

Avaliação da temperatura de superfície noturna no Estado do Tocantins, a partir de dados do sensor MODIS

Érika Gonçalves Pires^{1,2}
Jaila Raiane Barbosa de Souza²
Laerte Guimarães Ferreira Junior²

¹ Instituto Federal do Tocantins - IFTO/Coord. de Geomática
AE 310 Sul - 77021-090- Palmas- TO, Brasil
erikapires@ifto.edu.br

^{1,2} Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA-LAPIG
Caixa Postal 131 - 74001-970- Goiânia - GO, Brasil
erikapires@ifto.edu.br; raianejaila@gmail.com; lapigufg@gmail.com

Abstract. The human is currently causing changes in climate through the transformation of nature, occupation and modeling space. As a result, it is important conducting studies to analyze the variations of temperature on the planet. In this direction, this study aims to analyze the Night Land Surface Temperature (LST_{night}) in Tocantins, from using geotechnology, in order to understand the behavior of temperature in this region. The surface temperature was estimated from the thermal images of sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). The LST images allowed the visualization of the spatial and seasonal distribution of temperature in state of Tocantins, in 2001, 2005, 2010 and 2014. In May, lower temperatures prevailed in the region, whereas in October, temperatures tend to be higher, with variation of up to 8 ° C in some regions, between the two months. In May, the minimum and maximum temperature values were lower in the Jalapão microregion, while the Dianópolis microregion had the highest minimum and maximum temperature values during all analyzed years. There were no large discrepancies between the night surface temperature values and the air temperature, obtained at INMET stations during the analyzed period. There is a correlation between the presence of vegetation cover and the variation of the surface temperature, that is, the higher the vegetation presence, the lower the surface temperatures tend to be.

Palavras-chave: night temperature, thermal sensor, air temperature, vegetation, temperatura noturna, sensor termal, temperatura do ar, vegetação.

1. Introdução

As pesquisas assinalam que nos últimos anos vem ocorrendo grandes alterações no regime de chuva e na temperatura, em inúmeras regiões da superfície terrestre. Essas alterações podem ter sido ocasionadas por processos de ordem natural e principalmente pelas atividades antrópicas, ou até mesmo pela combinação dos dois processos (IPPC, 2014).

Nesse sentido, o sensoriamento remoto, associado a diferentes métodos de análise espacial, vem oferecendo suporte a vários estudos sobre a superfície terrestre, inclusive no que diz respeito ao monitoramento da temperatura superficial.

Os dados de temperatura podem ser obtidos através da aquisição e análise de dados advindos de sensores que operam na região do infravermelho termal do espectro eletromagnético. A melhor faixa que permite uma maior transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor na região do infravermelho termal é o intervalo de 8,0 a 14,0 μm (STEINKE et al., 2010).

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.

Apesar da existência de inúmeros estudos relacionados a temperatura de superfície, ainda há uma carência de estudos dessa natureza no bioma Cerrado, principalmente na região norte do país, como é o caso do estado do Tocantins.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a variação da temperatura de superfície noturna (LST_{night}) no estado do Tocantins, a partir dos dados do sensor MODIS, com intuito de entender como a temperatura se comporta nessa região.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo abrange o estado do Tocantins, localizado na região norte do país, confrontando com os estados do Pará, Maranhão, Piauí, Bahia, Goiás e Mato Grosso, conforme ilustrado na Figura 1. O Tocantins possui 139 municípios, divididos em 2 mesorregiões e 08 microrregiões geográficas, e tem uma população de aproximadamente 1.500.000 habitantes. A capital do estado, é a cidade de Palmas, localizada na região central do estado (IBGE 2015).

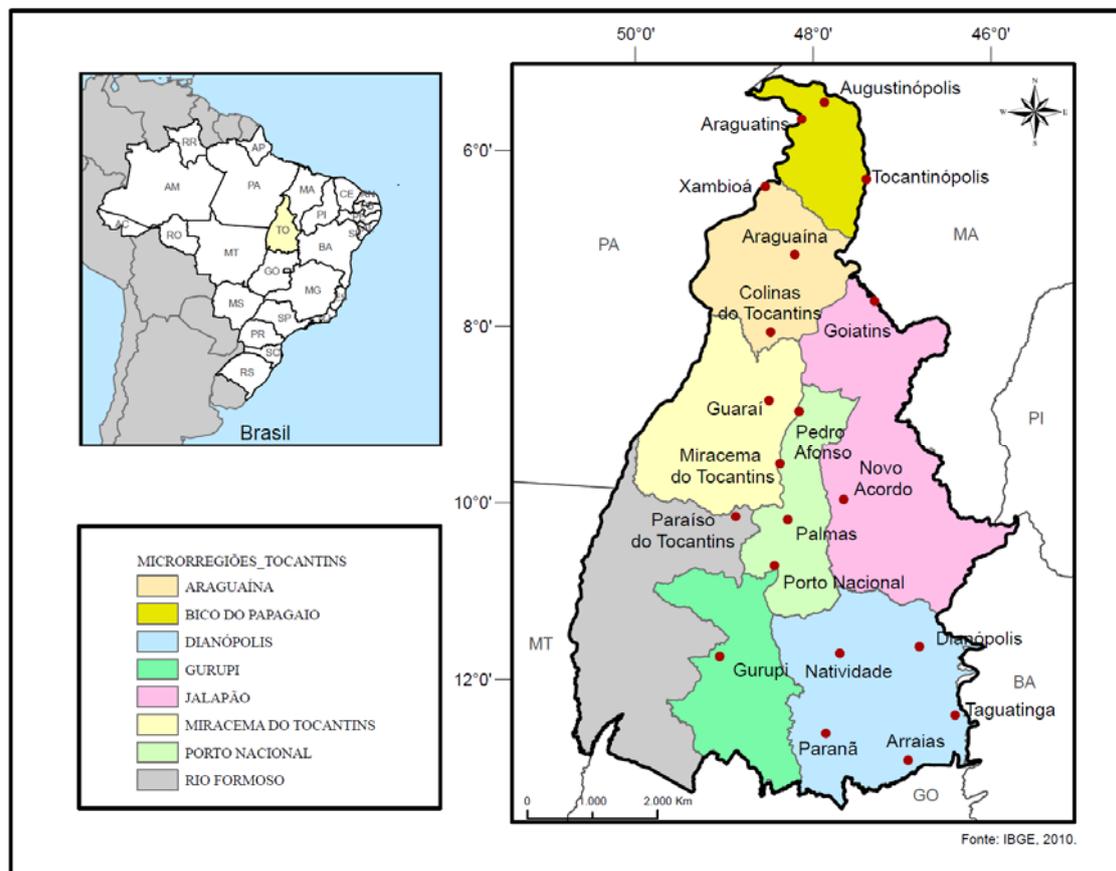


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

O Tocantins localiza em uma zona de transição da floresta amazônica e o Cerrado, sendo que 91% do estado está inserido no Bioma Cerrado (MMA, 2008). Está inserido na região da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, banhado a oeste pelo Rio Araguaia e ao centro pelo Rio Tocantins, que se unem na parte setentrional da região, até desaguar na Baía da Ilha de Marajó (ANA, 2009).

O clima predominante nessa região é tropical com estação seca (Aw) e apresenta algumas regiões com clima tropical úmido (Am), segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. A distribuição sazonal das precipitações pluviais caracteriza-se por dois períodos bem definidos: a estação chuvosa de outubro a abril e a estação seca nos meses de maio a setembro.

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, as bandas 31 (10.78–11.28 μm) e 32 (11.77–12.27 μm). O MODIS, possui vários produtos, dentre eles, o produto MOD11 – LST (*Land Surface Temperature*), que utiliza o algoritmo LST para o cálculo da temperatura de superfície, com os dados já georreferenciados e corrigidos para efeitos da atmosfera.

Para este estudo, foram utilizados os dados do produto MOD11A2 (Coleção 5), que é resultante da composição de imagens de oito dias, obtidas a partir dos dados do produto MOD11A1 (diário), com 1km de resolução espacial, e acurácia de aproximadamente 1°C no limite de variação de -10 a 50°C. O produto MOD11A2 foi selecionado com a finalidade de minimizar a existência de pixels com ausência de dados.

Foram adquiridas no site da NASA - *National Aeronautics and Space Administration* (<http://reverb.echo.nasa.gov/>), as imagens de temperatura de superfície noturna (LST-Night) que recobriam todo o estado do Tocantins (Tiles H13V9 e H13V10), para os anos de 2001, 2005, 2010 e 2014.

As imagens brutas foram reprojatadas e mosaicadas, no programa MRT - *MODIS Reproject Tools*, obtendo as imagens LST_Night e QC_Night. As imagens foram reescaladas e convertidas em valores de temperatura de superfície, através Equação 1. Foram feitas as médias das imagens do produto MOD11A2, obtendo a imagem de temperatura média mensal de cada mês.

$$\text{LST}_{\text{night}} = (\text{P} * \text{C}) - 273,15 \quad (1)$$

Onde:

LST_{night}: Temperatura de superfície noturna (°C)

P: Valor original do pixel

C: Fator de conversão (0,02)

Devido ao fato das imagens de satélites sofrerem influências atmosféricas e meteorológicas, as imagens LST foram filtradas com base nos dados de controle de qualidade (*Quality Control - QC*). Cada imagem LST, possui um dado QC, onde cada pixel na imagem apresenta um valor de qualidade dos dados. Portanto, foram utilizadas nas análises somente os pixels com boa qualidade de observação.

Após efetuado o processamento dos dados de temperatura de superfície do sensor MODIS, foi realizada uma análise sazonal dos dados para os meses de maio e outubro, visando observar com se comporta a temperatura nessa região.

Com o intuito de correlacionar a temperatura de superfície com outros parâmetros, também foram obtidos os dados de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) do sensor MODIS, produto MOD13Q1 – 16 dias, resolução espacial de 250m. As imagens de NDVI foram reprojatadas e mosaicadas, e realizada a conversão para valores de NDVI (fator de escala de 0,0001), e posteriormente foi feito o processamento para obtenção das imagens de NDVI médias mensais.

3. Resultados e Discussão

As imagens de temperatura de superfície noturna (LST_{night}) evidenciam uma grande variação da temperatura entre os meses de maio e outubro durante o período analisado. A Figura 2 mostra a variação da temperatura de superfície noturna para o estado Tocantins, nos meses de maio e outubro, dos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014. Os valores de LST_{night} foram divididos em escalas de cores para facilitar a análise, variando nas tonalidades de azul, verde e vermelho.

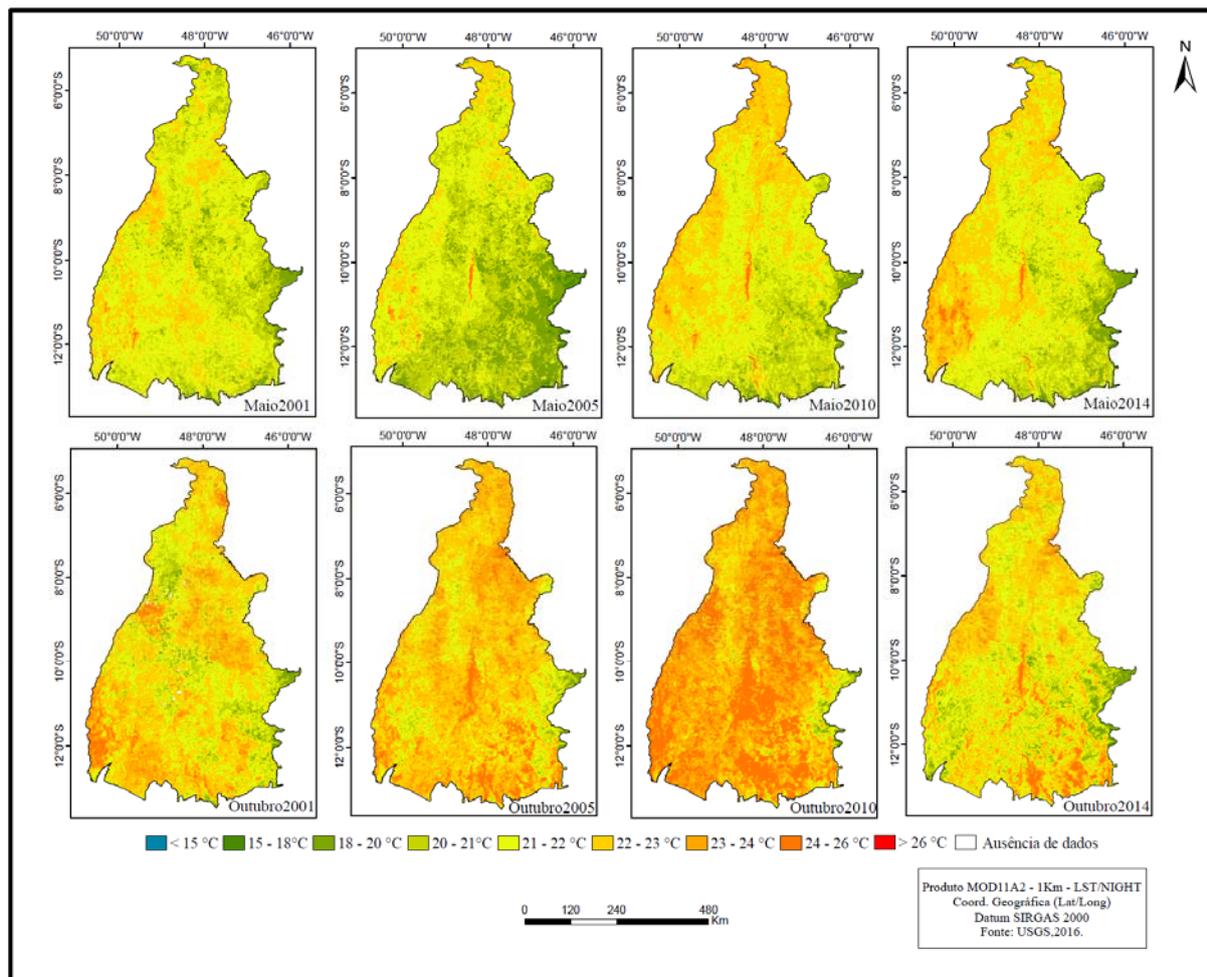


Figura 2. Temperatura de superfície noturna para o estado do Tocantins, nos meses de maio e outubro, dos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014.

Analisando as imagens LST_{night} , observa-se que, de modo geral, as imagens do mês de maio apresentaram menores valores de temperatura em relação ao mês de outubro. As imagens LST_{night} de maio apresentaram predominância das tonalidades de verde, com temperaturas variando de 15 a 21°C, apresentando valores de LST_{night} mais baixas. As imagens LST_{night} de outubro apresentaram predominância de tonalidades alaranjado e vermelhas, com temperaturas variando de 22 a 26°C, com valores de LST mais elevados.

Comparando as imagens LST_{night} do mês de maio, observa-se que as menores temperaturas foram registradas na região leste do estado do Tocantins, nas microrregiões do Jalapão e Dianópolis, com grande parte das temperaturas variando entre 15 e 21°C. A imagem de maio de 2005, foi a que apresentou os menores valores de temperatura de superfície noturna. Enquanto que, a imagem de maio de 2010 apresentou regiões com temperaturas mais elevadas, destacando-se a região norte do estado, com temperatura entre 22 e 24°C.

Analisando as imagens LST_{night} do mês de outubro, observa-se que as menores temperaturas foram registradas também na microrregião do Jalapão, destacando-se o município de Mateiros, com temperaturas variando de 15 a 22°C. A imagem de outubro de 2001 foi a que apresentou menores valores de temperatura em relação aos outros anos. Nota-se, de modo geral, um aumento gradativo da temperatura ao longo dos anos.

A imagem de outubro de 2010 foi a que apresentou maiores valores de temperatura de superfície noturna, com grande parte das temperaturas entre 24 e 26°C, em todo o estado.

Na região central do estado, próximos as cidades de Palmas e Porto Nacional, observa-se um aumento da temperatura de superfície, nos anos de 2001 a 2014, tanto no mês de maio, quanto no mês de outubro, evidenciado pela criação do reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães e aumento das áreas urbanas e agrícolas na região.

As temperaturas de superfície noturnas nas microrregiões do Tocantins, apresentam variações entre si, durante o período analisado. As Tabelas 1 e 2 mostram os valores mínimos e máximos de temperatura de superfície noturna, para os meses de maio e outubro dos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014. Observa-se que, no mês de maio, os valores de temperatura mínima e máxima, foram menores na microrregião do Jalapão, enquanto que a microrregião de Dianópolis foi a que apresentou maiores valores de temperatura mínima e máxima durante todos os anos analisados.

Tabela 1. Valores mínimos e máximos de temperatura de superfície noturna para o mês de maio dos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014.

Microrregiões	Temperatura - Maio (°C)							
	2001		2005		2010		2014	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Rio Formoso	18,7	26,6	17,5	25,7	19,1	26,3	19,9	26,7
Porto Nacional	17,4	24,0	17,5	25,9	18,9	26,9	18,2	26,2
Miracema do Tocantins	17,8	26,0	17,2	25,5	19,9	26,7	19,4	25,8
Jalapão	16,4	24,1	13,6	24,0	17,9	24,8	16,3	25,3
Gurupi	17,8	24,3	17,5	24,6	18,2	27,0	19,1	26,5
Dianópolis	16,8	23,9	16,1	22,9	16,7	26,5	16,2	26,2
Bico do Papagaio	16,8	25,2	17,1	25,2	19,4	26,5	17,5	26,1
Araguaína	17,6	25,5	16,6	24,9	18,7	27,1	16,4	27,0

Tabela 2. Valores mínimos e máximos de temperatura de superfície noturna para o mês de outubro dos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014.

Microrregiões	Temperatura - Outubro (°C)							
	2001		2005		2010		2014	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Rio Formoso	14,7	27,3	19,3	26,5	20,0	27,0	16,3	26,7
Porto Nacional	14,7	24,6	20,1	27,7	20,3	27,7	18,1	28,0
Miracema do Tocantins	17,0	25,8	19,3	26,5	18,7	27,3	17,8	26,7
Jalapão	17,4	24,8	17,5	25,3	15,7	26,3	15,5	26,4
Gurupi	17,6	25,2	19,4	27,0	20,1	27,6	18,7	27,5
Dianópolis	15,5	25,5	18,3	26,7	17,3	28,1	16,1	27,3
Bico do Papagaio	19,2	25,4	20,1	25,6	20,2	25,9	17,5	26,1
Araguaína	16,3	25,1	19,2	26,2	19,9	26,6	18,8	28,0

No mês de outubro, os menores valores de temperatura de superfície mínima foram observados nas imagens de 2001, nas microrregiões de Rio Formoso e Porto Nacional. A microrregião de Porto Nacional, foi a que apresentou maiores valores de temperatura máxima, durante os anos de 2005, 2010 e 2014.

A Figura 3 mostra o mapa do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o estado do Tocantins, para os meses de maio e outubro, nos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014. Os tons em verde mostram as áreas onde existem maior presença de vegetação. Observa-se que durante o mês de maio, não houve grandes variações no NDVI durante os anos analisados. De modo geral, no mês de outubro, nota-se que ocorreu uma diminuição tanto na quantidade da vegetação, quanto na distribuição da mesma. A microrregião do Jalapão foi a que mais apresentou diminuição nos valores de NDVI ao longo dos anos.

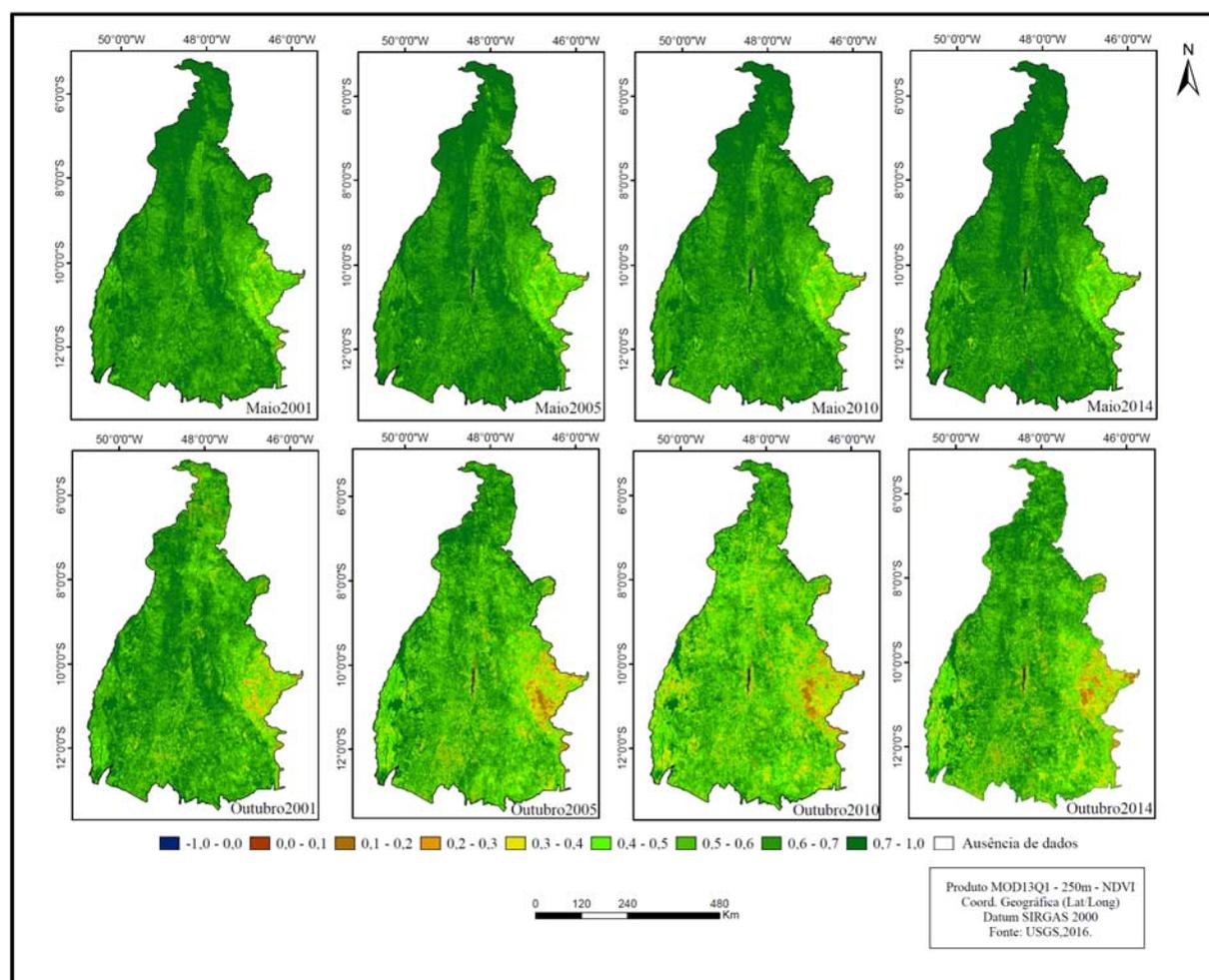


Figura 3. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o Estado do Tocantins, nos meses de maio e outubro de 2001, 2005, 2010 e 2014.

Comparando as imagens de temperatura de superfície noturna e as imagens de NDVI, observa-se que há uma forte relação entre a presença de vegetação e os valores de temperatura. Observa-se os dados de outubro de 2010, observa-se que a imagem as regiões onde há a presença de vegetação mais rala, ou sem vegetação, foram onde apresentaram os maiores valores de temperatura, variando de 23 a 26°C.

Tabela 3. Valores temperatura de superfície noturna e temperatura do ar –INMET para os meses de maio e outubro de 2010 e 2014.

Estações	Mai 2010		Mai 2014		Out 2010		Out 2014	
	Tar	LST	Tar	LST	Tar	LST	Tar	LST
Palmas	25,7	24,1	24,9	23,7	26,6	25,6	26,4	24,4
Paraná	23,5	21,5	22,0	22,0	26,9	25,0	25,0	23,2
Araguaína	23,5	22,6	23,3	21,5	23,2	22,5	22,8	21,2
Araguatins	-	24,0	25,1	23,2	26,2	24,9	26,1	24,3
Peixe Pedro	23,9	22,3	23,5	22,1	25,5	24,0	25,0	23,4
Afonso	25,4	24,1	24,5	23,7	-	25,6	24,6	24,1
Dianópolis	24,1	22,8	23,0	22,5	24,7	21,8	24,4	21,9

Os valores de temperatura de superfície noturna apresentaram forte correlação com os valores de temperatura do ar, obtidos nas estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (Tabela 3).

4. Conclusões

As imagens de temperatura de superfície noturna (LST_{night}) obtidas a partir do sensor MODIS, permitiu visualizar a distribuição espacial e sazonal da temperatura no estado do Tocantins, nos anos de 2001, 2005, 2010 e 2014.

Observa-se nos dados de temperatura de superfície que, o comportamento sazonal da LST_{night} no estado é bastante evidente. Para o mês de maio, predominaram na região temperaturas mais baixas, enquanto que no mês de outubro, as temperaturas tendem a serem mais elevadas, ocorrendo em algumas regiões uma variação de até 8°C , entre os dois meses.

Os dados obtidos neste estudo permitem afirmar que, na área de estudo, observa-se uma correlação entre a presença de cobertura vegetal e a variação da temperatura de superfície, ou seja, quanto maior a presença da vegetação, menor tendem a ser as temperaturas superficiais.

Não houve grande discrepância entre os valores de temperatura de superfície noturna e a temperatura do ar obtida nas estações do INMET durante o período analisado, validando os dados obtidos pelo sensor MODIS.

5. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia: relatório síntese** / Agência Nacional de Água. Brasília : ANA; SPR, 2009. 256 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociências (malha digital dos municípios, microrregiões e mesorregiões/Base 2000)**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 30/10/2015.

_____. **Base de dados dos municípios**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05/04/2014.

_____. "Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2015" (PDF). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso em: 29/06/2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Impacts, adaptations and vulnerability**. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>> Acesso em: 30/04/2014.



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Mapa da cobertura vegetal dos biomas brasileiros.** Brasil, 2008. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/mapas_cobertura_vegetal.pdf. Acesso em: 02/01/2015.

Steinke, V. A.; Steinke, E. T.; 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, p. 37-56, 2010.