da-superexploracao-dos-recursos-naturais. Acesso em: 31 dez. 2024.

HAYASHI, C.; SILVA, L. H. de A. e. A gestão ambiental e sustentabilidade no Brasil. In: Fórum Ambiental da Alta Paulista, 9., 2015, São Paulo. **Anais... IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 7, 2015, p. 37-51.

HAYASHI, C.; SILVA, L. H. de A. e. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007**, p. 2629-2636.
IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório Anual IBÁ 2024. Disponível em: <https://www.iba.org/publicacoes>. Acesso em: 06 jan. 2025.

IBF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Novo Código Florestal: entenda o que mudou na legislação!**. Londrina, [2024?]. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/novo-codigo-florestal>. Acesso em: 26 dez. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Série Relatórios Metodológicos, v.45, 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**: Canindé. Brasília, [2023?]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/caninde.html>. Acesso em: 26 dez. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Brasília, [2025?]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>. Acesso em: 6 jan. 2025.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Área mapeada de vegetação nativa suprimida no bioma Caatinga foi de 3169,61 km² no ano de 2023**. Nota técnica PRODES Caatinga, 2024. Disponível em: <https://data.inpe.br/big/web/inpe-publica-o-resultado-do-mapeamento-prodes-2023-para-o-pampa-e-para-a-caatinga/>. Acesso em: 26 dez. 2024.

IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal 2017**: Canindé. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Caninde_2017.pdf. Acesso em: 26 dez. 2014.

JBRJ - INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Núcleo Estratégias para Conservação da Flora Ameaçada de Extinção. Brasil, 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/jbrj/pt-br/assuntos/conservacao/cncflora-site/planos-de-acao-nacional-para-a-conservacao-de-especies-ameacadas-de-extincao>. Acesso em: 26 dez. 2024.

KIILL, L. H. P. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Bioma Caatinga**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/introducao>. Acesso em: 31 dez. 2024.

MAGALHÃES, Kátia. **Barroso em visita à Amazônia: “desmatamento é evidente”**. Informejurídico.net, 2024. Disponível em: <https://informejuridico.net/index.php/2024/06/18/barroso-em-visita-a-amazonia-desmatamento-e-evidente/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

MAPBBIOMAS. **Desmatamento nos biomas do Brasil cresceu 22,3% em 2022**. Brasil, [2023?]. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/06/12/desmatamento-nos-biomas-do-brasil-cresceu-223-em-2022/>. Acesso em: 31 dez. 2024.

MAPBIOMAS. **RAD2023**: Relatório anual do desmatamento no Brasil 2023. São Paulo: MapBiomias, 2024. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 30 de dez. de 2024.

MELO, J. de O.; MEDEIROS, R. M.; MOREIRA, L. G. L.; GIORDANI, R. B.; ZUCOLOTO, S. M. A Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 75, n. 4, 2023.

MENDONÇA, J. D. L. de. **Flora ameaçada de extinção do bioma Caatinga: análise e perspectivas**. 2022. 187 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

MGISP - MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Agenda 2030 na EFGD**. Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategias-e-governanca-digital/EFGD/agenda-2030-na-efgd>. Acesso em: 31 dez. 2024.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA -. **Sistema Nacional do Meio Ambiente** - SISNAMA. Brasil, 2024. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/secex/dsisnama/conheca_o_sisnama#:~:text=O%20Sistema%20Nacional%20do%20Meio%20Ambiente%20\(SISNAMA\)&text=A%20Constitui%C3%A7%C3%A3o%20Federal%20\(CF\)%20de,da%20flora%20\(CF%2C%20art](https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/secex/dsisnama/conheca_o_sisnama#:~:text=O%20Sistema%20Nacional%20do%20Meio%20Ambiente%20(SISNAMA)&text=A%20Constitui%C3%A7%C3%A3o%20Federal%20(CF)%20de,da%20flora%20(CF%2C%20art). Acesso em: 31 dez. 2024.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Caatinga**. Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-cossistemas/biomas/caatinga#:~:text=Cerca%20de%2027%20milh%C3%B5es%20de%20pessoas%20vivem%20atualmente%20na%20%C3%A1rea,nos%20tempos%20do%20Brasil%20col%C3%B4nia>. Acesso em: 31 dez. 2024.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Combate ao Desmatamento**. Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/combate-ao-desmatamento>. Acesso em: 01 jan. 2025.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros. Brasil, [2024?]. Disponível em:

<https://antigo.mma.gov.br/biomas/monitoramento-ambiental.html>. Acesso em: 31 dez. 2024.

NETO, I. A. **Uso de Ferramentas de SIG e Sensoriamento Remoto para o monitoramento do desmatamento em Unidades de Conservação**: Estudo de caso da Floresta Nacional do Bom Futuro - RO. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2009.

NOGUEIRA, C. de O. G.; LAUDARES, S. S. de A.; BORGES, L. A. C. Gestão ambiental no Brasil: o caminho para a sustentabilidade. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 9., 2013, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, A. K. M.; PIRAJÁ, R. V. Análise multitemporal da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul. **INTERAÇÕES**. v. 23, n. 4, p. 997-1011, 2022.

OLIVEIRA, S. C. **Análise da desertificação no município de Canindé – Ceará – Brasil**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

PÁDUA, José Augusto. **Pensar a história em territórios cheios**: a importância do conceito de biomas brasileiros. *Estudos Históricos*, v. 36, n. 80, p. 542-556, 2023.

PIMENTA, P. Agência Senado. **Mudanças climáticas ameaçam a Caatinga com desertificação e perda de espécies**. [S. I.], 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2024/02/mudancas-climaticas-ameacam-a-caatinga-com-desertificacao-e-perda-de-especies>. Acesso em: 31 dez. 2024.

- PINTO, N. G. M.; ROSSATO, V. P.; CORONEL, D. A. Degradação ambiental agropecuária na América Latina: uma abordagem de índices nos países da região. **Desenvolvimento em Questão**. v. 17, n. 46, 2019.
- RAMOS, J. C. B.; LEITE, E. S.; POELKING, E. L.; FREITAS, L. C.; MELO, I. N.; MARTINS R. P.; COSTA J. A. Índices de vegetação na diagnose nutricional de povoamentos híbridos de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 1-18, 2023.
- RIBEIRO, M. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Bioma Caatinga**. Brasília, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga#:~:text=A%20Caatinga%20%C3%A9%20um%20bioma,e%20fauna%20rica%20em%20endemismo>. Acesso em: 31 dez. 2024.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 16, p. 81-90, 2005.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: SIMPÓSIO GODDARD SPACE FLIGHT CENTER 3D ERTS-1, 3., 10-14 dez. 1973, Washington. **Anais...** Washington: NASA, v. 1, 1973. p. 309–317.
- SÁ- FILHO, G. F. de; SILVA, A. I. B. da; COSTA, E. M. da; NUNES, L. E.; RIBEIRO, L. H. de F.; CAVALCANTI, J. R. L. de P.; GUZEN, F. P.; OLIVEIRA, L. C. de; CAVALCANTE, J. de S. Plantas medicinais utilizadas na caatinga brasileira e o potencial terapêutico dos metabólitos secundários: uma revisão. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 13, p. 1-15, 2021.
- SANTANDER UNIVERSIDADES (2023). **Consequências do desmatamento, um dos fenômenos que mais afetam o meio ambiente**. [S. I.], 2023. Disponível em: https://www.santanderopenacademy.com/pt_br/blog/consequencias-dodesmatamento.html. Acesso em: 26 dez. 2024.
- SANTOS, A. R. P. *et al.* **Contabilidade ambiental**: uma contribuição da ciência contábil a sustentabilidade da gestão ambiental. In: Anais do IX Semead. Seminários em administração FEA-USP, São Paulo, 2006.
- SANTOS, R. F.; KIILL, L. H. P.; ARAÚJO, J. L. P. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. **Revista Caatinga. Mossoró**, v. 19, n. 3, p. 221-227, 2006.
- SANTOS, Simone Gualberto; SILVA, Luciano Pillo Santos. **Biomias brasileiros**. Londrina: Editora Científica, 2023.
- SEMIL - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA. **Desenvolvimento sustentável**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/desenvolvimento-sustentavel/#:~:text=O%20desenvolvimento%20sustent%C3%A1vel%20recomenda%20a,o%20consumo%20sustent%C3%A1vel%20e%20consciente>. Acesso em: 26 dez. 2024.

SHIRATSUCHI, L. S.; BRANDÃO, Z. N.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. de C.; DUCATI, J. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VILELA, M. de F. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, Á. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SILVA NETO, J. O. da; VIEIRA, L. de F.; SIQUEIRA, L. E. L.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental nos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí – Ceará, Brasil. **Revista GeoUECE**, [S. l.], v. 8, n. 14, p. 273–283, 2019.

SILVA, J. C. A. da. O sistema nacional do meio ambiente e os órgãos de segurança pública. **Revista de Direito Penal e Processo Penal, Jundiaí**, v. 1, n. 2, p. 36-53, 2019.

SILVA, R. de A.; GARCIA, P. H. M.; BRAZ, A. M. Geotecnologias aplicadas à avaliação da cobertura vegetal em apps e suas influências no transporte de sedimentos em suspensão, utilizando o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) no Ribeirão Campo Triste, Três Lagoas (MS). **Ciência Geográfica**. v. 23, n. 2, p. 729-747, 2019.

SOUZA, E. M. de (Org). **Plantas da Caatinga: um olhar multidisciplinar**. Petrolina, PE: Ed. IFSertãoPE, 2021.

SOUZA, R. T. de. Aplicações do sensoriamento remoto: identificação das mudanças na cobertura vegetal nas florestas nacionais do Jamanxim, Itaituba II e Altamira no estado do Pará, dos anos de 1988 a 2020. In: LEANDRO, D. (Org.). **Geotecnologias aplicadas às Ciências Ambientais**. 1. ed. Pelotas, RS: Laboratório de Geoprocessamento aplicado a Estudos Ambientais - LGEA, 2021.

TEIXEIRA, N. F. F.; SILVA, E. V. da; FARIAS, J. F. Diagnóstico da degradação ambiental no município de Tejuçuoca-Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 17. 2017, São Paulo. Anais... **Revista do Departamento de Geografia**, v. especial, 2017, p. 6741-6752.

TERRABRASILIS. **Taxa de desmatamento**. Brasil, 2024. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/caatinga/increments>. Acesso em: 1 jan. 2025.

TONIOLO, B. P.; NERY, L. M.; SILVA, D. C. C. Modelagem espacial para identificação de áreas potenciais à geração de poluição difusa na Bacia Hidrográfica do Rio Cotia – SP. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 16, p. 1 -23, 2023.

TRIBUNA DA BAHIA. Bahia é o estado que mais desmatou Caatinga e Cerrado no país. **TRBN online**, 2023. Disponível em: <https://www.trbn.com.br/materia/184329/bahia-e-estado-que-mais-desmatou-caatinga-e-cerrado-no-pais>. Acesso em: 07 jan. 2025.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Landsat Satellite Missions**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions>. Acesso em: 1 jan. 2025.

VALLE, C. E., **Qualidade Ambiental ISO 14000**. 4ª. ed. revista e ampliada. São Paulo: Editora SENAC, 2002.

VENTURA, S. J.; MIRANDA, L. C.; SILVA, E. V. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no médio curso do Rio Ceará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.1, p.252-261, 2019.

WCED - WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Our common future. 1. ed. New York, USA: Ed. Oxford University Press, 1987.

WWF - WORLD WILDLIFE FUND. **Curiosidades sobre a Caatinga**. [S. I.], 2020.

Disponível em:

https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_Caatinga/bioma_Caatinga_curiosidades/. Acesso em: 1 jan. 2025.

WWF - WORLD WILDLIFE FUND. **Desmatamento Zero**. [S. I.], [2024?]. Disponível em:

https://www.wwf.org.br/nosso_trabalho/desmatamentozero/. Acesso em: 26 dez. 2024.