

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DIURNA E NOTURNA NO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO

Érika Gonçalves Pires¹, Gabriel Alves Veloso²

¹Instituto Federal do Tocantins - IFTO/Coord. de Geomática, AE 310 Sul - 77021-090- Palmas- TO, Brasil, email: erikapires@ifto.edu.br; ² Universidade Federal do Pará - UFPA, R. Cel. José Porfírio nº 030- Recreio, Altamira - PA, email: gabrielveloso.geo@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a variação da temperatura de superfície diurna e noturna no município de Palmas-TO, utilizando dados do sensor MODIS. Foram utilizados os dados do produto MOD11A2 (Coleção 6 – TERRA), com resolução espacial de 1 km, para os anos de 2001, 2005, 2010 e 2014. A temperatura de superfície apresentou um aumento de até 6°C nos valores de temperatura diurna, e de até 8°C na temperatura noturna na área urbana de Palmas-TO, nos anos de 2005 e 2010 quando comparado ao ano de 2001, vinculado provavelmente ao aumento e densificação da área urbana. Também houve um aumento de 3°C e de 1,7°C nas temperaturas máximas diurnas e noturnas, respectivamente. Além disso, as diferentes coberturas do solo influenciaram diretamente na temperatura aparente observada nas imagens, e apresenta padrões de comportamento diferenciados de absorção de energia, produção de calor e reflectância.

Palavras-chave — temperatura de superfície, imagem termal, sensor MODIS, uso do solo, Palmas.

ABSTRACT

The present article aims to analyse the variation of diurnal and nocturnal surface temperature at Palmas-TO, by the use of MODIS sensor data. It were used the data from MOD11A2 product (Collection 6 – TERRA), with 1 km of spatial resolution to the years of 2001, 2005, 2010 and 2014. The surface temperature presented an increase of until 6°C in the diurnal temperature values, and until 8°C in the nocturnal temperature on the Palmas urban area in the years of 2005 and 2010 when compared to 2001, probably related to the expansion and densification of the urban area. As well, there was an increase of 3°C and 1,7°C on the diurnal and nocturnal maximum temperature surface, respectively. Furthermore, the different soil coverage influenced directly at the apparent temperature observed on the images, and presents distinguished behaviors patterns of energy absorption, heat production and reflectance.

Key words — surface temperature, thermal image, MODIS sensor, land use, Palmas.

1. INTRODUÇÃO

A temperatura de superfície terrestre (*Land Surface Temperature – LST*) é um parâmetro-chave nos processos físicos da superfície nas escalas locais, regionais e globais, combinando os resultados de todas as interações superfície-atmosfera e fluxos de energia entre a atmosfera e o solo [1, 2].

Nesse sentido, a temperatura de superfície evidencia os processos de dependência da interface superfície/atmosfera atuando sobre os climas locais, tendo em vista que as variações termais na superfície podem contribuir com a aceleração do processo de evaporação, modificando o estado físico da água e aumentando a quantidade de vapor enviado à atmosfera [3].

Os dados de temperatura podem ser obtidos a partir de dados oriundos de sensores que operam na região do infravermelho termal do espectro eletromagnético, em diferentes escalas espaciais e temporais. A melhor faixa que possibilita uma transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor na região do infravermelho termal é o intervalo de 8,0 a 14 µm [4].

Uma das vantagens do sensoriamento remoto termal, é a possibilidade de aquisição de uma vasta rede de dados de temperatura para diferentes áreas sobre a superfície terrestre, em um curto espaço de tempo.

Inúmeras pesquisas vem sendo realizadas com o propósito de aferir e monitorar a temperatura de superfície terrestre a partir de dados satelitários [5, 6, 7 e 8], entretanto, ainda existe uma carência de estudos dessa natureza no bioma Cerrado, principalmente na região Norte do país, como é o caso do município de Palmas-TO.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a variação da temperatura de superfície diurna e noturna (*LST Day e LST Night*) no município de Palmas-TO, a partir dos dados do sensor MODIS, com intuito de entender o comportamento da temperatura nessa região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrange o município de Palmas localizado no estado do Tocantins, pertencente a região norte do país. Palmas possui uma população estimada de 291.855 habitantes [9], e localiza-se nas coordenadas geográficas 10°11'04"S e 48°20'01"W.

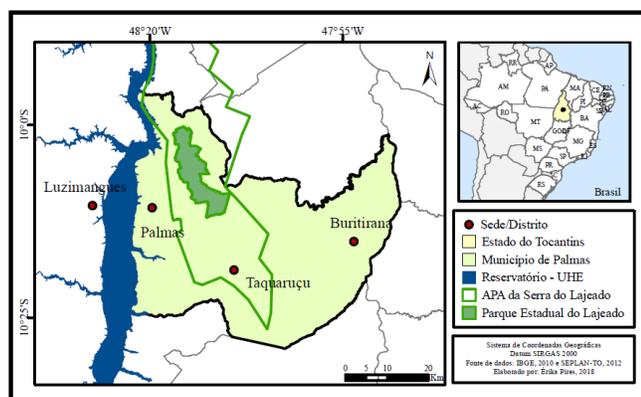


Figura 1. Mapa de localização do município de Palmas-TO.

A distribuição sazonal das precipitações pluviais está bem caracterizada com dois períodos bem definidos: a estação chuvosa de outubro a abril e a estação seca nos meses de maio a setembro.

Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, o clima na área de estudo é tropical úmido com estação seca (Aw), o que contribui para as altas temperaturas existentes nessa região.

A temperatura de superfície terrestre (LST) foi estimada a partir das imagens termais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). O sensor MODIS, a bordo dos satélites TERRA e AQUA, possui resolução temporal de 1-2 dias, e tem 36 bandas espectrais em diferentes regiões do espectro eletromagnético, incluindo a faixa do infravermelho termal, com as bandas 31 (10.78–11.28 μm) e 32 (11.77–12.27 μm) [10]. O MODIS tem diversos produtos, dentre eles, o produto MOD11 – LST, que utiliza o algoritmo LST para o cálculo da temperatura de superfície, com os dados georreferenciados e corrigidos para efeitos da atmosfera.

Para este estudo, foram utilizados os dados do produto MOD11A2 (Coleção 6 - TERRA), que é resultante da composição de imagens de oito dias, obtidas a partir dos dados do produto MOD11A1 (diário), com 1 km de resolução espacial, e acurácia de aproximadamente 1°C no limite de variação de -10 a 50°C. O produto MOD11A2 foi escolhido com a finalidade de minimizar a ocorrência de pixels com ausência de dados, além de facilitar a análise das informações.

As imagens de temperatura de superfície diurna e noturna (*LST Day* e *LST Night*) que recobriam a área de estudo (*Tiles* H13V9 e H13V10), para os anos de 2001, 2005, 2010 e 2014, foram adquiridas no site da NASA - *National Aeronautics and Space Administration* (<http://reverb.echo.nasa.gov/>). Salienta-se que a *imagem LST Day* equivale à temperatura de superfície medida entre às 10:00 e 10:30h, enquanto que os dados *LST Night* corresponde a temperatura medida aproximadamente às 22:00 e 23:00 h.

As imagens brutas foram reprojadas (sinusoidal → geográfica) e mosaicadas, no software *MRT - MODIS*

Reproject Tools, obtendo as imagens *LST Day*, *LST Night*, *QC Day* e *QC Night*. As imagens foram reescaladas e convertidas em valores de temperatura de superfície, por meio da Equação 1.

$$LST_{Day\ ou\ Night} = (P * F) - 273,15 \quad (1)$$

Onde:

LST Day: Temperatura de superfície diurna (°C)

LST Night: Temperatura de superfície noturna (°C)

P: Valor original do pixel

F: Fator de conversão (0,02)

Em razão das imagens de satélites está sujeita as influências atmosféricas e meteorológicas, as imagens LST foram filtradas baseada nos dados de controle de qualidade (*Quality Control - QC*). Cada imagem LST apresenta um dado QC, onde cada pixel na imagem possui um valor de qualidade dos dados (0: ótimo, 2: bom, 16: regular, 65: ruim e > 65: péssimo).

Para classificação dos pixels bons nas imagens LST foram criadas máscaras para cada data das imagens QC, sendo selecionados apenas os pixels com ótima e boa qualidade de observação. Posteriormente, as máscaras diárias foram multiplicadas às imagens LST de cada dia, para a obtenção das imagens LST corrigidas.

Foram feitas as médias das imagens do produto MOD11A2, obtendo a imagem de temperatura média mensal de cada mês. Nesse estudo foram utilizadas as imagens do mês de setembro, pois corresponde ao período seco e geralmente com temperaturas elevadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens de temperatura de superfície evidenciam alterações na temperatura no município de Palmas-TO. As Figuras 2 e 3 mostram as variações das temperaturas de superfícies diurnas e noturnas para o mês de setembro dos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014. As cores frias (tons de verde) indicam locais com menores valores de temperatura, enquanto as cores quentes (amarelo, laranja e vermelho) equivalem a áreas com maiores valores de temperatura.

Quanto a temperatura de superfície diurna (*LST Day* – Figura 2), observa-se um aumento de até 6°C nos valores de temperatura na área urbana de Palmas-TO (porção oeste do município), nos anos de 2005 e 2010 quando comparado ao ano de 2001, vinculado provavelmente ao aumento e densificação da área urbana. Nota-se ainda que ocorreram poucas variações de temperaturas nas áreas da APA da Serra Lajeado (porção norte e central), nos anos de 2001, 2005 e 2014, com grande parte das áreas nas faixas de 33,1 a 36°C, possivelmente por se tratar de uma área de proteção ambiental, com bastante áreas de vegetação onde as temperaturas tendem a ser mais baixas. Entretanto, o ano de 2010 apresentou mais áreas com temperaturas diurnas mais elevadas, na faixa de 39,1 a 50,0°C, incluindo a área do Parque Estadual do Lajeado que registrou temperaturas de até 42°C.

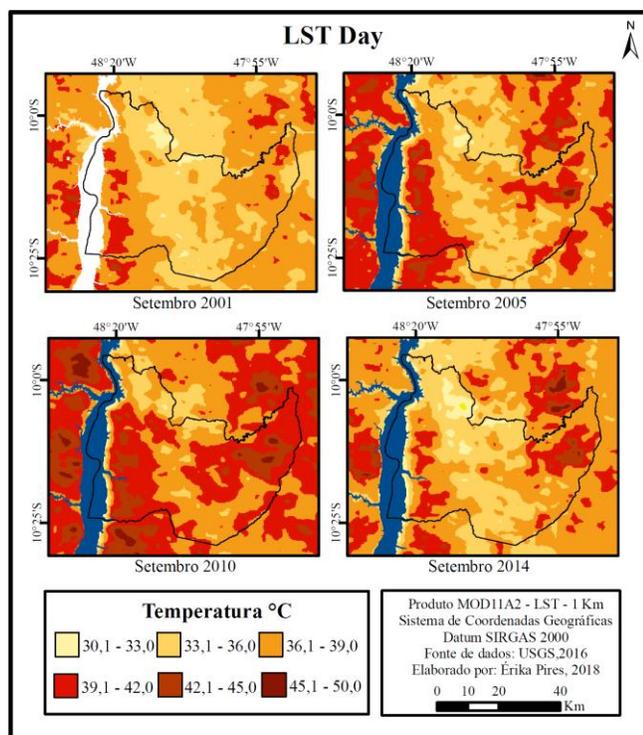


Figura 2. Variação da temperatura de superfície diurna no mês de setembro (Palmas-TO).

Quanto a porção leste do município, observa-se um aumento brusco nos valores de temperatura diurna, passando da faixa de 36,1 – 39,0°C para 42,1 - 45°C. Isso possivelmente deve-se ao fato que em 2001 havia somente áreas de pastagens e vegetação nativa nesse local, e a partir do ano de 2005 houve um avanço das áreas agrícolas, com predominância de solo exposto no mês de setembro que favorece a ocorrência de altas temperaturas. Outro fato importante, é a diminuição de até 9°C nos valores temperaturas diurnas em 2005, 2010 e 2014, após a construção do reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães (2002), nas áreas no entorno do mesmo.

No que tange a temperatura de superfície noturna (*LST Night* – Figura 3), a área urbana de Palmas onde em 2001 possuía temperaturas na faixa de 20,1 a 24,0°C passou a ter mais áreas nas faixas de 24,1-26,0°C e 26,1-28,0°C, evidenciando um aumento da temperatura noturna de até 8°C ao longo dos anos. Salienta-se que algumas áreas do perímetro urbano ainda apresentaram temperaturas na faixa de 28,1 a 30°C.

Comparando as temperaturas noturnas da área urbana com as áreas de vegetação (APA da Serra do Lajeado e Parque Estadual do Lajeado), observa-se que a temperatura na área urbana é até 12°C mais elevada do que nas áreas de vegetação. Observa-se ainda que a temperatura nessas áreas de vegetação sofreram poucas alterações nos valores de temperaturas, permanecendo na faixa de 18,0 a 22,0°C.

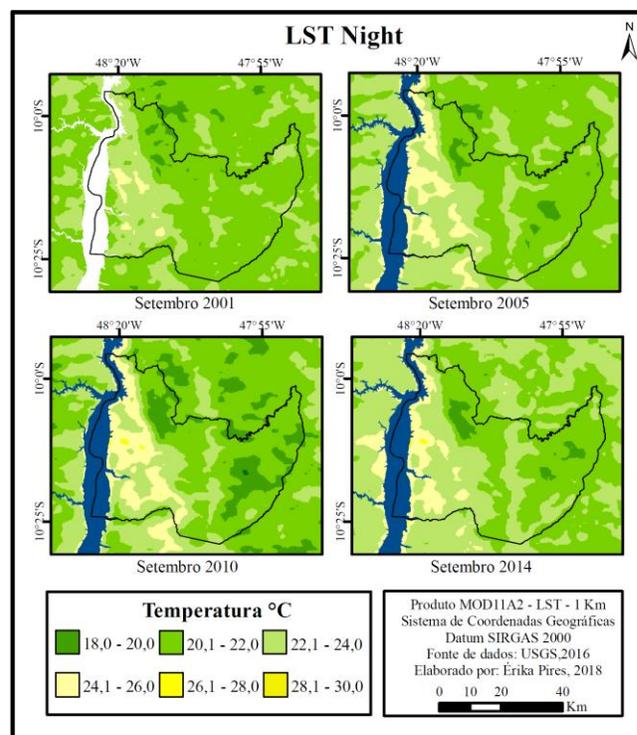


Figura 3. Variação da temperatura de superfície noturna no mês de setembro (Palmas-TO).

As Tabelas 1 e 2 mostram as temperaturas de superfície mínimas, máximas e médias das imagens para o mês de setembro dos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014, e também os desvios padrões dos dados.

Tabela 1. Estatística da temperatura de superfície diurna.

Estatística	Set 2001	Set 2005	Set 2010	Set 2014
Min	31,1	30,3	30,0	30,1
Max	44,8	46,0	47,8	48,1
Med	36,3	37,4	38,9	36,8
DP	1,8	2,5	2,7	2,8

Tabela 2. Estatística da temperatura de superfície noturna.

Estatística	Set 2001	Set 2005	Set 2010	Set 2014
Min	18,6	18,9	18,0	18,3
Max	25,6	26,3	27,0	27,3
Med	21,6	22,0	21,7	22,8
DP	0,9	1,4	1,7	1,5

Em relação a temperatura diurna (Tabela 1), nota-se que as temperaturas mínimas no município de Palmas diminuíram. Este fato possivelmente está ligado ao surgimento de áreas alagadas e úmidas devido a construção do reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães. Em contrapartida, houve um aumento gradativo das temperaturas

máximas no município, com um aumento de 3°C entre os anos de 2001 a 2014. O ano de 2010 foi o que apresentou maior temperatura média, evidenciado pelo aumento das áreas com temperaturas nas faixas de 39,1 a 50°C.

A temperatura mínima noturna (Tabela 2) não sofreu grandes alterações, entretanto houve um aumento de 1,7°C na temperatura máxima noturna. O ano de 2014 foi o que apresentou maior temperatura média (22,8°C), evidenciando o aumento da temperatura média noturna durante o período analisado.

Quanto aos desvios padrões das temperaturas diurnas e noturnas, observa-se um aumento dos mesmos, demonstrando um aumento das variações de temperaturas ao longo dos anos.

Tabela 3. Comparação entre os dados de temperatura de superfície (MODIS) e temperatura do ar (INMET), diurna e noturna.

Dados	Set 2001	Set 2005	Set 2010	Set 2014
<i>Tar Day</i>	30,9	33,0	34,9	33,0
<i>LST Day</i>	38,9	39,9	40,1	39,3
<i>Tar Night</i>	28,1	28,5	29,2	27,5
<i>LST Night</i>	24,0	24,3	25,9	25,2

Os dados de temperatura de superfície foram comparados com os dados de temperatura do ar medida na estação meteorológica do INMET localizada na cidade de Palmas-TO, conforme mostra a Tabela 3. Apesar da temperatura de superfície diurna (*LST Day*) ter apresentado valores mais elevados do que a temperatura do ar (*Tar Day*), as mesmas apresentaram padrões semelhantes, com coeficiente de correlação de Pearson de 0,80. Além disso, ocorreu um aumento da temperatura de superfície diurna nos anos de 2005 e 2010 e um declínio no ano de 2014. Quanto a temperatura noturna (*LST Night e Tar Night*), observa-se que houve um aumento gradativo da temperatura ao longo dos anos, apesar da temperatura do ar registrada ter sido um pouco maior do que a temperatura de superfície.

4. CONCLUSÕES

As imagens de temperatura de superfície diurna e noturna obtidas a partir do sensor MODIS, permitiram visualizar a distribuição espacial das temperaturas no município de Palmas-TO, nos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014, evidenciando o potencial de uso dos dados MODIS.

A temperatura de superfície possui alta dependência com os fatores físicos, além de ser influenciados pela dinâmica social e econômica do local. Por sua vez, nas áreas onde não ocorreram muitas alterações antrópicas, como é o caso da APA da Serra do Lajeado, observa-se poucas variações nos dados de temperatura.

Constatou-se também a influência e a importância da cobertura vegetal na amenização das temperaturas, pois as

áreas com vegetação apresentaram os menores valores delas, enquanto as áreas agrícolas, as áreas urbanas e a pastagem possuem maiores valores de temperaturas de superfície.

Portanto, as diferentes coberturas do solo influenciaram diretamente na temperatura aparente observada nas imagens, e apresenta padrões de comportamento diferenciados de absorção de energia, produção de calor e reflectância.

De acordo com o cenário atual, recomenda-se o reflorestamento de áreas que foram desmatadas, além do plantio de árvores principalmente nas áreas urbanas, com intuito de aumentar o conforto térmico da população.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Mannstein, H., Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia, In: Vaughan, R. Remote sensing applications in meteorology and climatology, Dordrecht: Springer, pp. 391–410, 1987.
- [2] Wan, Z. e Li, Z-L., MODIS Land Surface Temperature and Emissivity, In: Ramachandran B.; Justice C.; Abrams M. (Orgs) Land Remote Sensing and Global Environmental Change, Remote Sensing and Digital Image Processing, 11. Ed, New York: Springer, 2010.
- [3] Ricklefs, E.R. A., Economia da Natureza, Tradução: LIMA, C.B.P.L.S, 3.ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, pp. 472, 1996.
- [4] Steinke, V. A.; Steinke, E. T. e Saito, C. H., Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF, Revista Brasileira de Climatologia, ano 6, pp. 37-56, 2010.
- [5] Lopes, P. M. O. e Rizzi, R., Modelagem da emissividade da superfície terrestre em regiões montanhosas a partir de dados do sensor MODIS, In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, Anais... INPE., pp. 2797-2804, 2007.
- [6] Alcântara, E. H. e Stech, J. L., Desenvolvimento de modelo conceitual termodinâmico para o reservatório hidrelétrico de Itumbiara baseado em dados de satélite e telemétricos, Ambiente & Água, Taubaté, v. 6, n. 2, pp. 157-179, 2011.
- [7] Souza, S. B. de; Ferreira Junior, L. G., Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO), Revista R'AE GA O Espaço Geográfico em Análise, v. 26, Paraná, pp. 75 – 99, 2012.
- [8] Coelho, A. L. N. e Correa, W. S. C., Temperatura de Superfície Celsius do Sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia e Aplicações, Revista Geográfica Acadêmica/RGA, v.7, pp. 31-45, 2013.
- [9] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação, Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>, Acesso em: 01 ago. 2018.
- [10] Wan, Z., Collection-6 MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide. ERI, Santa Bárbara: University of California, 2013.