



Análise da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor

Analysis of Surface Temperature and Vegetation Index in the Municipality of Belém in Identification of the Heat Islands

*Paulo Eduardo Silva Bezerra*¹
*Eiky Tatsuya Ishikawa de Moraes*²
*Ismael Ramalho da Costa Soares*³

Recebido em agosto de 2017.
Aprovado em janeiro de 2018.

RESUMO

As questões ambientais cada vez mais têm ganhado força e relevância no mundo. As mudanças climáticas, globais ou regionais, têm sido um problema crescente em vários pontos do planeta, principalmente em zonas urbanas e por isso têm-se aumentado pesquisas e estudos acerca das variáveis que afetam diretamente na alteração da temperatura e microclima urbano, visto que tais alterações implicam no conforto térmico da população e por vezes na saúde. Por essa perspectiva, o presente trabalho visa analisar nos anos de 2006 e 2016 a relação da Temperatura de Superfície de Terreno (TST) com o Índice de Vegetação (IV), através da utilização de dados de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) no município de Belém, no norte do Brasil. Foi utilizado também imagem do satélite Landsat 5 para o ano de 2006 e Landsat 8 para 2016, correspondente a órbita 223, ponto 261, para a geração de mapas temáticos. Constatou-se que os valores de NDVI se correlacionam com a TST, uma vez que os locais com menores IV ocasiona em maiores temperaturas, o que afeta no conforto térmico da população, criando ilhas de calor, principalmente na região central do município

PALAVRAS-CHAVE: Ilhas de Calor. NDVI. Temperatura de Superfície.

ABSTRACT

Environmental issues have gained strength and relevance in the world. Global or regional climate change has been a growing problem in many parts of the world, especially in urban areas and therefore research and studies on the variables that directly affect changes in temperature and urban microclimate since it affects in the thermal comfort of the population and

¹Engenheiro ambiental e de energias renováveis, mestrando. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFPA, Brasil. E-mail: pauloeduardoea@gmail.com

²Engenheiro ambiental e de energias renováveis, mestrando. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ciências Ambientais, UFPA, Brasil. E-mail: eikytatsuya@outlook.com

³ Engenheiro ambiental e de energias renováveis, mestrando. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, UFPR, Brasil. E-mail: ismaelrcs@gmail.com

sometimes in health. From this perspective, the present work aims analyze in the years 2006 and 2016 the relationship of the Land Surface Temperature (LST) with the Vegetation Index (VI), through the use of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) data in the municipality of Belém, Brazil. An image of the Landsat-5 satellite for the year 2006 and Landsat-8 satellite for 2016, corresponding to orbit 223, point 261, was also used to generate thematic maps. It was observed that NDVI values were correlated with TST, since places with lower IV caused higher temperatures, affecting the thermal comfort of the population, creating heat islands, mainly in the central region of the municipality..

KEYWORDS: Heat Islands. NDVI. Surface Temperature.

* * *

Introdução

O intenso processo de expansão demográfica ocorrido no Brasil, principalmente após os anos 1960 com o crescimento de atividades econômicas e anos 1970 com desenvolvimento de tecnologias, causou um grande processo de migração populacional do campo para a cidade, propiciando um crescimento urbano acelerado, que inchou as cidades e desencadeou diversos problemas ambientais. A alteração do microclima local e urbano é um reflexo do intenso processo de ocupação das cidades (NASCIMENTO, 2011).

A cidade gera um próprio clima que é resultado da influência de vários fatores que agem sobre a malha urbana e alteram o clima em escala local, sendo a qualidade do ar, o impacto das chuvas e o conforto térmico, os efeitos mais sentidos pela população (MONTEIRO, 1976).

Mesmo com cada localidade no mundo tendo sua característica climática específica, há efeitos que se tornaram comuns diante do processo de urbanização e crescimento populacional das cidades, como o de aparecimento de ilhas de calor. Esse fenômeno consiste em áreas que contém temperaturas de ar e superfície mais elevadas do que de áreas vizinhas e rurais (ARNFIELD, 2003).

As ilhas de calor ocorrem devido aos intensos processos de urbanização, com transformações na cobertura do solo, principalmente pela retirada da camada natural de vegetação e substituição por superfícies impermeáveis, como concreto ou asfalto, e alteram todo o ciclo energético da superfície, reduzindo e inviabilizando a evapotranspiração da vegetação e elevando a absorção de energia solar pela camada da superfície (BUYANTUYEV; WU, 2009). Os processos de urbanização também afetam a Temperatura de Superfície do Terreno (TST) que tem grande importância nos estudos sobre centros urbanos, pois seu papel é essencial no balanço energético da superfície, que resulta numa visão mais ampla sobre a influência da temperatura no conforto térmico dos cidadãos.

A partir de 1970, com os avanços tecnológicos, dados provenientes de satélites, principalmente da série Landsat, têm sido utilizados na obtenção da temperatura da superfície terrestre e na geração índices de vegetação, como é o caso do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). O NDVI mapeia a presença ou ausência de vegetação baseado no valor do pixel, também medindo a quantidade e condição da vegetação, dando suporte para uma melhor análise dos processos de alteração na cobertura vegetal relacionando a temperatura na superfície terrestre (ORHAN, 2014).

2 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é estimar a relação da temperatura de superfície com o índice de vegetação nos anos de 2006 e 2016, identificando os pontos de temperatura mais elevada no município de Belém-PA, utilizando-se para a análise o satélite Landsat 5 e 8.

3 Metodologia

A área de estudo utilizada no presente trabalho foi escolhida devido sua localização no globo, próxima à linha do Equador, região que apresenta maior

incidência de radiação solar no planeta e onde ocorre naturalmente temperaturas médias elevadas.

3.1 Área de estudo

O município de Belém fica situado no estado do Pará, na região Norte do Brasil nas coordenadas de latitude 01° 27' 22" Sul e longitude 48° 30' 14" Oeste (Figura 1). Possui uma extensão territorial de 1.059,458 km², e de acordo com o IBGE (2010) é o município mais populoso do Pará e o 12 do Brasil com uma população de 1.393,399 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 1.315 hab/km² e possui um alto índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,746, sendo o município com o melhor índice no estado.

3.2 Aquisição de dados

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou se a imagem do satélite Landsat 5 Sensor TM na data de 9 de agosto de 2006 (Thematic Mapper) e Landsat 8 Sensor OLI (Operacional Land Imager) da data de 27 de junho de 2016 correspondente a órbita 223, ponto 261, disponível no site do United States Geological Survey (USGS).

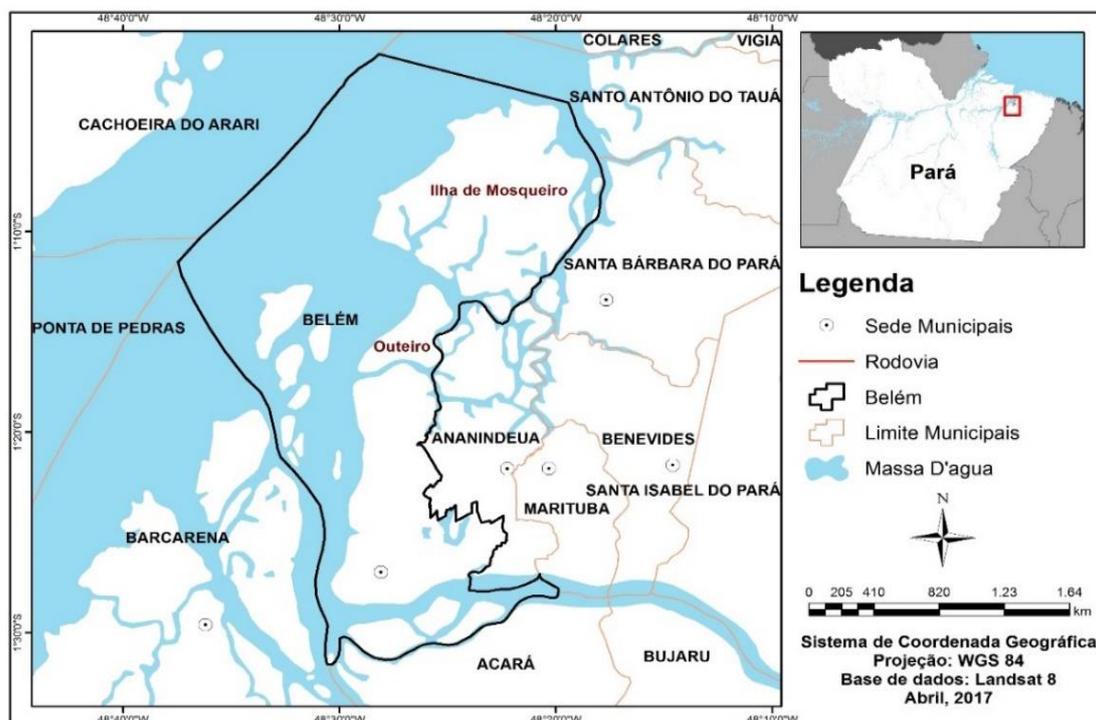
Para a análise do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) utilizou se as bandas 3 (Landsat 5) e 4 (Landsat 8) correspondente a banda do vermelho e a banda 4 (Landsat 5) e 5 (Landsat 8) do Infravermelho próximo.

Para a extração da temperatura de superfície terrestre utilizou se a banda do infravermelho termal 6 e 10, do Landsat 5 e 8, respectivamente do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor).

As resoluções espaciais das bandas termais, após tratamentos, são disponibilizadas com resolução espacial de 30 metros pela USGS. Assim, melhora o nível de detalhamento da imagem aumentando a confiabilidade e precisão dos dados. (COELHO, RAMOS, BERGAMASHI, 2015).

Os dados de temperatura do ar foram retirados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o ano de 2006 e 2016, referente ao mesmo dia da análise das imagens de satélite para a aquisição da temperatura de superfície. Antes da extração dos valores do NDVI e TST, nas imagens do Landsat 8 utilizou-se um método QA (Quality Assurance). Esse método identifica os pixels que contêm nuvens e podem ocasionar erros na análise (NASA, 2014).

Figura 1 – Mapa de localização do Município de Belém



Fonte: Os autores (2017).

3.3 Índice de vegetação

O NDVI está relacionado com parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como o índice de área foliar e biomassa (POZZONI, 2007). Quando se associa esses dois parâmetros, é possível analisar a mudança na vegetação e no uso e cobertura do solo (PEREIRA et al., 2015).

Para a análise do NDVI utilizou-se a seguinte equação 1.

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

Onde o *NIR* corresponde a banda do infravermelho próximo e o *R* é a banda do vermelho. Essas bandas espectrais são utilizadas porque são as bandas que melhor absorve a clorofila na vegetação de folhas verdes e pela densidade da vegetação verde na superfície (ALMEIDA et al., 2015).

Os valores deste índice de vegetação variam de -1 para +1, quanto maior o índice, maior será a concentração da vegetação. Após o tratamento da imagem matricial, realizou-se o recorte na área de estudo para a análise dos dados.

3.4 Temperatura de Superfície

Para a realização desta etapa utilizou-se a metodologia de Coelho e Correa (2013). A imagem utilizada nesta etapa foi a banda 10. Primeiramente, foi realizado o recorte na área de estudo e posteriormente foi feita a conversão do nível de cinza (NC) para radiância e depois determinou

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \quad (2)$$

se a temperatura em Kelvin, de acordo com a equação 2 e 3.

Onde $L\lambda$ é a Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm); ML é Fator multiplicativo de redimensionamento da banda termal; Q_{cal} 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.

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

De forma que, T é a Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K1 e K2 são as constantes de Calibração em Kelvin.

Logo após esse procedimento, o valor da temperatura em Kelvin foi subtraído por 273,15 (zero absoluto) para se determinar a temperatura em graus Celsius (°C). O tratamento e a análise dos dados e a confecção dos mapas nesse artigo foi realizado no software Arcgis 10.1

Para a análise da TST, utilizou se a mesma metodologia para o Landsat 5 e 8. No entanto, é importante ressaltar que as bandas termais do Landsat 8 podem apresentar anomalias ocasionando problemas de calibração nas imagens de satélite (NASA, 2014). Assim, a banda 10 do Landsat 8 pode ser calibrada através de um modelo de transferência de emissividade e parâmetros para recuperação da TST, apresentando um erro inferior a 2 graus para a maioria dos alvos (PIRES; PEREIRA, 2015).

3.5 Uso do solo

Para a análise do Uso do solo utilizou se a metodologia de Lima e Filho (2015) e foi elaborado a partir do NDVI. Foram definidas e classificadas 5 classes temáticas de acordo com o valor do índice de vegetação. Para os valores negativos classificou se como Água, entre 0 a 0,2 denominou se Solo Exposto, para valores de 0,2 a 0,4 Baixa Vegetação, 0,4 a 0,6 Moderada Vegetação e 0,0 a 0,8 atribuiu se a classe de Muita Vegetação. Na Tabela 1, estão mapeadas as 5 classes utilizadas na pesquisa.

Tabela 1– Classes de uso do solo segundo o NDVI.

Classes Temática	Intervalo NDVI
Água	< 0
Solo Exposto	0 a 0,2
Baixa Vegetação	0,2 a 0,4
Moderada Vegetação	0,4 a 0,6
Muita Vegetação	0,6 a 0,8

Fonte: elaborada pelos autores.

3.6 Método de Pearson

Logo após a análise da TST e do NDVI, foram gerados 120 pontos de controle em toda a área de estudo (com exceção do corpo hídrico) para realizar uma análise de correlação de Pearson para verificar a correlação entre as variáveis de temperatura e do índice de vegetação.

A análise e a elaboração do gráfico da correlação foram realizadas no software Excel.

A correlação de Pearson é a medida de intensidade da correlação entre duas variáveis quantitativas e os valores podem variar entre -1 e 1, e quanto mais próximo de 1 ou -1 maior será a associação linear entre as duas variáveis no sentido positivo ou negativo, respectivamente (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2007).

4 Resultados e Discussões

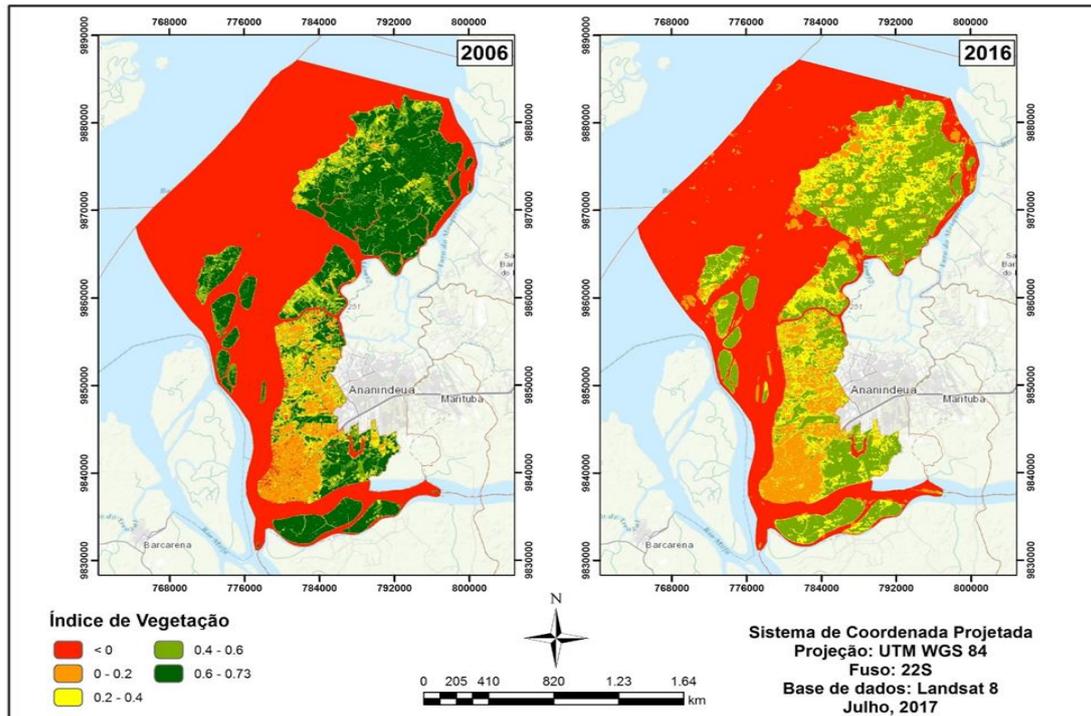
Os valores de NDVI, quanto mais próximos de 1, representam vegetações mais densas, enquanto valores iguais a -1 ou próximos, denotam superfícies sem cobertura vegetal ou muito escassas de vegetação (SILVA et al., 2009). Os maiores valores de NDVI se relacionam com áreas de vegetação com maior vigor, diferentemente de áreas com baixos valores de Números Digitais, que representam áreas de vegetação estressada, com menor densidade ou desnudas (BORATTO; GOMIDE, 2013).

Em Belém, os valores de NDVI encontrados variaram de -0,21 a 0,64, para o ano de 2016, como mostrado na Figura 2. Para o ano de 2006, os valores variaram de -0,18 a 0,73. Valores negativos do índice correspondem a água.

Observa-se que na região central, no ano de 2006, as temperaturas variaram entre 23 e 30°C (Figura 3) sendo estas temperaturas confortavelmente aceitáveis. Para o ano de 2016, verificou-se valores muito superiores aos encontrados 10 anos antes, havendo a variação da temperatura de 27°C até 35,5°C. Markham et al. (2015) citam que os sensores presentes

no satélite Landsat 8 apresentam tecnologia muito superior aos satélites anteriores, disponibilizando também dados mais confiáveis, como foi no caso de 2016, o que pode interferir nos valores encontrados.

Figura 2 – Índice de Vegetação do município de Belém



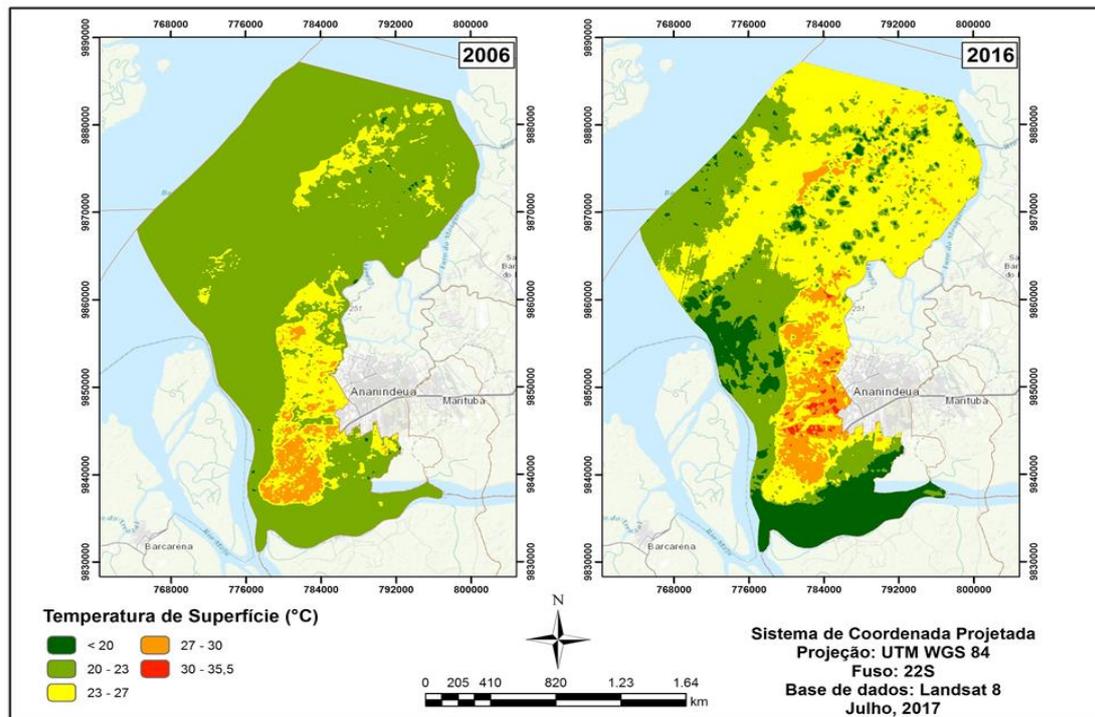
Fonte: Os autores (2017).

Outro fato que pode estar relacionado à variação encontrada na comparação entre 2006 e 2016 ocorre devido à supressão da vegetação na região, uma vez que a energia disponível, proveniente da radiação solar, é utilizada nos processos fotossintéticos e de evapotranspiração (LEAL, 2012). Com isso, a medida em que a área vegetada diminui, ocorre uma gradativa elevação da temperatura (PAVÃO et al., 2015). Alguns pontos apresentaram elevadas temperaturas, em 2016, encontrados no centro de Belém, o que podem representar ilhas de calor (ARNFIELD, 2003).

Além disso, são áreas, em sua grande parte, que apresentam ausência de vegetação e elevado processo de urbanização, como mostrado na análise de

NDVI. Os valores inferiores a 20°C estão relacionados à hidrografia local, não entrando na análise.

Figura 3 – Temperatura da superfície do município de Belém

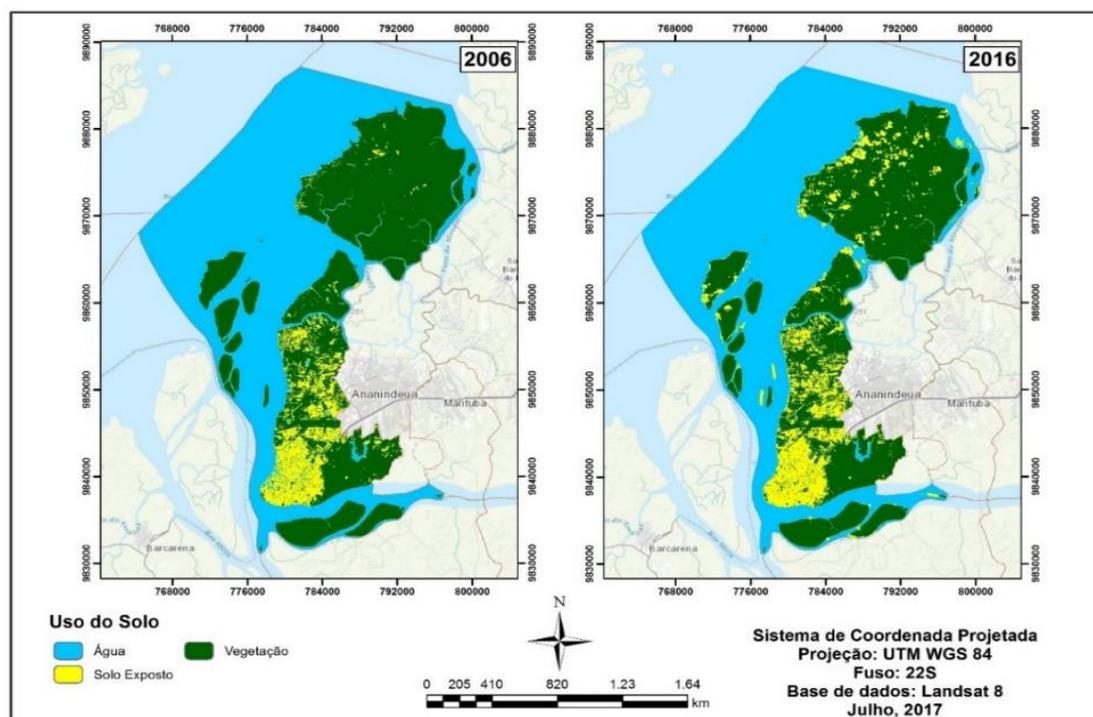


Fonte: Os autores (2017).

Mais ao norte de Belém, localizam-se as ilhas de São João de Outeiro e Mosqueiro, distritos da mesma cidade (Figura 1). Na comparação temporal, fica evidente que em ambos os locais houve aumento na temperatura de superfície (Figura 3) juntamente com o crescimento da área urbana (Figura 4). Segundo Souza et al. (2015), o crescimento urbano é o principal fator na elevação da temperatura média de superfície, em grandes cidades.

Na análise de Figura 4, percebe-se uma alteração considerável no uso do solo em toda a região do município de Belém. Estas mudanças foram quantificadas como mostra a Tabela 2. Os solos considerados expostos (área urbana, pastagens), apresentaram um aumento de 21,1 km², entre os anos de 2006 e 2016, ou seja, valor equivalente a 3.000 campos de futebol. Isto pode ser explicado devido ao crescimento urbano e populacional.

Figura 4 – Mapa do uso do solo do município de Belém



Fonte: Os autores (2017).

Em relação às áreas vegetadas na cidade, houve um decréscimo de mais de 22 km², no período estudado. A diminuição destas áreas afeta na elevação da temperatura de terreno, que por sua vez intimamente ligada ao conforto térmico da população (MONTEIRO, 1976). Nota-se também que o tamanho das áreas de crescimento dos solos expostos e da diminuição da vegetação são equivalentes, o que pode ser explicado pelo crescimento horizontal urbano pela busca de novas áreas de moradia da população, principalmente em zonas mais afastadas do centro.

Tabela 2– Quantificação das classes de uso do solo.

Classes	2006		2016	
	Km ²	%	Km ²	%
Água	550,6	51,83	550,6	51,83
Solo Exposto	158,9	14,96	181	17,04
Vegetação	352,9	33,22	330,22	31,14

Fonte: elaborada pelos autores.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura mínima do ar no ano de 2006 foi de 23,4 °C e a temperatura máxima foi de 33,6 °C e no ano de 2016 a temperatura mínima foi de 22,9 °C e a máxima foi de 32,7 °C.

Os dados da TST e comparados à temperatura do ar, no ano de 2016, medida na estação meteorológica mostraram uma diferença de 2,8°C, portanto, houve uma variação considerável entre a temperatura de superfície e a temperatura do ar.

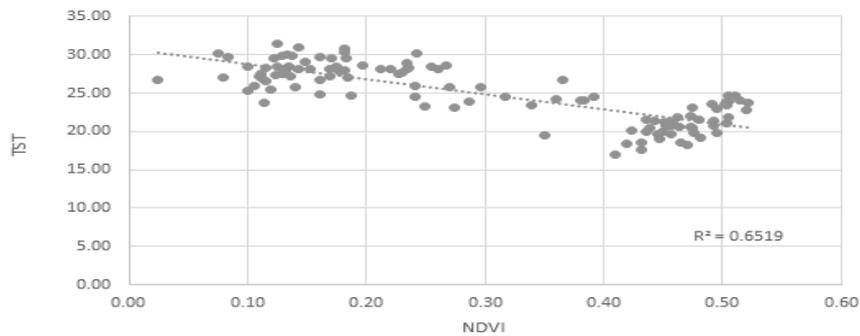
A diferença observada entre as temperaturas pode ser explicada em razão da urbanização do ambiente, ou seja, a presença de asfalto, calçadas e telhados ocasiona um maior processo de refletância da radiação eletromagnética, conhecida como albedo, o que resulta no aumento da temperatura de superfície (OSCO et al., 2015). Ouve um crescimento em áreas de solo exposto, onde se englobam as superfícies que mais absorvem a radiação incidente, nos últimos 10 anos em Belém (Tabela 2).

A temperatura do ar é medida de modo padrão à altura de 1,5m do solo, enquanto a temperatura de superfície é medida através de sensores por radar, e isto pode explicar a diferença de 2,8°C entre ar e superfície, visto que, como dito anteriormente, o albedo de superfícies expostas ocasiona maior absorção de radiação que chega ao solo e menor reflexão ao ambiente.

Após a aquisição dos dados da temperatura de superfície e do NDVI, utilizou-se 120 pontos de controle que foram sobrepostas ao mapa a fim de realizar uma análise de correlação entres as duas variáveis. A relação entre a TST e o NDVI, de acordo com a figura 5, observou-se que houve uma significativa correlação entre as variáveis, apresentando um valor de R^2 igual a 0,65.

A forte relação (Figura 5) 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. Em vista disso, as mudanças no uso e cobertura do solo possuem uma relação direta com os valores de TST e do NDVI.

Figura 5 – Índice de Vegetação do município de Belém



Fonte: Os autores (2017).

5 Conclusões

De acordo com os resultados deste trabalho, diagnosticou-se que as áreas que apresentaram os menores valores de NDVI, com exceção do corpo hídrico, apresentaram também as temperaturas mais elevadas e áreas com maior ausência vegetal, ocasionando um desconforto térmico para a população, mostrando a importância da vegetação na amenização da temperatura em uma determinada área.

Notou-se também o aparecimento de ilhas de calor na região central do município, devido à substituição de áreas anteriormente vegetadas por zonas mais urbanizadas, ocorrendo picos de temperatura nesta localidade e um maior incômodo no conforto dos habitantes das proximidades.

Em vista disso, pode-se concluir que as informações adquiridas do NDVI e da temperatura de superfície, mostraram-se de grande valia. Tais dados caracterizam-se como excelentes ferramentas para a tomada de decisão no monitoramento da qualidade ambiental e do planejamento urbano da região.

Referências

ALMEIDA, A. J. P.; GUIMARÃES JR., S. A. M.; ANDRADE, E. L.; FERREIRA NETO, J. V. 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. 2015. pp. 2047-2054.
- ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A.; **Estatística aplicada à administração e economia**. 2 .ed. São Paulo: Thomson, 2007. pp. 127-128.
- ARNFIELD, A. John. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International journal of climatology**, v. 23, n. 1, 2003. pp. 1-26.
- 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. 2013. pp. 7345-7352.
- 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, 2009. pp. 512-520.
- COELHO, A. L. N. CORREA, W. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. **Revista Geografia Acadêmica** v.7, n.1 (xii.2013). pp.31-45
- COELHO, A. L. N. RAMOS, A. L. D. BERGAMASCHI, R. B. Aplicação dos Produtos Landsat-8/TIRS/OLI e Aster/GDEM na Avaliação do Comportamento Termal de Superfície, Usos e Topografia. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. pp.1323-1330
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Site: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acessado em março de 2017.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Base dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP**. Site: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acessado em agosto de 2017.
- LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR. 2012**. Tese (doutorado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 172p.

- MARKHAM B., STOREY, J., MORFITT, R. Landsat-8 sensor characterization and calibration. **Remote Sensing**, 7(3), 2015, pp. 2279-2282.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). **Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (TIRS) Update**. Site: < http://landsat.usgs.gov/about_LU_Vol_8_Issue_2.php#2a >. Acessado em outubro de 2017.
- 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.
- OSCO, L. P.; BOIN, M. N.; RAMOS, A. P. N.; FELICIO, M. J. Avaliação da temperatura de superfície a partir do uso de Geotecnologias – um estudo de caso no alto curso da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho/SP. **I Simpósio de Águas, Solo e Geotecnologias- SASGEO**. Uberaba – MG. Brasil, 2015.
- 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, pp. 1-11.
- PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVÃO, L. L.; QUERINO, J. K. A. S.; BIUDES, M. S. (NOTA DE PESQUISA). Temperatura E Albedo da superfície por Imagens Tm Landsat 5 em diferentes usos do Solo no sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 16, jun. 2015.
- PEREIRA, J. A. S.; DIAS, C. C. F.; FRANÇA, L. M. A.; LINS, T. M. P.; SANTOS, M. S.; GALVÍNCIO, J. D. Estudo da alteração da vegetação a partir do *NDVI* e do Albedo de Superfície na Bacia do Rio Garça-PE. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. pp. 6795-6802.
- PIRES, E. G.; FERREIRA JR, L. G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. 2015. pp. 7421-7428.

- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Editora Parentese. 2007. pp.111-118.
- ROSENDO, J. S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.
- 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.
- SOUZA, D. O. DE, NASCIMENTO, M. G. DO. ALVALÁ, R. C. DOS S. Influência do crescimento urbano sobre o microclima de Manaus e Belém: Um estudo observacional. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L], v. 08, n. 04, 2015. pp. 1109-1124.