

ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR NO BAIRRO DO JURUNAS, BELÉM-PA

Guilherme Sancley Costa Paulino ¹
José Edilson Cardoso Rodrigues ²

INTRODUÇÃO

As pesquisas sobre o clima urbano são cruciais para compreender os fatores que influenciam a qualidade de vida dos habitantes urbanos, especialmente em cidades em constante expansão, como Belém. A intensificação do processo de urbanização, ocorrido de forma desordenada desde a década de 70, tem causado mudanças significativas na paisagem e no clima urbano. Um dos principais efeitos dessas mudanças é a formação das chamadas ilhas de calor, fenômeno amplamente estudado devido ao seu impacto nas condições ambientais e na saúde pública (NASCIMENTO, 2011).

A ilha de calor urbana é caracterizada pelo aumento da temperatura do ar na área urbana em relação às áreas circundantes, sendo atribuída a alterações nas características térmicas das superfícies urbanas, como a redução da cobertura vegetal, expansão de edifícios e pavimentação (GARTLAND, 2010; NASCIMENTO, 2011). O crescimento demográfico e a concentração de materiais nas áreas urbanas contribuem significativamente para esse fenômeno, aumentando a absorção e emissão de radiação para a atmosfera (NASCIMENTO, 2011).

Este estudo tem como objetivo principal analisar a relação entre a temperatura da superfície e o índice de vegetação no Bairro do Jurunas, em Belém, nos anos de 2004 e 2017, utilizando imagens de satélite Landsat 5 e 8. Por meio do uso do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) como um indicador da cobertura vegetal, e da análise das variações na temperatura da superfície, buscamos compreender as mudanças ocorridas no ambiente urbano ao longo do tempo (BEZERRA et al., 2017, apud ORHAN, 2014).

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Pará - UFPA, guilhermesancley@gmail.com;

² Professor orientador: Doutor em Geografia, Universidade Federal do Pará - UFPA, jecrodrigues@ufpa.br.

Observou-se que a redução da cobertura vegetal, indicada por valores mais baixos de NDVI, coincide com um aumento significativo nas temperaturas de superfície, indicando o desenvolvimento de ilhas de calor na área estudada. Esses resultados reforçam a importância da vegetação na regulação do clima urbano e destacam a necessidade de políticas que promovam a preservação e o aumento das áreas verdes nas cidades.

Em conclusão, este estudo destaca a relação entre a redução da cobertura vegetal, o aumento da temperatura da superfície e a formação de ilhas de calor em áreas urbanas. A análise dos dados do Landsat 8 demonstrou a utilidade do sensoriamento remoto na monitorização das mudanças ambientais urbanas e ressalta a importância de medidas de planejamento urbano que considerem a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida dos habitantes.

METODOLOGIA

O Bairro do Jurunas (figura 1), fica situado estado do Pará, na região Norte do Brasil nas coordenadas de latitude $1^{\circ}28'12''$ Sul e longitude $48^{\circ}29'39''$ Oeste (Figura 1). Possui uma extensão territorial de 2,3582 km², e de acordo com o IBGE é um Bairro com uma população de 64,478 habitantes, apresentando uma densidade demográfica variável de 27,34 hab./km²



Figura 1: Mapa de Localização do bairro do Jurunas (AUTOR, 2024)

Para o desenvolvimento desta pesquisa, iniciou-se com uma revisão teórica, baseada na leitura de obras e artigos científicos que tratam da temática da Ilha de Calor e suas propriedades. Em seguida, procedeu-se à coleta de dados quantitativos para a análise da cobertura vegetal e medidas de temperatura atmosférica dos anos 2004 e 2017, utilizando métodos de geoprocessamento, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Utilizou-se a imagem do satélite Landsat 5 Sensor TM na data de 26 de julho de 2004 (Thematic Mapper) e Landsat 8 Sensor OLI (Operacional Land Imager) da data de 26 de julho de 2017, correspondente a órbita 223, ponto 261, disponível no site do United States Geological Survey (USGS) com a finalidade de realizar o NDVI.

Para a análise do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), foram utilizadas as bandas 3 (Landsat 5) e 4 (Landsat 8), correspondentes à banda do vermelho, e as bandas 4 (Landsat 5) e 5 (Landsat 8) do infravermelho próximo. Para a extração da temperatura de superfície terrestre, utilizou-se a banda do infravermelho termal 6 do Landsat 5 e a banda 10 do Landsat 8, provenientes do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor).

Para a análise do NDVI, utilizou-se a seguinte equação (1):

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (1)$$

Onde NIR corresponde à banda do infravermelho próximo e R é a banda do vermelho. Essas bandas espectrais são selecionadas porque são as mais sensíveis à absorção de clorofila na vegetação de folhas verdes e à densidade da cobertura vegetal na superfície (ALMEIDA et al., 2015). Os valores do NDVI variam de -1 a +1, onde valores mais altos indicam maior concentração de vegetação. Após o processamento da imagem matricial, foi realizado o recorte na área de estudo para a análise dos dados.

Para analisar a temperatura, foi adotada a metodologia de Coelho e Correa (2013), utilizando as bandas 6 do Landsat 5 e 10 do Landsat 8. Inicialmente, realizou-se o recorte na área de estudo. Em seguida, foi feita a conversão do nível de cinza (NC)

para radiância e posteriormente determinou-se a temperatura em Kelvin, conforme as equações 2 e 3 abaixo:

$$L\lambda = MLQcal + AL \quad (2)$$

A equação define $L\lambda$ como a radiância espectral do sensor em Watts por metro quadrado por esteroradiano por micrômetro ($W/ (m^2 sr \mu m)$), onde ML representa o fator multiplicativo de redimensionamento da banda termal, Qcal é o valor quantizado calibrado pelo pixel na banda termal, e AL é o fator de redimensionamento aditivo específico da banda termal.

Logo após da obtenção dos dados em radiância, foi utilizado a equação 3 para análise da temperatura em Kelvin

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{I_{\nu}} + 1\right)} \quad (3)$$

A temperatura efetiva no satélite, T, é medida em Kelvin (K), utilizando as constantes de calibração K1 e K2. Após essa etapa, a temperatura em Kelvin é convertida para graus Celsius ($^{\circ}C$) subtraindo-se 273,15 (zero absoluto). O processamento dos dados, análise e criação dos mapas neste estudo foram realizados utilizando o software ArcGIS 10.5.

REFERENCIAL TEÓRICO

Define-se como Ilha de Calor as zonas do meio urbano as quais possuem concentração de altas temperaturas, decorrentes da maior presença de materiais retentoras e refletoras de radiação solar, além da intensificação do calor gerada por atividades antrópicas (AMORIM, 2017). A grande variabilidade pode ocorrer entre zona urbana e rural, bem como grandes diferenciações entre áreas de uma mesma cidade, sendo identificadas através do balanço entre as temperaturas do centro e periferia (NASCIMENTO, 2011, p. 19).

As ilhas de calor são fenômenos resultantes dos intensos processos de urbanização, que incluem a transformação da cobertura do solo pela remoção da vegetação natural e substituição por superfícies impermeáveis, como concreto ou

asfalto. Essas mudanças alteram significativamente o ciclo energético da superfície, reduzindo a evapotranspiração da vegetação e aumentando a absorção de energia solar pela camada superficial (BUYANTUYEV; WU, 2009). Além disso, os processos de urbanização afetam a Temperatura de Superfície do Terreno (TST), que desempenha um papel crucial nos estudos urbanos, influenciando diretamente o balanço energético da superfície e contribuindo para compreender os efeitos da temperatura no conforto térmico dos habitantes.

Segundo Rodrigues e Luz (2019), o planejamento arborístico de Belém, implementado pelo governador Antônio Lemos entre 1897 e 1911, visava embelezar os bairros centrais da cidade, deixando os bairros periféricos com menor densidade de árvores. Esse aspecto é crucial para compreender o desconforto térmico sentido pela população.

Para observar as Ilhas de Calor, conforme Nascimento (2011), é fundamental utilizar técnicas de Sensoriamento Remoto e coletar e analisar dados de temperatura atmosférica. O uso de dados orbitais é destacado pelo autor como crucial para identificar a quantidade de energia emitida por diferentes materiais no ambiente, capturada eficientemente por sensores remotos e representada em escalas de tonalidade cinza.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de NDVI próximos de 1 indicam áreas com vegetação mais densa, enquanto valores próximos de -1 ou iguais a -1 denotam áreas sem cobertura vegetal ou com vegetação muito escassa (SILVA et al., 2009). Áreas com NDVI mais elevado estão associadas a vegetação mais vigorosa, ao contrário de áreas com baixos valores de NDVI, que podem indicar vegetação estressada, menos densa ou sem cobertura (BORATTO; GOMIDE, 2013).

No Bairro do Jurunas, os valores de NDVI variaram de -0,025 a 0,664 em 2004 e de -0,016 a 0,539 em 2017 (Figura 2). Valores negativos de NDVI correspondem a áreas cobertas por água.

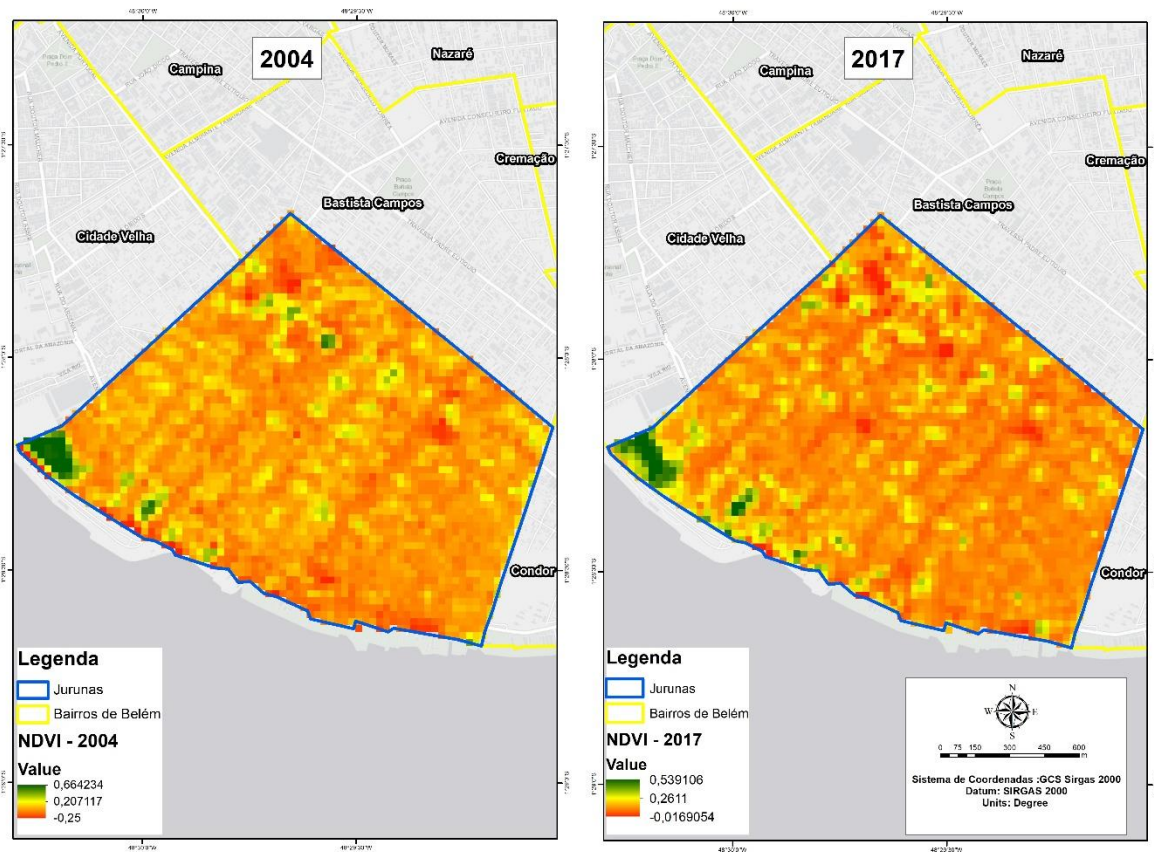


Figura 2: Mapa de NDVI do bairro do Jurunas (AUTOR, 2024).

Observa-se que na região central, no ano de 2004, as temperaturas variaram entre 22,4 e 28,8°C (Figura 3) sendo estas temperaturas confortavelmente aceitáveis. Para o ano de 2017, verificou-se valores muito superiores aos encontrados 13 anos antes, havendo a variação da temperatura de 26,4°C até 31,6°C. Foi observado que as regiões centrais apresentam pontos com temperaturas elevadas, indicativas de ilhas de calor, sendo predominantemente áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, conforme evidenciado pela análise do NDVI.

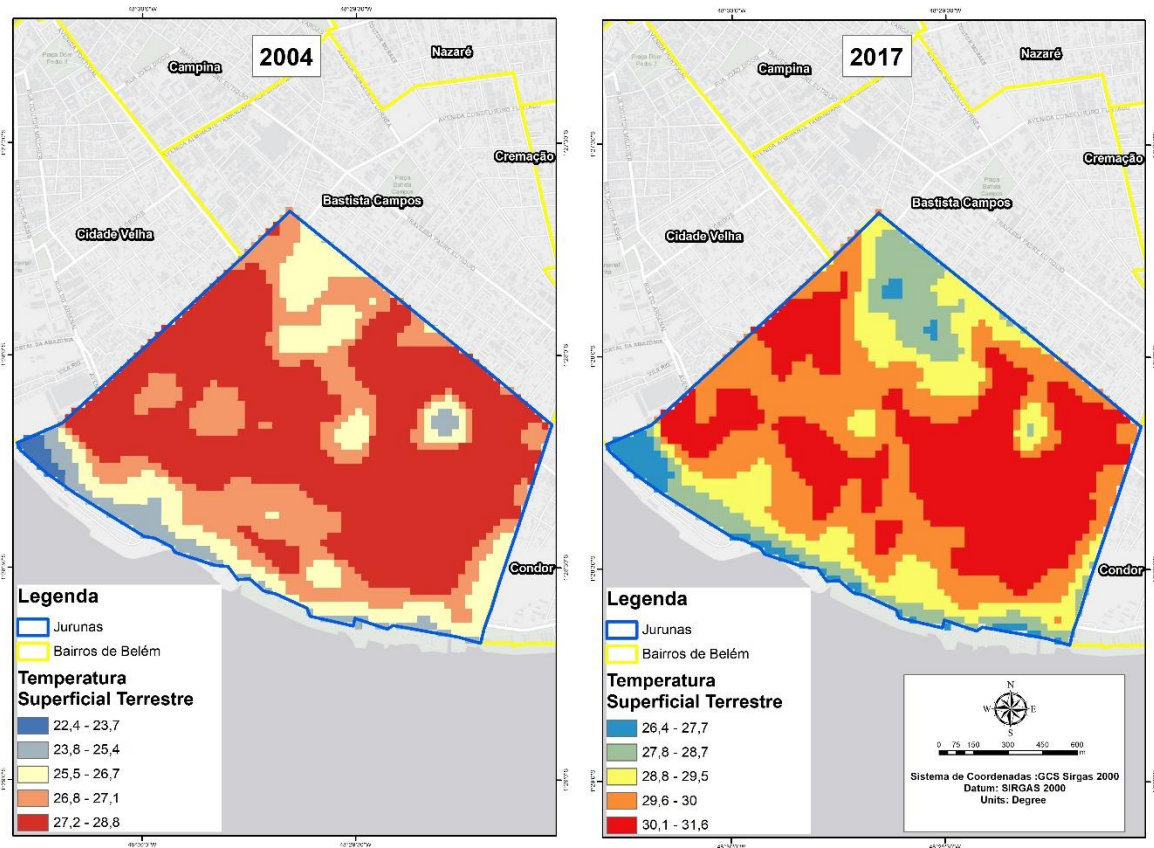


Figura 3: Mapa de temperatura do bairro do Jurunas (AUTOR, 2024).

A forte relação encontrada na análise pode ser explicada principalmente ao fato de que quanto maior a área da cobertura vegetal, maior será o índice do NDVI será e uma menor TST.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados deste estudo, observou-se que as áreas com os menores índices de NDVI, excluindo corpos d'água, registraram as temperaturas mais altas e apresentaram maior falta de vegetação. Esses achados ressaltam como a presença de vegetação é crucial para reduzir o desconforto térmico na população em uma determinada área.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Ilhas De Calor

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. J. P, et al. **Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Detecção remota de ilhas de calor superficiais: Exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil.** Finisterra, v. 52, n. 105, 2017.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. **Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

BUYANTUYEV, A.; WU, J. **Urbanization alters spatiotemporal patterns of ecosystem primary production: a case study of the Phoenix Metropolitan Region, USA.** Journal Of Arid Environments, V. 73, N. 4, p. 512-520, 2009.

COELHO, A. L. N. CORREA, W. S. C. **Temperatura de Superfície Celsius do Sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia e Aplicações.** Rev. Geogr. Acadêmica v.7, n.1 (xii.2013).

DE MORAES, Eiky Tatsuya Ishikawa; DA SILVA BEZERRA, Paulo Eduardo; DOS SANTOS PONTES¹, Ana Karla. **ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BELÉM NA IDENTIFICAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR.**

GARTLAND, Lisa. **Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** Tradução de Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 256 p.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010).** 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2011.

ORHAN, O.; EKERCIN, S.; DADASER-CELIK, F. **Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey.** The Scientific World Journal, v. 2014, p. 1-11, 2014.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M. **Análise Temporal da Perda da Cobertura Vegetal dos Bairros da Área Central da Cidade de Belém/Pa.** Revista GeoAmazônia. v. 7. n. 14. p. 1-20. 2019.

SILVA, L.; COSTA FILHO, J. F.; LIMA, E. R. V.; ALMEIDA, H. A. **Análise do albedo e do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) em uma bacia hidrográfica, usando o sebal - surface energy balance algorithm for land.** Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada; 2009; Viçosa. 16p