

## **Avaliação das Bandas 10 e 11 do TIRS do Landsat 8 na Identificação de Ilhas Urbanas de Calor em Quatro Cidades Brasileiras.**

Maria Tereza Lima Vilarinho <sup>1</sup>  
Layanne Souza Guirra <sup>1</sup>  
Gustavo Macedo de Mello Baptista <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Instituto de Geociências - UnB/IG  
Campus Darcy Ribeiro - Caixa Postal 4465 - 70910-900 -Asa Norte - Brasília- DF  
mariatereza.lima@gmail.com; layanneguirra@hotmail.com; gmbaptista@unb.br

**Abstract.** The phenomenon of Urban Heat Island occurs mainly in urban area due to a decrease of vegetal surface and because of the replacement of regions that reflected radiation for surfaces that absorbs radiation (as asphalt, houses etc.) raising the local temperature. The remote sensing has given tools allowing the identification of the surfaces temperature and of the radiation behaviour on the multiple uses of the soil. On this matter, this study aims the evaluation of the Urban Heat Island using the thermal bands 10 and 11 of the Landsat-8 satellite. The urban heat island was analysed in four Brazilian urban areas. The results showed this phenomenon in every evaluated city, it has found an average temperature raise of 10°C in the urban area comparing to the rural area. In the thermal profile gathered, it can be observed that the numbers of the bands 10 and 11 were getting close, and in the rural area the higher point of the band 11 showed a superior number to the higher point of the band 10. The results also demonstrated more detection sensitivities of the bands 10 and 11, because the band 10 presented a higher sensitiveness on distinguishing the urban areas of higher temperature target and the band 11 showed a higher sensibility identifying lower temperature targets.

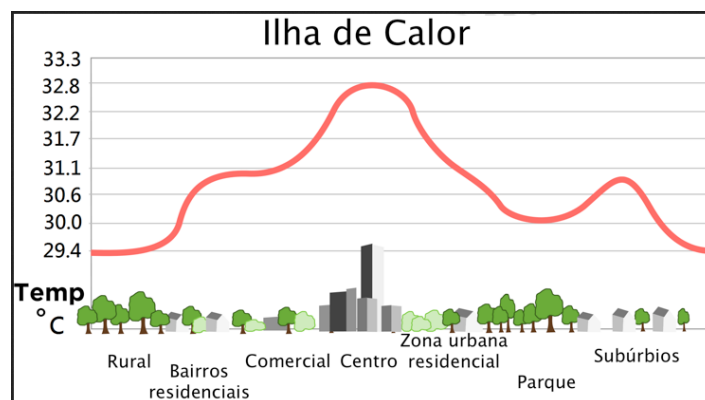
**Palavras-chave:** Urban Heat Island, Landsat-8, Banda 10, Banda 11, temperature, geologia.

### **1. Introdução**

As ilhas de calor ocorrem principalmente em cidades de elevado grau de urbanização que resulta no aumento das temperaturas médias das regiões urbanas em comparação com as zonas rurais e são provindas principalmente da ação antrópica (Morais et al., 2013).

As ilhas de calor são intensificadas pela substituição da cobertura vegetal, uma vez que o aumento da quantidade de casas, edifícios, avenidas e etc., interferem no perfil da radiação térmica refletida para a atmosfera. Desta forma, as superfícies urbanas como o asfalto, paredes de tijolo ou concreto, telhas de barro e de amianto elevam capacidade de absorção de calor. A falta de áreas revestidas de vegetação prejudica o albedo, medida da quantidade de radiação solar refletida por um corpo, levando a uma maior absorção de calor; a impermeabilização dos solos pelo asfalto e desvio da água por bueiros, o que reduz o processo de evaporação, a elevada densidade de edifícios que interfere na circulação dos ventos; a poluição atmosférica que retém a radiação térmica, causando o aquecimento da atmosfera (Efeito Estufa); utilização de energia pelos veículos de combustão interna, pelas residências e pelas indústrias, aumentando o aquecimento da temperatura local (Morais et al., 2013).

O fenômeno de ilhas de calor ocorre, em sua maioria, na área central das cidades, na qual se observa um núcleo mais quente (área urbana), rodeado por regiões mais frias (áreas rurais). A Figura 1 apresenta o perfil térmico das ilhas de calor.



**Figura 1.** Perfil térmico do fenômeno de ilhas de calor em grandes centros urbanos.

Diante do exposto, as ilhas de calor urbanas é um fenômeno que acontece em cidade com elevado grau de urbanização, assim a temperatura do ar em áreas altamente urbanizadas é superior às áreas rurais próximas à região (Santamouris, 2001).

### 1.1 Uso do Landsat 8 aplicado à identificação das ilhas de calor

As áreas urbanas são áreas formadas por diversos materiais que refletem ou absorvem a energia eletromagnética, apresentando grande amplitude espectral. A superfície urbana ao receber radiação eletromagnética do Sol, terá parte dessa energia absorvida e parte refletida. Isso faz com que os sensores que operem na faixa do infravermelho termal e possam medir no topo da atmosfera a radiação emitida pela superfície terrestre. Esses dados, após sofrerem uma correção dos efeitos atmosféricos, podem ser convertidos em temperatura da superfície a qual é estimada de acordo com a lei de Planck que estabelece que quanto maior a temperatura, maior a quantidade de energia emitida por um corpo em um comprimento de onda (Dash et al., 2002).

Em 11 de fevereiro de 2013 foi lançado ao espaço o Landsat 8. O novo advento tecnológico veio com dois novos sensores, o sensor espectral OLI e o sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) com duas bandas termais que detectam as ondas eletromagnéticas emitidas pela superfície da Terra (Matthew e Blackett, 2014).

**Tabela 1.** Características dos sensores do satélite Landsat-8.

| SATÉLITE LANDSAT-8                   |  |
|--------------------------------------|--|
| Características                      | Sensores<br><i>Operational Land Imager (OLI) Bandas 1 a 9 e Thermal Infrared Sensor (TIRS) Bandas 10 e 11</i>  |
| Largura de Faixa                     | 170x185 km   |
| Bandas Espectrais/Resolução espacial | Banda 1 <u>Coastal aerosol</u> (0,43-0,45 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 2 <u>Blue</u> (0,450-0,51 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 3 <u>Green</u> (0,53-0,59 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 4 <u>Red</u> (0,64-0,67 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 5 <u>Near Infrared NIR</u> (0,85-0,88 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 6 <u>SWIR 1</u> (1,57-1,65 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 7 <u>SWIR 2</u> (2,11-2,29 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 8 <u>Panchromatic (PAN)</u> (0,50-0,68 $\mu\text{m}$ ) - 15 m<br>Banda 9 <u>Cirrus</u> (1,36-1,38 $\mu\text{m}$ ) - 30 m<br>Banda 10 <u>Thermal Infrared TIRS 1</u> (10,6-11,19 $\mu\text{m}$ ) - 100 m<br>Banda 11 <u>Thermal Infrared TIRS 2</u> (11,5-12,51 $\mu\text{m}$ ) - 100 m |
| Resolução Radiométrica               | 16 Bits  |
| Projeção                             | Projeção UTM, Datum WGS 1984   |
| Revisita                             | 16 dias  |
| Órbita                               | <u>Heliossíncrona</u> (altura de 705 km)   |

Fonte: United States Geological Survey (USGS, 2013).

Conforme a Tabela 1, os sensores do satélite Landsat-8 possuem faixa de imageamento de 170 km norte-sul por 185 km leste-oeste, resolução temporal de aproximadamente 16 dias, resolução espacial de 30 m para as bandas do visível, 15 m para banda pancromática e 100 m para as bandas termais 10 e 11 do sensor TIRS (Coelho e Correa, 2013).

O detector TIRS detecta emissões termais da superfície da Terra em duas bandas separadas, banda 10 que detecta materiais cujo comprimento de onda vai de 10.60 a 11.19  $\mu\text{m}$  e a banda 11 detecta dos comprimentos de 11.50 a 12.51  $\mu\text{m}$ . As faixas térmicas do instrumento TIRS (banda 10 e 11) são úteis no fornecimento de temperaturas de superfície.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo mostrar a potencialidade das bandas 10 e 11 do Landsat-8 para identificar o fenômeno de ilhas urbanas de calor em quatro regiões metropolitanas brasileiras.

## 2. Metodologia

Os métodos utilizados para a realização deste estudo foi primeiramente a escolha da área de estudo, assim foram selecionadas cidades brasileiras por meio do critério de elevado grau de urbanização. Desta forma as cidades escolhidas foram: São Paulo, Belo Horizonte, Brasília e Rio de Janeiro.

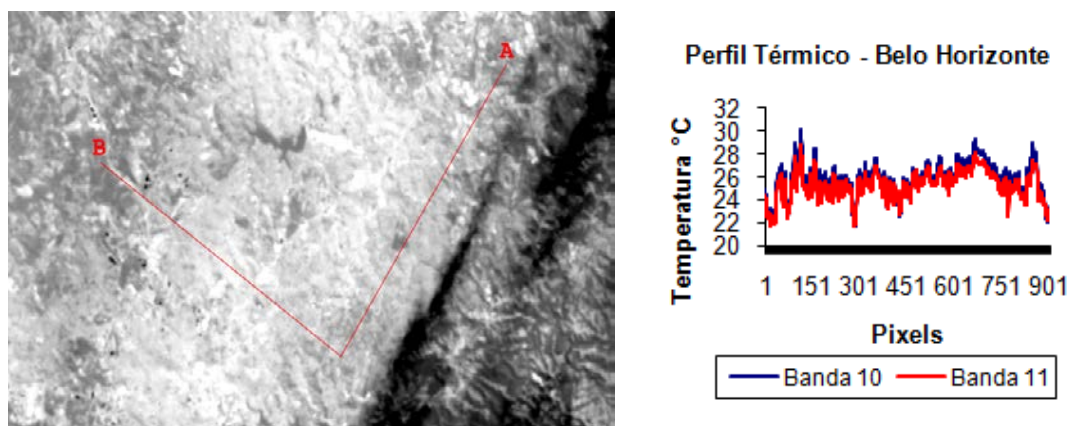
A partir da imagem original obtida no site Earth Explorer e do sensor TIRS/Landsat 8, transformou-a para radiância com a ferramenta *Band Math* do software ENVI 4.8, por meio da fórmula  $float = (0.0003324 \times B(n)) + 0.10$  onde  $n$  é o número da banda. Posteriormente, converteu-se para temperatura de brilho em graus Kelvin por meio da fórmula  $float((1321.08)/(ALOG((774.89/B10)+1)))$  para banda 10 e para conversão de temperatura em Kelvin para a banda 11, usou-se a fórmula  $float((1201.14)/(ALOG((480.89/B11)+1)))$ . Posteriormente, para as imagens das duas bandas geradas, usou-se a fórmula  $float(B(n)-273,15)$  para converter a temperatura em graus Celsius.

A etapa posterior consistiu em utilizar a ferramenta *Arbitrary Profile*, com o objetivo de traçar um transecto que atravessa a principal zona urbana de cada cidade, porém com as extremidades na zona rural, para que se obtenha dados de temperatura que variam ao longo do transecto visando a elaboração de um gráfico que permite visualizar o fenômeno em estudo.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Belo Horizonte

Para a cidade de Belo Horizonte (Figura 2) imagem utilizada para o estudo foi obtida em 09 de agosto de 2013, no inverno.

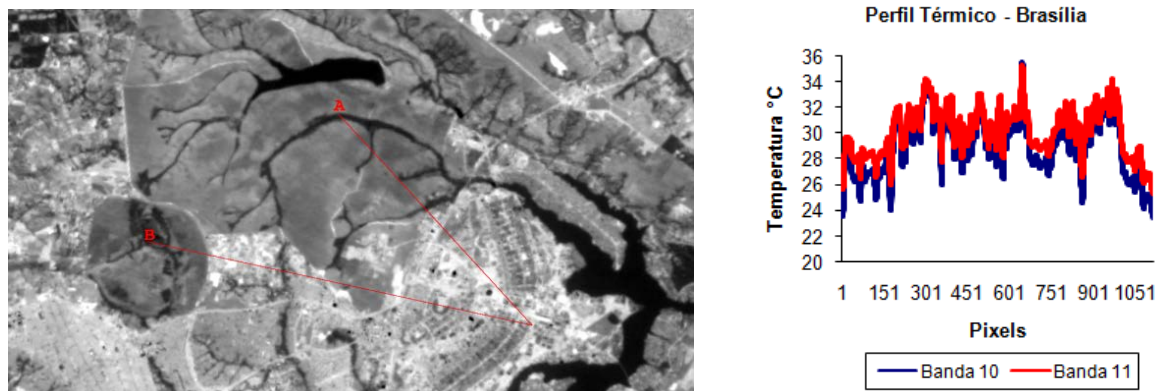


**Figura 2.** Imagem obtida pelo satélite Landsat-8, sensor TIRS e perfil térmico da cidade de Belo Horizonte.

Na cidade de Belo Horizonte, observou-se temperaturas máximas de 30° C e mínimas de 22° C. Segundo o perfil térmico da cidade de Belo Horizonte (Fig. 2), a banda 10 apresenta picos superiores com relação aos picos da banda 11, desta forma, supõe-se que durante a obtenção da imagem pelo satélite Landsat-8 ocorreu interferências ocasionadas pela presença de nuvens, percebidas pelas estruturas escuras na porção leste da cena apresentada na figura 2.

### 3.2. Brasília

Na cidade de Brasília a Figura 3 apresenta a imagem utilizada para a realização do trabalho, a qual foi obtida no dia 29 de julho de 2013, na estação do inverno.

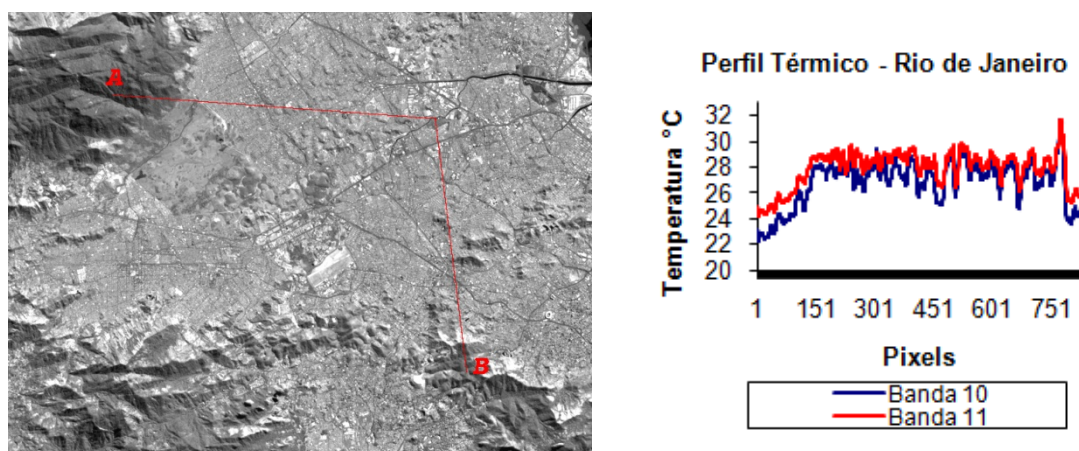


**Figura 3.** Imagem obtida pelo satélite Landsat-8, sensor TIRS e perfil térmico da cidade de Brasília.

A cidade de Brasília apresentou temperaturas máximas de 35,25° C e mínimas de 23,4° C, conforme revela a figura 3, observa-se que as extremidades que interceptam a zona rural do perfil apresentaram uma temperatura menor, enquanto que a área metropolitana apresenta temperaturas superiores, definindo o perfil típico de ilha de calor. De acordo com o perfil térmico (Fig. 3), os pixels das extremidades de 1 a 151 e na faixa de 1051, nota-se um comportamento de distanciamento entre os picos das bandas 10 e 11, enquanto que os pixels de 301 a 601 apresentam uma proximidade dos picos das duas bandas.

### 3.3. Rio de Janeiro

Para a cidade do Rio de Janeiro (Figura 4) imagem utilizada para o trabalho foi obtida em 02 de agosto de 2013, no inverno.



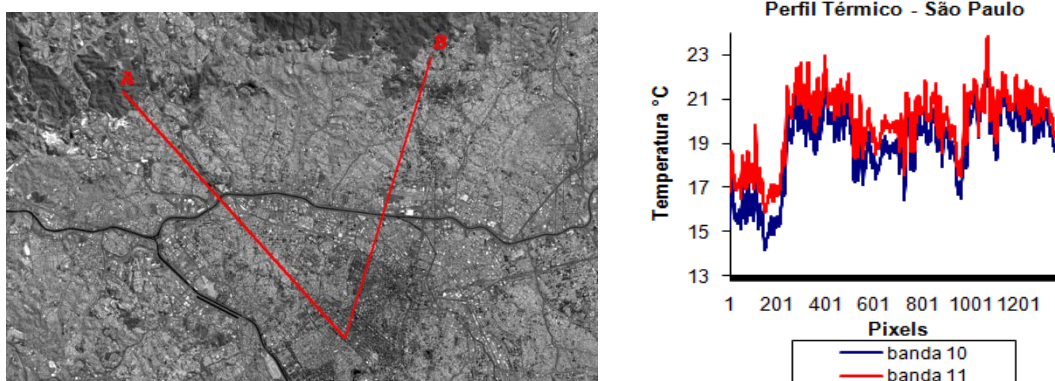
**Figura 4.** Imagem obtida pelo satélite Landsat-8/ sensor TIRS e perfil térmico da cidade do Rio de Janeiro.



Na cidade do Rio de Janeiro, encontrou-se para as temperaturas de superfícies máximas iguais a 31° C e mínimas de 22° C, ressaltando um perfil térmico de ilha de calor. Conforme a Figura 4 observa-se que na região de vegetação presentes nos extremos do perfil de temperatura a banda 11 apresenta picos superiores aos da banda 10, desta forma pode-se atribuir ao fato que a banda 11 possui notável sensibilidade para identificação de alvos frios de menores comprimentos de onda.

### 3.4. São Paulo

Na cidade de São Paulo (Figura 5) imagem utilizada foi obtida em 16 de agosto de 2013, na estação do inverno.



**Figura 5.** Imagem obtida pelo satélite Landsat-8/ sensor TIRS e perfil térmico da cidade de São Paulo.

Observou-se que a cidade de São Paulo apresentou temperaturas de 14° C a 26° C. Nas extremidades do perfil térmico, onde apresentam as temperaturas mais baixas, é o local que ocorre a interceptação do eixo na zona rural. De acordo com a Figura 5, nota-se que no momento em que o transecto atravessa a área urbana (de 289 a 1153 pixels), o perfil térmico das duas bandas se aproximam, porém nas regiões de temperaturas inferiores, ocorreu uma separação entre os perfis das bandas 10 e 11.

Segundo Tavares e Baptista (2013), a identificação do fenômeno de ilhas de calor por meio do sensor ASTER, os perfis térmicos obtidos apresentaram o comportamento similar à identificação das ilhas de calor por meio do sensor TIRS, uma vez que ambos os sensores apresentaram uma redução na temperatura no momento de interceptação do eixo nas zonas rurais e na interceptação das áreas metropolitanas os perfis térmicos gerados por meio dos sensores ASTER e TIRS apresentaram uma elevação na temperatura, ambos os sensores identificam o fenômeno de ilhas de calor, todavia as bandas termais do sensor TIRS mostraram particularidades quanto à identificação de alvos frios e quentes (alvos de maior e menor temperatura), uma vez que a banda 10 apresentou sensibilidades de detecção para alvos de maiores temperaturas e a banda 11 mostrou um comportamento sensível na identificação de alvos de menores temperaturas.

De acordo com a lei de Wien, quanto maior a temperatura de um corpo, menor é o comprimento de onda da máxima radiação (Almeida), desta forma a banda 10 do sensor TIRS detecta comprimentos de onda menores comparados à detecção da banda 11, portanto as bandas termais deste sensor apresentam-se como uma ferramenta importante na identificação e monitoramento de alvos de menor e maior temperatura.

## 4. Conclusões

As ilhas de calor nas quatro regiões metropolitanas brasileiras apresentaram o comportamento do perfil de temperatura semelhante, com uma diferença de temperatura média entre a zona rural e urbana de aproximadamente 10 °C ressalta-se então, a ocorrência do fenômeno de ilhas de calor nas quatro cidades brasileiras.

O presente estudo revelou que nas áreas mais densas, de elevado grau de urbanização e solo exposto os perfis das duas bandas se aproximam. No momento em que o transecto passa por alvos mais frios, como as zonas rurais onde as temperaturas são majoritariamente inferiores devido à maior cobertura vegetal e menor solo exposto, o comportamento dos perfis térmicos entre as bandas 10 e 11 é diferenciado, uma vez que em alvos frios a banda 11 apresenta picos mais altos. Segundo a Lei de Wien, quanto maior a temperatura de um alvo menor o comprimento de onda, a banda 10 identifica alvos com a faixa de comprimento de onda inferiores aos da banda 11 (Almeida), assim a banda 10 apresenta uma sensibilidade de diferenciação das áreas urbanas adjacentes devido as temperaturas mais elevadas nessas regiões. E a banda 11, por identificar alvos de menor temperatura é sensível à identificação de ambientes lacustres.

As verificações realizadas por meio dos sensores TIRS mostraram-se uma ferramenta importante para análise de alvos com temperaturas distintas, permitindo a utilização da banda 10 para identificação de áreas metropolitanas e a banda 11 na identificação das zonas rurais, apresentando-se como um instrumento eficaz na identificação do fenômeno de ilhas de calor.

### Referências Bibliográficas

Almeida, L.C. **Determinação matemática da Lei de Wien, seu significado físico e suas relações com a Lei de Planck na determinação da radiação espectral.** The general science journal, 2012. Disponível em:

<[http://gsjournal.net/Science-Journals/Essays-](http://gsjournal.net/Science-Journals/Essays-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/5225)

[Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/5225](http://gsjournal.net/Science-Journals/Essays-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/5225)> acesso em 01/11/2014.

Coelho, A.L.N.; Correa, W.S.C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landatsat-8: metodologia e aplicações. **Ver. Geogr. Acadêmica**, v.7, n. 31-45, p. 1678-7226, 2013.

Dash, P.; Gottsche, F.S.; Olesen, F.S.H.; Fischer, H. Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: theory and practice current trends. **International Journal of Remote Sensing**, Bethesda, v.23, n.13, p.2563-2594, 2002.

Morais, H.F.; Albuquerque, E.M.; Andrade, S.C.P.; Santos, C.A.C. Identificação do fenômeno de ilhas de calor urbano em Belo Horizonte - MG. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 16., 2013, Foz do Iguaçu. INPE, 2013. Disponível em: <<http://dsr.inpe.br/sbsr2013/files>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

Santamouris, M. (Ed.), 2001. **Energy and Climate in the Urban Built Environment.** James and James Science Publishers, London.

Tavares, C.V.T.; Baptista, G.M.M. Identificação do fenômeno de ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER *on demand* 08 – *Kinetic Temperature* (III): metrópoles brasileiras. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 12, 2005, Goiânia. INPE, 2013, p. 3911-3918. Disponível em:

<<http://marte.sid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.17.52/doc/3911.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2014.