

## NDVI COMO FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO URBANO DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO ARICANDUVA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.VIII-023>

Nayara Rodrigues da Silva (\*)

\* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA (UNESP/FCT);  
e-mail [nayara.rodrigues@unesp.br](mailto:nayara.rodrigues@unesp.br).

### RESUMO

O presente artigo aborda a relação entre a expansão urbana em São Paulo e suas consequências nas condições ambientais. À medida que a cidade cresceu em direção leste, houve transformações nos córregos, rios, vegetação, uso e cobertura da terra devido ao processo de urbanização através de loteamentos e infraestrutura urbana. O clima urbano é influenciado pelas modificações no uso da terra, para Amorim (2019) o uso de geotecnologias com a utilização da interpolação de dados espaciais e modelagem, associando-se às imagens de satélites e dados meteorológicos georreferenciados, tem se apresentado como importantes instrumentos de análise em diferentes escalas e uma ferramenta importante para o planejamento urbano. Os mapas produzidos na Bacia Hidrográfica Rio Aricanduva nos períodos de seca e chuvosos utilizando NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e os mapas de temperatura de superfície demonstra que baixos índices de vegetação estão ligados a temperatura mais elevados. Logo áreas com presença de cobertura vegetal arbórea mostraram temperaturas mais baixas. Logo, estudos sobre o clima urbano podem contribuir para políticas e planejamento visando a qualidade de vida da população, indicando áreas prioritárias para projetos de arborização e conforto térmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima Urbano; Rio Aricanduva, Sensoriamento Remoto; Bacia Hidrográfica.

### INTRODUÇÃO

À medida que a mancha urbana da cidade de São Paulo se desenhou à leste, acabou intensificando as transformações nos córregos, rios, várzeas, colinas e morros, a fim de facilitar a implantação de loteamentos, vias e infraestrutura urbana. Tais obras de engenharia alteraram drasticamente o relevo, os solos, rede de drenagem e as condições do clima urbano. Como consequência, temos o aumento na frequência e magnitude de enchentes, inundações e alagamentos, processos erosivos e movimentos de massa que, combinados com a situação de segregação e desigualdades socioeconômicas, pode gerar uma diversidade de riscos e vários níveis de vulnerabilidade (SILVA, 2022).

O clima urbano é socialmente produzido devido as modificações ao uso e cobertura da terra imposta pelo processo de urbanização. Para Monteiro (2009) o Sistema Clima Urbano tem como premissa compreender a organização climática da cidade, no qual é necessário identificar que os fenômenos da urbanização, logo o clima urbano é um sistema que abrange o clima e o processo de urbanização.

Assim o processo de urbanização não ocorre de modo homogêneo nas cidades e podemos identificar tais desigualdades no uso e ocupação da terra. Tarifa & Armani (2001) destacam que clima e o seu conjunto de interações físicas, biológicas, humanas e sociais fazem parte dessa totalidade e assim devem ser compreendidos.

Monteiro (2009) destaca a importância do uso das técnicas de sensoriamento remoto como o uso de imagens de satélite infravermelho como ferramenta de mapeamentos térmicos das cidades para compreender os fenômenos relacionados ao clima urbano.

Amorim (2019) complementa que o uso de geotecnologias com a utilização da interpolação de dados espaciais e modelagem, associando-se às imagens de satélites com os dados meteorológicos georreferenciados, tem se apresentado como importantes instrumentos de análise nas diferentes escalas, sejam elas zonais, regionais ou locais.

Este artigo irá direcionar suas investigações para analisar a relação entre o índice de vegetação (NDVI) e a temperatura da superfície terrestre da bacia hidrográfica do rio Aricanduva (BHRA), situada na zona leste da cidade de São Paulo/SP. Para tal iremos utilizar imagens de satélite “*Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)*” de episódios secos e mais chuvosos, referente aos dias 22 de agosto de 2021 (referente a estação mais seca que é o inverno) e 28 de dezembro de 2021 (referente a estação mais chuvosa que é o verão).

## ÁREA DE ESTUDO

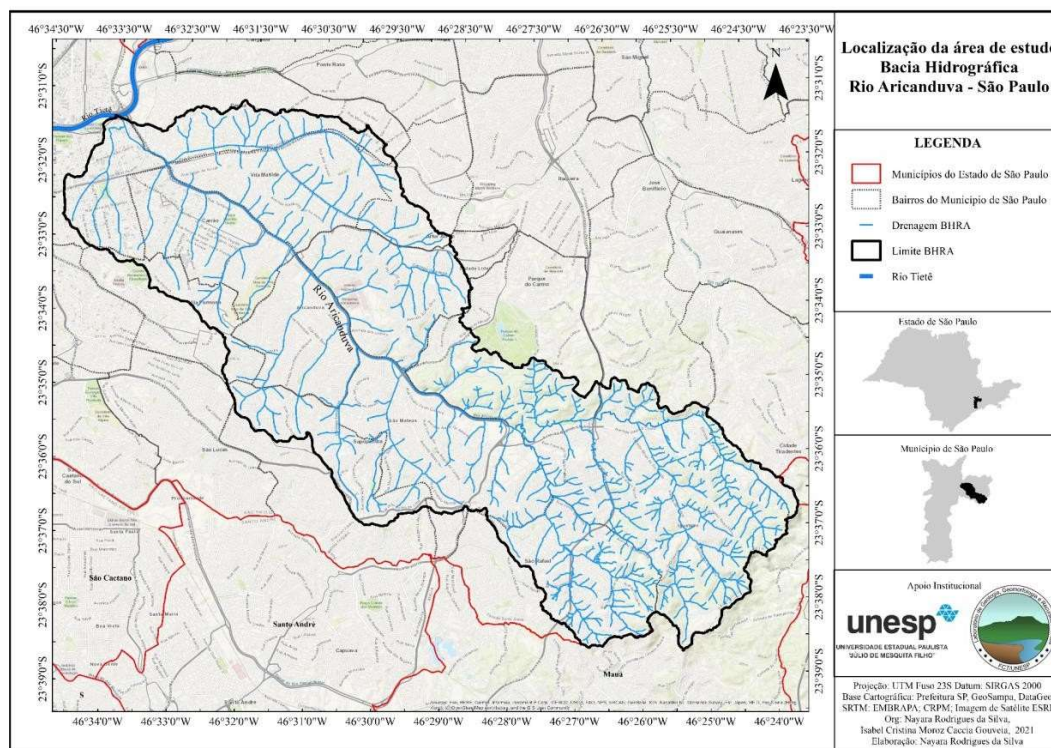
De acordo com a Prefeitura de São Paulo (2015), o município de São Paulo é dividido em cinco regiões administrativas, no qual cada região é denominada como: zona central, zona norte, zona sul, zona oeste, zona leste.

As nascentes da bacia rio Aricanduva (BHRA) estão localizadas no extremo da zona leste de São Paulo, limítrofe ao município de Mauá, sendo sua área de drenagem aproximadamente 103,9 km<sup>2</sup>, sendo a terceira maior bacia hidrográfica do município de São Paulo. A área da BHRA engloba 11 bairros de quatro subprefeituras distintas conforme se observa na Tabela 1:

Subprefeitura	Bairros	População	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )
Penha	Penha	117.691	104,15
	Vila Matilde	98.173	110,31
	Tatuapé	75.481	92,05
Itaquera	Cidade Líder	130.255	127,7
	Parque do Carmo	69.630	45,21
São Mateus	São Mateus	158.533	121,95
	São Rafael	151.017	114,41
Aricanduva	Iguatemi	126.645	64,61
	Aricanduva	92.982	140,88
	Vila Formosa	89.927	126,82
	Vila Carrão	71.366	95,15
<b>Total</b>		<b>1181,334</b>	<b>1143,24</b>

**Tabela 1: Demografia dos bairros localizados na área da Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva. Fonte: Prefeitura de São Paulo (2016); Org.: Silva, N. R. (2019).**

A Figura 1 apresenta o mapa de localização da bacia hidrográfica da Bacia do Rio Aricanduva e os bairros por ela abrangidos.



**Figura 1: Localização da área de estudo - bacia hidrográfica rio Aricanduva. Fonte: autora, 2024.**

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente artigo foram utilizadas imagens de satélite e o software Qgis 3.28.2 para analisar a temperatura de superfície e o índice de vegetação (NDVI) da bacia hidrográfica rio Aricanduva, que serão apresentadas a seguir:

### Procedimentos para elaboração de mapas com temperatura de superfície:

Para a elaboração dos mapas com temperatura de superfície foram utilizadas imagens de satélite “Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)”. Para o processamento da imagem utilizamos a faixa infravermelho termal do sensor TIRS, que corresponde a banda 10 do conjunto de dados disponibilizados pelo Levantamento Geológico Americano (USGS, 2013).

O processamento da imagem de satélite foi realizado no software Qgis 3.28.2, sendo a primeira etapa a ser realizada é a atualização das coordenadas geográficas (para SIRGAS 2000 / UTM zone 23S) e o recorte da área de estudo. A segunda etapa é inserir imagens recortadas e reprojadas na calculadora raster do Qgis 3.28.2 seguindo os parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, representação de temperatura Kelvin para Celsius, fundamentado em duas equações disponibilizadas pelo Serviço Geológico Americano (COELHO & CORREA, 2013) e que serão apresentadas a seguir:

$$L\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L$$

Elementos e valores da fórmula de conversão para radiância extraídos do metadados da imagem do Landsat-8, banda 10.

$L\lambda$	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/( m <sup>2</sup> sr μm)
$M_L$	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
$A_L$	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
$Q_{cal}$	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Figura 2: Equação níveis de cinza da imagem (NC) para radiância e seus elementos. Fonte: Adaptado de Coelho e Correa, 2013.

A equação simplificada é a seguinte: 0.0003342 \* B10 + 0.1000, sendo B10 a imagem de satélite já recortada e reprojada.

Para a segunda equação é necessário utilizar a imagem tif. gerada na primeira equação, deste modo transformar os valores obtidos em temperatura de Kelvin para Celsius, conforme abaixo:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Elementos e valores da constante de calibração extraídos do metadados da imagem Landsat-8, banda 10.

$T$	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
$K2$	Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)
$K1$	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
$L\lambda$	Radiância espectral em Watts/( m <sup>2</sup> sr μm)

Figura 3: Equação temperatura de Kelvin para Celsius. Fonte: Adaptado de Coelho e Correa, 2013.

A equação simplificada é a seguinte: “1321.08/ln ((774.89/[imagem1]) + 1) – 273.1”, sendo “imagem1” (imagem tif.) gerada na primeira equação. Todos as etapas foram realizadas na calculadora raster no Qgis 3.28.2.



Por fim, é necessário reclassificar os resultados obtidos e editar a coloração/simbologia das imagens.

### Procedimentos para elaboração de mapas NDVI

Para a elaboração dos mapas NDVI foram utilizadas imagens de satélite “*Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)*”. Para o processamento da imagem utilizamos a banda 5 (NIR = Infravermelho próximo) e a banda 4 (RED = Vermelho) que corresponde ao conjunto de dados disponibilizados pelo Levantamento Geológico Americano (USGS, 2013).

O processamento da imagem de satélite foi realizado no software Qgis 3.28.2, sendo a primeira etapa a ser realizada é a atualização das coordenadas geográficas (para SIRGAS 2000 / UTM zone 23S) e o recorte da área de estudo. A segunda etapa é inserir imagens recortadas e reprojatadas na calculadora raster do Qgis 3.28.2, no qual será inserido a equação para obter o índice de vegetação da área de estudo. Abaixo a figura 4 com a equação:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NIR	Infravermelho próximo (banda 5)
RED	Vermelho (banda 4)

Figura 4: Equação para calcular o NDVI. Fonte: Adaptado Pessi et al, 2019.

Vale destacar que os valores que são apresentados para o NDVI são -1 à 1, sendo quanto mais próximo de 1 maior é o índice de vegetação, ou seja, melhor é a qualidade do NDVI. E mais próximo de -1 menor o índice de vegetação.

### ANÁLISE DOS RESULTADOS - NDVI e Temperatura Superficial da bacia hidrográfica rio Aricanduva

A Figura 5 apresenta os mapas de NDVI da bacia hidrográfica rio Aricanduva, em episódios de inverno e verão. Durante o inverno observou-se que o NDVI da área ficou entre 0,42 a -0,14, no qual os valores negativos estão apresentados nas áreas com maior adensamento urbano. Já as áreas com valores positivos estão apresentadas nas áreas com vegetação, que é o caso do Parque do Carmo (representado com o número 1 em ambos os mapas).

No episódio de verão o NDVI está mais elevado com valores entre 0,53 a -0,03. As áreas verdes e parques foram os ambientes com o NDVI mais elevado e as áreas com maior adensamento urbano o NDVI está baixo.

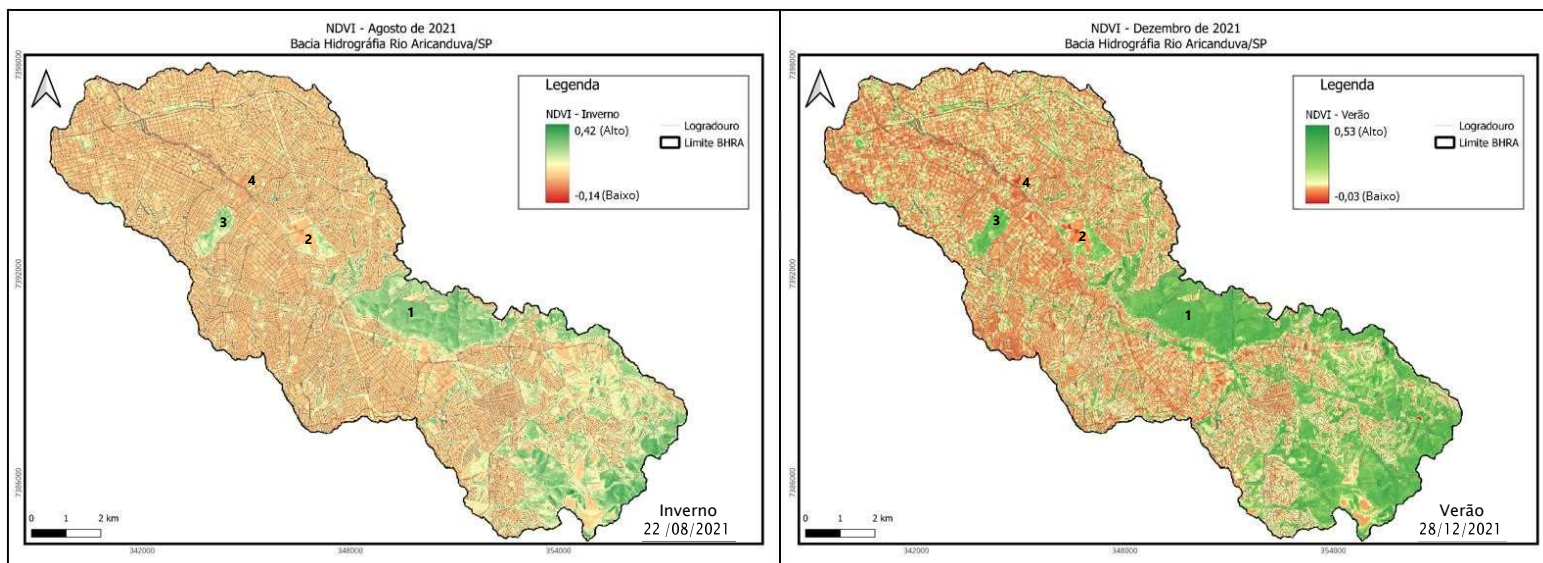
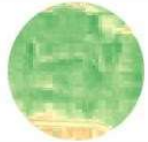


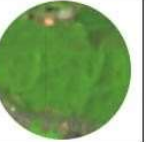














Figura 5: Mapa de NDVI da bacia hidrográfica rio Aricanduva. Fonte: autora, 2024.

No quadro 1 podemos observar a mudança da composição do NDVI nos dois episódios (inverno e verão) apresentados na figura 5, no qual destacamos 4 pontos, que são: (1) Parque do Carmo; (2) Shopping Aricanduva; (3) Cemitério Vila Formosa e (4) Cofema atacadista (loja de produtos para a construção civil).

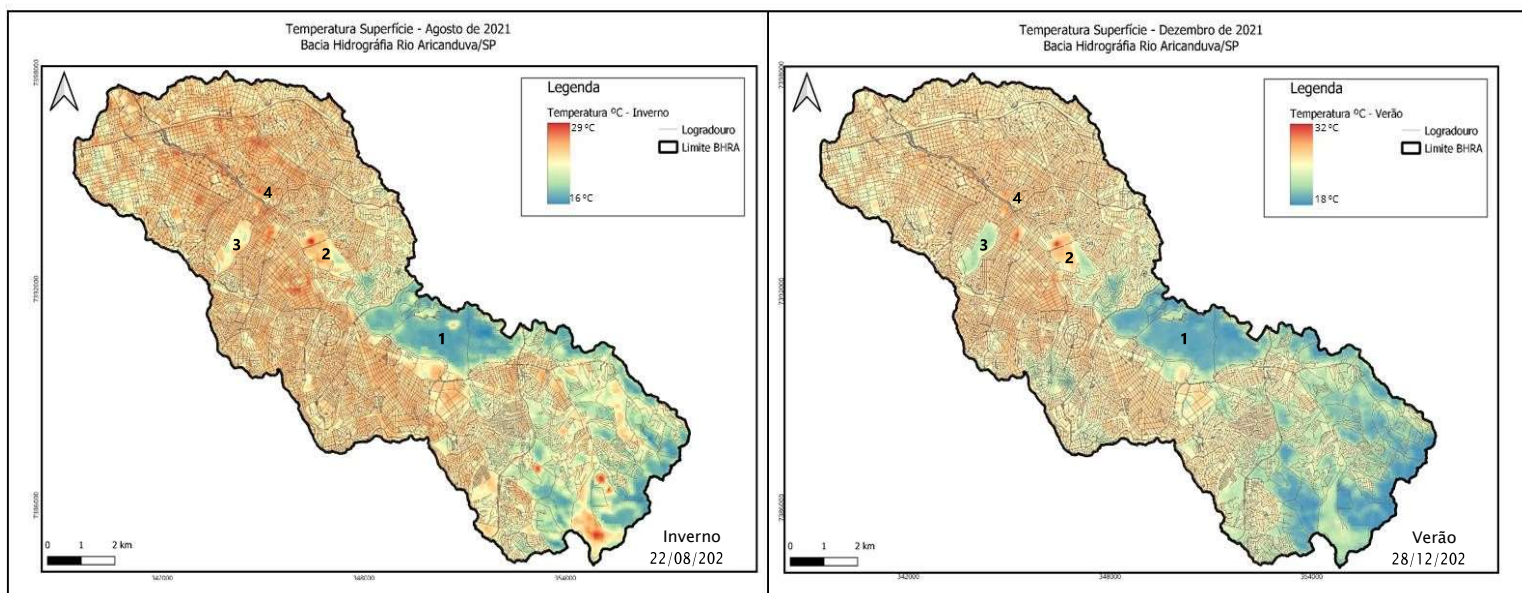
Pontos selecionados e coordenadas	NDVI – Inverno (22/08/2021)	Imagem de satélite (22/08/2021)	NDVI – Verão (28/12/2021)	Imagem de satélite (28/12/2021)
1. Pq. Do Carmo -23.58017; -46.48502				
2. Shopping Aricanduva -23.56505; -43.50393				
3. Cemitério Vila Formosa -23.56426; -45.53143				
4. Cofema Atacadista -23.55139; -46.52007				

**Quadro 1: Pontos selecionados para comparação dos episódios – NDVI. Fonte: autora, 2024.**

Ao analisar o quadro 1 podemos observar as mudanças da composição do NDVI em ambos os episódios, por exemplo, o ponto 3 que representa o Cemitério Vila Formosa temos uma alteração da cobertura vegetal, no qual no episódio de verão os valores de NDVI estão mais intensos ao compará-lo ao episódio de inverno.

Tal diferença pode ser compreendida com a figura 6, no qual são apresentados mapas de temperatura superficial. No episódio de inverno as temperaturas superficiais ficaram entre 16° e 29°, porém as temperaturas mais altas ficaram espalhadas por toda a área da bacia hidrográfica.

No episódio de verão as temperaturas superficiais 18° e 32°, no qual as temperaturas mais amenas estão nas áreas com maior cobertura vegetal.

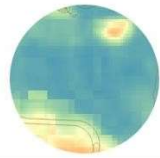

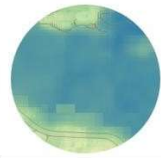
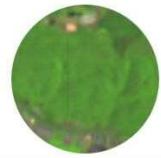
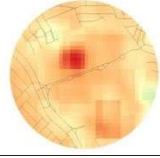

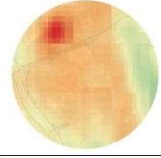


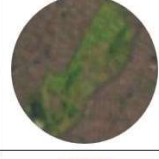
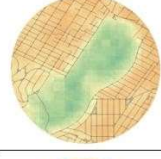
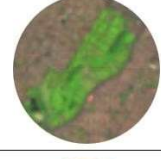
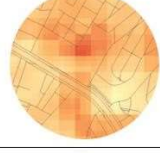

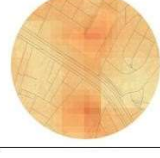



**Figura 6: Temperatura superficial da bacia hidrográfica rio Aricanduva. Fonte: autora, 2024.**

Vale lembrar que Estado de São Paulo apresenta clima tropical sendo caracterizado por temporada de chuvas durante o verão e seca no inverno, sendo a temperatura média superior a 22°C. De acordo com Conti (2007) a cidade de São Paulo tem sua normal térmica entre 19,3°C e regime de chuvas em duas fases distintas, entre outubro e março com precipitação de 66,1% do total anual e 33,9% entre abril e setembro.

E o regime pluvial interfere na dispersão das temperaturas superficiais e no NDVI em ambos os episódios, pois o inverno tem como característica ser seco e o verão o período de chuva, conforme apresentado por Conti (2007).

No quadro 2 podemos observar a mudança da composição da temperatura superficial nos dois episódios (inverno e verão) apresentados na figura 6, no qual destacamos 4 pontos igual a figura 5.

Pontos selecionados e coordenadas	NDVI – Inverno (22/08/2021)	Imagem de satélite (22/08/2021)	NDVI – Verão (28/12/2021)	Imagem de satélite (28/12/2021)
1. Pq. Do Carmo -23.58017; -46.48502				
2. Shopping Aricanduva -23.56505; -43.50393				
3. Cemitério Vila Formosa -23.56426; -45.53143				
4. Cofema Atacadista -23.55139; -46.52007				

**Quadro 2: Pontos selecionados para comparação dos episódios – Temperatura superficial. Fonte: autora, 2024.**

No quadro 2 fica evidente as mudanças de temperatura superficial de acordo com o uso e cobertura da terra, como também a importância dos materiais construtivos para a composição das construções. O ponto 2 (Shopping Aricanduva) e ponto 4 (Cofema Atacadista) apresentaram temperaturas elevadas nos dois episódios, pois para o material construtivo são equivalentes e retém calor.

É interessante notar que o ponto 3 (Cemitério Vila Formosa) apresenta mudanças de temperatura superficial em ambos os episódios e tais mudanças ocorrem por dois motivos: o primeiro é o regime pluvial conforme já apresentamos. No episódio de inverno que é um período mais seco temos a presença de solo exposto que aumenta a temperatura superficial. Já no episódio de verão a mesma área apresenta temperaturas mais amenas por ser um período com mais chuva. Por fim, o ponto 1 (Pq. do Carmo) não apresenta muita diferença entre os dois episódios, pois é uma área com vegetal densa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento tanto da temperatura de superfície como da vegetação através do NDVI, assume grande importância nos estudos do clima urbano, conforto térmico e qualidade ambiental. A correlação entre os mapas de NDVI e os mapas de temperatura de superfície demonstra que baixos índices de vegetação estão ligados a temperatura mais elevadas. Logo áreas com presença de cobertura vegetal arbórea mostraram temperaturas mais baixas.



Os mapas produzidos demonstram que o regime pluvial devido a influência da estação chuvosa/verão (dezembro de 2021) e estação seca/inverno (agosto de 2021) altera significativamente as respostas nos valores da temperatura e vegetação. Da mesma forma que os materiais construtivos escolhidos para a construção público/privado afetam diretamente os valores da temperatura. Por fim, os estudos sobre o clima urbanos podem oferecer possibilidades e ferramentas para auxiliar nas políticas e planejamento das cidades visando a qualidade de vida da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, M. C. C. T. Nota de pesquisa: Métodos e Técnicas de Pesquisa em Climatologia Geográfica. **Revista Geografia em Atos (Geoatos online)**, v. 03, n. 10, p. 255-260, jan-abr, 2019.
2. COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, p. 31-45, 2013.
3. CONTI, J. B. A Metrópole do Trópico Úmido. In: Ana Fani Alessandri Carlos; Ariovaldo Umbelino de Oliveira. (Org.). Geografia de São Paulo - Representação e Crise da Metrópole. São Paulo: CONTEXTO, 2004, v. 1, p. 157-170.
4. MONTEIRO, CA de F. e MENDONÇA, F de A. (org). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2009.
5. PESSI, D. D.; PIMENTEL, C. F.; CANDIDO, A. K. A. A.; MIRANDA JUNIOR, P. L.; SILVA, N. M. Análise da relação entre NDVI e a Temperatura da Superfície Terrestre como técnica no planejamento urbano dos municípios. **TERR@ PLURAL (UEPG. ONLINE)**, v. 13, p. 237-251, 2019.
6. SÃO PAULO, Prefeitura de. **Histórico**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/aricanduva/historico/index.php?p=35>>. Acessado em: janeiro de 2023.
7. SILVA, N. R. **Mudanças hidrogeomorfológicas decorrentes da urbanização na bacia hidrográfica rio Aricanduva, São Paulo/SP**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2022.
8. SILVA, J. C. C.; LUNA, V. F.; GOMES, F. J.; SILVA, J. M. O. Temperatura de superfície e a relação com o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na microbacia do rio da Batateiras, Crato-CE. **REVISTA DA CASA DA GEOGRAFIA DE SOBRAL**, v. 21, p. 1310-1320, 2019.
9. TARIFA, J. R. & ARMANI, G. Os climas "naturais". **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. Tradução. São Paulo: FFLCH-USP, 2001.
10. USGS. Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 22/08/2021 e 28/12/2021 EUA. Acesso em 20 agosto 2023. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.