



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS – DTCS**  
**COLEGIADO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA**

LUCAS RIBEIRO BARROS

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA CIDADE DE MACURURÉ, BAHIA, NORDESTE  
DO BRASIL**

Juazeiro – BA  
2025

LUCAS RIBEIRO BARROS

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA CIDADE DE MACURURÉ, BAHIA, NORDESTE  
DO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, da Universidade do Estado da Bahia – UNEB Campus III, como requisito parcial para avaliação da disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida.

Juazeiro-BA

2025


**Lucas Ribeiro Barros**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA CIDADE DE MACURURÉ, BAHIA, NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, da Universidade do Estado da Bahia – UNEB Campus III, como requisito parcial para avaliação da disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

Aprovado em 24/07/2025

**BANCA EXAMINADORA**


Documento assinado digitalmente  
 **GABRIELA MACEDO ARETAKIS DE ALMEIDA**  
Data: 03/10/2025 09:33:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Gabriela Macedo de Aretakis Almeida**

**(Presidente/Orientador (a))**

**Universidade do Estado da Bahia – UNEB**


Documento assinado digitalmente  
 **SARA SAMANTA DA SILVA BRITO**  
Data: 02/10/2025 20:02:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Sara Samanta da Silva Brito**

**Universidade do Estado da Bahia –**

**UNEB**

Documento assinado digitalmente  
 **MARIA HERBENIA LIMA CRUZ SANTOS**  
Data: 01/10/2025 13:14:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Maria Herbênia Lima Cruz Santos**

**Universidade do Estado da Bahia- UNEB**

**JUAZEIRO-BAHIA**

**DEZEMBRO, 2025**

## RESUMO

O município de Macururé, localizado no sertão semiárido da Bahia, apresenta elevado grau de vulnerabilidade ambiental, agravado pela escassez hídrica e pela ausência de políticas públicas eficazes de gestão ambiental. Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico ambiental integrado da área urbana de Macururé, na Bahia, Nordeste do Brasil, a fim de entender sua situação ambiental e identificar os principais focos de intervenção. A metodologia adotada combinou análise documental, visitas *in loco* para observação direta, registro fotográfico e sensoriamento remoto, com o uso de imagens do satélite Sentinel-2 para cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no período de 1º de janeiro a 22 de abril de 2023 e 2024. Os resultados indicaram que o município sofre com a má infraestrutura, com má destinação correta dos resíduos, além de apresentar uma perda significativa da cobertura vegetal em áreas próximas ao lixão a céu aberto, que se encontra a menos de 400 metros do Rio Macururé e menos de 300 metro da barragem da cidade, evidenciando risco de contaminação hídrica. A ausência de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), a precariedade no saneamento básico e a inexistência de coleta seletiva reforçam o quadro de impacto ambiental. Conclui-se que o município carece de ações integradas de monitoramento, recuperação ambiental. Ressalta-se ainda que o diagnóstico poderia ser aprofundado com a inclusão de dados etnobiológicos, por meio da escuta ativa das comunidades locais, fortalecendo a participação social e a construção de políticas mais contextualizadas.

**Palavras-chave:** geoprocessamento; vulnerabilidade ambiental; passivos ambientais.

## ABSTRACT

The municipality of Macururé, located in the semi-arid hinterland of Bahia, presents a high degree of environmental vulnerability, worsened by water scarcity and the absence of effective public policies for environmental management. This study aimed to carry out an integrated environmental diagnosis of the urban area of Macururé, in Bahia, Northeast Brazil, in order to understand its environmental situation and identify the main areas requiring intervention. The methodology adopted combined documentary analysis, on-site visits for direct observation, photographic records, and remote sensing, using Sentinel-2 satellite images to calculate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the period from January 1 to April 22 in 2023 and 2024. The results indicated that the municipality suffers from poor infrastructure, improper waste disposal, and significant loss of vegetation cover in areas near the open-air dump, which is located less than 400 meters from the Macururé River and less than 300 meters from the city's dam, highlighting the risk of water contamination. The absence of a Municipal Integrated Solid Waste Management Plan (PMGIRS), the precarious state of basic sanitation, and the lack of selective waste collection reinforce the environmental impact scenario. It is concluded that the municipality lacks integrated monitoring and environmental recovery actions. It is also noteworthy that the diagnosis could be further enhanced by including ethnobiological data, through active engagement with local communities, thereby strengthening social participation and the development of more contextualized public policies.

**Keywords:** geoprocessing; environmental vulnerability; environmental liabilities.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Localização do município de Macururé (BA) na mesorregião do Vale São-Franciscano, nordeste brasileiro 12
- Figura 2 – Mapa de localização dos pontos onde foram realizadas as visitas 19
- Figura 3 – 21
- Figura 4 – 23
- Figura 5 – 25
- Figura 6 – Mapas apresentando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do município de Macururé (BA), Nordeste do Brasil. A, apresenta o mapa correspondente ao ano de 2019; B, ao ano de 2020; C, ao ano de 2021; D, ao ano de 2022; E, ao ano de 2023; F ao ano de 2024 e G ao ano de 2025 28

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco
CEPRAM	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EOS	<i>Earth Observing System</i>
ERTS	<i>Earth Resources Technology Satellite</i>
GEE	<i>Google Earth Engine</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IGEO	Instituto de Geociências
IGPM	Índice Geral de Preços do Mercado
IGUA	Índice de Qualidade Ambiental Urbana
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia
ISA	Instituto Socioambiental
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
ONU	Organização das Nações Unidas
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
QGIS	<i>Quantum Geographic Information System</i>
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISMUMA	Sistema Municipal de Meio Ambiente
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	72.1 82.2	82.3
	82.4	93
	103.1	123.2
	ETAPAS METODOLÓGICAS	13
<b>3.2.1</b>	<b>Análise qualitativa</b>	<b>13</b>
	3.2.1.1 143.2.1.2	143.2.2
	143.2.2.1	154
	174.1	<b>Erro! Indicador não definido.4.2</b>
	<b>174.2.1</b>	<b>204.2.2</b>
	<b>214.2.3</b>	<b>234.2.4</b>
	254.3	265
	<b>30REFERÊNCIAS</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Macururé, cidade situada no sertão da Bahia, lida com graves problemas ambientais relacionados à falta de água, à deterioração da vegetação nativa e à má gestão dos resíduos sólidos. Macururé, com uma população estimada de 7.256 habitantes (IBGE, 2022), está localizado em uma área com clima semiárido quente (BSh), caracterizada por uma média anual de chuvas inferior a 700 mm. A vegetação predominante é a do bioma Caatinga, conhecido por sua biodiversidade adaptada à aridez, porém extremamente suscetível à intervenção humana (SILVA; LIMA, 2015).

A falta de aterro sanitário licenciado e a predominância da destinação final de resíduos em lixões a céu aberto continuam sendo situações frequentes em cidades de pequeno porte, como Macururé. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021), a produção média de resíduos sólidos urbanos no Brasil é de aproximadamente 1,00 kg por pessoa por dia. Quando não é gerenciada corretamente, essa produção contribui diretamente para a contaminação do solo e da água, além da degradação da paisagem urbana.

Além da má gestão de resíduos, Macururé tem enfrentado uma redução considerável na cobertura vegetal. Pesquisas acerca da Caatinga indicam que os processos de impacto ambiental em áreas semiáridas estão se intensificando em decorrência do uso impróprio do solo, extração de recursos naturais e ausência de políticas públicas eficientes (SILVA; BARBOSA; SANTOS, 2023; COSTA *et al.*, 2022). Esses fatores combinados intensificam os efeitos ecológicos e socioambientais, especialmente em regiões com alta vulnerabilidade climática.

O diagnóstico ambiental é um instrumento fundamental para identificar, caracterizar e avaliar os efeitos ambientais em uma área específica, apoiando medidas corretivas e preventivas. Gomes e Almeida (2021) descrevem que se trata de um procedimento sistemático que integra informações sobre os meios físico, biótico e antrópico utilizando diversas fontes de dados, incluindo imagens de satélite, observações de campo e documentos institucionais.

Com base no que foi apresentado, o objetivo deste estudo foi realizar um diagnóstico ambiental integrado da área urbana de Macururé, na Bahia, Nordeste do Brasil, a fim de entender sua situação ambiental e identificar os principais focos de intervenção.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CAATINGA

A Caatinga foi historicamente subestimada em relação à sua biodiversidade, sendo vista como um ecossistema homogêneo e de pouca riqueza. Entretanto, estudos mostram que ela possui uma grande diversidade de espécies, com centenas de espécies endêmicas, muitas das quais ainda não foram completamente estudadas (GIULIETTI *et al.*, 2002; SILVA; LIMA, 2015). Acredita-se que haja mais de 900 espécies de plantas vasculares, incluindo pelo menos 318 espécies endêmicas, distribuídas em 42 famílias botânicas (GIULIETTI *et al.*, 2002).

A vegetação da Caatinga apresenta variações entre formações abertas, caracterizadas por arbustos dispersos, e regiões mais densas, dominadas por árvores de pequeno porte. A variabilidade climática da região, caracterizada por longos períodos de seca e chuvas irregulares, tem uma relação direta com a estrutura dessas comunidades vegetais (ZANELLA *et al.*, 2017). Para sobreviver a essas condições, muitas plantas desenvolveram adaptações, como folhas menores, metabolismo ácido das Crassuláceas (CAM) e armazenamento de água em estruturas especializadas.

Embora tenha grande relevância ecológica e socioeconômica, a Caatinga enfrenta intensa pressão humana. A degradação e desertificação no bioma têm sido aceleradas pelo desmatamento para a agricultura, pecuária extensiva e exploração de lenha como fonte de energia (SILVA; LIMA, 2015). Ademais, a falta de políticas públicas eficientes e de fiscalização ambiental contribui para a expansão descontrolada do uso do solo, o que prejudica a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos da região (SANTOS *et al.*, 2022).

Nesse cenário, compreender as dinâmicas ecológicas da Caatinga e as pressões humanas que ela enfrenta é fundamental para criar estratégias de conservação, manejo sustentável e desenvolvimento regional que se adaptem às condições do semiárido brasileiro (LEAL; SILVA; TABARELLI, 2005).

### 2.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O processo de diagnóstico pode incluir diferentes níveis, como local, regional ou global, e deve ser ajustado às particularidades da área em análise. Em áreas

urbanas e semiáridas, como os presentes no Nordeste do Brasil, sua importância aumenta devido à delicada situação ecológica e à pressão que as atividades humanas exercem sobre os recursos naturais (CALVO *et al.*, 2023). Nessas áreas, o diagnóstico deve levar em conta fatores como a cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, qualidade dos corpos hídricos e gerenciamento de resíduos sólidos.

A literatura especializada sugere que o diagnóstico ambiental pode utilizar abordagens qualitativas, quantitativas ou uma combinação de ambas. A análise documental, entrevistas, observações diretas e registros fotográficos são geralmente utilizadas na abordagem qualitativa (BARDIN, 2016; BOWEN, 2009). Por outro lado, a abordagem quantitativa utiliza dados estatísticos, pesquisas geoespaciais, uso de sensores remotos e índices ambientais, como o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (Rouse *et al.*, 1974; CERQUEIRA; GOMES, 2020).

A efetividade de um diagnóstico depende diretamente de sua habilidade de combinar de maneira crítica, contextualizada e espacializada os dados primários e secundários. Nesse contexto, é essencial utilizar geotecnologias e integrar informações de políticas públicas, planos diretores e legislações ambientais para assegurar a solidez e a aplicabilidade dos resultados alcançados (SANTOS *et al.*, 2021).

A utilização de diagnósticos ambientais tem se tornado mais relevante em cidades de pequeno porte, especialmente nas regiões do semiárido nordestino, onde os problemas ligados à impactos ambientais como, falta de água e carência de infraestrutura sanitária são intensificados pela falta de dados consolidados (PEREIRA *et al.*, 2021). Nessas situações, o diagnóstico serve como ponto de partida para intervenções sustentáveis que buscam não só reduzir os impactos, mas também fomentar o desenvolvimento territorial em harmonia com a preservação ambiental.

### 2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são instrumentos computacionais destinados à coleta, armazenamento, análise e representação de dados geoespaciais, possibilitando a visualização conjunta de fenômenos socioeconômicos e ambientais (Câmara *et al.*, 2001). Estudos de planejamento urbano, gestão territorial, análise ambiental e monitoramento de mudanças na paisagem têm utilizado essas tecnologias de forma significativa (Bossler, 2016).

No âmbito ambiental, os SIGs permitem a elaboração de mapas temáticos, o acompanhamento de áreas degradadas, a análise de conflitos relacionados ao uso do solo e a identificação de regiões críticas para a preservação ambiental (Hamada *et al.*, 2007). A combinação de SIG e sensoriamento remoto melhora a análise de grandes volumes de dados, possibilitando o monitoramento regular e preciso de áreas extensas (Fitz, 2008).

Ademais, as ferramentas SIG permitiram a sobreposição de camadas de dados ambientais, como rede hidrográfica, uso do solo e localização de resíduos sólidos, o que facilitou a análise espacial dos impactos causados pelo homem. Além disso, os resultados obtidos foram comparados com dados secundários fornecidos por órgãos oficiais, como o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA, 2022), e com observações feitas em campo, permitindo uma análise crítica e integrada da realidade local.

#### 2.4 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é considerado um dos métodos mais eficazes para medir a densidade da vegetação e avaliar a impacto ambiental ao longo do tempo (SILVA; FARIA, 2021). Esse índice, relacionado à atividade fotossintética da vegetação (ROUSE *et al.*, 1974), possibilita a discriminação de áreas com variados níveis de biomassa. Sua utilização tem se revelado particularmente eficaz em áreas semiáridas, onde pequenas mudanças na vegetação podem sinalizar alterações importantes nos processos ecológicos (CEREDA JR., 2020; EOS, 2019).

O NDVI é calculado por meio da seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Os valores resultantes oscilam entre -1 e +1. Valores próximos a +1 apontam para uma vegetação densa e saudável, ao passo que valores próximos a 0 indicam áreas com solo exposto, rochas ou vegetação dispersa. Por outro lado, valores negativos indicam a presença de água, nuvens ou sombras (Huete *et al.*, 2002).

O NDVI é frequentemente empregado em diagnósticos ambientais devido à sua habilidade de acompanhar mudanças na cobertura vegetal ao longo do tempo, detectar processos de degradação e apoiar políticas de manejo e recuperação de áreas afetadas (Silva; Meneses, 2017). Sua aplicação é ainda mais importante em regiões semiáridas, como o sertão baiano, pois essas regiões estão propensas à rápida perda de biomassa devido à falta de água e ao uso inadequado do solo (Ferreira; Santos, 2020).

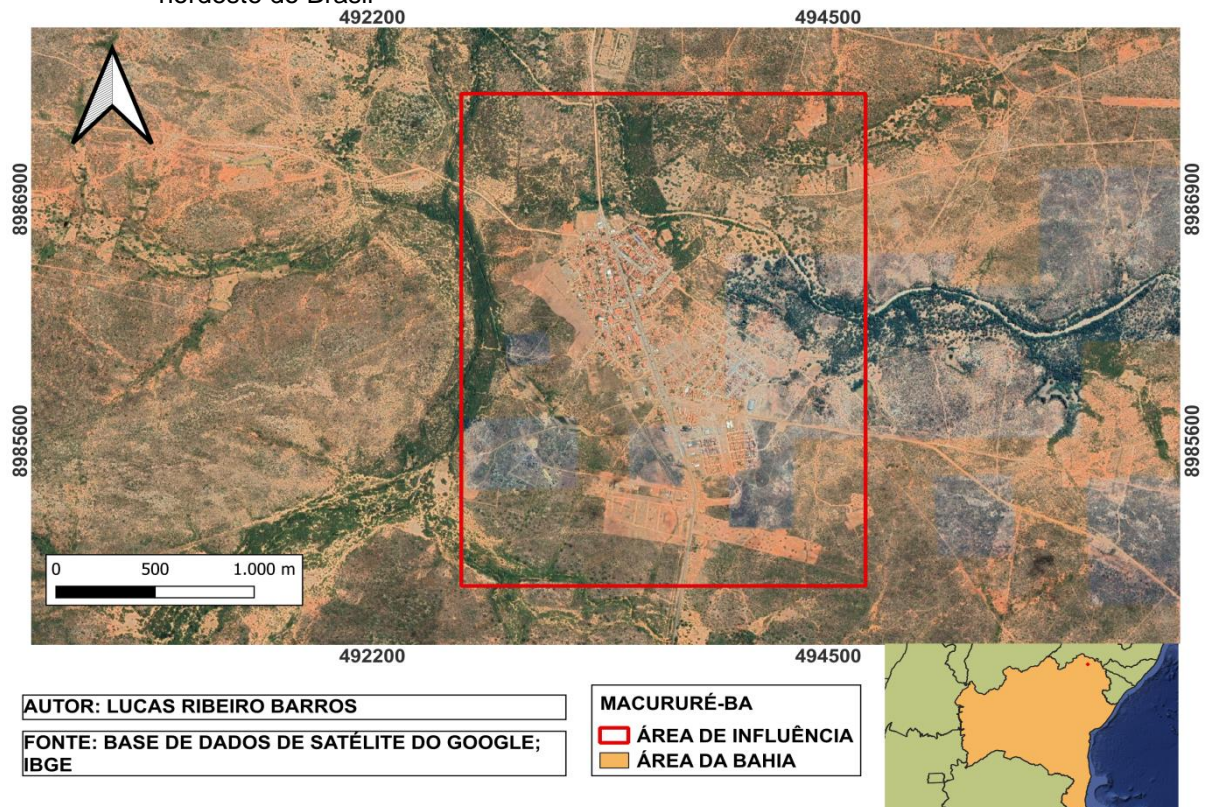
O uso de instrumentos como Sensoriamento Remoto, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permite realizar análises espaciais mais acuradas, ao passo que a abordagem do diagnóstico ambiental fornece o embasamento teórico necessário para identificar os impactos ecológicos, físicos e antrópicos. Esses princípios teóricos podem ser utilizados na análise dos resultados obtidos por meio das imagens de satélite, registros fotográficos e observações de campo apresentadas nos capítulos subsequentes, possibilitando uma avaliação crítica das condições ambientais de diversas áreas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi conduzida no município de Macururé, localizado na microrregião de Paulo Afonso e na mesorregião do Vale do São Francisco, na Bahia (Macururé, 2018) (Figura 1). Essa região está inserida em uma relevante área ecológica chamada Raso da Catarina, que engloba vários municípios, entre eles Macururé (Santos, 2016). Macururé se encontra em uma região com clima tropical, classificado como árido (BRASIL; CEMADEN/ MCTI, 2023). Está situado no "polígono das secas", área onde ocorrem os menores índices de precipitação do Brasil (CPRM, 2016). No ano de 2022, a população registrada era de 7.256 pessoas, com uma densidade populacional de 2,85 indivíduos por quilômetro quadrado em uma área total de 2.292,45 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). Macururé possui uma área rural que abrange 2.291,08 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 99,94% de seu território (IBGE, 2022). As áreas urbanizadas ocupam apenas 1,37 km<sup>2</sup>, cerca de 0,06% da área total do território (IBGE, 2022). Como recorte para este estudo, foi analisada a sede do município de Macururé, cuja área de influência abrange a praça central da cidade e seus arredores, estendendo-se por 8,98 km<sup>2</sup> (Figura 1).

Figura 1 – Localização do município de Macururé (BA) na mesorregião do Vale São-Franciscano, nordeste do Brasil



Fonte: Base de dados de satélite do google e IBGE (2022).

### 3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

A metodologia empregada adotou uma abordagem quali-quantitativa (Barbieri, 2007) para entender a realidade ambiental de Macururé. A abordagem qualitativa envolveu a análise de documentos municipais e uma análise descritiva fundamentada em observações diretas no campo, acompanhadas de registros fotográficos. A análise espacial com base em imagens de satélite, a elaboração de mapas e o cálculo do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foram todos componentes da abordagem quantitativa.

### 3.2.1 Abordagem qualitativa

#### 3.2.1.1 *Análise documental*

A análise documental é uma técnica metodológica fundamental para pesquisas focadas no diagnóstico ambiental, pois permite o acesso a registros oficiais e não oficiais que esclarecem a situação socioambiental de uma região. O pesquisador pode contextualizar os impactos identificados no campo ao consultar fontes como legislações, planos diretores, dados institucionais e relatórios técnicos, ligando-os aos componentes físicos, antrópicos e bióticos do ambiente (Bardin, 2016).

A análise documental proporcionou um diagnóstico completo da cidade de Macururé-BA. Ao avaliar documentos oficiais emitidos pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, e com o apoio da diretora ambiental, foi possível acessar documentos relevantes relacionados ao meio ambiente. Um dos principais documentos em uso é o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), criado pela Lei Municipal n.º 103, de 27 de outubro de 2021. Esse plano define diretrizes para a administração dos serviços públicos de saneamento básico, que incluem fornecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, gestão de resíduos sólidos, drenagem urbana e manejo das águas pluviais.

#### 3.2.1.2 *Visita in loco*

Foram efetuadas visitas, *in loco* afim de observar diretamente as condições ambientais e os possíveis impactos causados pela ação antrópica. Nas visitas foram realizadas a identificação e a análise do meio físico, o meio biótico e antrópico a fim de descrever os impactos ambientais causados na área de influência, diagnosticar as condições da vegetação, do solo, a existência de resíduos sólidos e indícios de contaminação. Para isso, foram feitos registros fotográficos por meio da captura de imagens com dispositivos móveis equipados com GPS integrado. Essas imagens foram georreferenciadas e utilizadas para melhorar a identificação dos pontos críticos de impacto ambiental. Quando adequadamente combinadas com análises documentais e tecnológicas, as visitas *in loco* proporcionam uma base sólida para entender a configuração socioambiental do município de Macururé. Isso ajuda a

propor medidas corretivas e estratégias de gestão ambiental que levem em conta a realidade local.

### 3.2.2 Abordagem quantitativa

#### 3.2.2.1 Obtenção de imagens e confecção dos mapas para análise da vegetação

Foram obtidas imagens georreferenciadas por meio das plataformas *Google Earth* e *Google Earth Engine* (GEE), que oferecem acesso gratuito a uma ampla variedade de imagens de sensoriamento remoto. Entre os principais produtos disponíveis, destacam-se aqueles captados pelos sensores Sentinel-2, que já são processados e organizados conforme data e localização. O *Google Earth* foi empregado para a visualização e caracterização inicial das áreas de estudo em Macururé, com um olhar especial para zonas de transição rural-urbana, superfícies de solo exposto, corpos hídricos e agrupamentos populacionais. Os mapas temáticos relacionados ao uso e ocupação do solo e da região afetada foram desenvolvidos com base nas composições de imagens e índices gerados no *Google Earth Engine*. A opção por essas ferramentas é justificada pela sua acessibilidade, pela atualização contínua das imagens e pela integração eficaz com os dados espaciais coletados em campo. Ademais, a identificação de áreas de vegetação preservada, superfícies de solo exposto, corpos d'água e zonas urbanizadas foi apoiada pelos dados visuais do *Google Earth Engine*.

Com as imagens capturadas, foram criados sete mapas exibindo o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index). Para isso, foram utilizados dados do satélite Sentinel-2 MSI (Multi Spectral Instrument), nível 2A (Surface Reflectance - SR). Os mapas foram criados com base nos períodos de 1º de janeiro a 22 de abril dos anos de 2019 a 2025.

As imagens foram selecionadas com base em cenas sem cobertura de nuvens. O cálculo do NDVI foi realizado por meio da fórmula:

$$NDVI = \frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4)} \quad (\text{Eq. 2})$$

B8 representa o infravermelho próximo (NIR), enquanto B4 corresponde ao vermelho (RED). Os valores encontrados variam de -1 a +1, com valores próximos a +1 indicando vegetação densa e saudável, e valores próximos a 0 ou negativos indicando áreas degradadas, com pouca ou nenhuma vegetação.

A finalidade da criação desses mapas foi analisar a situação da cobertura vegetal na sede do município de Macururé, na Bahia.

As imagens foram tratadas e ajustadas para o cálculo do NDVI, seguindo critérios de padronização que garantem a comparabilidade dos dados ao longo dos anos. Essa padronização é essencial para reduzir os efeitos das variações climáticas, especialmente as relacionadas à precipitação, que afetam diretamente a quantidade de vegetação detectada (Cerqueira; Gomes, 2020). O intervalo de 1º de janeiro a 22 de abril foi escolhido para garantir a captura de períodos com padrões de precipitação semelhantes em ambos os anos, o que facilita a identificação precisa de mudanças na vegetação que não possam ser atribuídas à variabilidade climática (Cerqueira; Gomes, 2020).

A análise dos resultados do NDVI foi combinada com as observações de campo e as análises documentais, permitindo uma avaliação completa da condição ambiental do município. Essa metodologia destaca a relevância da utilização de índices espectrais, como o NDVI, para auxiliar o planejamento ambiental, particularmente em situações vulneráveis, como o Semiárido brasileiro.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE DOCUMENTAL

A análise dos dados revelou que a gestão ambiental de Macururé-BA apresenta deficiências estruturais significativas. O problema mais crítico é a existência de um lixão a céu aberto, utilizado como principal forma de destinação dos resíduos sólidos urbanos, em desacordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que determina o encerramento dessa prática e a adoção de alternativas ambientalmente adequadas. Soma-se a isso a ausência de coleta seletiva, o que inviabiliza a separação e reutilização de materiais recicláveis, ampliando a pressão sobre os recursos naturais.

Outro ponto identificado foi a não implementação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), instrumento essencial para o planejamento das ações de manejo de resíduos. Sua ausência fragiliza a política ambiental, reduz a possibilidade de captação de recursos federais e dificulta o controle dos impactos causados por uma gestão ineficiente. Em Macururé, a função do PMGIRS foi incorporada ao Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), conforme o artigo 19 da Lei nº 12.305/2010.

O PMSB reúne objetivos voltados ao aprimoramento dos serviços de saneamento básico, como garantir o acesso universal à água potável, promover a destinação correta dos efluentes domésticos e resíduos sólidos e gerenciar as águas pluviais de modo a prevenir enchentes. Esses objetivos foram organizados em metas de curto prazo (até 2 anos), médio prazo (2 a 4 anos) e longo prazo (até 20 anos). Entre as medidas emergenciais, destacam-se a regularização do local de destinação final dos resíduos, campanhas de conscientização ambiental e a criação de planos específicos para os resíduos da construção civil e da saúde. Já as metas de médio prazo preveem a implantação de infraestrutura de saneamento em comunidades rurais, enquanto, no horizonte de longo prazo, projeta-se a universalização dos serviços de abastecimento e esgotamento sanitário.

O plano foi elaborado em articulação com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) e a Agência Peixe Vivo, utilizando recursos provenientes

da cobrança pelo uso da água. Nesse contexto, o PMSB busca não apenas melhorar os serviços municipais, mas também contribuir para a recuperação ambiental da bacia por meio de ações estruturais e educativas. Essas informações foram fundamentais para interpretar como a gestão local lida com os desafios ambientais e serviram de complemento às análises obtidas via sensoriamento remoto, entrevistas e observações em campo.

A pesquisa documental também contemplou normas e legislações específicas do município. Entre elas, a Lei Municipal nº 001/2008, que institui o Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA), destacando-se como marco legal para a política ambiental. Essa legislação define instrumentos como licenciamento, fiscalização, gestão de resíduos, educação ambiental e zoneamento ecológico-econômico, além de assegurar a participação social e a descentralização administrativa. Com esse aparato, o município dispõe de uma base normativa para enfrentar os problemas ambientais e orientar o desenvolvimento sustentável, especialmente na Caatinga.

Foram consultados ainda relatórios do IBGE e do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA). Os dados do Censo 2022 indicam população estimada em 7.256 habitantes, grande parte residente na zona rural, o que influencia diretamente o uso dos recursos naturais no semiárido. O território de 2.545,856 km<sup>2</sup> apresenta baixa densidade populacional (2,85 hab/km<sup>2</sup>), e a agropecuária de subsistência, baseada na criação de caprinos e agricultura de sequeiro, constitui a principal atividade econômica. O Perfil dos Municípios Brasileiros (IBGE, 2021) aponta que, embora haja coleta de lixo em parte da sede urbana, os resíduos ainda são destinados ao lixão, sem iniciativas estruturadas de reciclagem ou educação ambiental.

O INEMA, por sua vez, forneceu relatórios sobre cobertura vegetal, áreas de preservação permanente, recursos hídricos e uso do solo, permitindo identificar áreas de risco à desertificação e impactos decorrentes do descarte irregular de resíduos e do desmatamento. A análise desses documentos possibilitou relacionar pressões ambientais com práticas humanas não autorizadas, reforçando a necessidade de políticas locais mais eficazes para a proteção dos recursos naturais.

Dessa forma, a utilização de documentos oficiais — como o PMSB, legislações municipais, dados do IBGE e relatórios do INEMA — permitiu identificar falhas estruturais, lacunas institucionais e potenciais riscos ambientais, como a localização do lixão próximo a cursos d'água intermitentes. Essa etapa documental fortaleceu a consistência teórica da pesquisa e contribuiu para a validade científica dos resultados alcançados (Bardin, 2016; Bowen, 2009).

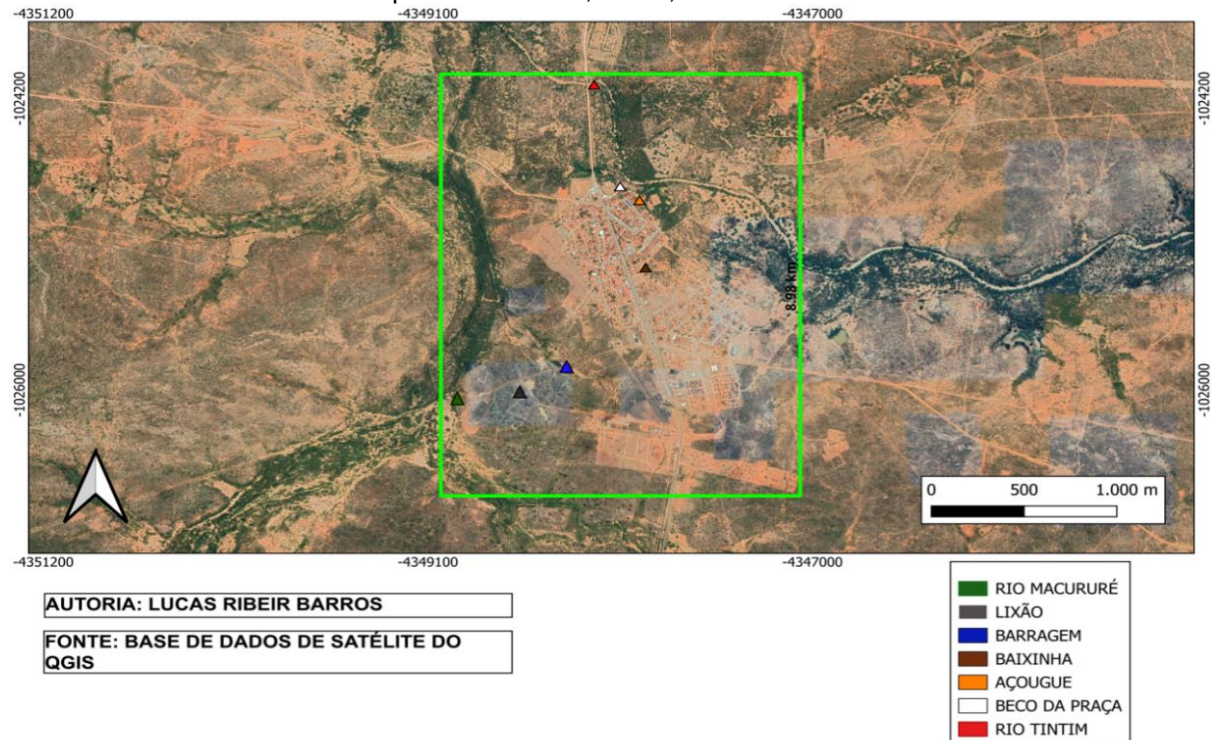
#### 4.2 VISITA *IN LOCO*

Durante as *visitas in loco*, foram capturadas imagens que demonstram impactos significativos em diversos componentes ambientais, como a evidência do impacto ambiental na área de influência (Figura 2). Foram observados impactos significativos: no meio físico, no meio biótico e meio antrópico. No meio físico, por exemplo, observa-se o solo exposto, seco e compactado, com a presença de detritos que alteram sua estrutura natural e dificultam processos ecológicos essenciais, como a infiltração da água e a respiração do solo.

Por outro lado, o meio biótico exibe uma vegetação dispersa e arbustiva, com uma cobertura reduzida, possivelmente afetada pela deposição de resíduos sólidos. Isso impede a regeneração natural da flora local e causa um impacto negativo na fauna que depende dessa vegetação. Observou-se que o meio antrópico depositou resíduos sólidos de forma indiscriminada sobre solo arenoso e desprovido de vegetação, sem qualquer tipo de impermeabilização ou drenagem. Isso favoreceu a infiltração de chorume, o que pode comprometer os lençóis freáticos e corpos d'água adjacentes.

A avaliação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) indicou que a administração local apresenta deficiências, particularmente no que diz respeito à falta de "programas estruturados de educação ambiental nas escolas públicas municipais". Isso aponta para fragilidades na gestão ambiental local. Além disso, a proximidade do lixão, do rio Macururé e da barragem na área de influência analisada indica riscos ambientais significativos decorrentes desses fatores.

Figura 2 – Mapa de localização dos pontos onde foram realizadas as visitas *in loco* na área de influência estudada no município de Macururé, Bahia, Nordeste do Brasil



Fonte: Acervo pessoal do autor (2025).

#### 4.2.1 Fundamentação conceitual da análise dos meios ambientais

Para simplificar a organização e a interpretação dos resultados das visitas *in loco*, decidiu-se classificar os impactos ambientais identificados em três dimensões analíticas: meio físico, meio biótico e meio antrópico. Essa diferenciação não sugere uma separação estrita entre os componentes, mas uma abordagem metodológica para organizar os elementos predominantes em cada caso analisado. O meio físico diz respeito aos elementos abióticos da paisagem, incluindo solo exposto, existência ou não de corpos hídricos e sinais de processos erosivos. O meio biótico engloba os elementos vivos do ambiente, particularmente a flora nativa, sua densidade e o nível de degradação ou substituição. Por outro lado, o meio antrópico inclui as ações humanas que podem ser diretamente vistas no território, como o despejo de lixo, edificações, queimadas e falta de infraestrutura. É importante ressaltar que todos os locais analisados apresentam elementos sobrepostos a esses três meios. A categorização utilizada neste estudo serve como um recurso para enfatizar os aspectos mais significativos de cada unidade de análise..

#### **4.2.2 Área de transição rural-urbana com passivos ambientais e proximidade de corpos hídricos superficiais**

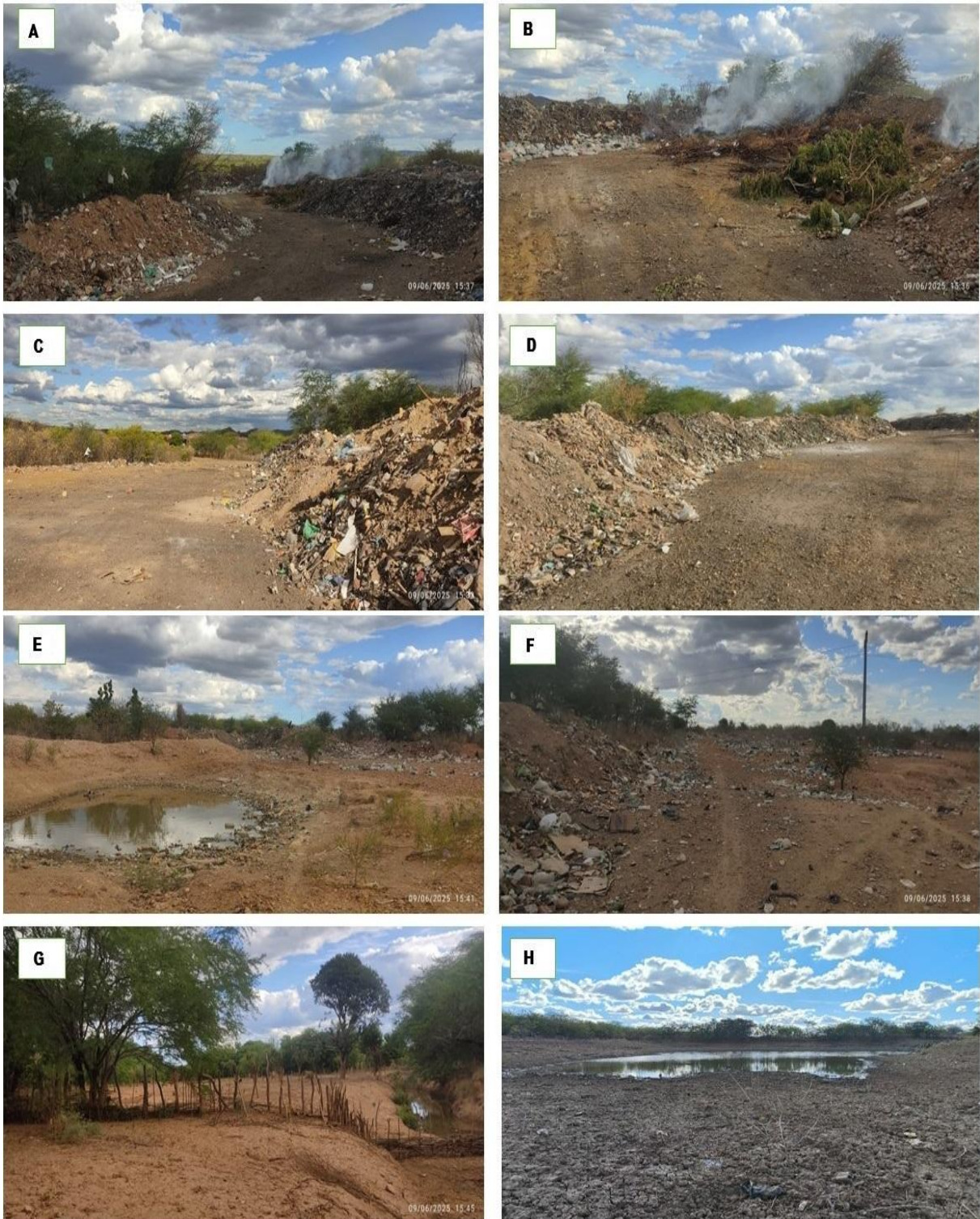
A Figura 3 exibe registros do lixão municipal de Macururé (BA), do Rio Macururé e da barragem localizada nas imediações. O lixão é considerado um dos principais passivos ambientais da cidade (Figura 3A-F). Nota-se a disposição inadequada de resíduos sólidos provenientes de residências e estabelecimentos comerciais diretamente sobre o solo, sem nenhuma forma de contenção ou impermeabilização, além da presença de vetores e animais circulando sem restrições. O cenário indica que não há um gerenciamento adequado de resíduos, o que vai contra os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010).

A Figura 3G mostra o Rio Macururé, um curso d'água intermitente localizado a cerca de 387 metros do lixão. Embora haja distância, durante as chuvas, o transporte de resíduos sólidos e chorume pode atingir o leito do rio, contaminando o solo e a água subterrânea. A vegetação às margens do rio apresenta indícios de impacto, e o canal fluvial demonstra sinais de deterioração e assoreamento.

A Figura 3H mostra a barragem situada aproximadamente 260 metros do lixão. Apesar de essa estrutura não ser destinada ao abastecimento humano direto, animais e comunidades próximas a utilizam para diversas finalidades, como dessedentação de rebanhos e irrigação. A proximidade da barragem com o lixão aumenta os riscos de contaminação por infiltração e escoamento superficial, especialmente em um cenário de clima semiárido, em que os corpos hídricos são escassos e suscetíveis.

Essas evidências destacam a urgência de reformular a gestão de resíduos sólidos no município, além de implementar estratégias para proteger os recursos hídricos, especialmente os intermitentes. Esses últimos são essenciais para sustentar as atividades produtivas e a biodiversidade local (Costa *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2020).

Figura 3 – Fotografias capturadas na área de influência do município de Macururé (BA), Nordeste do Brasil. A-F, mostram o lixão a céu aberto com resíduos sólidos espalhados; G, apresenta o leito do Rio Macururé com sinais de assoreamento e H, registra a barragem localizada a cerca de 260 metros do lixão



Fonte: Acervo pessoal do autor (2025).

### 4.2.3 Trecho urbano de curso d'água intermitente sob influência antrópica

A Figura 4 exibe a fotografia do Rio Timtim, um curso d'água intermitente localizado em uma área urbana do município de Macururé, na Bahia. As (Figuras 4A-H) mostram vários efeitos ambientais ao longo de seu leito, especialmente a presença de esgoto e resíduos sólidos.

Nota-se que a água esverdeada, visível nas Figuras 4A-H, tem sua origem em um cano rompido oriundo de uma barragem de estabilização, sugerindo um vazamento de efluentes domésticos ou industriais parcialmente tratados. Esse processo pode justificar o aumento de vegetação aquática, como algas filamentosas, ligado à eutrofização do corpo hídrico. Essa condição leva à redução dos níveis de oxigênio e à deterioração da qualidade ambiental (Ana, 2017; Lima; Zakia, 2012).

Além disso, nota-se o assoreamento ao longo do leito (Figura 4B-C), acúmulo de lixo (Figura 4A, E, G e H) e falta de qualquer tipo de barreira sanitária ou sistema de contenção. A presença da ponte nas (Figuras 4D-E) evidencia a utilização urbana do espaço, que não conta com infraestrutura de drenagem pluvial ou canalização sanitária apropriada. A vegetação marginal parece ser afetada pela presença constante de poluentes e pelo escoamento concentrado.

A impacto ambiental do Rio Timtim compromete sua função ecológica e representa um risco à saúde da população, especialmente porque ele se conecta ao Rio Macururé, que deságua no Rio São Francisco, essencial para o abastecimento regional. A falta de políticas públicas focadas no saneamento básico, combinada com a ocupação desordenada, intensifica a fragilidade ambiental da cidade (Dias, 2015; IBAMA, 2002).

Figura 4 – Fotografias do Riacho Timtim, curso d'água intermitente localizado em Macururé (BA). A-C exibe escoamento de efluente por cano rompido; D apresenta ponte sobre o riacho sem infraestrutura de contenção; E, F, G e H mostra a presença de vegetação aquática com coloração esverdeada e acúmulo de lixo às margens do riacho



Fonte: Acervo pessoal do autor (2025).

#### **4.2.4 Setores urbanos críticos com descarte inadequado de resíduos sólidos e deficiência de infraestrutura sanitária**

Durante a visita técnica, foram identificadas zonas urbanas em Macururé (BA) que evidenciam um considerável grau de impacto ambiental, como mostrado na Figura 5. No Beco da Praça (Figura 5A), nota-se a acumulação de resíduos sólidos em via pública, nas proximidades de áreas verdes e moradias. A situação piora nas proximidades do açougue municipal (Figura 5B), onde o descarte inadequado de resíduos orgânicos e embalagens evidencia a falta de infraestrutura sanitária, aumentando os riscos à saúde pública. Na área conhecida como Baixinha (Figura 5C), há solo exposto e entulho descartado em espaço aberto, evidenciando a falta de controle sobre a ocupação urbana. Por fim, a (Figura 5D), que mostra a entrada da cidade, evidencia não só a falta de pavimentação, mas também uma queima de resíduos sólidos a céu aberto. Essa prática ilegal contribui para o aumento da poluição do ar na região.

Esses casos representam efeitos diretos das atividades humanas no ambiente urbano e indicam deficiências na gestão de resíduos e no planejamento territorial. A literatura aponta que o descarte e a queima inadequados de resíduos em áreas urbanas aumentam a contaminação do solo e do ar, além de estarem diretamente relacionados à propagação de doenças respiratórias e à deterioração da paisagem urbana (Faria *et al.*, 2021; Dias, 2022).

Figura 5 – Fotografias de ambientes urbanos impactados em Macururé (BA). A mostra o Beco da Praça com acúmulo de resíduos sólidos; B evidencia a área externa do açougue municipal com descarte irregular; C apresenta a localidade Baixinha com entulhos e solo exposto e D registra a entrada da cidade com queima de lixo a céu aberto.

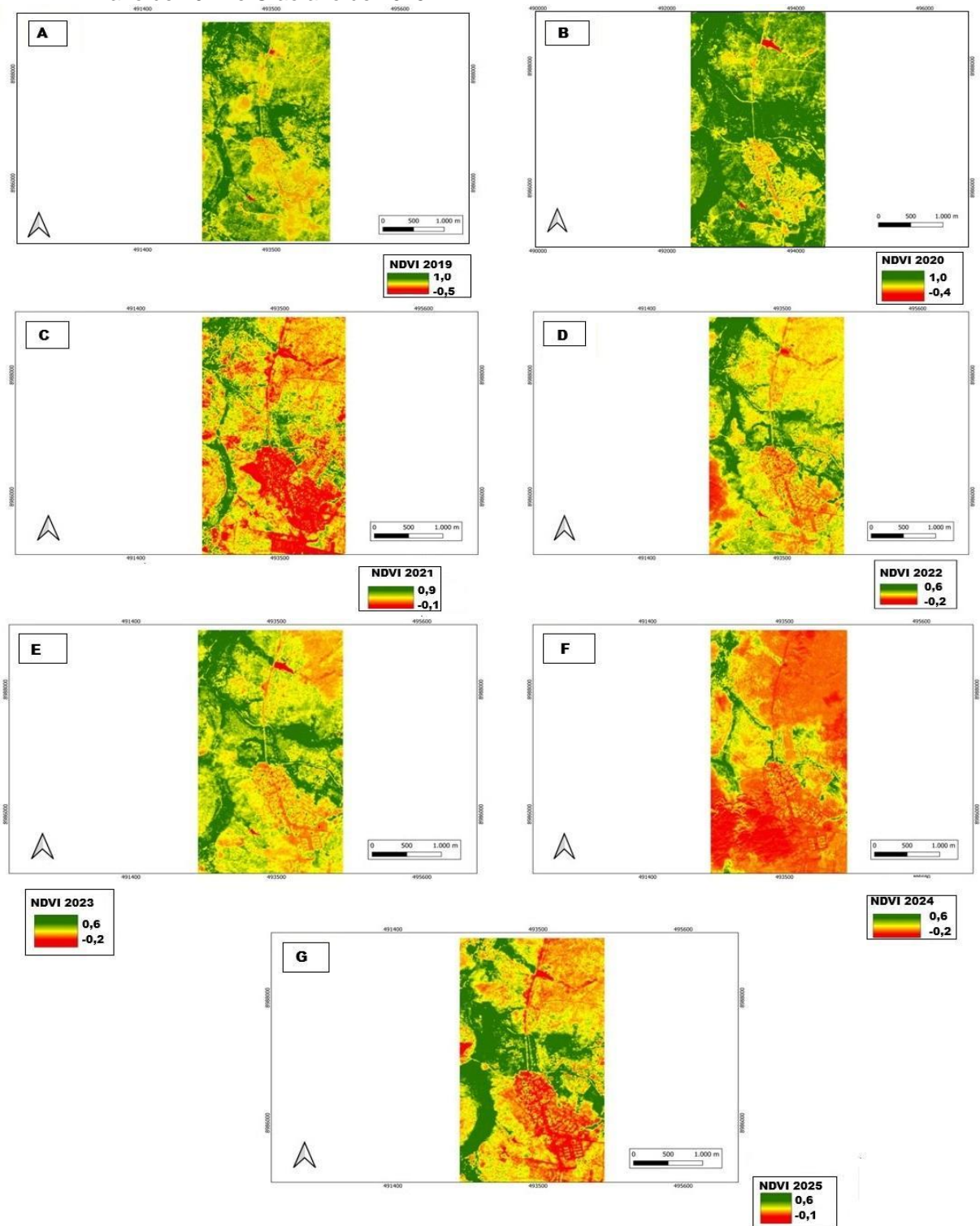


Fonte: Acervo pessoal do autor (2025).

### 4.3 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi analisado no município de Macururé entre 2019 e 2025 (Figura 6), evidenciando uma tendência de perda da cobertura vegetal, especialmente nos anos de 2021, 2022 e 2024, quando predominam valores reduzidos de NDVI (Figura 6C, D e F). Essa análise permitiu identificar áreas de vegetação densa, regiões em transição e locais de maior impacto antrópico ao longo da série temporal.

Figura 6 – Mapas apresentando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do município de Macururé (BA), Nordeste do Brasil. A, apresenta o mapa correspondente ao ano de 2019; B, ao ano de 2020; C, ao ano de 2021; D, ao ano de 2022; E, ao ano de 2023; F ao ano de 2024 e G ao ano de 2025



Fonte: Google Earth Engine (2024).

A Tabela 1 apresenta os intervalos de variação do índice NDVI registrados na área de estudo entre os anos de 2019 e 2025. Os dados foram extraídos diretamente

das imagens Sentinel-2, processadas no *Google Earth Engine*, respeitando a faixa espectral entre o infravermelho próximo (NIR) e a banda do vermelho (RED).

Tabela 1 – Variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) da área de influência do município de Macururé, Nordeste do Brasil, dos anos de 2019 a 2025

Ano	NDVI mínimo	NDVI máximo	Interpretação geral
2019	-0.500	0.900	Vegetação densa predominante
2020	-0.400	0.900	Vegetação estável com indícios de impacto
2021	-0.098	0.866	Aumento de áreas degradadas
2022	-0.170	0.600	Redução expressiva da vegetação
2023	-0.240	0.610	Tendência de recuperação parcial
2024	-0.170	0.580	Persistência de áreas em transição
2025	-0.120	0.620	Indícios de recuperação em algumas áreas

Os dados apresentados foram extraídos diretamente das imagens Sentinel-2 processadas no *Google Earth Engine* para o período de 01 de janeiro a 22 de abril de cada ano. Os valores correspondem às faixas mínimas e máximas do NDVI observadas na área de estudo, sem aplicação de cálculos estatísticos. As interpretações foram feitas com base na análise visual das classes de vegetação mapeadas.

Fonte: *Google Earth Engine* (2024).

A Tabela 2 apresenta a paleta de cores adotada para a representação dos valores de NDVI utilizados nos mapas da Figura 6. Essa padronização cromática facilita a leitura, permitindo a identificação imediata das áreas de vegetação densa (verde), em transição (amarelo), solo exposto (laranja) e regiões degradadas (vermelho).

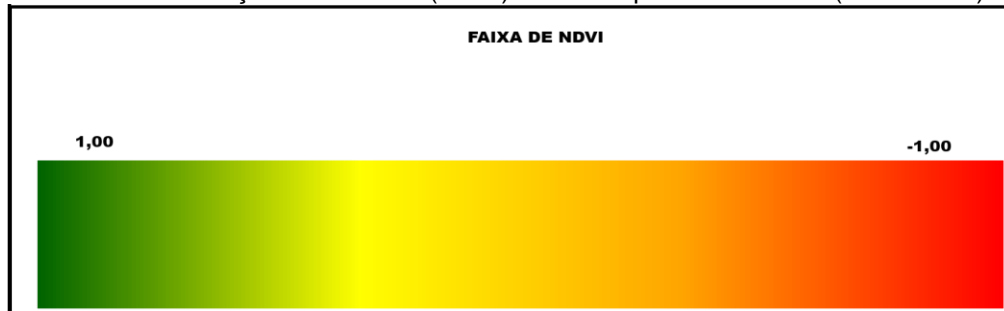
Tabela 2 – Paleta de cores utilizada para representação do NDVI (2019–2025)

Faixa de NDVI	Classe de Cobertura Vegetal	Cor Representada
0,47 – 0,90	Vegetação densa e saudável	<b>Verde-escuro</b>
0,25 – 0,46	Vegetação moderada / em transição	<b>Amarelo</b>
-0,20 – 0,24	Solo exposto ou vegetação rala	<b>Laranja</b>
-0,50 – -0,21	Áreas degradadas / alta ocupação antrópica	<b>Vermelho</b>

Fonte: *Google Earth Engine*.

Complementarmente, a Figura 7 ilustra o gradiente de cores utilizado, reforçando a correspondência visual entre os valores de NDVI e sua representação cartográfica.

Figura 7 – Gradiente de cores utilizado para representação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no município de Macururé (2019–2025).



Fonte: Acervo pessoal do autor (2025).

Conforme descrito na Tabela 2, as áreas destacadas em amarelo e vermelho, que apresentaram índices entre 0,25 e -0,20, correspondem a regiões de vegetação rala ou solo exposto e áreas em processo de degradação. Por outro lado, o ano de 2020 apresenta o maior índice médio de cobertura vegetal da série, com vastas áreas em verde (NDVI > 0,6), indicando vegetação mais densa e em melhores condições de conservação (Figura 6B). A partir de 2021, os mapas indicam uma redução progressiva da vegetação saudável, possivelmente associada ao aumento das atividades humanas, ao crescimento urbano descontrolado e a práticas agrícolas inadequadas. Estudos de Santos *et al.* (2022) confirmam essa tendência, associando a diminuição do NDVI em regiões semiáridas à pressão humana e ao uso insustentável do solo.

A (Figura de 6F) evidencia o cenário mais crítico da série, com ampla predominância da cor vermelha, sinalizando degradação severa da vegetação e possível intensificação da desertificação, típica das regiões do polígono das secas (IBGE, 2021). Na (Figura 6G), embora haja leve recuperação em algumas áreas isoladas, o quadro geral permanece comprometido.

A partir da análise comparativa dos mapas apresentados nos registros fotográficos (Figura 6), foi possível avaliar com mais precisão a variação anual da cobertura vegetal ao longo do período estudado.

Na (Figura 6A), predominam regiões com NDVI variando de 0,47 a 0,90, o que indica a presença de vegetação densa e relativamente preservada. A área estimada com vegetação saudável neste ano é de cerca de 3,2 km<sup>2</sup>. (Figura 6B) mostra a manutenção desse padrão, com uma leve diminuição nas áreas de NDVI elevado. Estima-se que a vegetação densa tenha ocupado cerca de 2,8 km<sup>2</sup>; (Figura 6C) há queda nos valores médios de NDVI, com crescimento de zonas com NDVI entre 0,25

e 0,39. A vegetação densa é reduzida a 2,0 km<sup>2</sup>, enquanto áreas com vegetação moderada aumentam para cerca de 4,5 km<sup>2</sup>; (Figura 6D) apresenta-se uma das maiores quedas, com apenas 1,6 km<sup>2</sup> de vegetação densa e quase 5,0 km<sup>2</sup> em transição ou degradação, com NDVI abaixo de 0,25; (Figura 6E) nota-se leve recuperação, com 2,1 km<sup>2</sup> de vegetação densa e 4,2 km<sup>2</sup> com NDVI moderado; O cenário mais crítico é observado (Figura 6F), com menos de 1,3 km<sup>2</sup> apresentando NDVI acima de 0,47. A maior parte da área estudada, aproximadamente 5,5 km<sup>2</sup>, apresenta um NDVI inferior a 0,25, indicando uma degradação significativa (Figura 6G). Embora haja uma leve melhora com 1,9 km<sup>2</sup> de vegetação densa, os dados mostram que cerca de 4,8 km<sup>2</sup> ainda se encontram em estado crítico ou em processo de recuperação lenta.

As regiões urbanizadas, áreas ao redor do lixão municipal e áreas adjacentes aos cursos d'água, como o Rio Timtim e o Rio Macururé, mostraram um NDVI consistentemente baixo (< 0,3). Isso indica não só a vulnerabilidade ambiental desses locais, mas também a possível contaminação e deterioração das margens dos rios.

Essas mudanças no padrão de vegetação evidenciam a fragilidade ambiental do município e a urgência em adotar políticas públicas focadas na preservação ambiental e no uso consciente dos recursos naturais, conforme argumentado por Lima *et al.* (2020).

Vale ressaltar que, apesar de os resultados deste diagnóstico ambiental serem significativos, a adição de dados etnobiológicos poderia torná-lo ainda mais sólido e representativo. A aplicação de questionários e entrevistas com os habitantes das comunidades rurais possibilitou a avaliação das mudanças ambientais, práticas de uso dos recursos naturais e estratégias tradicionais de manejo. Os estudos etnobiológicos têm se mostrado extremamente úteis para entender como as sociedades humanas interagem com os ecossistemas, especialmente em áreas semiáridas, onde o conhecimento tradicional é essencial para se adaptar a condições ambientais desafiadoras (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019). É fundamental envolver as comunidades locais e povos tradicionais em pesquisas ambientais para garantir diagnósticos mais abrangentes, apoiar políticas públicas mais eficientes e respeitar as particularidades socioculturais do território. Portanto, os resultados da análise da cobertura vegetal reforçam a necessidade de estratégias integradas de recuperação e manejo sustentável, articuladas às políticas públicas locais.

## 5 CONCLUSÃO

O diagnóstico ambiental do município de Macururé evidenciou fragilidades importantes, como a má gestão dos resíduos sólidos e a redução da cobertura vegetal. A metodologia integrada, combinando análise documental, visitas em campo e uso do NDVI, possibilitou uma compreensão ampla e fundamentada dos impactos ambientais locais. Entre as limitações identificadas, destacam-se a desatualização dos dados oficiais, o descarte inadequado de resíduos e a expansão urbana desordenada. Diante disso, recomenda-se a implementação de estratégias integradas que promovam a recuperação de áreas degradadas, o fortalecimento da gestão pública e o engajamento comunitário, a fim de garantir a sustentabilidade dos ecossistemas e a melhoria da qualidade de vida em Macururé.

## REFERÊNCIAS

BOWEN, G. A. Document analysis as a qualitative research method. **Qualitative Research Journal, Bingley**, v. 9, n. 2, p. 27–40, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>. Acesso em: 3 jul. 2025.

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico [...]. **Diário Oficial da União**. Brasília, 8 jan. 2007. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos ; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 03 ago. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden / Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Estudo do CEMADEN e do INPE identifica pela primeira vez a ocorrência de uma região árida no país. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações**. disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/estudo-do-cemaden-e-do-inpe-identifica-pela-primeira-vez-a-ocorrencia-de-uma-regiao-arida-no-pais>. Acesso em: 08 setembro 2025.

CALVO, F. *et al.* Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills. **Waste management**, v. 25, n. 8, p. 768-779, out. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X05000991>. Acesso em: 20 maio 2025.

CALVO, T. D. *et al.* Diagnóstico ambiental urbano no semiárido brasileiro: perspectivas para gestão integrada. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 14, n. 1, p. 189–205, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revistageonorte/article/view/10673>. Acesso em: 3 jul. 2025.

CÂMARA, G. *et al.* **Geoinformação em Sensoriamento Remoto**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2001.

CEREDA JR., A. (org.). **Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI: perguntas & respostas para a agricultura 4.0 – parte 1**. Geografia das Coisas, 2020. Disponível em: <https://geografiadascoisas.com.br/artigos/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-ndvi-parte-1/>. Acesso em: 19 maio 2025.

CERQUEIRA, P. H. A.; GOMES, R. F. Monitoramento da cobertura vegetal com NDVI em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 2, p. 804–815, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/241967>. Acesso em: 3 jul. 2025.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Macururé – BA**. Belo Horizonte: CBHSF, 2018.

COSTA, T. C. *et al.* Análise da degradação da Caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 4, p. 278–286, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/gzNCsHF8vzF4kF3VSz9bCZd/>. Acesso em: 3 jul. 2025.

EARTH OBSERVING SYSTEM. **NDVI FAQ: all you need to know about Index**. 30 ago. 2019. Disponível em <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em: 19 maio 2025.

FIORAVANTI, C. Ação humana transformou 89% da Caatinga. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 335, jan. 2024. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/acao-humana-transformou-89-da-caatinga/>. Acesso em: 19 maio 2025.

FERREIRA, M. S. *et al.* Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas urbanas: estudo de caso em área de expansão urbana no semiárido. **Revista Geonorte**, v. 13, n. 2, p. 134–152, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revistageonorte/article/view/10590>. Acesso em: 5 jul. 2025.

GAMA, R. A. *et al.* Diagnóstico ambiental de áreas de preservação permanente no igarapé da Encrenca – Bacia Hidrográfica do rio Madeira, Porto Velho-RO. **Cadernos de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 2, p. 63-80, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufro.cl/ojs/index.php/cadernosca/article/view/4898>. Acesso em: 09 jun. 2025.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Biodiversidade e conservação da vegetação da Caatinga. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2002. p. 47–94.

GOMES, G. R. S. *et al.* Diagnóstico ambiental dos municípios que compõem o Polo de Jeremoabo – BA. *In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS*, 25., 2021, Feira de Santana. **Anais [...]**. Feira de Santana: UEFS, 2021.

GOMES, N. A. *et al.* Diagnóstico ambiental qualitativo no “lixão” da cidade de Pombal, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 1, p. 61-67, jan./mar. 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7102583.pdf>. Acesso em: 21 maio 2025.

GOMES, R. F. *et al.* Diagnóstico ambiental: fundamentos e aplicações. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 2, p. 901–913, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250480>. Acesso em: 3 jul. 2025.

HUETE, A. R. *et al.* Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, nov. 2002. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425702000962>. Acesso em: 21 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**: Macururé (BA). Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/macurure/panorama>. Acesso em: 21 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos municípios brasileiros**: meio ambiente 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/meio-ambiente/9012-perfil-dos-municipios-brasileiros.html>. Acesso em: 21 maio 2025.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (BAHIA). **Relatório técnico de monitoramento ambiental**: cobertura vegetal, recursos hídricos e uso do solo do território de Macururé. Salvador: INEMA, 2023. Disponível em: <https://www.inema.ba.gov.br/>. Acesso em: 21 maio 2025.

LEAL, I. R. *et al.* Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146, jun. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/258268>. Acesso em: 21 maio 2025.

MACURURÉ (BAHIA). **Lei n.º 001, de 30 de abril de 2008**. Dispõe sobre a criação do Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA) e dá outras providências. Macururé, BA: Prefeitura Municipal, 2008.

MACURURÉ (BAHIA). **Lei n.º 103, de 27 de outubro de 2021**. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico. Macururé, BA: Prefeitura Municipal, 2021.

MACURURÉ (BAHIA). **Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB**. Macururé, BA: Prefeitura Municipal de Macururé, 2018. Disponível em: [https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017//box/uploads/2018/11/P6\\_Macurure\\_18102018\\_VF.pdf](https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017//box/uploads/2018/11/P6_Macurure_18102018_VF.pdf). Acesso em: 21 maio 2025.

MOURA, Y. M. *et al.* Introdução à ciência da geoinformação: fundamentos de SIG. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 2, p. 281–298, 2018. Disponível em: <https://www.revistabrasileiradecartografia.org.br/rbc/article/view/1582>. Acesso em: 5 jul. 2025.

PEREIRA, M. M. *et al.* Aplicação do índice NDVI em áreas semiáridas: estudo de caso no Sertão Nordestino. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, p. 901–913, abr. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/issue/view/3178>. Acesso em: 21 maio 2025.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In*: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1974, Washington. **Anais** [...]. Washington, DC: NASA, 1974. p. 309-317.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no semi-árido Brasileiro. *In*: Embrapa. **A degradação ambiental e a situação atual dos recursos naturais no semi-árido**. 4. ed. 2009. Cap. 4. p. 53-76.

SAMPAIO, E. V. S. B. *et al.* Regeneração da vegetação de caatinga após corte e queima, em Serra Talhada – PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 621-632, maio 1998. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4890>. Acesso em: 21 maio 2025.

SANTOS, M. V. *et al.* Indicadores de degradação ambiental em municípios semiáridos: uma revisão crítica. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 24, e02020, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/4NqgbxWp3j4Bdqr9N4Rg5Kt>. Acesso em: 3 jul. 2025.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SILVA, G. G. **A problemática da desertificação no ecossistema da caatinga do Município de São João do Cariri–PB**. 1993. Monografia (Especialização em Pesquisa e Controle da Desertificação no Nordeste) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 1993.

SILVA, J. M. C. *et al.* Ecologia e conservação da Caatinga: lições aprendidas e desafios para o futuro. **Ciência Hoje**, v. 57, n. 337, p. 46–51, 2015. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/ecologia-e-conservacao-da-caatinga/>. Acesso em: 3 jul. 2025.

SILVA, J. L. C. *et al.* Aspectos da degradação ambiental no Nordeste do Brasil. **Revista de Gestão Sustentável Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 180-191, abr./jun. 2018. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6206](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6206). Acesso em: 21 maio 2025.

SILVA, L. R. M. *et al.* Variabilidade e tendência espaço-temporal da Caatinga relacionadas com a degradação ambiental no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 16, n. 1, p. 270–283, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/257982>. Acesso em: 3 jul. 2025.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico temático: visão geral – resíduos sólidos urbanos – 2021**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022. Disponível em: [https://www.cnmp.mp.br/portal/images/CMA/residuos/77\\_DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_RS\\_SNIS\\_2021.pdf](https://www.cnmp.mp.br/portal/images/CMA/residuos/77_DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 3 jul. 2025.

ZANELLA, F. C. V. *et al.* Estratégias ecológicas de plantas da Caatinga frente à escassez hídrica. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 2, p. 271–282, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/N9NVvD4b3B8YvzNkPBJvvfc>. Acesso em: 3 jul. 2025.

