

## Análise da temperatura da superfície estimada por imagens OLI-Landsat 8 em área urbana

### Analysis of the surface temperature estimated by OLI-Landsat 8 images in urban area

<sup>1</sup>Natallia Sanches e Souza, <sup>2</sup>Pablinne Cynthia Batista Angelini, <sup>3</sup>Lucas Peres Angelini, <sup>4</sup>Diana Carolina Jesus de Paula

<sup>1</sup>Professora Doutora do Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Centro Universitário de Várzea Grande (natallia@univag.edu.br)

<sup>2</sup>Doutora – Universidade Federal de Mato Grosso (pablinne.cynthia06@gmail.com)

<sup>3</sup>Professor Doutor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico – Instituto Federal Goiano (lucas.angelini@ifgoiano.edu.br)

<sup>4</sup> Professora Doutora do Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Centro Universitário de Várzea Grande (diana.paula@univag.edu.br)

---

**RESUMO:** Este artigo teve como principal objetivo analisar a temperatura da superfície com base nos valores obtidos a partir de imagens do satélite OLI-Landsat 8, para o município de Cuiabá - MT entre agosto/2014 a junho/2015. As imagens foram pré-processadas por meio de técnicas de calibração e correções atmosféricas. Concomitantemente, foram utilizados dados obtidos em estação micrometeorológica para análise da diferença entre os dados obtidos de temperatura do ar e os dados estimados de temperatura da superfície. Diferentes parâmetros estatísticos (coeficientes de correlação e erro médio quadrático) foram calculados para determinar a relação entre temperatura da superfície e temperatura do ar. Os resultados revelam maiores valores de temperatura da superfície (31 ~ 42 °C) na região norte do município, onde é o centro da cidade, com maior fluxo de veículos. Enquanto os menores valores de temperatura da superfície (18 ~ 24 °C) foram obtidos na região sul, onde há maior presença de vegetação e corpo d'água. Foi evidenciada maior correlação entre temperatura do ar e temperatura da superfície quando considerado a temperatura diária média do ar. Em síntese, as informações de temperatura da superfície adquiridas por técnicas de sensoriamento remoto possibilitaram a identificação e compreensão da atuação térmica do clima local.

**Palavras Chave:** Clima urbano. Sensoriamento remoto. Temperatura do ar.

**ABSTRACT:** The main objective of this article was to analyze the surface temperature based on the values obtained from OLI-Landsat 8 satellite images for the city of Cuiabá - MT, between August / 2014 and June / 2015. The images were pre-processed using calibration techniques and atmospheric corrections. At the same time, data obtained at a micrometeorological station were used to analyze the difference between the air temperature data and the estimated surface temperature data. Different statistical parameters (correlation coefficients and mean squared error) were calculated to determine the relationship between surface temperature and air temperature. The results show higher surface temperature values (31 ~ 42 °C) in the northern region of the municipality, which is the center of the city, with a greater flow of vehicles. In turn the lowest surface temperature values (18 ~ 24 °C) were obtained in the southern region, where there is a greater presence of vegetation and water body. It was evidenced a higher correlation between air temperature and surface temperature when considering the average daily air temperature. In summary, the surface temperature information acquired by remote sensing techniques enabled the identification and understanding of local climate thermal performance.

**Keywords:** Urban climate. Remote sensing. Air temperature.

---

## 1. INTRODUÇÃO

As ilhas de calor ocorrem principalmente em cidades de elevado grau de urbanização e resultam no aumento das temperaturas médias das áreas urbanas em comparação com as áreas rurais, provenientes, principalmente, da ação antrópica (MORAIS et al., 2013). Segundo Barbirato et al. (2007), das modificações climáticas produzidas pela cidade, a mais evidente e

estudada é a ilha de calor, fenômeno próprio das cidades, resultantes do processo de urbanização e características peculiares ao meio urbano (GARTLAND, 2010).

Enquanto os processos físicos do ambiente urbano são difíceis de monitorar apenas com instrumentos *in situ*, sensores instalados em satélites fornecem dados quantitativos do espaço físico em resoluções espaciais e temporais (SOUZA et al., 2016). Devido a esta dificuldade, o uso de ferramentas como sensoriamento remoto e geoprocessamento tornaram-se importantes nos estudos e análises das Ilhas de Calor Urbana de Superfície (ICUS) (XIAN, 2008; XIAN & CRANE, 2006). Ressaltando que o estudo de Ilha de Calor Urbana (ICU) refere-se ao aquecimento da atmosfera urbana detectado por sensores meteorológicos fixos ou móveis, enquanto as medidas realizadas através de sistemas de sensoriamento remoto avaliam a Ilha de Calor Urbana Superficial (ICUS) (VOOGT & OKE, 2003).

Os principais parâmetros dos estudos de ilha de calor urbana são temperatura e umidade do ar, enquanto que em estudo de ilha de calor urbana superficial é a temperatura da superfície (CALLEJAS et al., 2011). A temperatura de superfície é um dos principais dados que podem ser estimados a partir das imagens da banda termal. A temperatura da superfície terrestre tem sido tema de diversos estudos (SILVA et al., 2011; FORMIGONI et al., 2011).

Diversos autores (XIAN, 2008; XIAN & CRANE, 2006; VOOGT & OKE, 1998) discutem a aplicabilidade de sistemas de imagens termais para o mapeamento da distribuição espacial da temperatura.

Fialho (2012), Nascimento (2011), Weng (2010 e 2003), Jensen (2009), Liu (2006), Weng et al. (2004), Oke (1978), Mendonça (1995), Mendonça & Monteiro (2003), Lombardo (1985), entre outros, também usaram sistemas de sensoriamento remoto infravermelhos termais para documentar o efeito de ilha de calor urbana.

Como a temperatura da superfície continental é mais facilmente relacionada com as condições da própria superfície, uma das principais aplicações do sensoriamento remoto térmico no estudo de climas urbanos consiste em examinar relações entre a estrutura espacial dos padrões térmicos urbanos e as características da superfície urbana, o que pode ajudar posteriormente no planejamento urbano (CHEN et al., 2006; DELGADO et al. 2012).

O satélite Landsat-8 é o mais recente de sua série. Foi lançado no dia 11 de fevereiro de 2013 pela NASA na base aérea de Vandenberg no estado da Califórnia (EUA), operando a uma altitude de 705 km, numa órbita heliosíncrona com inclinação de 98,2° (ligeiramente retrógrada). A sua passagem na linha do equador ocorre às 10:00 horas, com diferença de 15 minutos para mais ou para menos (USGS, 2016).

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar a temperatura da superfície estimada por imagens OLI-Landsat 8 em área urbana do município de Cuiabá-MT e posteriormente comparar a temperatura de superfícies, estimadas pelas mesmas, com a temperatura do ar obtida por estação micrometeorológica.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

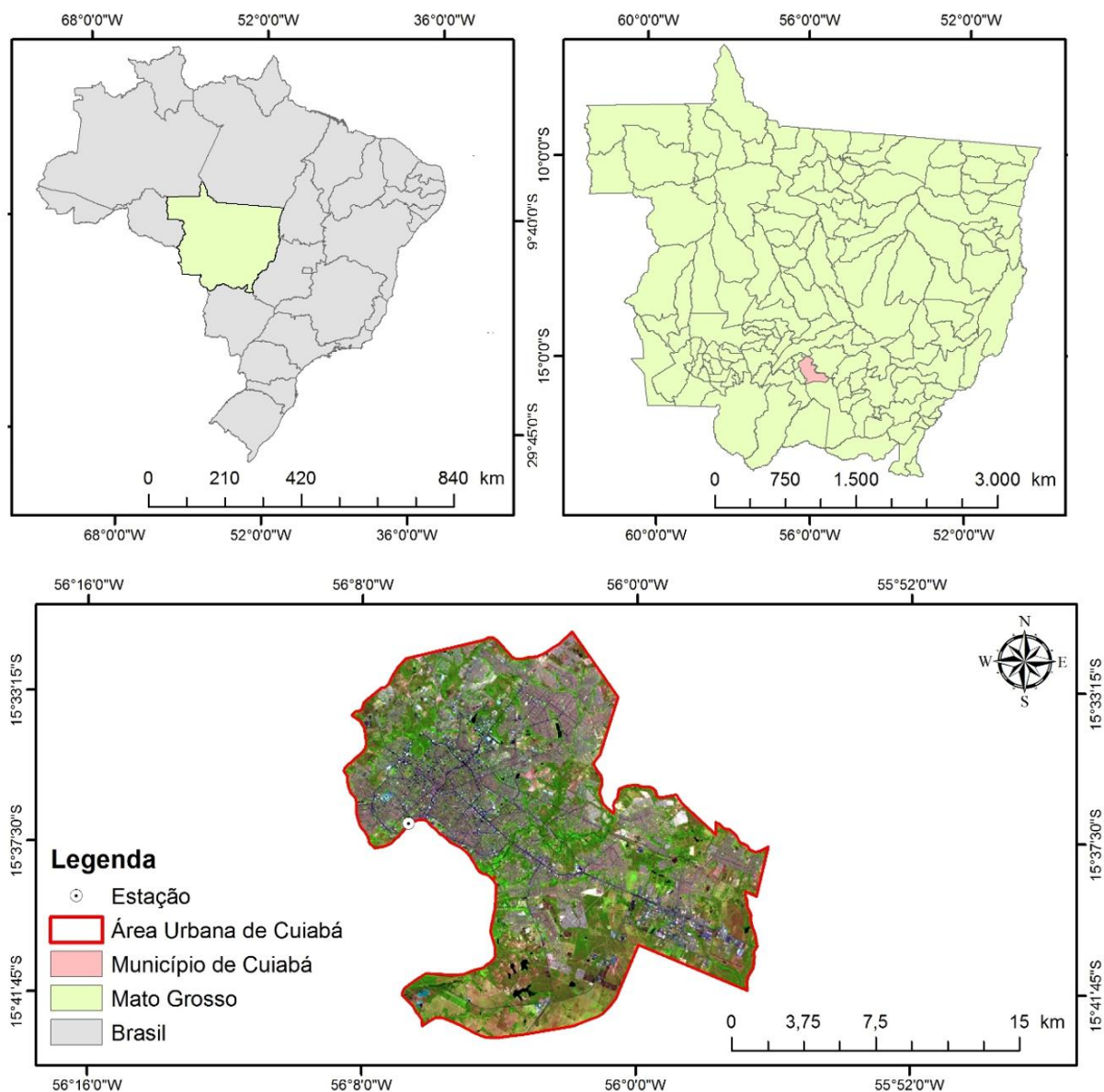
### 2.1 Área de Estudo

O estado de Mato Grosso, localizado na região central do Brasil, a partir da segunda metade da década de 1960, passou a ser considerado “Portal da Amazônia”, devido à sua posição estratégica de única alternativa de acesso por terra para ocupação da região Norte do país. O intenso crescimento e a concentração populacional dos seus centros urbanos têm favorecido o processo acelerado de mudanças ambientais, em função das alterações nas coberturas das superfícies do solo.

Este estudo foi realizado somente na área urbana de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, com coordenadas de 15°35' S e 56°06' O. Possui extensão territorial de 2.730 km<sup>2</sup> e está situado na região centro-sul do Estado (CUIABÁ, 2007). Foi instalada uma estação

micrometeorológica para análises de variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar) com localização demonstrada na Figura 1.

Figura 1 – Localização da área de estudo e estação micrometeorológica.



O clima da região é considerado tropical semiúmido, do tipo Aw segundo a classificação de Köppen (1918). Apresenta duas estações bem definidas, com um período chuvoso entre os meses de outubro a abril, e seco de maio a setembro, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média mensal entre 21,9°C e 31,3°C (MAITELLI & VILANOVA, 2009).

## 2.2 Medição da temperatura do ar e umidade relativa do ar

A coleta de dados foi realizada com intenção de caracterizar o microclima de Cuiabá-MT no período de estudo desta pesquisa (agosto/2014 a julho/2015). Os dados de Temperatura do Ar ( $T_a$ ) e Umidade Relativa do Ar (UR) foram obtidos por meio de estação meteorológica, marca ONSET, fixa a 2 metros de altura, em localidade com latitude de 15,37° S e longitude de 56,04° O.

Para a caracterização microclimática de Cuiabá foram utilizadas as médias mensais da temperatura do ar e umidade relativa do ar. Enquanto que para comparação e validação da temperatura de superfície em relação à temperatura do ar, foram utilizados somente os dados obtidos nos mesmos dias da coleta das imagens, processo explicado no item ‘Análise estatísticas dos dados’.

### 2.3 Estimativa da temperatura de superfície por imagens de satélite

Para a estimativa da temperatura da superfície foram obtidas imagens do satélite OLI-Landsat 8, órbita 226 e ponto 71 dos dias julianos 232 (20/08), 248 (05/09) e 360 (26/12) do ano de 2014 e dos dias julianos 11 (11/01), 75 (16/03) e 155 (04/06) do ano de 2015. Sendo que os dias 232, 248/2014 e 155/2015 representam o período seco e os dias 360/2014, 11 e 75/2015 representam o período chuvoso.

As imagens reprojatadas para o sistema de coordenadas UTM (WGS 84, Zona 21 Sul), com as refletâncias corrigidas aos efeitos da atmosfera foram baixadas pela plataforma ESPA [http://espa.cr.usgs.gov/] do serviço geológico americano (USGS). O processamento das imagens foi realizado no software ERDAS Imagine 2014.

O cálculo da temperatura da superfície foi realizado a partir de acordo com Weng et al. (2004) (equação 1):

$$T_s = \frac{T_B}{[1 + (\lambda \frac{T_B}{\rho}) \ln \varepsilon]} \quad (1)$$

Em que  $T_B$  é a temperatura de brilho,  $\lambda$  é o comprimento de onda da radiação emitida (corresponde à média dos picos das bandas 10 e 11 = 11,4  $\mu\text{m}$ ),  $\rho = h c / \sigma$  (1,438  $10^{-2}$  m K),  $\sigma$  = constante de Boltzmann,  $h$  constante de Plank e  $c$  é a velocidade da luz,  $\varepsilon$  é a emissividade da superfície. A temperatura de brilho é dada pela equação 2.

$$T_B = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L_{\lambda cor}} + 1)} \quad (2)$$

Em que  $K_1$  e  $K_2$  são constantes obtidas no metadados das imagens,  $L_{\lambda cor}$  é a radiância espectral corrigida aos efeitos da atmosfera obtida (BARSÍ, 2003) dada pela equação 3.

$$L_{\lambda cor} = \frac{L_{\lambda} - L_u - (1 - \varepsilon)L_d}{\tau \varepsilon} \quad (3)$$

Em que,  $L_{\lambda}$  é a radiância espectral sem correção ( $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ),  $L_u$  é a radiância emitida pela superfície ( $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ),  $L_d$  é a radiância recebida pela superfície ( $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ),  $\tau$  é a transmissividade da atmosfera e  $\varepsilon$  é a emissividade da superfície (BARSÍ, 2003).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (4)$$

Em que,  $M_L$  é o fator multiplicativo de redimensionamento da banda ( $3,3420 \times 10^{-4}$ ),  $Q_{cal}$  é o valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN) e  $A_L$  é o fator aditivo de

redimensionamento da banda (0,1000) (USGS, 2016). A emissividade da superfície foi calculada a partir da equação 5.

$$\varepsilon = 0,004 + P_v + 0,986 \quad (5)$$

Em que,  $P_v$  é a proporção de vegetação obtida com base na razão do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), 0,004 e 0,986 são constantes de ajuste (SOBRINHO et al., 2004). O  $P_v$  e o NDVI são calculados por meio das equações 6 e 7 respectivamente.

$$P_v = \left[ \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (6)$$

$$NDVI = \frac{\rho_5 - \rho_4}{\rho_5 + \rho_4} \quad (7)$$

Em que,  $\rho_5$  e  $\rho_4$  correspondem à banda do infravermelho próximo e vermelho respectivamente.

#### 2.4 Análise estatísticas dos dados

Para comparação dos dados obtidos pela estação micrometeorológica ( $T_a$ ) e dados estimados ( $T_s$ ) foi adotada como padrão da temperatura do ar a média do horário de 9:45h do dia da passagem do satélite. Assim como a média de intervalos maiores para comparação, como das 7:45 às 11:45 (período matutino) e a média diária do dia da passagem do satélite. Isto para que fosse possível encontrar uma possível correlação entre a temperatura do ar (in situ) e a temperatura de superfície (sensoriamento remoto).

A validação das estimativas de temperatura da superfície, a partir dos dados obtidos por meio da estação micrometeorológica, foi realizada por análises estatísticas como correlação de Pearson e RMSE (Root Mean Square Error), ou Erro Médio Quadrático, em português.

O valor de correlação de Pearson assume valores entre -1 e 1, demonstrando maior associação quando o valor é próximo da unidade. O sinal que o valor assume indica uma correlação positiva (+), ou seja, o aumento no valor da variável medida é acompanhado por aumento no valor da variável estimada, ou uma correlação negativa (-), quando o aumento no valor da variável medida apresenta como resposta uma diminuição no valor da variável estimada.

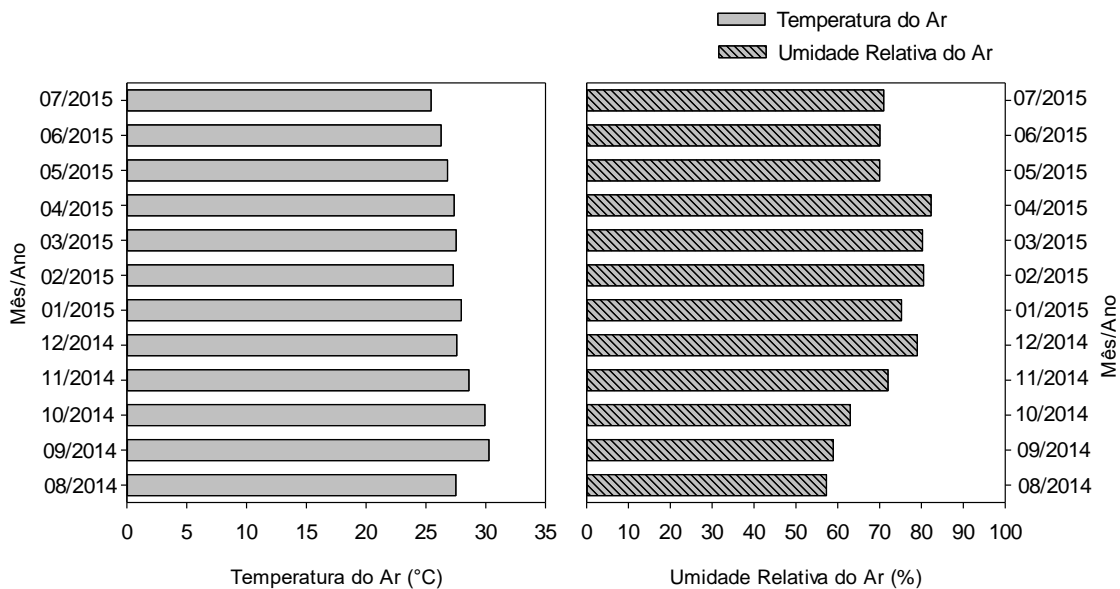
De acordo com Moura et al. (2010), o erro médio quadrático tem como objetivo mostrar a magnitude do erro de uma determinada estimativa. Este indicador sempre tem valor positivo, e está relacionado com a dispersão entre os dados estimados e observados.

### 3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

#### 3.1 Caracterização micrometeorológica da área de estudo

Foi possível observar na caracterização microclimática que Cuiabá/MT apresentou maiores temperaturas no período de agosto a dezembro, enquanto as menores temperaturas encontradas foram no período de abril a junho (Figura 2).

Figura 2 – Média mensal da temperatura do ar e umidade relativa do ar da estação micrometeorológica na cidade de Cuiabá de agosto/2014 a julho/2015.



A temperatura média mensal mais elevada foi no mês de outubro (período seco), atingindo valor de 30,5 °C. Diferentemente do encontrado por Maciel et al. (2014) que no ano de 2013, em Cuiabá, verificaram máxima temperatura média mensal do ar em setembro. Isto devido ao fato da estação micrometeorológica utilizada por Maciel et al. (2014) estar em localidade com configuração urbana diferente. Distanciando em linha reta da estação utilizada neste estudo de 2,3km. O menor registro de temperatura média mensal é no mês de junho (período seco), atingindo valor de 26,4 °C.

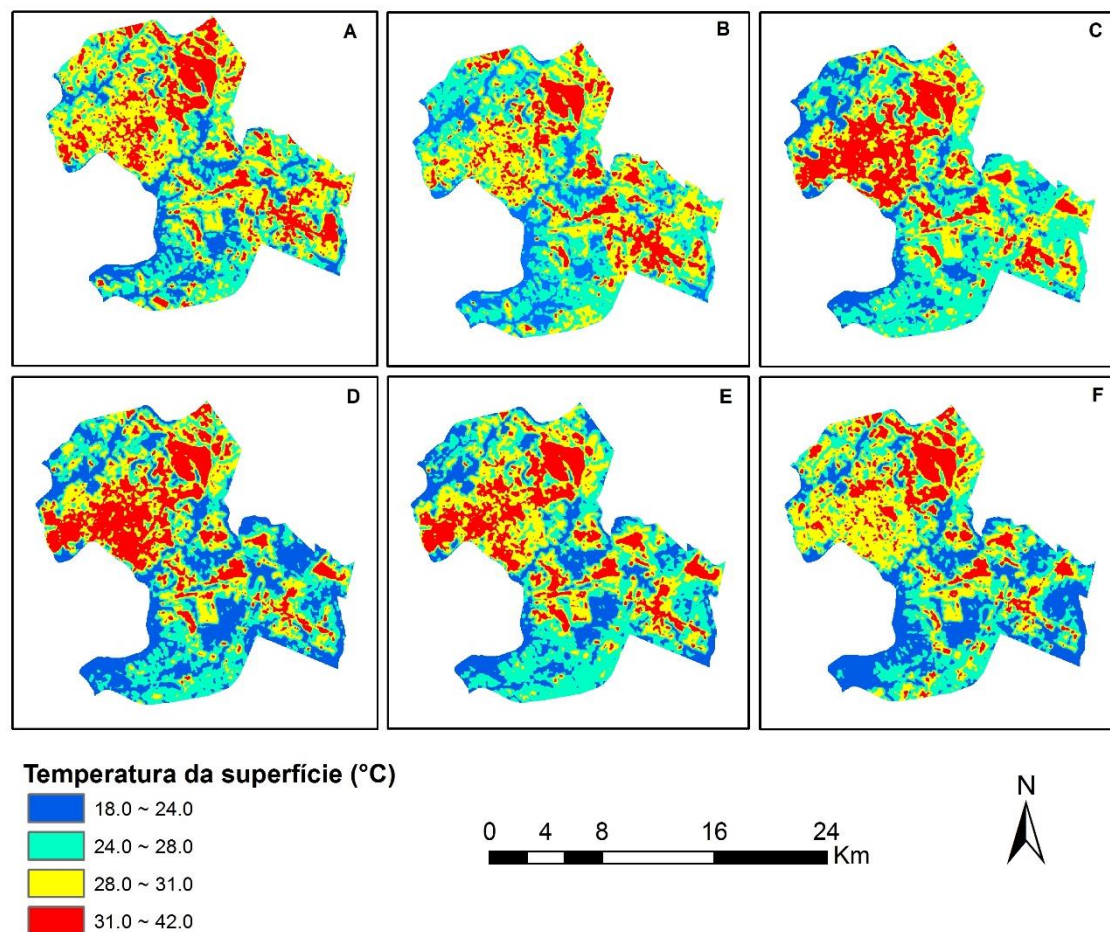
Com relação a umidade relativa do ar, o maior registro ocorreu em abril (81 %), como em Santos (2012), que ao estudar diversos pontos dentro da área urbana em Cuiabá/MT obteve menor umidade relativa mensal também no mês de abril. A menor umidade relativa mensal foi em agosto (57 %), como em Franco (2010) que encontrou menores valores de umidade relativa do ar no município de Cuiabá nos meses agosto e setembro.

### 3.2 Variabilidade espaço temporal na temperatura da superfície

As menores temperaturas superficiais (18 ~ 24 °C) foram observadas na região sul e as maiores na região norte da cidade de Cuiabá. Provavelmente devido ao fato de a região sul apresentar maior quantidade de áreas rurais e/ou com presença de corpos d'água, conforme Figura 3A-F que ilustra a espacialização dos valores estimados de temperatura da superfície para as datas estudadas.



Figura 3 – Mapas de temperatura da superfície para os dias julianos 232/2014 (A) 248/2014 (B) 360/2014 (C) 11/2015 (D) 75/2015 (E) 155/2015 (F)



Na Figura 3D e 3F observa-se maior ocorrência das temperaturas mais baixas, aquelas entre os intervalos de 18 a 24 °C, cujos valores são observados na região sul. Temperatura da superfície entre 24 e 28 °C ocorreram em todas as regiões do município, mais presentes na figura 3B e 3C, em localidades onde há presença expressiva de vegetação urbana em Cuiabá. Na figura 3C, 3D e 3E, observou-se ocorrência de maiores temperaturas, entre o intervalo de 28 °C e 42 °C na região norte, onde está localizada a região central do município e consequentemente há maior fluxo e concentração de veículos.

A Figura 3C e 3D indicam uma semelhança com relação à proporção dos intervalos de valores de temperatura encontrados. Nas duas figuras as temperaturas mínimas foram localizadas em áreas na região sul e com maior presença de vegetação e corpos d'água. As áreas com valores mais elevados (31-42 °C) correspondem à quase totalidade da região norte do município, áreas densamente urbanizadas da cidade, com maior número de vias e maior concentração e fluxo de veículos.

Contudo as figuras 3A e 3B apresentam suas temperaturas mais elevadas (31-42 °C) na mesma região norte, porém há maior presença de temperaturas superficiais entre 24 a 31 °C. Observa-se também nestas figuras uma diminuição da ocorrência de temperaturas entre 18 e 24 °C na região sul do município, próxima a áreas rurais e corpos d'água, o que pode estar relacionado ao período quente seco, quando a umidade relativa do ar diminui.

### 3.3 Análise da variação dos dados observados e dados estimados

A diferença (°C) entre as temperaturas observadas (in situ) e estimadas (sensoriamento remoto) está apresentada na Tabela 1. Para a temperatura observada foi considerada o registro das 9:45h do dia da passagem do satélite Landsat 8.

No dia 04/06/2015 houve a menor diferença entre o valor observado e o valor estimado (0,3 °C) e no dia 16/03/2015 houve a maior diferença (7,8 °C). Segundo Souza et al. (2016), em estudo sobre ilhas de calor, há em alguns pixels, intervalos de temperatura da superfície subestimada, ficando entre 0 e 15 °C devido a interferência de nuvens nas imagens estudadas.

Tabela 1 – Diferenças de temperatura entre os dados observados e os dados estimados.

<b>Datas</b>	<b>Temperatura Observada (°C) 9:45</b>	<b>Temperatura Estimada (°C)</b>	<b>Diferença (°C) (obs. – est.)</b>
20/08/2014	31,5	33,9	-2,4
05/09/2014	29,5	28,5	1,0
26/12/2014	30,7	28,0	2,7
11/01/2015	34,3	33,1	1,2
16/03/2015	32,0	24,2	7,8
04/06/2015	29,4	29,1	0,3

Em todas as cenas estudadas exceto na cena do dia 20/08/2014, a temperatura observada se mantém mais elevada que a temperatura estimada, variando esta diferença entre 0,3 e 7,8 °C. Diferentemente do encontrado por Coelho & Corrêa (2013), que ao realizarem a parametrização da temperatura média do ar registrada por estação (21 °C) no município de Vitória/ES com o pixel da temperatura média de superfície (22,5 °C) observaram um gradiente ( $T_s - T_a$ ) de 1,5 °C. Que segundo Weng (2003) normalmente a temperatura média da superfície ( $T_s$ ) apresenta valores mais elevados em relação a temperatura média do ar.

A correlação entre a temperatura observada às 9:45h e a temperatura estimada não foi satisfatória ( $R=0,354$ ). Visto que a comparação realizada envolveu dois níveis diferenciados de medição, quais sejam: superfície do solo (temperatura radiométrica) e a 2,0 m de altura (temperatura da estação). Seus tempos de resposta ao ambiente são diferenciados, pois, analisou-se a correlação entre a temperatura da superfície e a temperatura média do ar em diferentes intervalos de medição, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Diferenças de temperatura entre os dados observados em diferentes intervalos de medição e os dados estimados.

<b>Datas</b>	<b>Temperatura Estimada (°C)</b>	<b>Temperatura Observada Média (°C) 9:45</b>	<b>Temperatura Observada Média (°C) 7:45-11:45</b>	<b>Temperatura Observada Média Diária (°C)</b>
20/08/2014	33,9	31,5	31,2	29,3
05/09/2014	28,5	29,5	29,0	28,7
26/12/2014	28,0	30,7	30,5	26,7
11/01/2015	33,1	34,3	33,2	30,5
16/03/2015	24,2	32,0	31,4	28,7
04/06/2015	29,1	29,4	29,8	28,1

A temperatura média diária observada passa a ter valores mais aproximados a temperatura estimada (Tabela 2). Em função do padrão de temperatura, a amplitude deste valor passa a ser mais reduzido, ou seja, a média diária do local é mais representativa com relação a temperatura estimada do que a temperatura encontrada nas demais análises. Isso é comprovado pela análise de correlação de Pearson e pelo Erro Quadrático Médio conforme Tabela 3.



Tabela 3 – Análises estatísticas entre dados observados e dados estimados.

	<b>Temperatura Observada (9:45)   Temperatura Estimada</b>	<b>Temperatura Observada Período Matutino   Temperatura Estimada</b>	<b>Temperatura Observada Média Diária   Temperatura Estimada</b>
Correlação de Pearson (R)	0,354	0,383	0,560
Erro Médio Quadrático	3,467942	3,23	2,81

Quando comparado valores de correlação de Pearson, observa-se que o valor de R apresenta-se mais elevado ao se considerar a correlação entre a temperatura média diária e a temperatura estimada, obtendo valor de R igual a 0,560. Verificou-se, claramente, que o erro médio quadrático (RMSE), quando considerados os dados estimados pelo satélite e os dados obtidos pela média dos diferentes intervalos de medição, foi inferior quando a reanálise utilizada no cálculo é a da temperatura média diária, apresentando assim um valor de 2,81 (Tabela 3).

Segundo Andriotti (2003), a qualidade essencial de uma estimativa não é simplesmente associar um valor a um ponto ou a um bloco, mas associar a essa avaliação a ideia de qualidade da estimativa, dimensionando o erro existente entre o valor atribuído (estimado) por uma modelagem matemática e o valor observado.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise da temperatura da superfície no município de Cuiabá apontou que a temperatura da superfície ( $T_s$ ) apresenta maiores valores sobre a área localizada no centro da cidade, sendo assim, área com urbanização mais densa e maior fluxo de veículos nos seis dias estudados.

As áreas menos urbanizadas concentradas mais a sul da cidade, apresentam temperaturas menos elevadas. Dessa forma, percebe-se que a temperatura da superfície é maior em áreas densamente urbanizadas, onde há predomínio de materiais com maior capacidade de absorção de calor, e menor em regiões de áreas menos adensadas onde há certa quantidade de vegetação e presença de corpos d'água.

Evidenciou-se com esta pesquisa a maior correlação estatística entre a temperatura do ar e a temperatura da superfície quando considerada a análise da temperatura diária média do ar. Além de evidenciar que as informações obtidas de temperatura de superfície obtidas por meio de sensoriamento remoto são válidas nas análises e interpretação da atuação térmica do clima local.

Porém, conclui-se que, nesta pesquisa, as validações dos dados de sensoriamento apresentaram maior correlação entre os dados estimados por imagens do satélite OLI-Landsat 8 e os dados obtidos na estação micrometeorológica instalada na área urbana quando se considera a temperatura média diária do ar.

#### 5. REFERÊNCIAS

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 165p. 2003.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e cidade: A abordagem climática como para estudos urbanos**. UFAL, Maceió, 2007.

BARSI, J.A.; BARKER, J.L.; SCHOTT, J.R. **An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument**. IGARSS03, In: Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, France. 21-25 July 2003.

Callejas, I. J. A.; Durante, L. C.; Oliveira, A. S.; Nogueira, M. C. J. A. (2011). Uso do Solo e Temperatura da superfície em Área Urbana. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 207-223.

Chen, X.L.; Zhao, H.M.; Li, P.X.; Yin, Z.Y. (2006) Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.104, p.133-146.

Coelho, A.L.N.; Correa, W.S.C. (2013) Temperatura de Superfície Celsius do sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. **Revista Geografia Acadêmica**. V.7, n.1.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal. Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano: Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá. Cuiabá, MT. 147 p., 2007.

Delgado, R.C.; Rodrigues, R. A.; Faria, A.L.L.; Pessoa, C.S.; Daher, M. (2012) Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** (Online), v.25. p. 69-80.

FIALHO, E. S. **Estudos Climáticos em Sítios Urbanos e Rurais**. In: SILVA, C. A.; FIALHO E.S. *Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica*. e-book. ED. UFGD, 2012. PP-83-112.

FRANCO, F. M. **Configuração urbana e sua interferência no microclima local: estudo de caso no bairro do Porto em Cuiabá-MT**. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2010.

Formigoni, M. De H.; Xavier, A.C.; Lima, J. S. S. (2011) Análise Temporal da Vegetação na Região do Nordeste Através de Dados EVI do MODIS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p.1-8.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução: 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010, 248p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Editora Parêntese, São Jose dos Campos, SP, 2009. 598p.

KÖPPEN, W. **Klassifikation der klimate nach temperatur, niederschlag und jahreslauf**. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Editora Uniderp, Campo Grande – MS. 2006.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

Maciel, C. R.; Luz, V. S.; Santos, F. M. M.; Nogueira, M. C. J. A.; Nogueira, J. S. (2014). Interação das Variáveis Microclimáticas e Cobertura do Solo em Região Urbana e Limítrofe-Urbana na Cidade de Cuiabá/MT. **Caminhos de Geografia** (Revista Online) v. 15, n. 51, p. 199–215.

Maitelli, G. T.; Vilanova, S. R. F. (2009) A importância da conservação de áreas verdes remanescentes no centro político administrativo de Cuiabá-MT. **UNICIÊNCIAS**, v. 13.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima urbano**. Contexto, São Paulo, 2003.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação a cidade de Londrina / PR**. São Paulo, Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1995.

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), 2013.

Moura, R. G.; Herdies, D. L.; Mendes, D.; Mendes, M. C. D. (2010) Avaliação do modelo regional eta utilizando as análises do CPTEC e NCEP. **Revista brasileira meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 1.

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)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sociais - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 96f., 2011.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climate**, London, Methuen e Ltd. A. Halsted Press Book, Jhon Wiley e Sons, 372 pp., New York, 1978.

SANTOS, F.M.M. **Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT**. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2012.

Silva, R. M.; Silva, L.P.; Santos, C.A.G.; Montenegro, S.M.G.L. (2011) Estimation of Evapotranspiration in Brigida River basin (Brazil) by Satellite Remote Sensing. **IAHS-AISH Publication**, v. 344, p. 208-214.

Souza, J. F.; Silva, R. M.; Silva, A. M. (2016) Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa – PB. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 21-37.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano. **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8 EUA**. Acesso em 20 de janeiro de 2016. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.

Voogt, J. A.; Oke, T. R. (1998) Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. **International Journal of Remote Sensing**, v.19, p. 895– 920, 1998.

Voogt, J.A.; Oke, T. R. (2003) Thermal Remote Sensing of Urban Climates. **Remote Sensing Environment**, v. 86, p. 370-384.

Weng, Q. (2003) Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.69.

Weng, Q.; Lu, D.; Schubring, J. (2004) Estimation of land surface temperature - vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, Oxford, v.89, p.467-483.

WENG, Q. **Remote sensing and GIS integration : theories, methods, and applications**. New York : McGraw-Hill, 2010.

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment** v.89 p. 467–483, 2014.

XIAN, G. & CRANE, M. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using LandSat Satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, p. 147–156, 2006.

XIAN, G. Satellite remotely-sensed land surface parameters and their climatic effects for three metropolitan regions. **Advances in Space Research**, v. 41, p. 1861–1869, 2008.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.