

# ANÁLISE TEMPORAL DA TEMPERATURA DOS ALVOS DA CIDADE DE BELÉM-PA UTILIZANDO BANDAS TERMAIS DO LANDSAT.

José Edilson Cardoso Rodrigues<sup>1</sup>, Luziane Mesquita da Luz<sup>1</sup>, Angelo Bruno Batalha Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UFPA. Rua Augusto Correa, n 01 jecrodrigues@ufpa.br; luzianeluz@ufpa.br; angelobatalha95@gmail.com

## RESUMO

Nas últimas décadas, vêm se observando mudanças nos padrões de temperatura no meio urbano de Belém, mais especificamente na área central. O principal objetivo deste trabalho consiste em analisar a série temporal da temperatura dos alvos na área Central da cidade de Belém durante o período de 1987 a 2013 utilizando produtos do sensoriamento remoto, correlacionando-os com as mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra. A metodologia baseou-se em revisão da literatura, uso de imagens termiais, banda 6 do Landsat 5 e banda 10 do Landsat 8. Para obtenção da temperatura dos alvos utilizou-se o software IDRISI versão Taiga. Na análise temporal das imagens termiais, verificou-se que, apenas os bairros de Nazaré, Miramar e parte de Batista Campos e de São Brás apresentaram temperaturas dos alvos abaixo dos demais bairros, motivado pela presença de espaços arborizados.

**Palavras-chave** — Banda Termal, Clima Urbano, Temperatura dos alvos, Sensoriamento Remoto.

## ABSTRACT

*In recent decades, changes in temperature patterns have been observed in the urban environment of Belém, more specifically in the central area. The main objective of this work is to analyze the temporal series of the temperature of the targets in the central area of the city of Belém during the period from 1987 to 2013 using remote sensing products, correlating them with the changes in land use and occupation patterns. The methodology was based on literature review, use of thermal images, band 6 of Landsat 5 and band 10 of Landsat 8. To obtain the target temperature, the IDRISI Taiga version software was used. In the temporal analysis of the thermal images, it was verified that only the neighborhoods of Nazaré, Miramar and part of Batista Campos and São Brás presented temperatures of the targets below the other districts, motivated by the presence of wooded spaces.*

**Keywords** - Thermal Band, Urban Climate, Target Temperature, Remote Sensing

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Jensen (2009) [1], as paisagens urbanas são compostas por um conjunto de materiais como concreto, asfalto, metal, plástico, telhas, vidro, água, grama, vegetação, solo, entre outros dispostos de maneira bastante complexa pela sociedade. Esses atributos urbanos e periurbanos podem ser observados praticamente em

qualquer banda na região do visível (verde, azul e vermelho) ou infravermelho.

P. K. Rao (1972, citado por WENG 2009) [2] foi o primeiro a avaliar a possibilidade de detecção de temperatura em áreas urbanas por meio de dados na faixa do infravermelho termal. Desde então, uma ampla gama de sensores thermal infrared - TIR tem sido empregados para estudar a termodinâmica das cidades.

Segundo Voogt e Oke (2003) [3] a banda termal do sensoriamento remoto vem sendo usada em estudos de clima urbano para avaliar a ilha de calor através do tempo, classificação de cobertura da terra e troca de energia entre superfície urbana e atmosfera. Entretanto, segundo os autores o uso do sensoriamento remoto termal no estudo de clima urbano, concentra-se principalmente sobre o efeito de ilha de calor urbana.

Para Barbosa e Vecchia (2006) [4], a utilização de dados de sensoriamento remoto captados na região do infravermelho termal, permite a realização de estudos da característica térmica das diferentes tipologias de cobertura do solo pelo fornecimento de informações relativas à temperatura aparente da superfície (Land Surface Temperature – LST).

O incremento nos valores de temperatura deve-se às condições particulares do meio ambiente urbano, seja por sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade ou pelas propriedades físicas dos materiais constituintes, entre outros fatores (OKE, 1987) [5].

Informações de temperatura da superfície de distintos materiais urbanos como o concreto, o asfalto e o telhado, apresentam alta refletância na banda termal, por serem alvos com características físico-químicas diversificadas constituindo uma assinatura espectral de acordo com a energia incidente.

Estudos de Ponzoni (2002) [6]; Ponzoni e Shimabukuro (2007) [7]; entre outros, consideram que a radiação eletromagnética ao entrar em contato com a vegetação proporciona uma interação onde o comportamento espectral da vegetação está associado aos processos de reflectância, transmitância e absorvância espectrais.

Assim, o comportamento espectral demonstra que na região do infravermelho próximo a reflectância é alta e a absorção é muito baixa.

A importância desses estudos estão associados a muitos benefícios e aplicações que essa fonte de informação de dados pode detalhar, como o monitoramento de funções que o verde urbano apresenta, por exemplo, função climática, amortecedora de ruídos e poluição.

O sensoriamento remoto vem sendo considerado uma técnica de análise e estudos de propriedade termal dos solos e mapeamento da temperatura de superfície urbana.

Contudo, pode ser utilizada, inclusive, para estudos de ilhas de calor em ambiente urbano.

Portanto, o principal objetivo foi realizar uma análise temporal da temperatura dos alvos da área central da cidade de Belém durante um período de 40 anos, demonstrando quando e onde houve significativo aumento da temperatura utilizando produtos do sensoriamento remoto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma das formas de se investigar alterações na temperatura da cidade de Belém ao longo de vários anos é com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto, por meio do uso de imagens do infravermelho termal. Uma das vantagens dessa técnica é a possibilidade de detectar e visualizar as características térmicas dos objetos que constituem o meio urbano.

Segundo Jardim (2010) [8], Lima e Amorim (2011) [9], Amorim e Dubreuil (2016) [10], as imagens de satélites produzidos na faixa termal são sensíveis à radiação, sendo possível monitorar as características das temperaturas dos alvos superficiais da paisagem, o que auxilia na compreensão da produção de seu clima urbano.

Para a obtenção e verificação das características da temperatura dos alvos da área central da cidade de Belém, foram analisadas imagens na faixa do infravermelho termal dos satélites Landsat 5 Banda 6 (Termal) e Landsat 8 Banda 10 (Termal), entre os anos de 1987, 1990, 1995, 2000, 2006 e 2013. A série temporal foi tomada no mesmo período de transição da estação mais chuvoso para o período menos chuvoso (maio, junho, julho e agosto), dos anos analisados, sobre o mesmo local e hora (Figura 01), em dias sem nebulosidade, pois as nuvens interferem no reconhecimento e na interpretação da temperatura dos alvos.

Ano	Satélite	Banda	Data da Imagem			Hora de aquisição
			Dia	Mês	Ano	
1987	Landsat 5	Banda 6 Termal	17	05	1987	12hs 47min.
1990	Landsat 5	Banda 6 Termal	25	05	1990	12hs 43min.
1995	Landsat 5	Banda 6 Termal	10	07	1995	12hs 28min.
2000	Landsat 5	Banda 6 Termal	05	06	2000	12hs 59min.
2006	Landsat 5	Banda 6 Termal	09	08	2006	13hs 16min.
2013	Landsat 8	Banda 10 Termal	27	07	2013	13hs 24min.

Figura 01. Dados temporais das imagens Landsat utilizadas na interpretação da temperatura dos alvos.

Os procedimentos para a obtenção das temperaturas em graus Celsius (°C), a partir das imagens termais, foram realizados no software IDRISI versão Taiga, com a utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e finalmente para graus Celsius. Esse procedimento de conversão dos níveis de cinza para radiância ocorre com a utilização da seguinte Equação

(Equação 01) como demonstra Lima e Amorim (2011) executada no programa IDRISI:

$$L \lambda = ((L_{max} \lambda - \lambda L_{min}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCALMIN - QCAL) + L_{min} \lambda$$

**Equação 01. Formula aritmética para obter conversão dos níveis de cinza para radiância no programa IDRISI.**

$L \lambda$  - Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts

$QCAL$  - Valor quantizado calibrado pixel em DN

$L_{min} \lambda$  - Radiância espectral, que é dimensionado para  $QCALMIN$  em Watts = 0.000

$L_{Max} \lambda$  - Radiância espectral, que é dimensionado para  $QCALMAX = 15.303-L5 / 22.001-L8$

$QCALMIN$  - O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a  $L_{min} \lambda$ ), em DN = 1

$QCALMAX$  - Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a  $L_{Max} \lambda$ ) no DN = 255

Os valores utilizados nas equações 01 ( $L_{min} \lambda$ ,  $L_{Max} \lambda$ ,  $QCALMIN$ ,  $QCALMAX$ ) e 02 ( $K1$ ,  $K2$ ) são disponibilizados pelo arquivo metadados de cada imagem Landsat que podem se alterar em função do tipo de sensor.

Após a conversão dos níveis de cinza em radiância, foi aplicada a equação de conversão dos valores em temperatura Kelvin (Equação 02):

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

**Equação 02. Formula aritmética para obter conversão da radiância para temperatura Kelvin no programa IDRISI.**

$T$  = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

$K2$  = Constante de calibração 2, (1.260,56-L5/1.321,08-L8)

$K1$  = Constante de calibração de 1, (607,76-L5/774,89-L8)

$L$  = Radiância espectral, em Watts.

O Cálculo de radiância espectral é o passo fundamental na conversão de dados de imagens de vários sensores em uma escala radiométrica comum fisicamente significativa (CHANDER et al. 2009) [11].

Para a geração da grade de temperatura da superfície em graus Celsius (°C), os valores de temperatura Kelvin gerados a partir da Equação 02, foram subtraídos do valor 273,15. Valor utilizado na conversão de temperatura de Kelvin para Celsius.

Elaborada a carta imagem graus Celsius (°C), o último passo foi gerar imagem de diferença de temperatura dos alvos que consistiu em subtrair a menor temperatura registrada na imagem pela própria imagem.

O estudo foi realizado na área central da cidade de Belém-Pa (1° 24' 26" e 1° 28' 46" de Lat S e 48° 26' 38" e 48° 30' 26" de lon W) que engloba 21 bairros (Cidade Velha, Campina, Reduto, Umarizal Telégrafo, Sacramento, Pedreira, Marco, Fátima, Nazaré, São Brás, Canudos, Montese, Batista Campos, Cremação, Jurunas, Condor, Guamá, Universitário, Barreiro e Miramar.) (Figura 02).

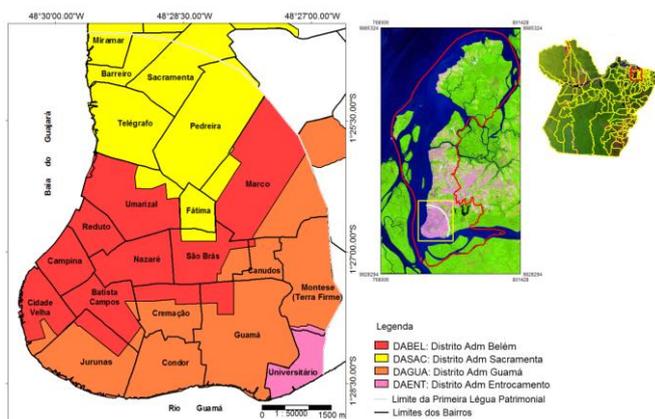


Figura 02 - Mapa da área central de Belém.

### 3. RESULTADOS

Os mapas desenvolvidos a partir das imagens termais possibilitaram averiguar e interpretar a diferença da temperatura temporal dos alvos a partir dos pontos mais quentes e dos pontos mais frios, da área central de Belém (Figura 03).

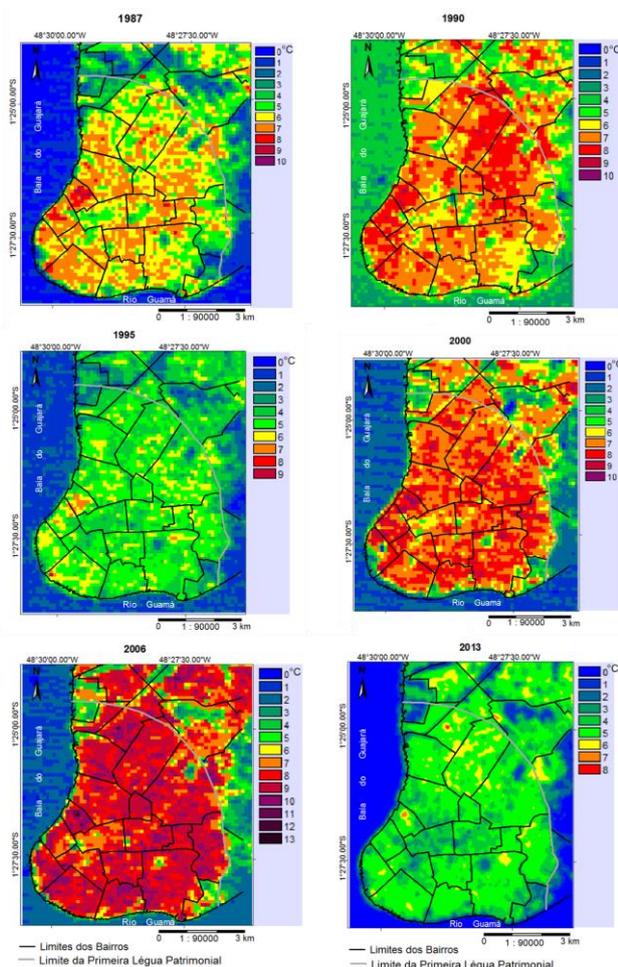


Figura 03 – Diferença das temperaturas dos alvos da Área central da cidade de Belém nos anos de 1987, 1990, 1995, 2000, 2006 e 2013. Fonte: Rodrigues, 2017

### 4. DISCUSSÃO

Considera-se o ponto mais frio como sendo o “0” (zero), definido como ponto de referência, representado por áreas bastante florestadas, como o “cinturão verde”, estendendo-se de Norte a Sudeste, acompanhando os limites da Primeira Léguas, formados por Áreas Institucionais (Federais, Estaduais, Militares) e rios que margeiam a área central da cidade ao sul e oeste.

Em todas as datas estudadas, tomando como ponto de referência as áreas vegetadas, que indicam os pontos mais frios, notou-se, nitidamente, que as temperaturas dos alvos sofreram oscilações.

No ano de 1987, áreas, como os bairros do Reduto e da Campina, apresentavam uma diferença de 8°C de temperatura em relação às áreas com pontos mais frios (áreas arborizadas); seguidos dos bairros do Jurunas, Cidade Velha, Cremação, Umarizal, Canudos e Marco com diferença de 7°C em relação aos pontos mais frios. Nos bairros mais arborizados como Nazaré, Batista Campos, São Brás, Barreiro, Montese, Universitário e Miramar, a diferença era de 5°C em relação aos pontos mais frios. Os demais bairros Condor, Guamá, Fátima, Telégrafo, Sacramento e Pedreira apresentaram diferença de 6°C em relação aos pontos considerados zero.

Assim, a diferença de temperatura dos alvos dos bairros com maior arborização (Nazaré, Batista Campos, São Brás, Barreiro, Montese, Universitário e Miramar) é de 3°C menor que os alvos dos bairros do Reduto e Campina; 2°C que a temperatura dos alvos dos bairros do Jurunas, Cidade Velha, Cremação, Umarizal, Canudos e Marco; e 1°C, em relação aos alvos dos bairros Condor, Guamá, Fátima, Telégrafo, Sacramento e Pedreira.

Em 1990, as temperaturas dos alvos apresentaram modificações em virtude de ter sido um ano de influência do El Niño de forte intensidade, que ocasionou a diminuição da precipitação. O bairro do Reduto apresentou alguns pontos com 9°C, porém grande parte dos alvos do bairro, assim como Cidade Velha, Campina, Pedreira, Marco e Canudos apresentaram 8°C de diferença em relação às áreas com pontos mais frios.

Os bairros do Jurunas, Condor, Cremação, Fátima, Umarizal, Telégrafo e Sacramento apresentaram 7°C de diferença. Guamá e Batista Campos, apresentaram entre 7°C e 6°C de diferença. São Brás e Montese apresentaram, em parte de suas superfícies, diferenças de temperatura entre 7°C e 5°C em relação aos pontos mais frios.

Os bairros de Nazaré e Barreiro apresentaram uma diferença de 6°C em relação aos pontos mais frios, porém Nazaré, mais arborizado, apresentou 1°C a mais do que no ano de 1987.

Por fim os bairros de Miramar e Universitário mantiveram 5°C, sendo esta a menor diferença entre os pontos mais frios em relação aos demais bairros.

Em 1995, as temperaturas dos alvos oscilaram entre 2°C e 7°C de diferença em relação aos pontos mais frios, por influência da La Niña que provocou um ano muito chuvoso. A diferença de 2°C foi registrada no bairro de Miramar, e o valor 7°C foi registrado no bairro do Reduto. Os bairros de Nazaré, Barreiro, Universitário, parte de Batista Campos e

São Brás, apresentaram uma diferença de 4°C. Condor, Cremação, Fátima, Umarizal, Telégrafo, Guamá, Canudos, Montese, Marco, Pedreira, Sacramento, registraram 5°C de diferença. Enquanto Campina, Cidade Velha e Jurunas apresentaram 6°C de diferença em relação aos pontos mais frios.

Para o ano de 2000, as diferenças de temperatura dos alvos ficaram entre 4°C, registrado nos bairros de Miramar e Universitário; e 10°C no Reduto e Campina. Apenas o bairro de Nazaré registrou 6°C de diferença, nos demais bairros, como Condor, Cremação, Fátima, Umarizal, Telégrafo, Guamá, Canudos, Montese, Marco, Pedreira, Sacramento, Cidade Velha, Jurunas, Barreiro, Batista Campos, São Brás, a diferença ficou entre 7°C e 8°C.

O ano de 2006 foi um dos anos analisados que apresentou maiores diferenças de temperatura dos alvos, por conta de ser ano de El Niño. Nesse ano, quase todos os bairros, como Barreiro, Sacramento, Telégrafo, Pedreira, Marco, Umarizal Fátima, São Brás, Canudos, Montese, Guamá, Cremação, Condor, Jurunas, Cidade Velha e Campina apresentaram diferenças entre 10°C e 11°C em relação aos pontos mais frios. O bairro de Nazaré apresentou diferença de 7°. Apenas os bairros Universitário e Miramar apresentaram 5°C de diferença em relação aos pontos mais frios.

Ao contrário de 2006, em 2013 os alvos apresentaram diferenças de temperaturas baixas, também por ser um ano influenciado pela La Niña. Quase todos os bairros apresentaram diferenças de 5°C. Nazaré, Batista Campos e São Brás apresentaram diferença de 3°C e 4°C. Universitário e Miramar registraram 2°C e 1°C, respectivamente. Apenas os bairros da Pedreira e Reduto apresentaram 6°C e 7°C, respectivamente de diferença em relação aos pontos mais frios.

Na análise temporal das imagens termais, apenas os bairros de Nazaré, Miramar, Universitário, parte de Batista Campos e de São Brás sempre apresentaram temperaturas dos alvos abaixo dos demais bairros, motivado pela presença de vias arborizadas, parques como o Museu Paraense Emilio Goeldi e Parque da Residência, áreas de reservas e de preservação de Belém. Por outro lado, os bairros do Reduto e da Campina foram os que apresentaram os maiores valores de temperatura dos alvos, por terem baixa arborização e pela sua localização a sudoeste da cidade, estando a sotavento da verticalização que se impõe como barreira artificial em relação à circulação e direção dos ventos de nordeste.

## 5. CONCLUSÕES

As características das temperaturas dos alvos também têm íntima relação com a distribuição espacial da cobertura vegetal. As maiores ou menores diferenças nas temperaturas dos alvos entre as áreas vegetadas e construídas dependem do total de precipitação nos dias que antecedem a tomada das imagens, assim como influências dos fenômenos El Niño e La Niña. Deste modo, embora este não tenha sido o foco da presente pesquisa, as análises das termais foram importantes porque se conseguiu perceber as características dos bairros. É nítido que no distrito de

Belém (DABEL), considerado o mais arborizado da área central, os resultados foram mais heterogêneos com relação à temperatura dos alvos. Na parte central do distrito (Nazaré, Batista Campos e São Brás), os alvos tiveram temperaturas mais baixas que o setor noroeste, onde apresentaram as maiores diferenças de temperaturas (Reduto, Campina e Cidade Velha).

Portanto, o Sensoriamento Remoto se fez eficaz na análise de temperatura do espaço urbano considerado um verdadeiro mosaico de materiais, e que cada espaço reage de forma diferente frente à entrada e saída de energia solar.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.
- [2] Weng, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64 (2009) 335–344. Disponível em [www.elsevier.com/locate/isprsjprs](http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs) (acesso 08/09/2015).
- [3] Voogt, J. A.; Oke, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment* 86, 2003. p.370–384. Disponível em [www.elsevier.com/locate/rse](http://www.elsevier.com/locate/rse). (acesso 26/08/2015).
- [4] Barbosa, R. V. R. e Vecchia, F. A. da S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: estudo de caso em São Carlos (SP). *Minerva*, 6(3): 273-278, 2006.
- [5] Oke, T. R. *Boundary Layer Climates*. Routledge is an imprint of the Taylor & Francis Group. Methuen & Co. Ltd Second edition 1987.
- [6] Ponzoni, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata Atlântica. INPE: São José dos Campos - SP, 2002.
- [7] Ponzoni, F. J. e Shimabukuro, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2007.
- [8] Jardim, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. IN: *Revista de C. Humanas, Viçosa*, v, 10, n. 1, p. 9-25, jan./jun. 2010.
- [9] Lima, V. e Amorim, M. C. de C. T. A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana. IN: *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1028 -1035.
- [10] Amorim, M. C. C. T.; Dubreuil, V. As diferenças das temperaturas dos alvos diagnosticadas por meio de imagens termais do satélite landsat 8 em período seco e chuvoso em ambiente tropical. In: *XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, 2016, Goiânia. Anais do XII SBCG. Goiânia: Gráfica UFG, 2016. v. 1. p. 1034-1046.
- [11] Chander, G., Markhamb, 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* 113 (2009) 893–903.