



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

LETHICIA LIMA CAVALCANTE

**INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA URBANO DO MUNICÍPIO  
DE TUCURUÍ-PA**

***INFLUENCER OF AFFORDABLE TREE PLANTATION ON THE URBAN  
MICROCLIMATE OF THE MUNICIPALITY OF TUCURUÍ-PA***

TUCURUÍ-PA  
2025

LETHICIA LIMA CAVALCANTE

**INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA URBANO DO MUNICÍPIO  
DE TUCURUÍ-PA**

***INFLUENCER OF AFFORDABLE TREE PLANTATION ON THE URBAN  
MICROCLIMATE OF THE MUNICIPALITY OF TUCURUÍ-PA***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa.

TUCURUÍ-PA  
2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L732i Lima Cavalcante, Lethicia.  
INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA  
URBANO DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA / Lethicia Lima  
Cavalcante. — 2025.  
30 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa  
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do  
Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia  
Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2025.

1. Vegetação Urbana. 2. Variabilidade Climática. 3.  
Microclima. I. Título.

CDD 620.8

---

LETHICIA LIMA CAVALCANTE

**INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA URBANO DO MUNICÍPIO  
DE TUCURUÍ-PA**

***INFLUENCER OF AFFORDABLE TREE PLANTATION ON THE URBAN  
MICROCLIMATE OF THE MUNICIPALITY OF TUCURUÍ-PA***

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data de Aprovação 22/01/2025

Conceito: Excelente

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa  
Orientador – FAESA/UFPA

---

Prof. Dr. Rodrigo Cândido Passos da Silva  
Examinador Interno - FAESA/UFPA

---

Eng.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adayana Maria Queiroz de Melo  
Examinadora Externa – ITV DS

## RESUMO

O crescimento populacional e a expansão urbana têm intensificado as mudanças climáticas, causadas pelo aumento da temperatura devido a retirada da vegetação. A vegetação, que desempenha um papel fundamental na mitigação de calor, e a supressão vegetal tem sido um dos fatores para o aquecimento. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a cobertura vegetal e a temperatura superficial, através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e da Temperatura Superficial Terrestre (TST), utilizando o sensoriamento remoto. A área de estudo está localizada no município de Tucuruí-PA, com uma extensão de 89.7 km<sup>2</sup>. O estudo abrangeu 32 bairros, realizado com base em imagens captadas em 28 de julho de 2024 e 16 de julho de 2024. Para tanto, a pesquisa consistiu nas seguintes etapas: as imagens de satélite, obtidas pelos satélites Sentinel-2 e Landsat 8, processadas e analisadas, posteriormente realizada a correlação entre os índices para determinar a influência da arborização sobre a redução de calor urbano. Os resultados indicam que os bairros afastados do perímetro urbano onde apresentam maior atividade fotossintética, enquanto bairros centrais, caracterizada pela alta concentração de edificações, registram elevadas temperaturas, intensificando o fenômeno ilha de calor. Além disso, notou-se a correlação negativa entre o NDVI e TST (-0,70), o que reforça a importância da vegetação para a redução de calor urbano. Por fim, verificou-se que as áreas de maior intensificação de calor poderão ter prioridade no beneficiamento para inclusão de infraestrutura verde. A implementação de medidas como arborização no planejamento urbano é indispensável para melhoria do conforto térmico, sendo um elemento chave para a sustentabilidade das áreas urbanizadas.

**Palavras-chave:** Vegetação Urbana. Variabilidade Climática. Microclima.

## ABSTRACT

Population growth and urban expansion have intensified climate change, caused by rising temperatures due to the removal of vegetation, which plays a fundamental role in heat mitigation. Thus, this work aimed to analyze the spatial coverage of vegetation and surface temperature, through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Land Surface Temperature (TST), using remote sensing. The study area is located in the municipality of Tucuruí-PA, with an extension of 89.7 km<sup>2</sup>. The study covered 32 neighborhoods, carried out based on images captured on July 28, 2024 and July 16, 2024. The satellite images, obtained by the Sentinel-2 and Landsat 8 satellites, were processed and analyzed, subsequently the correlation between the indices was performed to determine the influence of afforestation on the reduction of urban heat. The results indicate that neighborhoods far from the urban perimeter have greater photosynthetic activity, while central neighborhoods, characterized by a high concentration of buildings, record high temperatures, intensifying the heat island phenomenon. The negative correlation between NDVI and TST (-0.70) reinforces the importance of vegetation for reducing urban heat. Regions with increased heat are examples of areas that can benefit from the inclusion of green infrastructure. The implementation of measures such as afforestation in urban planning is essential for improving thermal comfort, being a key element for the sustainability of urbanized areas.

**Keywords:** Urban vegetation. Climate Variability. Microclimate.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO .....	9
2.2 OBTENÇÃO DADOS E PROCESSO DE IMAGEM .....	11
2.3 PROCESSAMENTO DO NDVI.....	12
2.4 PROCESSAMENTO DO TST.....	13
<b>2.4.1 Transformação do número digital (DN) em Radiância Espectral no Landsat</b>	
<b>8.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.2 Transformação da Radiância em Temperatura de brilho.....</b>	<b>14</b>
2.5 ESTATÍSTICAS ZONAS E CORRELAÇÃO .....	15
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>15</b>
3.1 VEGETAÇÃO E TEMPERATURA NO PERÍMETRO URBANO .....	15
3.2 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE NDVI E TST.....	21
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO I – Revista que o manuscrito será submetido (Qualis B4 – Engenharias I)</b>	
<b>.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e expansão das cidades intensificam as temperaturas nas áreas urbanas, promovendo alteração no uso do solo, as quais geram problemas ambientais extremos (Moraes *et al.*, 2022). Neste sentido, War *et al.* (2016) afirmam que os espaços urbanos estão mais suscetíveis ao estresse térmico em comparação com as zonas rurais. Guilherme *et al.* (2022), complementam afirmando que o microclima é influenciado pelo tipo de cobertura do solo, pois a alteração na cobertura vegetal impacta as variáveis, como a temperatura e a umidade relativa.

As mudanças climáticas, causadas pelo aumento da temperatura média global, se tornaram um desafio. O Copernicus Climate Change Service (2025), afirma que a temperatura média global ultrapassou 1,5°C em 2024, acima do nível pré-industrial. No entanto, este cenário é preocupante, tendo em vista que ultrapassa a temperatura de 1,5°C estabelecido pelo Acordo de Paris (ONU, 2015a), conforme reitera o relatório Mudança do Clima no Brasil, publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), recorda o Acordo de Paris firmado em 2015, sobre a limitação do aumento da temperatura a 1,5°C (Brasil, 2024c). Esse aquecimento está diretamente relacionado a eventos climáticos extremos, como ondas de calor, incêndios florestais e inundações, impactando cada vez mais a sociedade e a natureza. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) destaca a urgência de estabelecer o compromisso, exigindo reduções de emissões para conter a crise climáticas (IPCC, 2023).

Nesse cenário, os Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 30, estabelecido pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), em 2015, assumem um papel estratégico (ONU, 2015). Dentre estes se destacam o ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima) que busca adotar medidas urgentes para mitigar os efeitos climáticos; ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), que promove a urbanização inclusiva e sustentável.

Além disso, Instrumentos nacionais como o Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012) e o Estatuto da Cidade (Brasil, 2001), desempenham uma das formas para regulamentar e preservar a biodiversidade. O Código Florestal protege as Áreas de Preservação Permanente (APPs) com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem e biodiversidade, (Brasil, 2012). O Estatuto da Cidade, por sua vez, estabelece diretrizes como o Plano Diretor onde deve incluir a criação de espaços verdes, além do parcelamento e uso e ocupação do solo (Brasil, 2001).

Pesquisa conduzida por Porto *et al.* (2021) em Belém-PA, evidenciou a ocupação desordenada, resultante a mudança do clima urbano. Nesta perspectiva, o estudo relaciona o índice vegetativo ao comportamento da temperatura, identificando a ausência de vegetação em

algumas áreas e observando a elevadas temperaturas. Além disso, os autores constataram a diminuição de temperatura próximo à zona de proteção ambiental.

Estudo realizado por Tavares et al. (2021) em Barcarena-PA apontam a alteração da cobertura vegetal em devido ao crescimento urbano, a partir da instalação da Albrás, empresa de produção de alumínio e de grande importância no município. De forma semelhante, a implantação da Usina Hidrelétrica em Tucuruí, no final da década de 1970, uma edificação de grande relevância, ocasionando impactos socioeconômicos e ambientais para a região sudeste do Pará. Isso pode ser verificado nas regiões de terra firme no entorno do lago da UHE de Tucuruí, as quais apresentam ação antrópica, como a substituição da floresta natural por pastagem. Essas alterações afetam a diversidade e a dinâmica do ecossistema, pois a cobertura vegetal é vital para regular a temperatura e na influência da variabilidade do clima local (Silva, 2021).

O desenvolvimento sustentável, como a integração de soluções baseadas na natureza, fortalece a resiliência climática nas áreas urbanas (Mallick et al., 2021). A medida de mitigação do calor urbano com a infraestrutura verde e azul. A infraestrutura verde, inclui arborização urbana e telhados/paredes verdes, enquanto a azul, abrange recursos hídricos que atuam no resfriamento do ar por meio da evapotranspiração (Khare, Vajpai; Gupta, 2021). Pesquisas realizada por Wang et al. (2024) reforçam a importância da cobertura vegetal na área urbana como uma solução para mitigar a elevação da temperatura superficial. De acordo com o estudo, a expansão da cobertura, pode influenciar no conforto térmico a nível local, com variações de 0,04°C a 0,57°C para cada 1% de expansão da vegetação urbana.

Nesta esteira, essa pesquisa por meio do sensoriamento remoto, ferramenta usada para o monitoramento da configuração da mudança e uso do solo, bem como aspecto climático e planejamento urbano, avaliou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), possibilitando a análise a cobertura vegetal, e a Temperatura Superficial Terrestre (TST), na área urbana de Tucuruí-PA, abrangendo 32 bairros, no período de 28 de julho de 2024 e 16 de julho de 2024, respectivamente. A partir de mapas gerados do NDVI e TST, foram calculados e correlacionados os índices de vegetação e temperatura, permitindo identificar áreas com maior e menor cobertura vegetal e seus impactos nas condições térmicas locais, determinando a influência da arborização na redução de calor urbano.

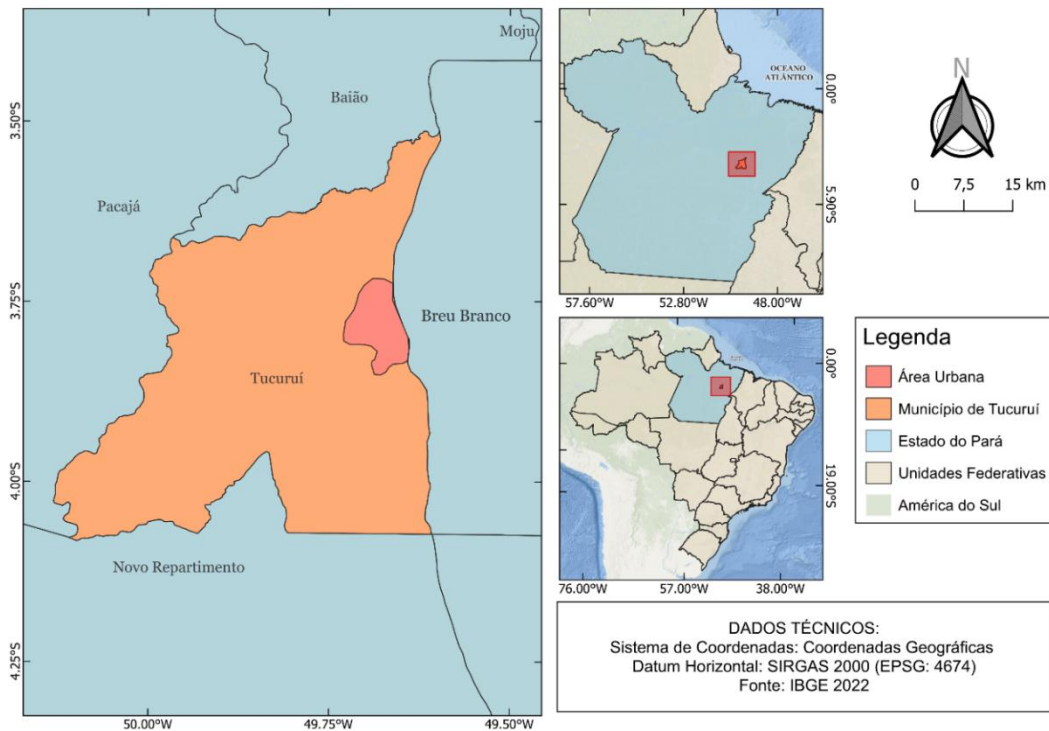
## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado na zona urbana do município de Tucuruí (Figura 1), a cerca de 460 km de Belém, a capital do estado do Pará. A cidade pertencente a Mesorregião Sudeste Paraense e situa-se, situada às margens do rio Tocantins, juntamente com outros seis municípios, Breu Branco, Goianésia do Pará, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento, inserido na região de Integração do Lago de Tucuruí.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Tucuruí possui uma área territorial de 2.089,289 km<sup>2</sup> e a população residente estimada de 91.306 habitantes. Com cerca de 43,81 hab/km<sup>2</sup>, caracteriza-se como a 16<sup>a</sup> mais populosa do estado.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Tucuruí-PA e área urbana



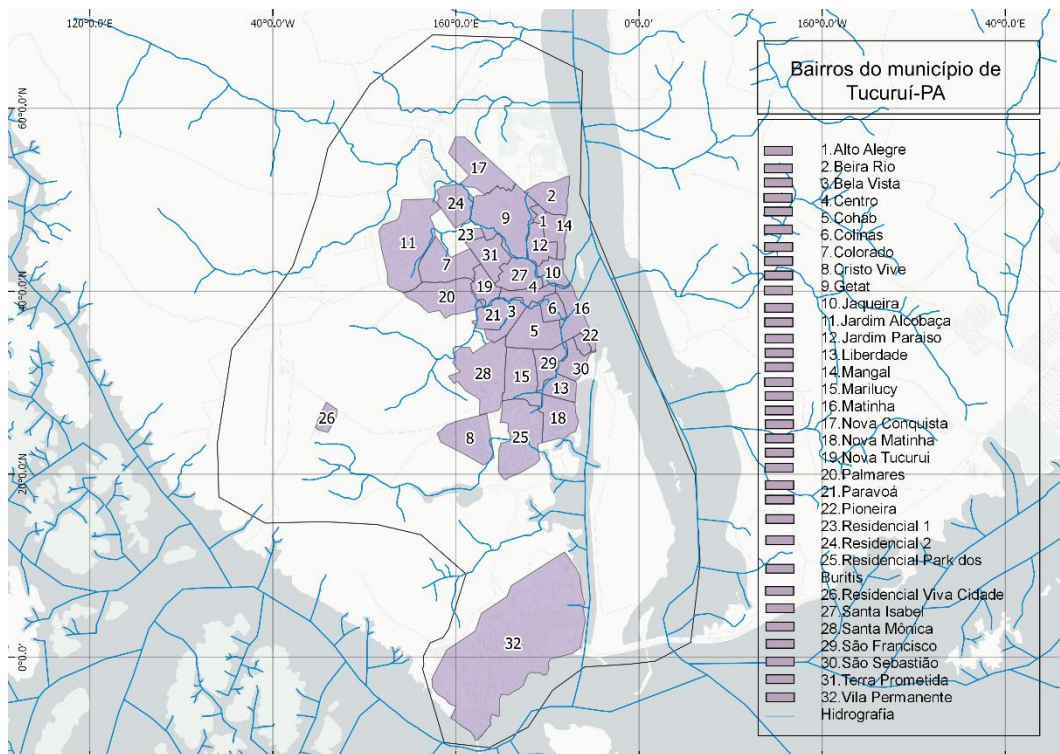
Fonte: Autores, 2024

Conforme o Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável do Lago de Tucuruí (2011), o solo predominante do município é o Argilosos Vermelho Amarelo, com a presença também do Latossolo Amarelo e do Latossolo Vermelho Amarelo. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima do município é tropical úmido megatérmico (Am), caracterizado por um índice pluviométrico anual da ordem 2000 mm, com moderado período de estiagem (entre julho e setembro), com a precipitações inferiores a 50 mm e temperatura média anual de 27°C (PDRS, 2011).

A caracterização da vegetação, destaca-se predominante a Floresta Amazônica de Ombrófila Densa e uma extensa área com cobertura vegetal intensamente modificada pela atividade humana, especialmente ao longo das rodovias PA-150 e BR-230, conforme o relatório da Fapespa (2014).

A ocupação e expansão do município foi impulsionada pela extração e exportação da borracha e castanha-do-pará, por meio da Estrada de Ferro do Tocantins. Além disso, a região possui um histórico de impactos ambientais em decorrência da construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, construída em 1976, a cidade teve um grande crescimento demográfico e distribuição espacial, sendo um dos principais destinos de trabalhadores do país (PDRS, 2011). A Figura 2 apresenta o mapa temático, identificando a localização dos bairros no município de Tucuruí-PA. A área de estudo abrange 28 bairros e 4 residenciais (Figura 2).

Figura 2 – Localização dos bairros no município de Tucuruí-PA



Fonte: Autores, 2024

## 2.2 OBTENÇÃO DADOS E PROCESSO DE IMAGEM

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2 (Rezende, 2017), as quais foram obtidas por meio do Copernicus Browser. Além disto, utilizou-se as e imagens do satélite Landsat 8 através do portal *Earth Explore* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) (Rosa; Filho, 2023).

A escolha dos satélites foi baseada nas suas características específicas. O Sentinel-2 se destacou pela sua resolução espacial de 10 metros e o intervalo de revista de 5 dias, dependendo das condições atmosféricas. As imagens utilizadas, possuem correção atmosférica (Copernicus, 2024). Para calcular os NDVI, foi escolhida a imagem mais atual disponível, datada em 28/07/2024, incluindo uma cobertura de nuvens inferior a 10%.

Já para as imagens escolhidas do Landsat 8 Coleção 2 Nível 1, optou-se pela possibilidade da análise da Temperatura Superficial Terrestre (TST), através da banda térmica TIRS (banda 10) com a resolução espacial de 100 metros (USGS, 2024a). A data da aquisição de imagem é do dia 16/07/2024 com o critério de 10% de nuvens.

A eficiência do sensoriamento remoto em coletar dados em larga escala, por meio de satélites como Sentinel-2, coletando imagem multiespectrais de alta resolução, variando de 10m a 60m. Essa capacidade permite identificar a atividade fotossintética de forma mais precisa.

O satélite Landsat 8, com sensores Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), variam suas resoluções espaciais conforme a banda, sendo 30 metros para banda do visível, 15 metro para banda pancromática e 100 metros para as bandas termais pelo TIRS, sendo criada duas bandas para o comprimento de ondas de uma única banda nos sensores Thematic Mapper (TM) e Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM), o que tem melhorado sua precisão no monitoramento da dinâmica e da cobertura vegetal, contribuindo para o planejamento urbano e ambiental (Szantoi; Strobl, 2019; Souza, 2019).

Após a obtenção de dados, iniciou-se a primeira etapa do processamento de imagem, onde consistiu em e (três) etapas. No primeiro delimitar a área urbana de Tucuruí, com o auxílio da função “polígono” para criar o *Shapefile*, da área urbana, após a delimitação, foi feito o recorte da área, usando a ferramenta “extraí feições”. Em seguida, usamos a ferramenta “extrair feições” para recortar a área urbana de Tucuruí. Por fim, foi inserido o *Shapefile* de cada bairro delimitado. O software QGIS Versão 3.10 LTR, foi utilizado tanto para o processamento de dados quanto para a realização dos cálculos de NDVI e TST.

### 2.3 PROCESSAMENTO DO NDVI

O NDVI é a combinação das duas faixas do espectro eletromagnético, a faixa do infravermelho próximo (NIR) e a faixa do vermelho (RED). Para calcular o NDVI, torna-se necessário utilizar as imagens referentes a banda 4 (vermelha) e a banda 8 (infravermelha). Segundo Pessi et al. (2019), o NDVI avalia a atividade fotossintética, onde os valores do intervalo variam entre -1 e +1. Áreas com vegetação densa tendem valores próximos de +1, enquanto áreas hidrográficas, solo exposto e áreas construídas apresentam valores negativos ou

próximo de 0. O processamento da imagem foi realizado por meio da ferramenta “calculadora raster” no QGIS Versão 3.10 LTR, aplicando a Equação 1.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad [1]$$

Nesta equação, NIR representa a banda do infravermelho, enquanto RED representa a banda do vermelho.

Segundo Menezes, Oliveira e Freitas (2023), quando os valores apresentados são negativos, significa locais com baixa arborização ou nenhuma, quando os valores são positivos ou próximo a 1, apresentam áreas arborizadas

## 2.4 PROCESSAMENTO DO TST

Li *et al.* (2023), define a temperatura superficial terrestre como um parâmetro essencial no processo de transferência de energia na superfície. A importância se dá pela troca direta da radiação de ondas longas e fluxos de calor na interface entre a superfície e a atmosfera, o que exige correções atmosféricas para garantir a precisão dos dados.

Para obter informações confiáveis, os sensores dos satélites captam a reflectância das imagens, mas esses dados precisam passar por um tratamento específico. Conforme Chander, Markham e Helder (2009), os sensores devem ser calibrados para garantir maior precisão, sendo essa etapa um pré-requisito para que os resultados sejam confiáveis.

### 2.4.1 Transformação do número digital (DN) em Radiância Espectral no Landsat 8

Para a criação do mapa do TST, foi utilizada a banda 10 (infravermelho-termal) captada pelo do sensor Termal Infrared Sensor (TIRS). O cálculo iniciou com a Equação 2 (USGS, 2024b), a partir da conversão dos níveis de cinza da imagem (DN), que é a imagem baixada pelo satélite.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad [2]$$

Nesta equação,  $Q_{cal}$  representa a imagem DN, que é a imagem baixada pelo satélite, enquanto  $M_L$  e  $A_L$  são coeficientes que podem ser encontrados no arquivo metadados da imagem.

Após converter os números digitais (DNs) em radiância espectral, aplicou-se a Equação 3 para transformá-la em temperatura de brilho. Essa conversão tem como objetivo remover a interferência atmosférica na imagem.

#### 2.4.2 Transformação da Radiância em Temperatura de brilho

A banda 10 (infravermelho-termal) por receber interferência de luz dispersa de áreas adjacentes às cenas imageadas, exige o ajuste através da equação 3 (Osco, 2017). A região do infravermelho termal recebe a radiação emitida pelos objetos, sendo a temperatura captada por sensores (Ferreira, 2021), porém varia de acordo com a sazonalidade e a incidência solar de cada região. Conforme Silva e Ribeiro (2023), para garantir a precisão das análises, foi realizada a transformação da radiância.

$$T_b = \left( \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda}\right) + 1} \right) - 273.15 \quad [3]$$

Na Equação 3,  $L_\lambda$  representa a radiância espectral no topo da atmosfera, calculada anteriormente. O  $\ln$  sendo o logaritmo natural, e os coeficientes K2 e K1 podem ser encontrados no arquivo de metadados da imagem. Após a obtenção das temperaturas, estas foram convertidas de Kelvin (K) para Celsius (°C), escala de temperatura usada no Brasil.

Os valores referentes ao coeficiente calculado na conversão dos números digitais (DN) para radiância e temperatura de brilho no sensor TIRS, foram coletados no arquivo metadados, o qual foi baixado com a imagem do satélite, no portal *Earth Explore* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), conforme consta na Tabela 01. Com o auxílio da ferramenta “Calculadora raster” do QGIS, os valores foram aplicados no processamento da imagem.

Tabela 1 – Elementos e valores referentes a conversão para radiância e temperatura de brilho do Landsat 8, extraídos dos metadados

Elementos	Landsat 8
$Q_{cat}$	Banda 10 TIRS
$M_L$	0,00033420
$A_L$	0,10000
$K1$	774,89
$K2$	1321,08

Fonte: Adaptado Crispim et. al (2020).

## 2.5 ESTATÍSTICAS ZONAIS E CORRELAÇÃO

Por fim, com o auxílio da ferramenta “Estatísticas Zonais” do Software QGIS, foi possível calcular as estatísticas da camada raster em combinação com arquivo vetorial dos bairros (Silva; Ribeiro, 2023). Com a base nesta ferramenta, calculou-se os valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão do NDVI e TST.

Essa ferramenta mostrou-se eficiente na análise comparativa da cobertura vegetal e temperatura entre os bairros, oferecendo melhor visualização e interpretação dos mapas temáticos. Esse cálculo estatístico foi obtido a partir da análise do conjunto de pixels dentro de cada delimitação dos polígonos, que representam os bairros, permitindo identificar padrões e variações na vegetação e temperatura (Zhang; Wang; Ding, 2022).

Além disso, os dados obtidos irão permitir a identificação de áreas críticas, como regiões com baixa cobertura vegetal e altas temperaturas, que podem estar relacionadas a fenômenos urbanos como os efeitos de ilhas de calor. Com essa análise, será possível propor ações de planejamento urbano que visem à melhoria da qualidade ambiental, como o aumento de áreas verdes e o uso de materiais que minimizem o aquecimento urbano.

Para determinar a correlação entre o NDVI e a TST, nos 32 pontos de amostragem, com diferentes tipos de uso do solo, realizou-se um cálculo estatístico, sendo gerado o gráfico de dispersão, com o auxílio do Microsoft Excel. Os cálculos partiram dos valores médios do NDVI e TST, obtidos por meio da ferramenta Estatísticas Zonais, de cada bairro estudado. Esses dados foram exportados para o cálculo do coeficiente de correlação e coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Assim, foi possível visualizar a tendência proporcional entre as variáveis.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 VEGETAÇÃO E TEMPERATURA NO PERÍMETRO URBANO

Os valores apresentados na Tabela 2, demonstram os diferentes níveis de cobertura vegetal, sendo apresentado em função dos valores médio, das variabilidades dentro de cada bairro, e dos valores extremos, como mínimo e máximo. A média do NDVI para o município foi de 0,22. O NDVI é a combinação da reflectância do infravermelho próximo com a reflectância do vermelho, sendo possível destacar a diferença entre áreas com vegetação e solo exposto, apresentando valores com variação de -1 a 1. Segundo Menezes (2023), quando os valores apresentados são negativos, significa locais com baixa arborização ou nenhuma, quando os valores são positivos ou próximo a 1, apresentam áreas arborizadas.

Tabela 2 – Valores referente ao NDVI em cada bairro do município do Tucuruí-PA

Bairros	NDVI 2024			
	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.
Alto Alegre	0,20	0,11	0,04	0,61
Beira Rio	0,20	0,12	0,00	0,59
Bela Vista	0,22	0,15	-0,02	0,65
Centro	0,12	0,11	-0,04	0,63
Cohab	0,15	0,11	-0,09	0,62
Colinas	0,23	0,15	-0,03	0,62
Colorado	0,21	0,12	-0,07	0,65
Cristo Vive	0,26	0,14	0,01	0,64
Getat	0,24	0,14	-0,04	0,65
Jaqueira	0,22	0,15	-0,06	0,66
Jardim Alcobaça	0,25	0,12	0,00	0,66
Jardim Paraíso	0,20	0,15	-0,03	0,61
Liberdade	0,21	0,12	0,00	0,60
Mangal	0,22	0,15	-0,03	0,61
Marilucy	0,22	0,16	-0,05	0,69
Matinha	0,22	0,13	0,00	0,66
Nova Conquista	0,25	0,12	0,00	0,61
Nova Matinha	0,17	0,09	-0,05	0,58
Nova Tucuruí	0,20	0,12	-0,01	0,62
Palmares	0,27	0,14	0,03	0,66
Paravoá	0,26	0,16	-0,01	0,65
Pioneira	0,21	0,10	0,00	0,58
Residencial 1	0,16	0,10	0,01	0,53
Residencial 2	0,26	0,14	-0,01	0,65
Residencial Park dos Buritis	0,27	0,15	-0,04	0,64
Residencial Viva Cidade	0,21	0,09	0,01	0,54
Santa Isabel	0,19	0,13	-0,05	0,66
Santa Mônica	0,20	0,13	-0,03	0,64
São Francisco	0,26	0,16	-0,16	0,67
São Sebastião	0,26	0,16	0,01	0,65
Terra Prometida	0,20	0,13	-0,04	0,64
Vila Permanente	0,35	0,17	-0,06	0,68

Fonte: Autores, 2024

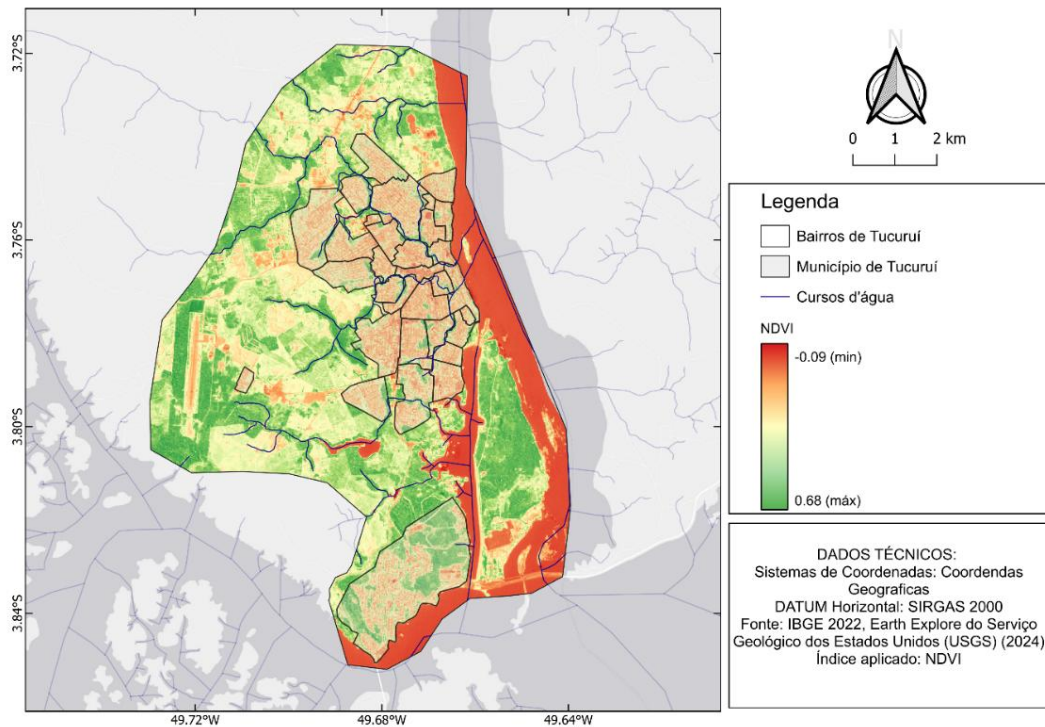
Observando a Figura 3, é possível identificar que os bairros afastados do perímetro central apresentaram índices mais elevados atividade fotossintética, como a Vila Permanente (0,35), Palmares (0,27) e Residencial Park dos Buritis (0,27). Em contrapartida, notou-se que as menores médias foram registradas nos bairros mais centrais, como o Centro (0,12) e Cohab (0,15). O solo coberto por vegetação apresenta temperaturas médias mais baixas em

comparação às áreas com solo exposto, isso está associada com o resfriamento. Esse efeito acontece quando a evaporação transforma a energia solar em vapor d'água, ao invés de gerar calor, ajuda a manter a temperatura mais baixa, promovendo sombras reduzindo o calor (Gomes, 2020).

Isso reforça a importância da sustentabilidade ambiental aplicada ao ambiente urbano, evidenciando o efeito positivo da vegetação no clima local especialmente em bairros centrais com baixa cobertura vegetal. O planejamento voltado para a sustentabilidade está relacionado ao desenvolvimento social e infraestrutural e meio ambiente. Silva, Lima e Daminieli (2024) desenvolveu um estudo sobre estratégia de resiliência às mudanças climáticas para cidade de pequeno porte, onde menciona que a aplicação da infraestrutura verde deve ser integrada à cidade, como um parque ecológico, áreas para atividades recreativas e corredor ecológico, vale ressaltar que o município de Santa Rosa (RS) possui um plano de arborização. Com essa base, observou-se que além do seu valor estético, a arborização modifica o microclima das cidades melhorando o conforto térmico.

Cardoso *et al.* (2024) utilizaram como estudo de caso em praças arborizadas no município de Viçosa-MG, identificando que a área da copa da árvore é uma grande importância em estudos relacionados à vegetação, sendo geralmente medida pelo raio ou diâmetro da copa. O sombreamento e a evapotranspiração que ela proporciona são essenciais para melhorar o conforto térmico, mostrando que árvores com copas maiores tornam o ambiente mais agradável, principalmente em praças e áreas próximas (Cardoso *et al.* 2024).

Figura 3 – Índice de vegetação por diferença normalizada distribuída na área urbana de Tucuruí-PA



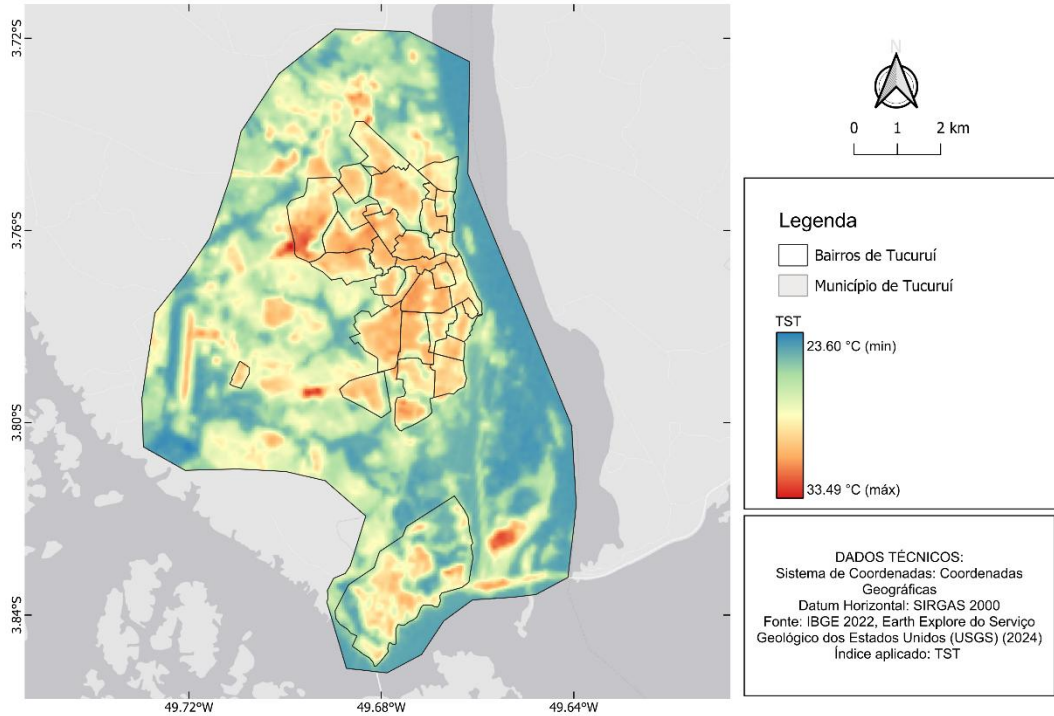
Fonte: Autores, 2024

Em relação ao valor mínimo do NDVI observado é de -0,16 no bairro de São Francisco (-0,16), e o máximo de 0,69 no Centro. Essa diferença indica uma grande divergência entre padrões espectrais de elementos, o que requer análise mais aprofundadas. O NDVI negativo está associado a ausência ou redução da vegetação. A baixa variação dos valores de NDVI indica elementos com padrões espectrais semelhantes. Desta forma, áreas com alta variação, ocorre quando há expansão de áreas urbanizadas, desmatadas, corpos hídricos, área com vegetação densa (Silva; Ribeiro, 2023).

A análise da Figura 4 mostra a espacialização das temperaturas de superfície no perímetro urbano de Tucuruí-PA, cuja temperatura média registrada no município foi de 29°C. Observa-se é possível observar a temperatura mínima de 23,60°C e máximo de 33,49°C. As áreas com maior retenção de calor estão centralizadas na região de maior movimentação e aglomeração de construções, além da ausência de áreas verdes, o que elevando a temperatura. Esta elevação está diretamente relacionada a substituição de áreas naturais por superfícies como concreto e asfalto, elevando a temperatura que absorve mais calor. Além disso, a mortalidade das árvores, e a ocorrência de incêndios, aumentam a concentração do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), de metano (CH<sub>4</sub>), de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), e de ozônio (O<sub>3</sub>). Estes gases absorvem a

radiação infravermelha emitida pelo planeta, e ao interceptar a atmosfera, armazenam o calor, contribuindo para o aumento da temperatura da Terra (Artaxo, 2020).

Figura 4 – Temperatura da superfície terrestre (TST) em cada bairro do município do Tucuruí-PA



Fonte: Autores, 2024

Com base na análise das Tabelas (3 e 4), é possível identificar a influência da área vegetada na temperatura da superfície. A média da temperatura registrada na área de estudo foi de 29°C, refletindo uma média significativa de aquecimento. No entanto, ao considerar as diferenças entre os bairros, o impacto da vegetação torna-se ainda evidente, a formação de ilha de calor. Neste sentido, notou-se no bairro da Cohab (30,48°C), uma das temperaturas mais elevadas do município, cenário decorrente da carência de áreas verdes. Por outro lado, a Vila Permanente (27,49°C), apresentou uma temperatura relativamente mais amena, o que pode ser atribuído a maior presença de vegetação local. Estes dados ressaltam a importância das áreas verdes como elemento-chave para a mitigação de elevadas temperaturas urbanas, impactando diretamente o conforto térmico da população residente naquela região.

Tabela 3 - Valores referente a Temperatura da superfície terrestre (TST) em cada bairro do município do Tucuruí-PA

Bairros	TST 2024
---------	----------

	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.
Alto Alegre	29,34	0,57	27,60	30,10
Beira Rio	28,62	1,03	25,23	30,44
Bela Vista	29,39	1,04	26,57	31,12
Centro	30,32	0,62	27,70	31,35
Cohab	30,48	0,72	27,82	31,47
Colinas	29,51	0,94	27,34	31,03
Colorado	30,18	1,14	27,09	31,68
Cristo Vive	28,97	1,45	25,25	30,93
Getat	29,24	1,23	25,79	31,31
Jaqueira	28,58	0,96	26,32	29,99
Jardim Alcobaça	29,82	1,40	25,66	32,71
Jardim Paraíso	29,23	1,63	25,80	30,58
Liberdade	29,59	0,79	27,26	31,01
Mangal	28,52	1,23	25,48	30,44
Marilucy	29,78	1,22	26,11	31,59
Matinha	29,08	0,78	26,44	30,49
Nova Conquista	29,08	0,90	26,61	30,97
Nova Matinha	29,48	0,59	26,84	30,47
Nova Tucuruí	30,00	0,84	27,19	30,99
Palmares	29,48	0,99	27,00	31,46
Paravoá	28,98	1,12	26,40	30,58
Pioneira	29,15	0,51	28,09	29,95
Residencial 1	29,60	0,83	27,92	30,74
Residencial 2	29,04	1,24	25,90	30,71
Residencial Park dos Buritis	28,93	1,28	25,68	31,60
Residencial Viva Cidade	29,33	0,72	26,89	30,55
Santa Isabel	29,96	1,13	26,21	31,33
Santa Mônica	29,75	1,32	25,19	31,43
São Francisco	29,03	0,89	26,51	30,65
São Sebastião	28,93	1,06	23,00	30,68
Terra Prometida	30,06	0,92	26,43	31,71
Vila Permanente	27,49	1,73	24,36	31,51

Fonte: Autores, 2024

Em relação aos bairros com baixa temperatura, notou-se a presença de igarapé, além da vegetação densa, tanto ao redor quanto cortando alguns bairros da cidade, a saber: Mangal, Jaqueira, Beira Rio, Park dos Buritis e Jardim Paraíso (Figura 2). Guha et al. (2018), destacam que a presença de corpos hídricos ajuda a mitigar o efeito do calor, diminuindo, portanto, a temperatura. Isto ocorre devido a capacidade térmica da água, a qual absorve o calor. Deste modo, a evaporação da água contribui para o resfriamento do ambiente.

Dentre os 10 bairros que registraram maiores médias de temperatura superficial terrestre, seis destacaram-se pelo registro de menor média do NDVI, evidenciando baixa cobertura vegetal, intensas área construída ou solo exposto. Esses bairros são: Cohab, Centro, Residencial 1, Santa Isabel, Santa Mônica e Terra Prometida. Esta homogeneidade, reflete o valor do desvio padrão das amostras dos pixels desses bairros, mostrando a variabilidades dos valores de TST e NDVI, diretamente associada à configuração urbana desordenada contribuindo para a formação da ilha de calor.

Entende-se que esse fenômeno é caracterizado pelo clima urbano, que é influenciado por fatores locais, morfologia urbana, tem como alguns atributos a alta taxa de albedo, redução de áreas verdes e alta densidade de edificações (Mendes; Amond; Silva, 2022). Com esses dados pode-se supor a formação de ilhas de calor na área, as quais comprometem a saúde e o bem-estar dos indivíduos. Pesquisas afirmam há evidências sobre o aumento de hospitalizações, levando a mortalidade, devido à relação entre altas temperaturas e o risco de doenças cardiovasculares, cerebrovasculares, respiratórias e renais (Anay; Visbal; Miño, 2024).

Em contrapartida, ao analisar os 10 bairros com menores médias nos valores de TST, observou-se que 7 destacam-se com os maiores valores médios de NDVI, os quais são: Cohab, Centro, Terra Prometida, Nova Tucuruí, Santa Isabel, Santa Mônica e Residencial1. Além disso, os desvios padrões tendem a ser mais elevados, o que pode estar relacionado à presença de bairros recentes, como Cristo Vive e Park dos Buritis, ou bairros planejados paisagisticamente, como a Vila Permanente. Nestas áreas, a presença da cobertura arbórea e de espaços abertos, de áreas pavimentadas, de edificações e outros elementos, torna a superfície heterogênea.

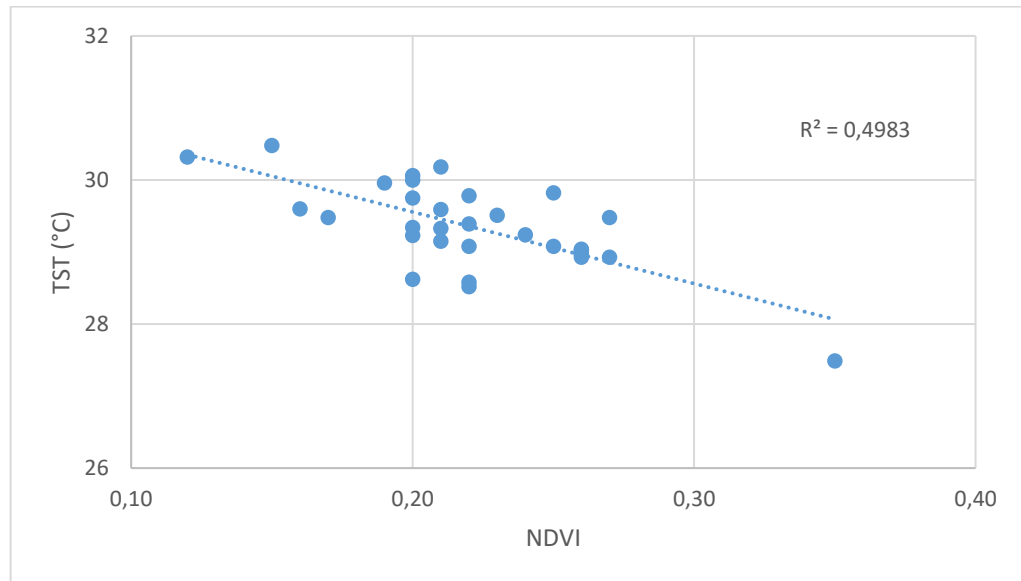
Com o desenvolvimento socioeconômico, a urbanização tem acelerado as superfícies impermeáveis, trocando as áreas naturais por áreas construídas de difícil permeabilidade; além de promover a circulação de veículos e pedestre, motivando a migração populacional. Este processo tem aumentado a heterogeneidade da superfície, com a mudança do uso e ocupação do solo e da configuração espacial. Consequentemente, o TST muda rapidamente no espaço e tempo, elevando a temperatura em áreas urbanas (Chao, 2020).

### 3.2 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE NDVI E TST

A correlação entre as variáveis TST e NDVI, como esperado, apresentou o padrão negativo, a diminuição de áreas com cobertura vegetal implica no aumento da temperatura. Este comportamento inversamente proporcional, pode ser observado no gráfico de dispersão na Figura 5, que apresenta uma tendência ao valor negativo. O coeficiente de correlação foi de -

0,70 com concentração de dados, indicando forte correlação, enquanto o coeficiente de determinação  $R^2$  foi de 0,49. Segundo Hendges, Follador e Andres (2020) os valores de correlação estão divididos nos seguintes intervalos: fraca correlação (0,01 a 0,39), média correlação (0,40 a 0,69) e forte correlação (0,70 a 0,99).

Figura 5 – Correlação entre NDVI e a Temperatura Superficial dos bairros de Tucuruí-PA



Fonte: Autores, 2024

Os resultados obtidos nesta pesquisa reforçam o papel da vegetação na mitigação da temperatura superficial, as áreas com maior cobertura vegetal tendem a apresentar temperatura baixas, haja vista que absorve a radiação solar. Ullah et al. (2023), ao avaliar zonas urbanas e rurais do baixo Himalaia, Paquistão, identificaram correlações negativas em áreas de ambiente construído, (-0,52;  $R^2=0,27$ ). Este estudo foi realizado com base numa abordagem de classificação por máxima verossimilhança (MaxVer), diferente do presente estudo utilizou a média central.

A partir do gráfico de dispersão (Figura 5) obteve-se o coeficiente de correlação de -0,70, com os concentração de dados, que pode indicar que os bairros tem a distribuição moderada da vegetação. Em estudo realizado por Reis et al. (2022), foram encontrados resultados semelhantes ao analisar a forte correlação negativa, verificando a diminuição dos valores do NDVI com o aumento da temperatura da superfície, salientando a importância de áreas verdes para o conforto térmico da população residente. Esse resultado reflete com clareza o papel da vegetação na redução do efeito ilha de calor. Rupard (2019), reforça a criação de espaços verdes, onde há arborização predominante, ajuda diminuir a temperatura da superfície

através do sombreamento e evapotranspiração, tornando eficaz na redução das ilhas de calor urbana.

Além do efeito Ilha de calor, existem também fenômenos como ondas de calor e incêndios florestais. Estudos realizado na região da Floresta Nacional do Tapajós, no Pará, avaliam e afirmam a presença de ondas de calor e desconforto térmico, caracterizado por altos níveis de radiação, somados a altas temperaturas e umidade (Mandú *et al.*, 2021). Conforme afirmado por Morais e Silva (2024), Pantanal enfrentou o pior registro de focos de incêndios, atingindo unidades de conservação, sendo a atividade humana um dos principais fatores contribuintes. O impacto dos incêndios florestais é considerado um problema de ordem mundial, sabendo que a severidade do fogo provoca alterações em diversos aspectos do ecossistema, desde mudanças na paisagem até propriedades físico-químicas, causando consequência para a comunidade e a economia (Fidalgo; Fernandes, 2023).

Os efeitos das mudanças climáticas são preocupantes, especialmente no Norte do Brasil, que é uma das regiões mais suscetíveis, o que pode impactar diretamente os recursos hídricos e o acesso a água. Estudos realizado por Costa, Blanco e Oliveira (2021) evidenciam a preocupação com a Amazônia futuramente e compreende os efeitos da variabilidade climática, através de modelos hidrológicos baseado em cenários futuros. Diante disto, o cenário se torna ainda mais alarmante, pois as mudanças climáticas possivelmente irão influenciar no clima urbano de Tucuruí.

Os dados revelados por Costa et al. (2024) mostram a queda nos índices umidade relativa para o município e projetam cenários futuros em que a umidade relativa registrara valores decrescente ao longo dos anos, enquanto as máximas temperaturas alcançarão valores acima de 32°C. Em virtude disso, torna-se indispensável a implantação de planejamento urbano voltado para as soluções urbanísticas alinhadas a sustentabilidade, contribuindo para Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 11, que busca tornar as cidades sustentáveis e resilientes.

Bairros consolidados, como Cohab e o Centro, apresentam baixa cobertura vegetal, com NDVI médios de 0,15 e 0,12, e temperaturas médias mais elevadas de 30,48°C e 30,32°C, respectivamente, são exemplos claros de áreas que poderiam se beneficiar da implantação de infraestrutura verde. Uma possível solução seria a presença de espaços verdes, aderindo um estilo de vida mais saudável e sustentável, aumentando a qualidade de vida no meio urbano do município (Parada, 2024).

Essas intervenções aplicadas de forma adequada, não apenas promovem o resfriamento e melhora do microclima, mas também traz benefícios como bem-estar, sociais e econômicos,

devido à relação equilibrada entre a vegetação urbana e infraestrutura, tornando cidades mais sustentáveis e preparadas para desafios climáticos.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos ao longo deste trabalho reforçam a importância da cobertura vegetal na mitigação das temperaturas elevadas, destacando o papel da arborização urbana no conforto térmico e no bem-estar da população. Por meio do sensoriamento remoto observação dos mapas temáticos, foi possível analisar a distribuição espacial da vegetação e identificar uma correlação direta entre a cobertura vegetal e a temperatura superficial. Isso reflete nos impactos da expansão urbana desordenada, devido à impermeabilização do solo e a concentração de infraestruturas associadas ao desenvolvimento socioeconômico.

As análises realizadas evidenciaram que as áreas com maior cobertura vegetal, como a Vila Permanente e o Park dos Buritis, apresentaram temperaturas médias mais baixas. Em contraste, regiões como a Cohab e o Centro, com menor arborização, registraram temperaturas mais elevadas. A correlação negativa entre o NDVI e o TST, com o coeficiente de -0,70, reforça que o aumento da vegetação é uma estratégia mitigadora e eficaz para a redução de ilhas calor urbano, principalmente em cenários futuros de redução da umidade relativa e de elevação da temperatura.

Dessa forma, torna-se necessário a implementação de medidas mitigadoras, como corredores ecológicos, arborização urbana e o planejamento sustentável das cidades. O monitoramento por sensoriamento remoto não apenas identifica áreas vulneráveis, mas também auxilia no planejamento urbano promovendo cidades sustentáveis e alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como a ODS 11, que busca tornar os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

#### REFERÊNCIAS

Aleixo, N. C. R.; Silva Neto, J. C. A. O campo térmico em área urbana na Amazônia brasileira: análise episódica na cidade de Tefé-AM. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 34, e40949, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40949>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/40949> .

Anay, O. P. VIsbal, J. H. W. Miño, L. A. Ondas de calor no Caribe colombiano: um problema de saúde pública? *Revista Cuidarte*, v. 15, n. 1, p. e3199, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.15649/cuidarte.3199>. Disponível: <https://revistas.udes.edu.co/cuidarte/article/download/3199/2950/24717> .

Artaxo, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, [s.l.], v. 34, p. 53-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005> . Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/TRsRMLDdzxRsz85QNYFQBHs/?format=html> .

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)

BRASIL. **Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta e estabelece diretrizes da política pública. 2001 Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm)

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Mudança do Clima no Brasil – Atualizada e Perspectivas para Decisões Estratégicas**. Brasília, DF, 11 de nov. 2024. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/arquivos/Relatorio\\_Mudanca\\_Clima\\_Brasil.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/arquivos/Relatorio_Mudanca_Clima_Brasil.pdf) .

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html#:~:text=Na%2021%C2%AA%20Confer%C3%Aancia%20das%20Partes%20%28COP21%29%20da%20UNFCCC%2C,para%20lidar%20com%20os%20impactos%20decorrentes%20dessas%20mudan%C3%A7as>. Acesso em: 25 out. 2020.

Cardoso, H. M. Silva, A. C. N. Lustoza, R. E. Martini, A. CARACTERÍSTICAS DAS PRAÇAS QUE INFLUENCIAM NO CONFORTO TÉRMICO. *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF*, v. 14, n. 1, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/41922/27236> .

Chao, Z., Wang, L.; Che, M.; Hou, S. Effects of different urbanization levels on land surface temperature change: Taking Tokyo and Shanghai for example. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 12, n. 12, p. 2022, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12122022> . Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/12/2022> .

Chander, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote sensing of environment**, [s.l.], v. 113, n. 5, p. 893-903, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007> . Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425709000169> .

Copernicus. Disponível em: <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission>. Acesso em nov.2024.

Copernicus Climate Change Service. **Global Climate Highlights 2024**. Disponível em: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>. Acesso em jan. 2025.

Costa, C. E. A. S.; Blanco, C. J. C.; Oliveira, J. J. F. Impact of climate change in the flow regimes of the Upper and Middle Amazon River. **Climatic Change**, [s.l.], v. 166, n. 3, p. 45,

2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03141-w> . Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-021-03141-w> .

Costa, C. E. A. S.; Sá, A. S.; Cruz, M. E. P.; Santos, V. C.; Santana, L. R. Índice de desconforto térmico e sua projeção para cenários futuros no município de Tucuruí-PA. **Revista Ouricuri**, Juazeiro, Bahia, v. 14, n. 2, p. 03-26, jul./dez., 2024. DOI: <https://doi.org/10.59360/ouricuri.vol14.i2.a19525> . Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/19525> .

Crispim, D. L.; Bezerra, P. E. S.; Amorim Lima, G. V. B.; Pereira, M. M.; Fernandes, L. L. Análise de índice de vegetação e a temperatura da superfície no município de Santa Luzia do Pará, Amazônia. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 77-86, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/jhrs/article/download/245747/36886> .

FAPESPA – FUNDAÇÃO AMAZÔNICA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Região de Integração Lago de Tucuruí. 2014. Disponível em: [https://seplad.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/peril\\_regiao\\_lago\\_de\\_tucuru.pdf](https://seplad.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/peril_regiao_lago_de_tucuru.pdf)

Ferreira, D.G. A influência da superfície urbana na variação da temperatura de superfície: uma proposta metodológica de análise. 2021. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/36637>

Fidalgo, A. Fernandes, A. S. Efeito dos incêndios florestais no ecossistema: revisão integrativa. **Territorium**, n. 30 (II), p. 5-13, 2023. DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_30-2\\_1](https://doi.org/10.14195/1647-7723_30-2_1) . Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/11185> .

Freitas, C. A. S. D.; Silva, S. L. D.; Miranda, I. M. F.; Almeida, D. S. F. D.; Figueiredo, J. V. D.; Moreira, L. C. J.; Calou, V. B. C. Dinâmica Temporal de Ilhas de Calor na Região do Crajubar-CE: Causas, Efeitos e Medidas de Mitigação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 39, e39240006, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863910006> . Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/gPZxJfcfpT3nZHBfDL7MJZM/?lang=pt> .

Gomes, E. L. M. Análise do comportamento da temperatura de superfície terrestre (TST) no período de 1997 a 202 como subsídio para o estudo do clima urbano de Maracanaú-CE. Orientador: Marta Celina Linhares Sales. 2020. TCC (Graduação)- Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: [https://repositorio.cufc.br/ri/bitstream/riufc/58629/3/2020\\_tcc\\_elmgomes.pdf](https://repositorio.cufc.br/ri/bitstream/riufc/58629/3/2020_tcc_elmgomes.pdf)

Guha, S.; Govil, H.; Dey, A.; Gill, N. Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. **European Journal of Remote Sensing**, [s.l.], v. 51, n. 1, p. 667-678, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1474494> . Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22797254.2018.1474494> .

Guilherme, A. P.; Biudes, M. S.; Mota, D. S.; Muis, C. R. Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia – MG, v. 32, p. 539-550, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-47462> . Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/XrSYLdsT98ghGVPPGyYR8Lt/?lang=pt> .

Hendges, E. R. Follador, F. A. C. Andres, J. Estudo de correlação entre o uso e cobertura da terra com a temperatura de superfície registrada pelo satélite Landsat 8. *Sociedade & Natureza*, v. 32, p. 338-347, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-42828> . Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/8D54QBm6sZcSszFXbJL6WdS/?lang=pt> .

IBGE. Estatísticas das cidades: Tucuruí, Pará. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2022.

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-97892916916. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf).

Khare, V. R.; Vajpai, A.; Gupta, D. A big picture of urban heat island mitigation strategies and recommendation for India. *Urban Climate*, [s.l.], v. 37, p. 100845, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100845> . Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095521000754> .

Li, Z. L.; Wu, H.; Duan, S. B.; Zhao, W. H.; Ren, H. Liu, P. L.; Tang, R.; Ye, X.; Zhu, J.; Sun, Y.; Si, M.; Liu M.; Li, J.; Zhang, X.; Shng, G.; Tang, B. H.; Yn, G.; Zhou, C. Satellite remote sensing of global land surface temperature: Definition, methods, products, and applications. *Reviews of Geophysics*, [s.l.], v. 61, e2022RG000777, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1029/2022RG000777> . Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2022RG000777> .

Mallick, S. K.; Das, P.; Maity, B.; Rudra, S.; Pramanik, M.; Pradhan, B.; Sahana, M. Understanding future urban growth, urban resilience and sustainable development of small cities using prediction-adaptation-resilience (PAR) approach. *Sustainable Cities and Society*, [s.l.], v. 74, p. 103196, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103196> . Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721004741> .

Mandú, T. B. Nascimento, A. L. S. Jacondino, W. D. Gomes, A. C. S. Impacto das ondas de calor no conforto térmico humano na região da floresta nacional do Tapajós, oeste do Pará. *Biodiversidade Brasileira*, v. 11, n. 4, p. 98-108, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v11i4.1775> . Disponível em: <https://icmbio.openjournalsolutions.com.br/index.php/BioBR/article/view/1775> .

Mendes, J. V. Amond, N. B. Silva, L. C. B. Ilhas de calor urbanas de superfície, ondas de calor e de frio no município do Rio de Janeiro–RJ (2015-2019). *Revista Brasileira de Climatologia*, [s.l.], v. 30, p. 133-155, 2022. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.14908> . Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14908> .

Menezes, M. C.; Oliveira, J. H. M.; Freitas, D. D. O. S. Análise do NDVI nos municípios de Canudos, Jeremoabo e Uauá (Setor Sul Do Polo Jeremoabo–Bahia) como subsídio à caracterização do uso do solo e cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, [s.l.], v. 4, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10440514> . Disponível em: <https://rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/111> .

Moraes, B. C. Sodré, G. R. C. Cardoso, A. C. D. Júnior, A. R. S. Crescimento urbano e suas implicações para o tempo e clima da região metropolitana de Belém do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 04, p. 2045-2060, 2022.

Morais, I. C. S. Silva, M. H. S. Precipitação, ondas de calor e focos de incêndios no Pantanal Sul, Região de Corumbá-MS, para o ano climático de 2020. *Revista Pantaneira*, v. 25, p. 38-50, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/revpan/article/view/22282> .

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Acordo de Paris sobre o Clima**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/88191-acordo-de-paris-sobre-o-clima> .

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 30 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em nov. 2024.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **3 Saúde e Bem-Estar**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/3> . Acesso em nov. 2024.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **11 Cidades e Comunidades Sustentáveis**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11> . Acesso em nov. 2024.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **13 Ação contra a mudança global do clima**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13> . Acesso em nov. 2024.

Osco, L. P.; Junior, J. M.; Ramos, A. P. M.; Creste, J. E. Análise comparativa entre métodos de correção atmosférica de imagem Landsat 8 para a extração da Temperatura Superficial e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. 2017. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2017/10.27.12.35.09/doc/59473.pdf> .

Parada, V. J. C. O papel da morfologia e dos espaços verdes nas dinâmicas da Ilha de Calor Urbano. O exemplo da cidade de Coimbra. 2022. UC - Dissertação de Mestrado – Coimbra, Portugal. 2022.

PDRS. Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável do Lago de Tucuruí. 2011. Disponível em: [https://seplad.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/pdrs\\_lago\\_de\\_tucurui.pdf](https://seplad.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/pdrs_lago_de_tucurui.pdf).

Pessi, D. D.; Pimentel, C. F.; Cândido, A. K. A. A.; Junior, P. L. M.; Silva, N. M. Análise da relação entre NDVI e a temperatura da superfície terrestre como técnica no planejamento urbano dos municípios. **Revista Terra Plural**, [s.l.], v.13, n.3, p. 237-251, 2019. DOI: 10.5212/TerraPlural.v.13i3.0016 Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13100>

Porto, A. L. G.; Maués, L. M.; Verbicaro, C. C.; Rabelo, M. L. G. Uso de geotecnologias na análise da relação entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície na cidade de Belém-PA. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA**, Maceió, v. 3, p. 105-113, 2021. DOI: <https://doi.org/10.46421/singeurb.v3i00.1153> . Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/article/view/1153> .

Reis, W. K. B.; Moreira, R. M.; Santos, B. C.; Souza, P. H. Análise da correlação entre cobertura vegetal e temperatura de superfície na área urbana do município de Ji-Paraná, RO, Amazônia Ocidental entre 1990 e 2020. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó v. 8, n. 2, p. 172-188, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID27951> . Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/27951> .

Rezende, P. S.; Marques, D. V.; Rosa, R. Uso de dados do Sentinel-2 para cálculo de NDVI com base nos valores da reflectância aparente e de superfície. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. 2017. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2017/10.27.13.43/doc/59546.pdf> .

Rosa, H. A.; Filho, R. F. F. Influência da vegetação na temperatura da superfície em áreas urbanas por meio de imagens do satélite Landsat 8. **E&S Engineering and Science**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 1-18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES20231215245> . Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/15245> .

Rupard, M. Urban Heat Islands: Causes, Impacts, & Mitigation (Senior Project) 2019. Disponível em: <https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1200&context=crpsp> .

Silva, G. F.; Lima, J. B.; Damineli, B. L. Estratégias de resiliência às mudanças climáticas: possíveis aplicações no município de Santa Rosa (RS). **Labor e Engenho**, Campinas-SP v. 18, p. 1-12, e024013-e024013, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20396/labore.v18i00.8676738> . Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8676738> .

Silva, J. P. L. S.; Ribeiro, D. D. M. Temperatura Superficial Terrestre e NDVI dos bairros da área urbana de Arapiraca – AL: uma análise a partir das estatísticas zonais. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia-MG, v. 24, n. 92, p. 343–355, 2023. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG249264151> . Disponível: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/64151/35941> .

Silva, R. A. D. Dinâmica temporal da cobertura vegetal da Comunidade Água Fria na RDS Alcobaça em Tucuruí-PA. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Pará, 2021.

Souza, J. R. Índice de Vegetação NDVI na distinção da Cobertura Vegetal Presente No Estuário Do Rio Potengi, Natal-RN. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**. 2019. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO\\_EV126\\_MD1\\_SA9\\_ID233\\_27072019214059.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA9_ID233_27072019214059.pdf) .

Szantoi, Z., & Strobl, P. Copernicus Sentinel-2 calibration and validation. *European Journal of Remote Sensing*, v. 52, n. 1, p. 253-255, 2019.

Tavares, L. C., da Costa, J. A., da Rocha Araújo, A. R., Garcia, F. H. M., da Silva Carneiro, F., do Amaral, A. P. M., ... & de Souza Garcia, T. O uso do índice de vegetação por diferença normalizada na análise multitemporal da cobertura vegetal no complexo industrial do município de Barcarena–Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n.7, e23010715470, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.15470> . Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15470> .

Ullah, W.; Ahmad, K.; Ullah, S.; Tahir, A. A.; Javed, M. F.; Nazir, A. Abbasi, A. M. Aziz, M. Mohamed, A. Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. **Heliyon**, v. 9, n. 2, e13322, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13322> . Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)00529-7](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)00529-7) .

USGS. Earth Explore portal de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-operational-land-imager-and#overview>. Acesso em 14 de nov.2024.

USGS. Earth Explore portal de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos. **Usando o produto de dados USGS Landsat nível1**. Disponível em:< <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>>. Acesso em 14 de nov.2024.

Ward, K.; Lauf, S.; Kleinschmit, B.; Endlicher, W. Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. **Science of the Total Environment**, v.569, p.527-539, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.119> . Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716312931?via%3Dihub> .

Wang, J.; Zhou, W.; Pickett, S. T.; Qian, Y. A scaling law for predicting urban trees canopy cooling efficiency. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 121, n. 46, p. e2401210121, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2401210121> . Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2401210121> .

Zhang, Y.; Wang, Y.; Ding, N. Spatial Effects of Landscape Patterns of Urban Patches with Different Vegetation Fractions on Urban Thermal Environment. **Remote. Sens.**, v. 14, n. 22, p. 5684, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14225684>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/22/5684> .

**ANEXO I – Revista que o manuscrito será submetido (Qualis B4 – Engenharias I)**

periodicos.ufsm.br/cienciaenatura

Register Login

# CIÊNCIA e NATURA

Current Archives Announcements About Documents Policies

Q Search

**Uma estimativa do futuro sistema elétrico no Brasil**  
2022-11-30  
Este artigo é de autoria de Diego Dorneles Goulart e Mauricio Sperandio.  
[Read More >](#)

**O artigo intitulado "Das premissas metodológicas e conceituais da ética furtadiana aos desafios morais de um projeto estruturalista" foi publicado na revista "Economia e Desenvolvimento", v. 33, 2021.**  
2022-11-30

**Potencializando o processo ensino-aprendizagem nas aulas da disciplina de Mecânica Estatística**  
2022-11-30

Owned and Managed by

[Make a Submission](#)

Language

English  
Português (Brasil)

Announcements

Published: 2022-03-04