

Estudo por sensoriamento remoto da formação de ilhas de calor na região central da cidade de Cuiabá – MT entre o período de 2003 a 2011

João Luiz da Silva Pereira Cuiabano^{1,2}
Oscar Daniel Corbella²

¹ Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT
Cuiabá - MT, Brasil
cuiabano@ufmt.br

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Rio de Janeiro - RJ, Brasil
oscar.corbella@gmail.com

Abstract. This paper analyzes the formation of heat islands in the central area of the city of Cuiabá - MT, capital of Mato Grosso, during the period from 2003 to 2011, due to the rapid urbanization of the metropolitan area, which has caused changes in land cover and surface temperatures. For this study was used ten images with temporal variations of one year, collected during the dry northeast region, through the Thematic Mapper sensor on board the Landsat 5 satellite. Using the thermal band which is related to the infrared channel, the figures were transformed digital temperature data surface by means of the software Matlab. The results show a tendency of higher temperatures at the site of the oldest area in the historic center of the city, however, the formation of the phenomenon of the heat islands in the region had a greater influence of the occurrence of local temperatures higher.

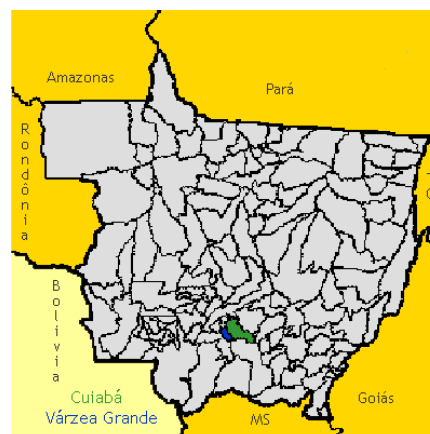
Palavras-chave: remote sensing, heat islands, surface temperature, sensoriamento remoto, ilhas de calor, temperatura de superfície.

1. Introdução

O município de Cuiabá, Capital do Estado de Mato Grosso, fica localizada no centro geodésico da América do Sul, com coordenadas geográficas 15°35'56",80 de latitude Sul e 56°06'05",55 de longitude Oeste, fazendo limite com os municípios de Várzea Grande, Chapada dos Guimarães, Santo Antônio do Leverger, Campo Verde, Jangada e Acorizal, que formam a Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá.



(a) Estado de Mato Grosso no Brasil.
Figura 1. Localização da área de estudo.



(b) Município de Cuiabá no Estado.

De acordo com dados do IBGE, a cidade de Cuiabá, pelos dados projetados para o ano de 2016, apresenta uma população estimada em aproximadamente 580.000 habitantes, com uma densidade demográfica de 241 Hab/Km². Juntamente com as cerca de 270.000 pessoas de Várzea Grande, cidade conurbada, totaliza aproximadamente 850.000 habitantes, sem contar os demais municípios limítrofes da região metropolitana da Grande Cuiabá.

Com clima tropical quente e úmido, as chuvas normalmente se concentram de setembro à abril, com precipitação média anual de 1.469,4 mm, com intensidade máxima em janeiro, fevereiro e março. A temperatura máxima média chega a 34,1 °C, mas as máximas absolutas chegam a bem mais de 40 °C, e a mínima média, em julho, o mês mais frio, é de 16,0 °C.

A cidade de Cuiabá, fundada em 1719, na época do ciclo de mineração, foi na época pensada como um local provisório dos bandeirantes que se dirigiam para a região com o intuito de buscar o ouro e levá-lo aos grandes centros da época. Por esse motivo, a exemplo de grande parte das cidades da época, seu crescimento se deu de forma bastante desordenada, sem nenhum tipo de planejamento, ao longo dos rios que margeavam o local.

O município ficou sem grandes modificações até a década de 1960, quando, com o incentivo para a ocupação das regiões Norte e Centro-Oeste, um fluxo de imigrantes começou a vir para o estado, principalmente nas décadas de 1970 e 1980, e a cidade começou a crescer de forma bastante rápida e de forma bastante desordenada, com um processo acelerado de desenvolvimento urbano.

Ao longo desse período, a região central da cidade passou a ser cada vez mais ocupada por atividades comerciais e financeiras, acontecendo uma migração da ocupação residencial para outras áreas da cidade, nas quais foram sendo implantados vários empreendimentos habitacionais.

Paralelamente à esse êxodo da população da região central para outras áreas, o aumento das atividades comerciais e financeiras na região central impulsionou o surgimento da construção de vários prédios comerciais, provocando uma mudança no tipo de ocupação da região, com a substituição da grande quantidade de casas antigas com grandes quintais por prédios com ocupação máxima do terreno.

A modificação do tipo de edificações se reflete diretamente na mudança das quantidades das áreas de impermeabilização do solo de boa parte do território, situação que, agravada pela não destinação de uma boa quantidade de áreas verdes e parques, com certeza acarretaram alterações em diversos parâmetros biofísicos da região, em especial a cobertura e uso do solo e as temperaturas da superfície terrestre e do ar.

O conhecimento da dimensão em que essas alterações ocorrem é importante para a avaliação dos diversos tipos de transtornos que podem provocar não só na grande quantidade de pessoas que transitam no local a trabalho ou para compras e serviços, mas também da população ainda residente na região, com impactos financeiros e na saúde dos indivíduos.

Atualmente, essas mudanças da cobertura da superfície terrestre podem ser analisadas com a utilização das técnicas de sensoriamento remoto, que permitem verificar pelas imagens dos diversos satélites as temperaturas de superfície terrestre das áreas cobertas pelos mesmos.

Assim, este trabalho busca apresentar, com a utilização de imagens de satélites, um estudo sobre as temperaturas da região central da cidade de Cuiabá, para verificar, no período entre os anos de 2003 e 2011, o comportamento do fenômeno da formação de ilhas de calor, em função de que nesse período não houveram mais mudanças significativas das grandes transformações ocorridas na área ao longo do tempo .

Dessa forma, a utilização das técnicas de sensoriamento remoto, além de permitir a análise das temperaturas e do fenômeno da formação de ilhas de calor dessa região em um período já ocorrido, do qual não se dispõem de dados obtidos em campo, ainda apresenta a vantagem do baixo custo da obtenção de informações sobre a superfície, em comparação com os métodos convencionais.

2. Metodologia do Trabalho

Para o início das atividades, foi feita a seleção da área de estudo, compreendendo parte do território da região central da cidade de Cuiabá, tendo como um dos limites a divisa com a cidade de Várzea Grande, o Rio Cuiabá, abrangendo ainda, além do Centro da cidade, algumas regiões que experimentaram grande expansão urbana no período estudado.

As imagens escolhidas para a extração das informações do estudo foram do satélite Landsat 5, órbita 226, ponto 71, fornecidas pela Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a utilização das imagens da banda termal 6 do sensor infravermelho Thematic Mapper (TM) para a obtenção das temperaturas.

Foram escolhidas dez datas de passagem do satélite pela região entre o período de 2003 a 2011, sendo uma imagem para cada ano do período de estudo, com exceção do ano de 2010, para o qual foi considerada uma imagem adicional.

As imagens foram todas selecionadas no período da época de seca da região, em que normalmente não há incidência de precipitações e que apresentam o céu mais limpo. Para a seleção das imagens, foram escolhidas aquelas que não apresentavam cobertura de nuvens na região durante a passagem do satélite, para permitir uma abrangência da área total planejada.

Por esses critérios, foram adotadas as imagens dos dias 21/07/2003, 23/07/2004, 11/08/2005, 13/07/2006, 16/07/2007, 19/08/2008, 06/08/2009, 22/06/2010, 24/07/2010 e 11/07/2011, correspondentes respectivamente aos dias de ordem do ano 202, 205, 223, 194, 197, 232, 218, 173, 205 e 192, caracterizando épocas do ano bastante próximas.

Para essas imagens, os horários de passagem foram respectivamente para cada data 13:22; 13:28; 13:33; 13:38; 13:39; 13:31; 13:34; 13:36; 13:36 e 13:34, ou seja, todas as imagens foram obtidas praticamente no mesmo horário.

As imagens de todas as bandas geradas pelo satélite referentes às datas de estudo foram recortadas de acordo com as coordenadas geográficas da área de estudo para obtenção das imagens de trabalho.

Todas as imagens foram georreferenciadas, com a utilização do programa ENVI, para contornar as distorções que podem ocorrer durante o processo de obtenção dos dados pelos satélites e ajustamento dos pixels da área da região das imagens obtidas nas diferentes datas de maneira uniforme, por meio de um mesmo referencial, para o qual foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8.

Para a obtenção das temperaturas da superfície terrestre da região, a partir dos dados do sensor infravermelho da banda termal, foi aplicada a equação de Planck invertida, pela relação da temperatura com comprimento de onda e energia, pela definição de que quanto maior a temperatura em um determinado comprimento de onda, maior será a energia emitida por um corpo negro.

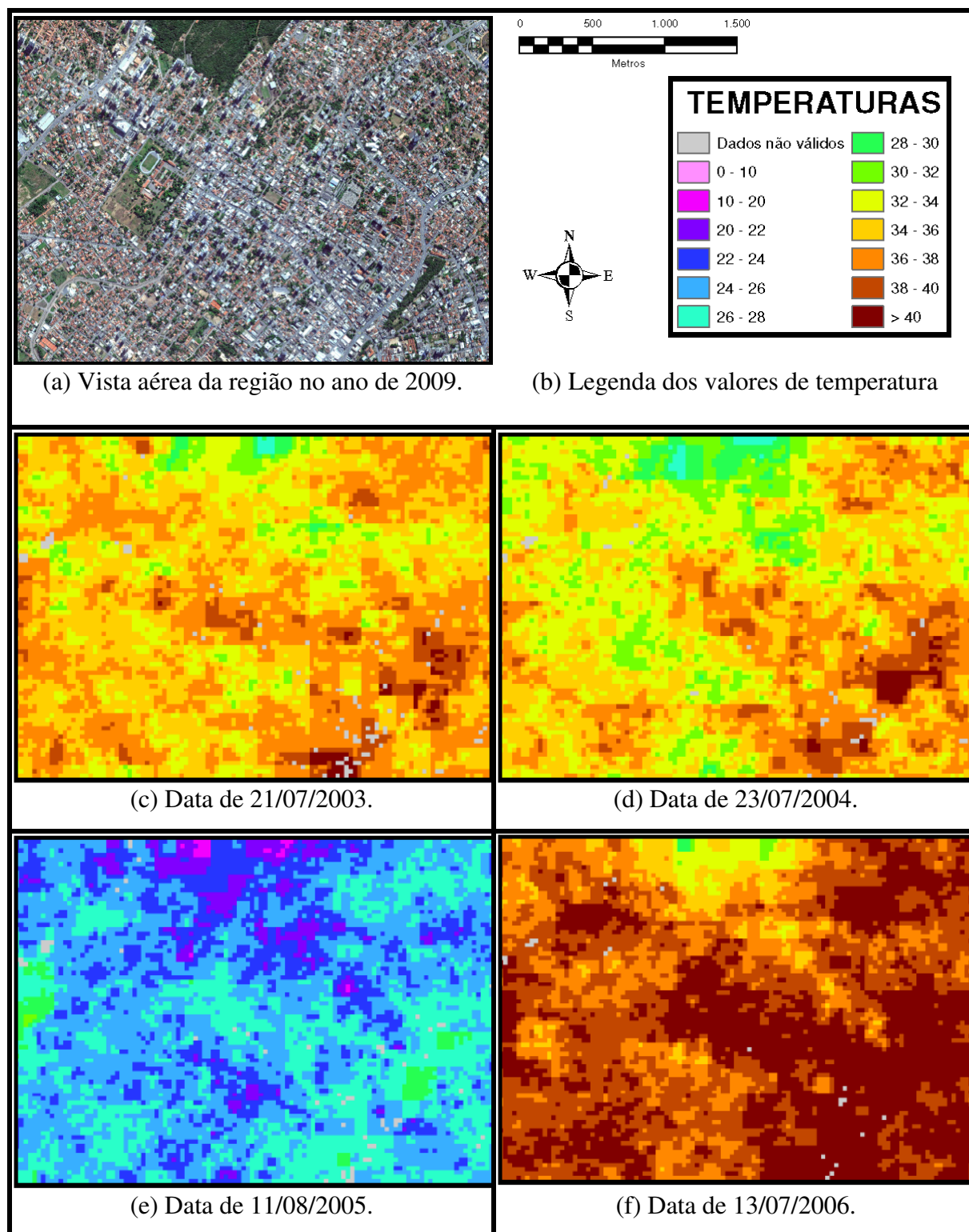
Para o tratamento das imagens, foi utilizado o programa MatLab, que, a partir de alguns parâmetros de entrada de dados, entre os quais a temperatura da superfície e a umidade, produz como resultado do processamento imagens temáticas com a variação da temperatura na região analisada.

Para o processamento dos dados e geração dos mapas de temperaturas no programa MatLab, o algoritmo para o cálculo das temperaturas da superfície foi feito com base nos trabalhos de Qin et al. (2003) e Souza & Silva (2005).

Além das temperaturas obtidas por meio das imagens de satélite, também foram feitas pesquisas dos dados disponíveis das estações meteorológicas da região, para obtenção das temperaturas e umidades da região nas épocas das datas do estudo, não só para a entrada de dados no processamento de obtenção dos mapas de temperaturas, mas também para análise das ocorrências das temperaturas em cada uma das datas analisadas.

3. Resultados e Discussões

A Figura 1 (a) apresenta uma imagem obtida por meio de fotos aéreas da área de estudo, mostrando a região central de Cuiabá e de seu entorno. Já as Figuras 1 (c) a 1 (m) apresentam para a mesma região os mapas de temperaturas obtidos por meio das imagens de satélites para as datas do estudo, e a Figura 1 (b) indica a escala de todas as imagens e a legenda dos valores das temperaturas associadas a cada uma das cores representadas nos mapas de temperaturas.



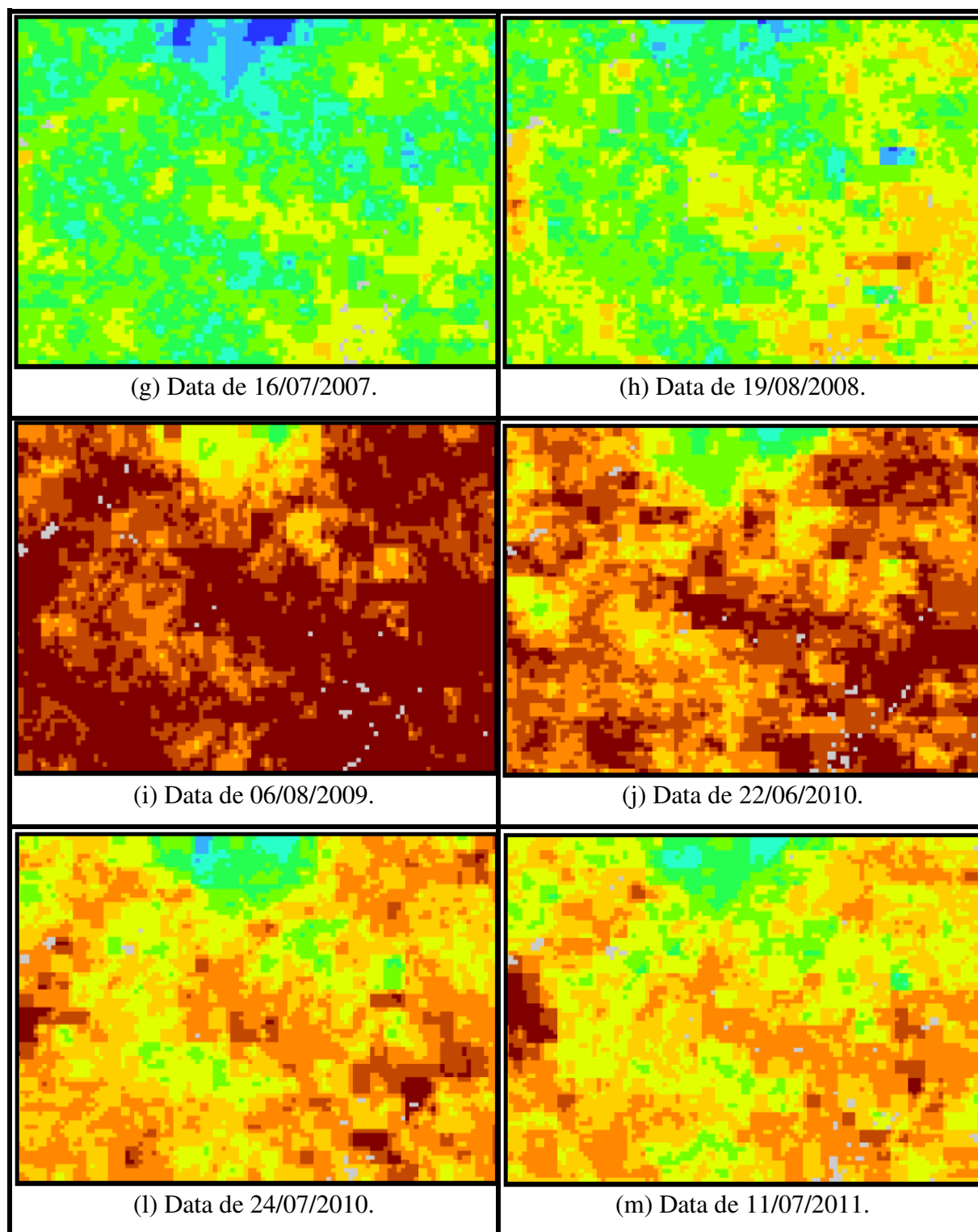


Figura 1. Imagens da área da região central da cidade de Cuiabá. (a) Imagem de fotos aéreas. / (b) Quadro da legenda dos valores de temperaturas. / (c) a (m) Imagens de temperatura obtidas pelas imagens de satélite para cada uma das datas de estudo.

Fontes: (a) Prefeitura Municipal de Cuiabá. / (b) Programa ArcMap. / (c) até (m) Programa ArcMap a partir de dados obtidos pelo programa MatLab.

As Figuras 1 (j) e (l) foram ambas obtidas por imagens do ano de 2010, com uma diferença de tempo de 32 dias entre as mesmas, que corresponde a um intervalo de duas passagens da órbita do satélite pela região, não ocorrendo, devido a esse pequeno intervalo de tempo entre a obtenção das duas imagens, nenhuma alteração significativa nos tipos de coberturas das superfícies da área de estudo.

Apesar disso, na comparação entre essas duas figuras, verificou-se de maneira bastante nítida que a imagem de Junho apresentou em todos os locais cores com tonalidades bem mais escuras que a imagem de Julho, o que indicou que a temperatura nessa data de Junho foi bem mais alta que a da data de Julho, como foi confirmado por dados de estações meteorológicas.

Nessas duas datas, as menores temperaturas registradas apareceram no meio da parte superior das duas figuras, área que corresponde à localização do Parque Mãe Bonifácia, uma grande extensão de vegetação nativa transformada em reserva urbana, com uma parte dessa área verde mostrada no meio da parte superior da imagem aérea da região.

Entretanto, na imagem de Junho, foram observados alguns núcleos de áreas menores com temperaturas também próximas da temperatura visualizada nos limites do Parque Mãe Bonifácia, que, quando comparadas com a imagem aérea, indicaram locais correspondentes à menores extensões de área verde, como praças ou glebas ainda não ocupadas por construções.

Na comparação dessas mesmas áreas na imagem de Julho foi verificado que a extensão das mesmas apresentou uma superfície bastante superior, levando à conclusão de que, quando diminuiu a temperatura, aumentou a influência das áreas verdes menores nas temperaturas de seu entorno.

Além disso, na imagem de Julho, só apareceram dois pequenos núcleos de áreas com temperaturas mais elevadas, que então não tenderam à formação do fenômeno da ilha de calor na região central da cidade, enquanto na imagem de Junho, além das superfícies com temperaturas mais elevadas aumentarem consideravelmente a partir desses núcleos, ainda cresceram as quantidades de locais com a visualização de temperaturas mais elevadas.

Com isso, nessa data de Junho ficou caracterizado em dois locais da região central da cidade o aparecimento do fenômeno de ilhas de calor, com ambas as áreas dessas ilhas de calor separadas por uma região com temperaturas também altas, embora com valores inferiores às temperaturas dos locais das duas ilhas de calor.

Na data estudada em Agosto de 2009, Figura 1 (i), a temperatura local da região estava mais elevada, e a análise da imagem de 2009 mostrou que as superfícies com cores mais escuras, que indicam temperaturas mais elevadas, apresentaram uma extensão bem maior, formando uma grande mancha que ocupou a maior parte da região central da cidade.

Nesta data de 2009, então, a ilha de calor formada ocupou praticamente toda a região central da cidade, e as altas temperaturas foram visualizadas inclusive nos locais das pequenas praças e glebas não urbanizadas.

Nessa imagem de 2009 as menores temperaturas só foram encontradas na área do Parque Mãe Bonifácia, e mesmo assim, com valores mais elevados que em relação aos verificados nas duas imagens de 2010. Menores valores das temperaturas, iguais aos encontrados nas imagens de 2010, só apareceram em pequenas superfícies no núcleo da área verde do Parque.

As altas temperaturas encontradas mesmo nos locais das áreas verdes também indicaram então que, quando a temperatura do local aumenta para valores mais elevados, a influência das áreas verdes na redução das temperaturas do seu entorno diminui, prevalecendo a influência das altas temperaturas das superfícies do entorno.

Além disso, na imagem de 2009 houve uma tendência à formação de maior número de locais de ilhas de calor mais distantes da região central, o que deve ter ocorrido em razão do aumento da urbanização no entorno da região central da cidade, com o diminuição cada vez maior das chácaras e glebas e sua substituição pela implantação de vários empreendimentos habitacionais.

Assim, verificou-se que em regiões onde o adensamento aumentou, passou a ocorrer uma tendência do surgimento de temperaturas tão elevadas quanto na área central da cidade, onde normalmente se espera encontrar não só as temperaturas mais elevadas, como também a formação de ilhas de calor.

Na imagem da data estudada de Julho de 2006, Figura 1 (f), ocorreu uma situação bastante semelhante à encontrada na imagem de 2009. A diferença entre as imagens dessas duas datas foi a extensão das áreas caracterizadas como ilha de calor, que apresentaram superfícies menores na imagem de 2006 em relação à imagem de 2009, tanto na região central da cidade, quanto nos locais mais distantes da região central.

Na imagem estudada de Julho de 2007, Figura 1 (g), em que a temperatura da região registrada foi menor, não foram encontradas temperaturas com valores muito elevados, com o mapa de temperaturas mostrando superfícies com cores mais homogêneas. Nessa data, mesmo a parte mais urbanizada da região central apresentou temperaturas menos elevadas, apesar de ligeiramente superiores que as do entorno.

Na data estudada de Agosto de 2008, Figura 1 (h), a temperatura da região foi um pouco maior que da data de 2007, e a imagem de 2008, apesar de não mostrar temperaturas com valores muito elevados, indicou que as áreas mais urbanizadas da região central apresentaram uma superfície bem maior com temperaturas superiores às do entorno.

A menor temperatura da região nas datas do estudo foi verificada na data de Agosto de 2005, com o mapa de temperaturas da imagem da Figura 1 (e) não apresentando nenhum valor superior a 30 °C, mesmo nos locais de maior temperatura do centro da cidade. Nessa data, foi encontrada a menor amplitude de todas as datas entre os maiores e menores valores de temperatura mostrados nos mapas de temperatura, enquanto a maior amplitude foi encontrada na data do estudo em Julho de 2004, Figura 1 (d).

Entre as datas escolhidas para o estudo, as datas de Julho de 2003, Figura 1 (c), e de Julho de 2011, Figura 1 (m), foram as datas que apresentaram os valores de temperaturas e umidades da região mais semelhantes, dois dos parâmetros mais significativos para a entrada de dados para a obtenção dos mapas de temperaturas mostrados nas duas figuras.

Na comparação entre as duas imagens, não foram encontradas diferenças significativas entre as temperaturas da região central. Entretanto, chamou a atenção no lado esquerdo da imagem de 2011 um local com temperaturas bem mais elevadas que na imagem de 2009, que, pela imagem aérea, foi verificado ser o local de uma gleba ainda sem ocupação de construção até a data de 2011.

A visualização dessa área nas duas datas mostrou que no ano de 2003 a área apresentava um pouco de cobertura de vegetação na superfície, enquanto no ano de 2011 a superfície estava sem cobertura de vegetação, o que indicou que a ausência de vegetação apresentou uma tendência de temperatura semelhante à áreas com grande densidade de urbanização.

Na comparação das imagens ao longo de todo o período do estudo, não foram verificadas mudanças significativas na região central da cidade para a determinação de locais com ocorrência da formação de ilhas de calor, sendo encontrada apenas uma tendência de maiores temperaturas no local da área mais antiga do centro histórico da cidade, em que normalmente foram encontradas as temperaturas mais elevadas em todas as datas do período estudado.

A razão mais provável para essa questão talvez seja explicado pelo fato de que essa região central da cidade não passou por mudanças significativas nas coberturas da superfície durante o período do estudo, uma vez que a maior parte das transformações ocorridas no local aconteceu em épocas anteriores à época do estudo.

Outra conclusão obtida a partir da análise do conjunto das imagens do estudo foi que a maior influência para a formação de ilhas de calor na região central da cidade foi a ocorrência de temperaturas locais mais elevadas, que acabaram formando manchas nos mapas de maiores com maiores extensões de superfícies com temperaturas mais elevadas.

4. Conclusões

A utilização das técnicas de sensoriamento remoto para uma análise da ocupação do território urbano ao longo do tempo mostrou-se apropriada para o acompanhamento das mudanças ocorridas no território, pois permite, em uma única imagem, o alcance da observação de uma área com uma extensão que não seria possível com a utilização de outras técnicas.

Além disso, essa técnica tem a vantagem de possibilitar que o estudo da ocupação do território seja feito com a comparação das áreas em diferentes épocas, pela reprodução da situação na data de obtenção das imagens pela passagem do satélite.

Com relação aos resultados obtidos no presente estudo, foi encontrada uma tendência de maiores temperaturas no local da área mais antiga do centro histórico da cidade, entretanto, a formação do fenômeno das ilhas de calor na região teve uma influência maior da ocorrência de temperaturas locais mais elevadas, que acabaram formando manchas nos mapas de maiores com maiores extensões de superfícies com temperaturas mais elevadas.

Foi também verificado que terrenos não ocupados com ausência de vegetação mostraram uma tendência de apresentarem temperaturas semelhantes à de áreas mais densamente urbanizadas.

4. Referências

Cuiabano, J.L.S.P. **Estudo por imagens de satélite da formação de ilhas de calor em Cuiabá e Várzea Grande**. 2016. Tese (Doutorado em Urbanismo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

Qun, Z.; Karnieli, A.; Sberliner, P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. **International Journal of Remote Sensing**. v. 22, n.18, p. 3719-3746, 2001.

Souza, J.D.; Silva, B.B. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM Landsat 5. **Revista Brasileira de Geofísica**. v. 23, n.4, p. 349-358, 2005.