

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM ÁREAS DE CERRADO UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

ERIKA GONÇALVES PIRES¹, LAERTE G. FERREIRA JUNIOR²

¹ Agrimensora, Prof^a. Depto. Geomática, IFTO-Palmas, Doutoranda em Geografia-PPGEO, UFG-LAPIG, Goiânia-GO. Fone: (0xx62) 3521-1360, erikapires@ifto.edu.br

² Geógrafo, Prof^o. Adjunto, Depto. de Geografia-IESA, UFG-LAPIG, Goiânia-GO.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Atualmente o homem vem provocando alterações no clima, por meio das transformações da natureza, na ocupação e modelagem do espaço. O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento da temperatura de superfície (TST) em áreas do bioma Cerrado, a partir do uso de geotecnologias, com intuito de entender o comportamento da temperatura nessa região. O estudo foi realizado nas áreas do entorno do reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães, localizada na região norte do Brasil, durante os anos de 2001, 2006 e 2011. Os dados de TST foram obtidos a partir da imagem termal do satélite Landsat-5 TM, através da aplicação de um modelo de regressão quadrática. Em determinados locais, como nas áreas urbanas e em solos expostos, verificou-se um incremento considerável da temperatura, enquanto que nas regiões compostas por áreas de vegetação e nos corpos d'água, não sofreram grandes variações. As diferentes coberturas do solo influenciaram diretamente na temperatura aparente observada nas imagens, e apresentaram padrões de comportamento diferenciados de absorção de energia, produção de calor e reflectância.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologias, Temperatura de superfície, Uso do solo.

MONITORING OF LAND SURFACE TEMPERATURE IN SAVANNA AREAS USING GEOTECHNOLOGY

ABSTRACT: The human is currently causing changes in climate through the transformation of nature, occupation and modeling space. This study aims to analyze the behavior of the Land Surface Temperature (LST) in Savanna areas, from the use of geotechnology, aiming to understand the behavior of the temperature in this region. The study was conducted in the areas surrounding the reservoir of UHE Luís Eduardo Magalhães, in the northern region of Brazil, during the years 2001, 2006 and 2011. The LST was obtained from the thermal image of the Landsat-5 TM, through the application of a quadratic regression model. In certain locations, such as in urban areas and exposed soils, there was a considerable increase of the temperature, whereas in areas composed of vegetation and water bodies regions, suffered no great variations. The different soil covers influenced the apparent temperature observed in the images, and presented different behavior patterns of energy absorption, heat and reflectance.

KEYWORDS: Geotechnology, Land Surface Temperature, Land Use.

INTRODUÇÃO

Atualmente há uma preocupação com o clima mundial, e isso tem fomentado vários estudos e discussões acerca do futuro climático do planeta, e dos efeitos que isso pode causar a manutenção e qualidade de vida da população mundial.

As pesquisas apontam que nos últimos anos tem havido grandes alterações no regime de chuva e um aumento na temperatura em várias regiões da superfície terrestre, além do aumento da temperatura dos oceanos. Essas alterações podem ter sido causadas por processos de ordem natural e principalmente pelas atividades antrópicas, ou ainda que pela combinação dos dois processos (IPPC, 2014). Salienta-se que o aumento dessa temperatura pode modificar todo clima de uma região e afetar profundamente a biodiversidade, provocando desastres ambientais.

Nesse contexto, o clima desempenha um papel determinante no bioma Cerrado, tanto nas características biofísicas, quanto na forte correlação temporal e espacial da vegetação. Ressalta-se que o bioma Cerrado vem sofrendo com a conversão de grandes extensões de vegetação nativa em pastagens e agricultura. Esta conversão tem implicações importantes para a mudança climática local e regional e para as alterações no fluxo de carbono entre a atmosfera e a superfície da terra (RATANA et al., 2005).

Uma variável importante de ser analisada nesse processo é a temperatura de superfície, uma vez que a mesma evidencia os processos de dependência da interface solo/atmosfera e atua sobre os climas locais, haja vista que as variações térmicas na superfície pode contribuir com a aceleração do processo de evaporação, alterando o estado físico da água e aumentando a quantidade de vapor enviado a atmosfera (RICKLEFS, 1996).

Nesse sentido, o sensoriamento remoto e SIG vem dando suporte a vários estudos sobre a superfície terrestre, inclusive no que diz respeito ao monitoramento da temperatura superficial. De acordo com Jensen (2009), as informações sobre a temperatura superficial podem ser obtidas por sensoriamento remoto, tendo em vista que o calor interno de um objeto é convertido em energia radiante e para a maioria dos objetos existe uma alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do objeto e o fluxo radiante proveniente dos objetos. Portanto, a temperatura de superfície corresponde ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do corpo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera.

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).

Vários estudos vem sendo realizado com o intuito de monitorar a temperatura de superfície terrestre a partir de dados satelitários, porém há uma carência de estudos dessa natureza no bioma Cerrado com uma escala espacial adequada, principalmente na região norte do país.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento da temperatura de superfície (TST) em áreas do bioma Cerrado, a partir do uso de geotecnologias, com intuito de entender o comportamento da temperatura nessa região, e servir de subsídio para futuros planejamentos, gestão e administração da ocupação ordenada e racional da área.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende as áreas do entorno do reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães, localizada entre os municípios de Palmas-TO e Porto Nacional-TO, conforme ilustrado na figura 1.

O reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães está localizado no bioma Cerrado, na região central do estado Tocantins. Possui uma área total de aproximadamente 630 Km², com 170

km de extensão e profundidade média de três metros. O seu enchimento ocorreu em dezembro de 2001 com encerramento em fevereiro de 2002 (CELTINS, 1996).

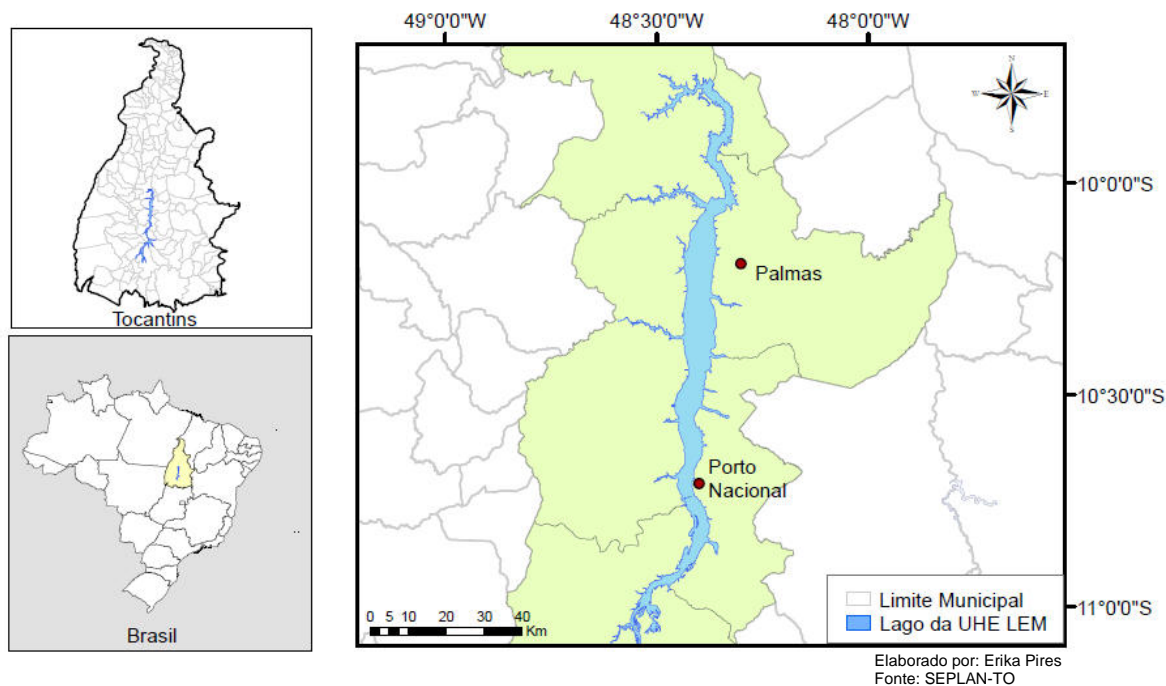


FIGURA 1. Mapa de localização da Área de Estudo.

A distribuição sazonal das precipitações pluviiais 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 Köppen-Geiger, o clima nessa região é tropical úmido com estação seca (Aw), o que contribuiu para as altas temperaturas existentes nessa região. A temperatura média anual na cidade de Palmas, por exemplo, é de aproximadamente 26°C, porém no mês de setembro a temperatura mínima média é de 22°C, enquanto a temperatura máxima média atinge 36°C, e no mês de julho a temperatura mínima média é de 15°C, e a temperatura máxima média é de 33°C (INMET, 2014).

Nesse trabalho foram adquiridas imagens do sensor TM do satélite Landsat-5, órbita/ponto 222-067, disponibilizada pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Foram selecionadas as imagens com menor cobertura de nuvens, e que correspondiam a mesma época do ano, e onde as temperaturas geralmente são mais elevadas e causam um maior desconforto para população.

Foi realizado um estudo multitemporal da evolução da temperatura de superfície da região de estudo, e em virtude disso foram escolhidas imagens de 3 períodos distintos, compreendendo o ano de 2001 (antes da criação do reservatório), 2006 e 2011.

As imagens do satélite Landsat-5 TM foram georreferenciadas com o método imagem-imagem, utilizado o polinômio de primeiro grau para correção espacial da imagem e o método de interpolação por vizinho mais próximo tendo como referência as imagens Landsat Geocover. Nessa etapa foram utilizados aproximadamente 15 pontos de controle bem distribuídos por toda a imagem, a fim de se obter um menor erro.

Com intuito de melhorar o aspecto visual das imagens e facilitar a interpretação dos dados, foi realizado o processamento digital das imagens, onde foi aplicado a técnica de realce linear. Além disso, também foram geradas as composições coloridas sintéticas realçadas (RGB).

A temperatura de superfície terrestre (TST) foi estimada a partir da imagem termal (banda 6 - 10,4 a 12,5 μm) do satélite Landsat-5 TM, através da aplicação do modelo de regressão quadrática proposto por Malaret et al. (1985), onde o número digital de cada pixel da imagem termal são

convertidos nos respectivos valores da temperatura aparente da superfície, conforme equação 1.

$$T = 209.831 + 0.834 \text{ DN} - 0.00133 \text{ DN}^2 \quad (1)$$

em que,

T - temperatura aparente em Kelvin (K);

DN - *digital number* ou número digital de cada pixel.

As temperaturas resultantes foram convertidas para graus Celsius (°C) com a subtração do valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, que equivale a 273,15 K.

As imagens de temperatura de superfície foram classificadas e foi aplicada uma escala cromática de pseudocor às imagens resultantes, com o intuito de melhor identificar o comportamento da temperatura na imagens.

Foi realizada a subtração das imagens, para determinação da variação de temperatura (Δt) durante o período estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens de temperatura de superfície (TST) mostraram uma grande variação de temperatura entre os anos de 2001, 2006 e 2011, conforme ilustrado na figura 2. Analisando as imagens de TST, observa-se que houve um grande aumento na TST em 2006 em relação a 2001, principalmente nas áreas do entorno do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães. As maiores variações de TST foram registradas nas áreas urbanas de Palmas e Porto Nacional, e em algumas regiões de solo exposto e agricultura. Nota-se que somente as áreas de hidrografias e algumas regiões de vegetação não sofreram grandes alterações de temperatura, apresentando valores em torno de 18 a 26°C.

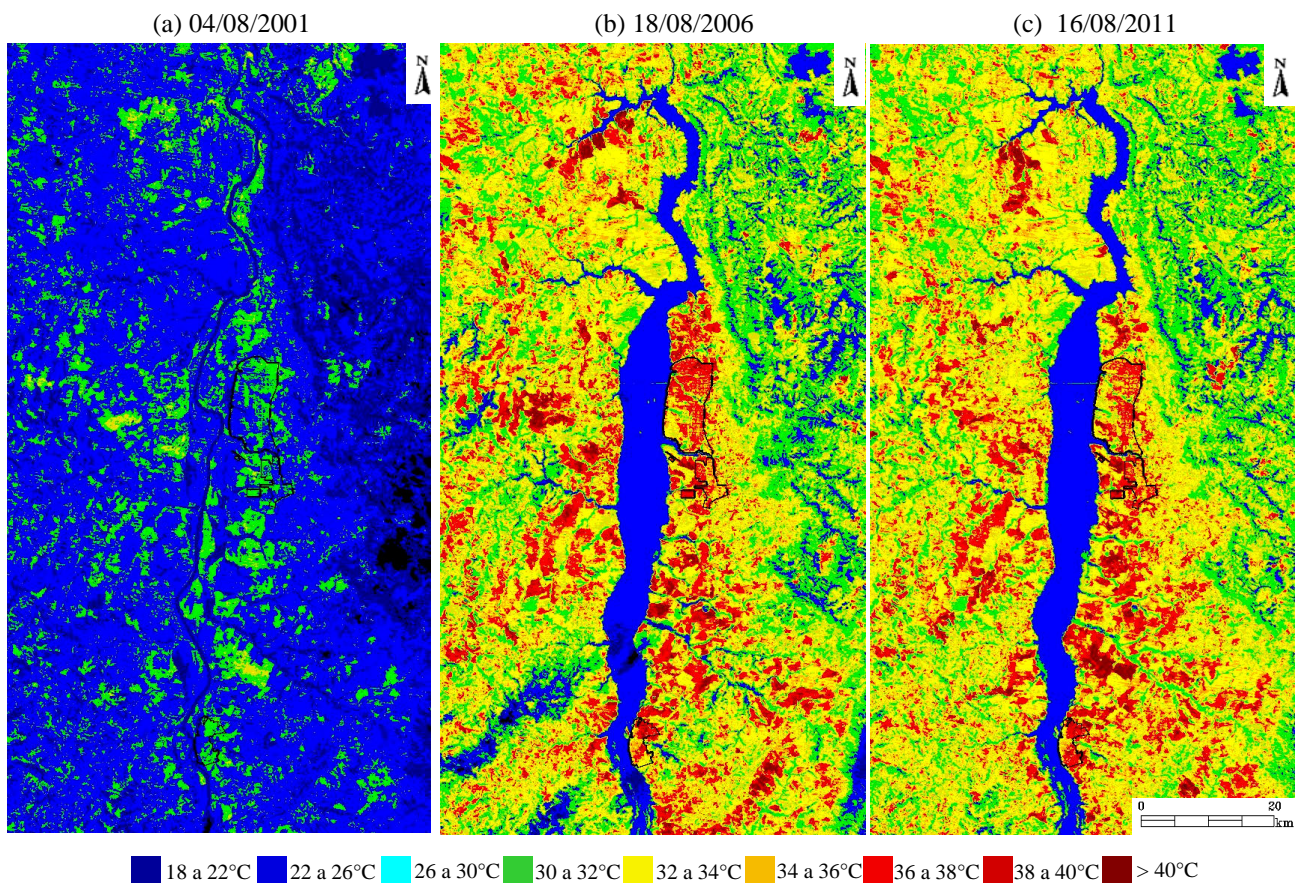


Figura 2. Variação da Temperatura de Superfície - Banda 6 - Landsat-5 TM.

A região do reservatório apresentou uma diminuição no valor da TST de até 8°C, e um aumento na temperatura do leito natural do Rio Tocantins em torno de 5°C. As demais regiões apresentaram um aumento da TST de 5 a 10°C.

A figura 3 mostra a variação de temperatura de superfície (TST) para as áreas urbanas de Palmas e Porto Nacional-TO, nos anos de 2001, 2006 e 2011. Enquanto que a figura 4 mostra o resultado da subtração das imagens TST de 2006 e 2001, e 2011 e 2001, para a área urbana de Palmas-TO.

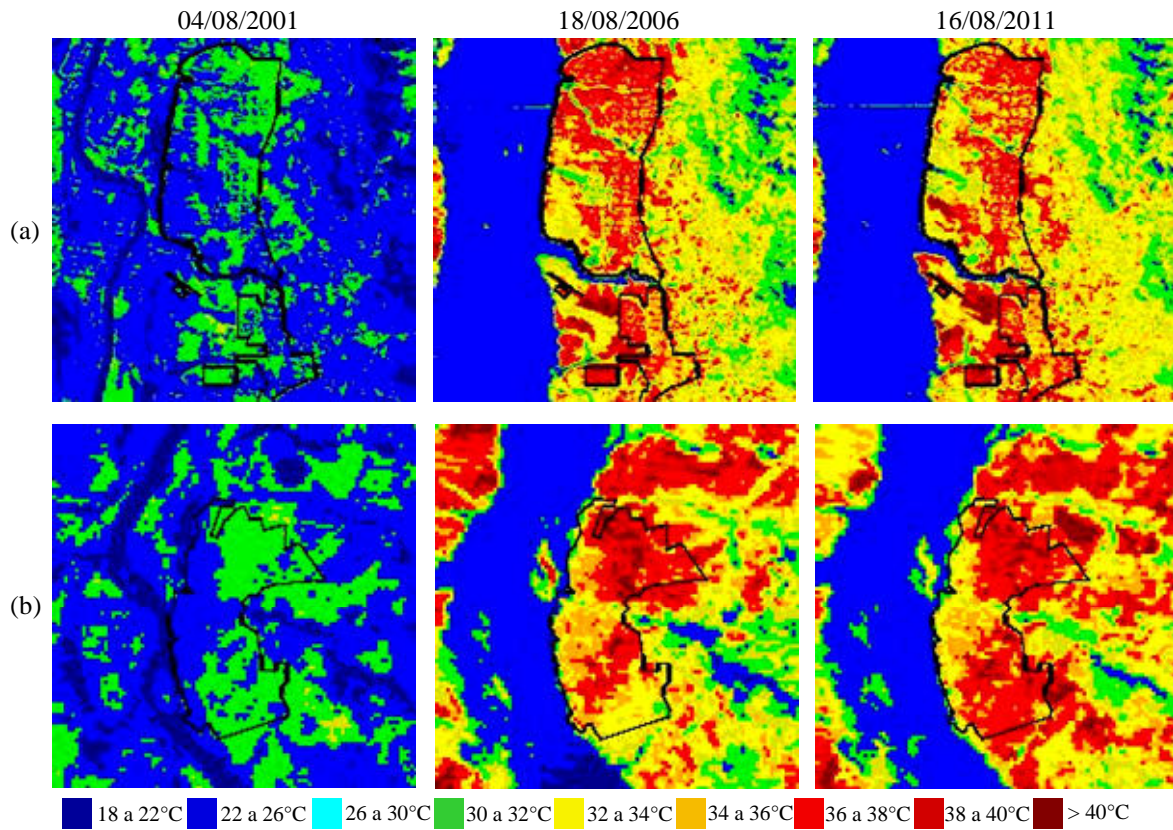


FIGURA 3. Variação da Temperatura de Superfície (TST) nas áreas urbanas de Palmas-TO (a) e Porto Nacional-TO (b).

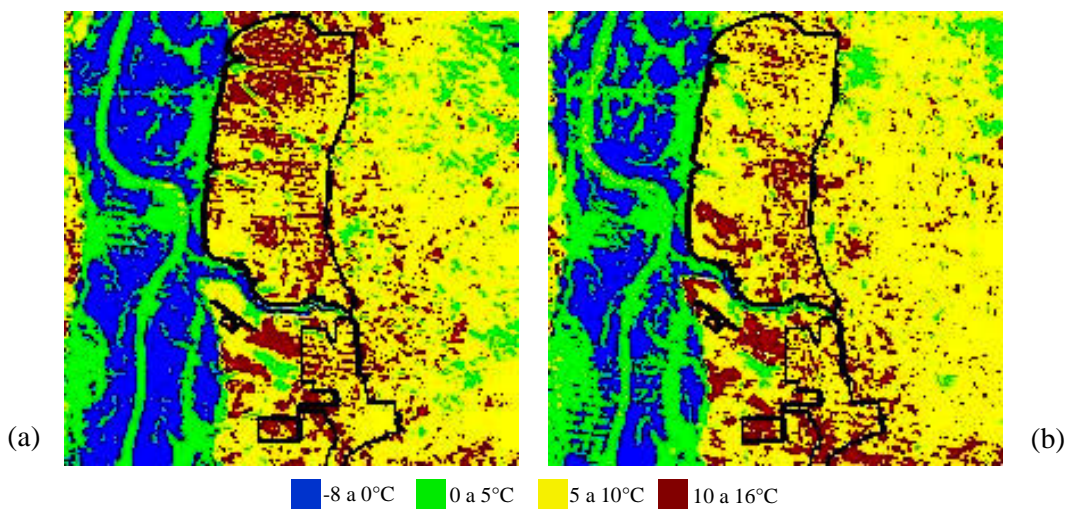


FIGURA 4. Resultado da subtração de imagens TST- Área Urbana de Palmas-TO (a) 2006-2001 e (b) 2011-2001

Comparando as imagens TST de 2001 e 2006 (figura 3a), nota-se que houve um grande aumento na TST na região norte e central da área urbana de Palmas, e em parte da região sul da cidade, apresentando aumento de temperatura entre 10 e 16°C (figura 4a). As imagens TST de 2006 e 2011 (figura 3a), mostraram que em algumas áreas da região norte e do centro de Palmas que em 2006 apresentavam temperatura entre 38 a 40°C, houve um declínio na mesma de 2 a 4°C. Observa-se também que houve uma variação da TST entre os anos de 2001 e 2011 na área urbana de Palmas-TO, em torno de 5 a 10°C, e de 10 a 16°C em algumas regiões isoladas na região norte e sul da cidade.

Salienta-se que há uma variação de até 10°C na TST da área urbana de Palmas-TO tanto em 2006 (figuras 2b e 3a) quanto em 2011 (figuras 2c e 3a), ocorrendo a formação de ilhas de calor nessa área.

As ilhas de calor são um fenômeno climático que ocorre principalmente nas cidades com elevado grau de urbanização, havendo um aumento da temperatura média ao longo da mancha urbana, fato este que ocorre em grande parte na área urbana de Palmas e Porto Nacional-TO. A temperatura desses locais são mais elevadas do que nas regiões periféricas.

Nota-se que a região norte da área urbana de Porto Nacional que em 2001 apresentava TST variando de 30 a 32°C, passou a ter em 2006 e 2011 uma TST variando de 36 a 43°C (figura 3b). A região sul da cidade também apresentou um grande aumento de TST em 2006, em relação a 2001, porém houve um aumento maior na TST entre 2001 e 2011, variando em torno de até 10°C. Uma das causas desse aumento de temperatura está associado ao aumento na área urbana da cidade e consequentemente na área impermeabilizada, contribuindo para o aumento da temperatura.

A figura 5 mostra a imagem de satélite do Landsat-5 da área urbana de Porto Nacional-TO, onde nota-se claramente a evolução da área urbana durante os anos de 2001 a 2011, na região norte e sul da cidade.

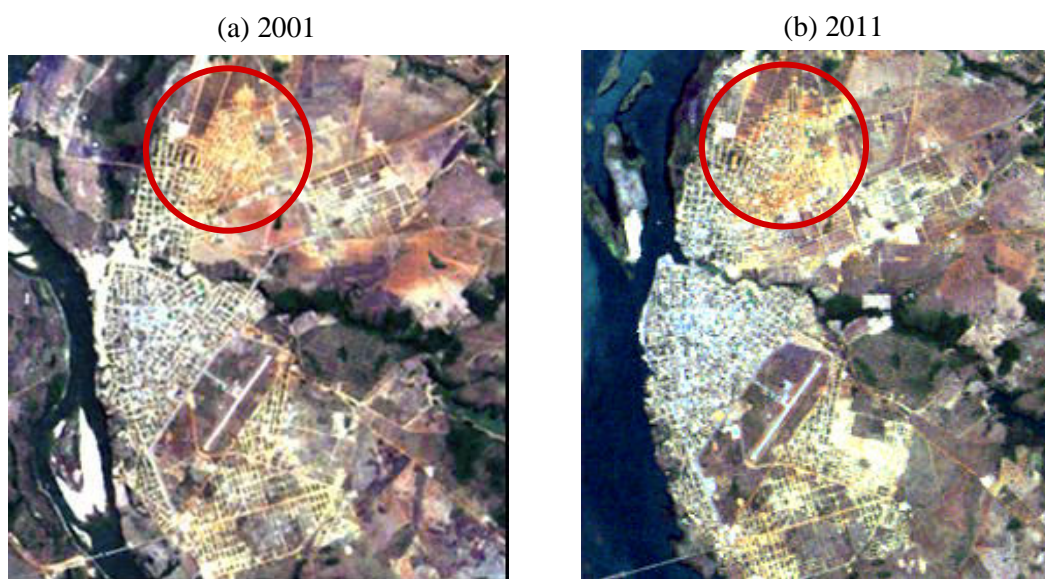


FIGURA 5. Imagem de satélite do Landsat-5 da área urbana de Porto Nacional-TO (composição colorida RGB 321).

A tabela 1 mostra a temperatura mínima, máxima e média das imagens TST dos anos de 2001, 2006 e 2011, e o desvio padrão dos dados. Nota-se que a imagem de TST de 2001 apresentou os menores valores de temperatura mínima e máxima, com temperatura média de 24,85°C, e um desvio padrão de 2,17. A imagem de TST de 2006 apresentou temperatura mínima semelhante a imagem de 2001, porém houve um aumento na temperatura máxima em torno de 12°C, e um desvio padrão de 4,39. A imagem TST de 2011 apresentou temperatura máxima semelhante a imagem TST

de 2006, e houve um aumento da temperatura mínima de 5°C, em relação a imagem TST de 2001 e 2006.

TABELA 1. Valores de temperatura de Superfície - Banda 6 - Landsat-5 TM.

| Período | Temperatura (°C) | | | Desvio Padrão |
|------------|------------------|--------|-------|---------------|
| | Mínima | Máxima | Média | |
| 04/08/2001 | 18,12 | 31,42 | 24,85 | 2,17 |
| 18/08/2006 | 18,63 | 43,71 | 32,11 | 4,39 |
| 16/08/2011 | 23,11 | 43,72 | 33,63 | 4,18 |

Os dados de temperatura de superfície (TST) obtidos da banda 6 do satélite Landsat-5 TM (10:15h) foram comparados com os dados de temperatura do ar (12:00h), medida na estação meteorológica do INMET localizada na região central de Palmas-TO, conforme mostra a tabela 2. A diferença de temperatura foi de 0,5°C nos anos de 2001 e 2011, enquanto a TST no ano de 2006 apresentou uma variação de 1,5°C em relação a temperatura do ar da estação do INMET.

TABELA 2. Dados de temperatura do ar da estação do INMET e TST do satélite Landsat 5 – TM.

| Data | Estação INMET | TST (B6) | Diferença |
|------------|---------------|----------|-----------|
| 04/08/2001 | 26,9°C | 26,4°C | 0,5 |
| 18/08/2006 | 32,6°C | 34,1°C | -1,5 |
| 16/08/2011 | 33,1°C | 33,6°C | -0,5 |

A comparação entre esses dois dados mostram que o dia 04/08/2001 apresentou temperatura de superfície e temperatura do ar, menores dos que os demais anos. A diferença entre a temperatura TST e a temperatura do ar obtida na estação do INMET, nesse período, não passou de 0,5°C, o que mostra que não houve discrepância entre os dados, e valida as baixas temperaturas obtidas nas imagens TST desse período.

Salienta-se que apesar da temperatura de superfície ser equivalente a temperatura do solo e não a temperatura atmosférica, as duas variáveis apresentaram forte correlação, e mostra que não há grande divergência entre os resultados obtidos.

CONCLUSÕES

As análises processadas neste trabalho permitiram estabelecer algumas conclusões acerca da distribuição da temperatura de superfície (TST) nas áreas do entorno do Reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães. A avaliação temporal das informações assinala um aumento da temperatura entre os anos analisados. Em determinados locais, como nos espaços urbanos e nas áreas de solos expostos verificou-se um incremento considerável da temperatura, havendo a formação de ilhas de calor, enquanto que nas regiões compostas por áreas de vegetação e nos corpos d'água, não sofreram grandes variações.

As imagens de temperatura de superfície (TST) registrada pelos sensores termais do satélite Landsat-5 TM permitiu visualizar a sua distribuição espacial nas áreas do entorno do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães em três períodos distintos (2001, 2006 e 2011), e avaliar o comportamento da TST ao longo dos anos.

Os dados obtidos neste estudo permitem afirmar que, na área de estudo, é possível perceber uma correlação negativa entre a presença de cobertura vegetal e corpos hídricos e a variação da

temperatura superficial terrestre, ou seja, quanto maior a presença da vegetação e dos corpos d'água, menor tendem a ser as temperaturas superficiais.

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.

Salienta-se que apesar de ter havido um grande aumento na TST nas áreas do entorno do Reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães, não podemos afirmar que a variação de temperatura está associada a implantação do reservatório, haja vista que houve alteração da temperatura de superfície em todas as regiões, e não somente na área do entorno do reservatório.

Os dados obtidos nesse trabalho poderão servir de base para planejamento e implementação de políticas para a escolha das áreas de expansão urbana, a fim de evitar o crescimento desordenado da cidade, e conseqüentemente evitar o surgimento de mais regiões com temperaturas elevadas.

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.

REFERÊNCIAS

CELTINS, Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins. THEMAG Engenharia. **Estudo de Impacto Ambiental-EIA**. Volume IV Programas Ambientais e Conclusões. Novembro, 1996.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Base dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 29/01/2014.

IPCC. Climate Change 2014: Impacts, adaptations and vulnerability. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>> Acesso em: abril. 2004.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ª Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p.

MALARET, E; BARTOLUCCI, L. A; LOZANO, D. F.; ANUTA, P. E.; MCGILLEM, C D. **Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis**. In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 51, pp. 1407-1416, 1985.

RATANA, P. ; HUETE, A. R. ; FERREIRA JR, L. G. . **Analysis of Cerrado physiognomies and conversion in the MODIS seasonal - temporal domain** (LBA special issue). Earth Interaction, (In Press), v. 9, p. 1-22, 2005.

RICKLEFS. E. R. **A economia da natureza**. Tradução: Cecília Bueno Pedro P. de Lima e Silva. Colaboração: Rogério Ribeiro de Oliveira. Terceira edição, Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro - RJ, 1996.

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.