Revista Brasileira de Geografia Física

ISSN:1984-2295

Homepage: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe

Geotecnologias Aplicadas à Análise de Ilhas de Calor de Superfície em Cidades do Interior do Estado de São Paulo

Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba[1], Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim[2]

[1] Dra. em Geografia, Professora Adjunta I, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, campus de Três Lagoas, Av. Ranulpho Marques Leal, 3484 - Distrito Industrial, Três Lagoas - MS, CEP: 79610-100. (67) 3509-3731. gifortiz@gmail.com (autora correspondente). [2]Dra. em Geografia, Professora Livre Docente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente – MS, CEP: 19060900. (18) 3229-5656. margarete.amorim@unesp.br.

Artigo recebido em 13/08/2019 e aceito em 20/12/2019

R E S U M O

A qualidade dos ambientes urbanos tem se mostrado de maneira inadequada para parcela significativa da população, devido ao fato de não se considerar, no seu processo de expansão territorial, as características físicas desses ambientes. No intuito de amenizar os problemas relacionados à qualidade desses ambientes, particularmente no que se refere às características da temperatura e à geração de ilhas de calor de superfície, a comunidade científica vem desenvolvendo formas de análise para auxiliar no planejamento ambiental das cidades tendo o sensoriamento remoto como grande aliado. Nas análises acerca das ilhas de calor de superfície, o sensoriamento remoto auxilia na representação da temperatura dos alvos urbanos em relação ao entorno próximo e na avaliação da cobertura vegetal, que é um importante elemento para amenizar as ilhas de calor superficiais. Nesse sentido, no presente artigo tem-se por objetivo analisar a cobertura vegetal por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e sua interferência na temperatura da superfície nas cidades de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã (São Paulo/Brasil). Para isso foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, banda 10, para o cálculo da temperatura dos alvos e as bandas 4 e 5 para o cálculo do NDVI. Pode-se concluir por meio da análise do NDVI que a vegetação exuberante e/ou ativa (alto NDVI) tem papel fundamental na amenização das temperaturas dos alvos. Por outro lado, NDVI baixo, devido à alta densidade construtiva nas áreas urbanas ou em período de estiagem, particularmente nas áreas rurais próximas, favorece o aquecimento superficial.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, NDVI, Temperatura de superfície, Clima urbano.

Heat Islands in Cities in the Interior of the State of São Paulo, Brazil

A B S T R A C T

The quality of urban environments has proven inappropriate for a significant portion of the population due to a failure to consider, in their territorial expansion process, the physical characteristics of these environments. In order to mitigate issues related to the quality of these environments, particularly regarding characteristics of temperature and generation of surface heat islands, the scientific community has developed analysis methods to assist in the environmental planning of cities, using remote sensing as a key ally. In the analysis of surface heat islands, remote sensing assists in the representation of the temperature of urban targets in relation to the near surroundings and the assessment of the vegetation, which is a key element to mitigate surface heat islands. In this sense, this paper aims to analyze the vegetation cover using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and its interference on surface temperature in the cities of Assis, Cândido Mota, Maracaí and Tarumã (São Paulo, Brazil). To do that, we used images from the Landsat 8 satellite, band 10, to calculate the temperature of the targets, and bands 4 and 5, to calculate the NDVI. It can be concluded through the NDVI analysis that the exuberant and/or active vegetation (high NDVI) plays a key role in reducing temperatures in the targets. On the other hand, a low NDVI, due to the high building density in urban areas or the dry season, particularly in nearby rural areas, favors surface heating.

Keywords: Remote sensing, NDVI, Surface temperature, Urban climate.

Introdução

Os problemas ambientais encontrados nas áreas urbanas, na maioria das vezes, decorrem do processo de expansão territorial, sem que as características físicas da superfície sejam levadas em consideração. Como exemplos de tais problemas, destacam-se: a potencialização das enchentes e inundações devido à retirada da

cobertura vegetal e impermeabilização do solo; os deslizamentos de encostas por conta da ocupação desordenada e do desmatamento das vertentes; a poluição dos solos, rios e corpos freáticos decorrente da má destinação dos resíduos sólidos; a poluição atmosférica resultante da circulação de veículos e do lançamento de gases das indústrias.

Especificamente com relação à atmosfera urbana, a intensificação da temperatura intraurbana em relação ao entorno rural próximo é preocupante por influenciar diretamente na vida das pessoas, seja pelo desconforto térmico ou por questões relacionadas à saúde. Na cidade, a atmosfera é alterada pelas construções, retirada da vegetação arbórea, pela movimentação de pessoas, veículos e atividades industriais, criando um clima específico, denominado de clima urbano. Monteiro e Mendonça (2003, p.19) definiram o clima urbano como "um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização".

Visando amenizar os problemas da intensificação das temperaturas nos ambientes urbanos, a comunidade científica vem desenvolvendo técnicas de análise, sendo que o sensoriamento remoto se tornou um grande aliado para tais diagnósticos. Nas análises da climatologia urbana, as imagens de satélite podem auxiliar no levantamento da temperatura superficial das cidades, como também na verificação da cobertura vegetal. "O sensoriamento remoto pode ser usado para medir temperaturas e outras características de superfícies, como por exemplo, coberturas, pavimentos, vegetação e solo nu, por meio da medição de energia refletida e emitida a partir deles" (Gartland, 2010, p. 40).

Desta forma, o sensoriamento remoto no infravermelho termal vem se destacando nos estudos de clima urbano (López Gómez, et al., 1998; Voogt e Oke, 2003; Amorim, et al., 2009; Cruz, 2009; Amorim e Monteiro, 2011; Frasca e Amorim, 2013; Leiva, 2014; Almutairi 2015), pois os objetos que tem temperatura acima do zero absoluto emitem energia eletromagnética, assim todas as feições encontradas na paisagem emitem energia eletromagnética no infravermelho termal (Jensen, 2009, p. 251). Essa energia é capturada em forma de imagem por sensores instalados em aviões ou em satélites, que posteriormente são processadas digitalmente e a partir de programas específicos são disponibilizadas de acordo com o objetivo do pesquisador.

As diferenças de temperatura da superfície intraurbana em relação ao entorno rural próximo formam o clima urbano e as ilhas de calor, que "são causadas pelo desflorestamento e substituição da superfície do solo por materiais não evaporativos e não porosos, como asfalto e concreto" (Jensen, 2009, p. 288). A identificação das áreas mais aquecidas e que potencializam a formação de ilhas de calor é de crucial importância para a análise do clima urbano, uma vez que a interação da atmosfera com essas superfícies urbanizadas produzem ambientes termicamente desagradáveis.

A cobertura vegetal urbana é essencial para a minimização dos efeitos do clima urbano. Assim, o sensoriamento remoto permite também o mapeamento da mesma, tendo disponível mais de cinquenta índices para o diagnóstico da densidade de vegetação, podendo ser florestal, agrícola e urbana. Os índices de vegetação "[...] são medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo o índice foliar, porcentagem de cobertura verde, e radiação fotossinteticamente ativa absorvida" (Jensen, 2009, p. 384).

Com este enfoque, no presente artigo se tem por objetivo analisar a cobertura vegetal por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e sua relação na temperatura da superfície nas cidades de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã (São Paulo/Brasil).

As referidas cidades se localizam no interior do Estado de São Paulo, no quadrante -50° de longitude oeste e -22° de latitude sul, na microrregião da Média Sorocabana e na Vertente Paulista do Rio Paranapanema (Figura 1). Assis tem médio porte populacional, com 95.144 habitantes (Censo – IBGE – 2010). Cândido Mota, Maracaí e Tarumã são cidades de pequeno porte populacional e contam com, respectivamente, 29.884, 13.332 e 12.885 habitantes, segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2010.

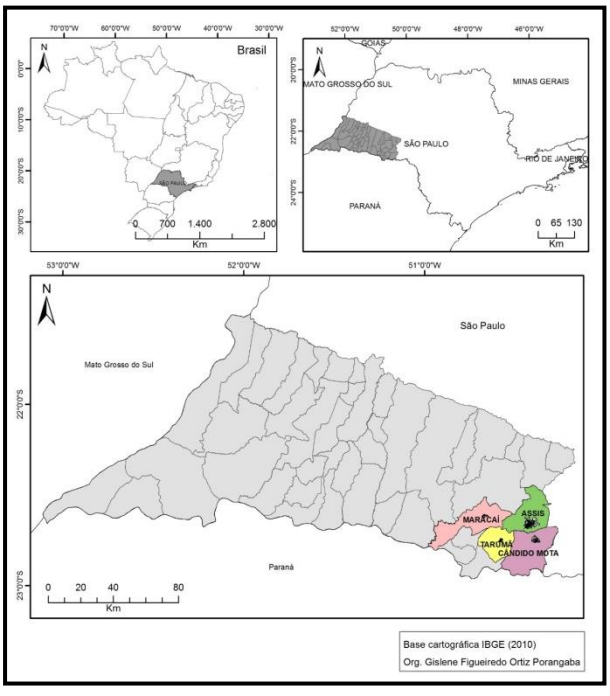

Figura 1. Mapa de localização das cidades de Assis, Maracaí, Cândido Mota e Tarumã

Procedimentos Metodológicos

Para analisar a interferência da cobertura vegetal na temperatura da superfície nas cidades de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã, por meio das geotecnologias, foram elaboradas cartas de NDVI e de temperatura superficial conforme serão descritas a seguir.

Procedimentos para a elaboração das cartas de NDVI

O processamento digital de imagens oferece diferentes possibilidades de operações matemáticas para a análise de imagens multiespectrais. Sob esta ótica o NDVI é uma "[...] técnica de sensoriamento remoto que pode ser usada como uma ferramenta para mapear a distribuição e diversidade de espécies, correlacionar e avaliar o efeito de perturbações na paisagem" (Ribeiro, 2012, p. 7).

Existe uma diversidade de índices para a análise e acompanhamento da evolução da vegetação por meio de sensoriamento remoto, sendo que "[...] um índice de vegetação resulta da combinação dos valores de reflectância em dois ou mais intervalos de comprimento de onda, possuindo uma relação com a quantidade e o estado da vegetação em uma dada área da superfície terrestre" (Ribeiro, 2012, p. 8).

Para o mapeamento da vegetação nas cidades de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã por meio de NDVI, foi utilizada imagem do satélite Landsat 8 dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015, com resolução espacial de 30 metros e disponibilizadas pela *United States Geological Survey* (USGS)[1]. A técnica se pauta na utilização das bandas 4 do vermelho (faixa espectral de 0,64 – 0,67 μm) e banda 5 do infravermelho próximo (faixa espectral de 0,85 – 0,88 μm).

No programa *ArcGis*[2] foram importadas as imagens a serem processadas e aplicou-se a seguinte equação:

$$C = Ganho*((A-B)/(A+B))+ Offset \qquad (1)$$

onde:
C = NDVI
A = é a reflectância no infravermelho próximo.
B = é a reflectância no vermelho.
Ganho = é o fator multiplicativo (utilizou-se 127).
Offset = é o fato aditivo (utilizou-se 128).

As imagens receberam as malhas urbanas das cidades georreferenciadas e utilizou-se a palheta de cores do próprio programa para melhorar a visualização dos itens mapeados, sendo estes o NDVI e a temperatura dos alvos.

Procedimentos para a elaboração das cartas de temperatura superficial

Elaborada por meio da seguinte fórmula:

$$L\lambda = \left(\frac{(Lmax\,\lambda - \lambda\,\mathrm{Lmin})}{(QCALMAX\ QCALMIN)}\right) * (QCALMIN - QCAL) + Lmin\,\lambda \qquad (2)$$

L λ = ((lmax λ - λ Lmin) / (QCALMAX QCALMIN)) * (QCALMIN-QCAL) + Lmin λ

onde:
L λ = Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts
QCAL = Valor quantizado calibrado pixel em DN
Lmin λ = Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts = 0.10033
LMax λ = Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 22.00180
QCALMIN = O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a Lmin λ), em DN = 1
QCALMAX = O máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a Lmin λ), em DN = 65535

Conforme Dumke (2007, p. 411), "os valores de Li.max e Li.min podem se alterar em função da data de imageamento e do tipo de sensor".

Posteriormente, para a conversão dos valores digitais para temperatura em kelvin aplicou-se a fórmula:

$$T = \frac{K2}{1n\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \qquad (3)$$

onde:
T = temperatura efetiva registrada pelo sensor do satélite em Kelvin;
K2 = constante de calibração 2 = 1321.08
K1 = constante de calibração 1 = 774.89
L = radiância espectral em Watts / (metros quadrado *ster* μm)

[1] Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>

[2] *ArcGis* – é marca registrada da *ESRI* (*Environmental Systems Research Institute*).

Para se converter os graus Kelvin em graus Celsius (°C) no programa IDRISI subtraiu-se 273,15 dos valores de temperatura gerando a grade de temperatura de superfície. Assim, o raster elaborado foi importado para o programa ArcGis, afim de se inserir a malha urbana e finalizar as cartas com detalhes cartográficos.

Análise do NDVI e da Temperatura Superficial de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã

A Figura 2 apresenta as cartas de NDVI da cidade de Assis, nas condições de inverno e verão. Durante o inverno observou-se que o NDVI da área urbana, apesar de estar menor do que grande parte do ambiente rural, esteve também menor no verão. No episódio de inverno as avenidas urbanas mais movimentadas estavam com o NDVI menos elevado, já no verão a cidade se apresentou com baixo NDVI em praticamente toda sua malha. As áreas verdes e parques foram os ambientes com o NDVI mais elevado e também com as temperaturas mais amenas (Figura 3).

Ainda verificou-se que, na porção norte, no ambiente rural, houve uma grande área com solo exposto e consequentemente baixo NDVI, sendo que no verão a situação foi inversa, porque o solo recebeu cultivo o que aumentou o índice. Nessa mesma área rural (norte) nas cartas de temperatura de superfície (Figura 3), no inverno, a temperatura foi mais elevada, chegando a 34°C. Por outro lado, no verão a temperatura foi de 24°C, permitindo-se afirmar que o NDVI e a temperatura superficial estão intimamente relacionados, ou seja, quanto maior o índice (maior quantidade de cobertura vegetal) menor a temperatura.

.

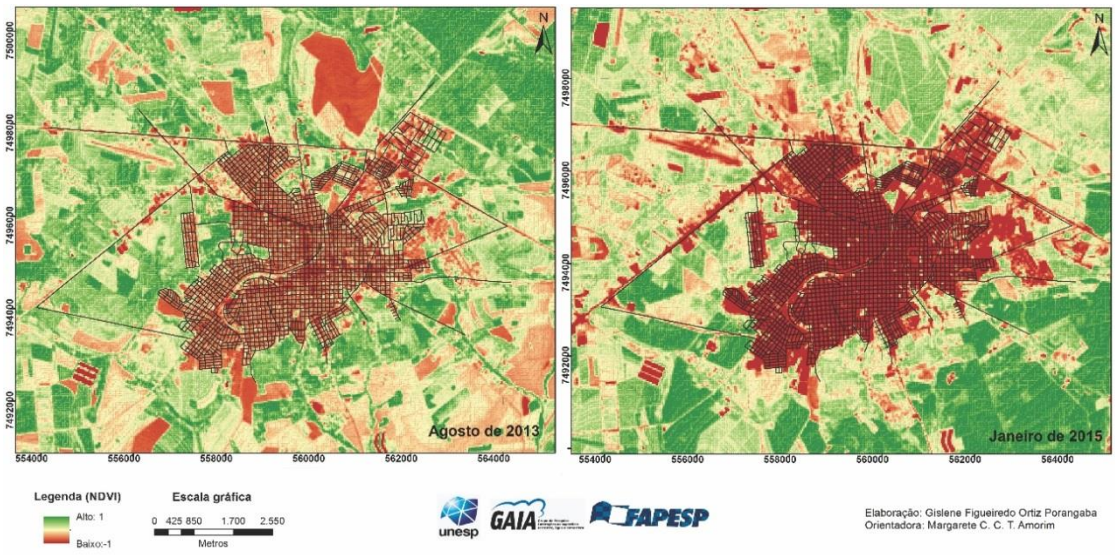

Figura 2. Cartas de NDVI de Assis. Elaboradas com imagens do Landsat 8, bandas 4 e 5, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015.

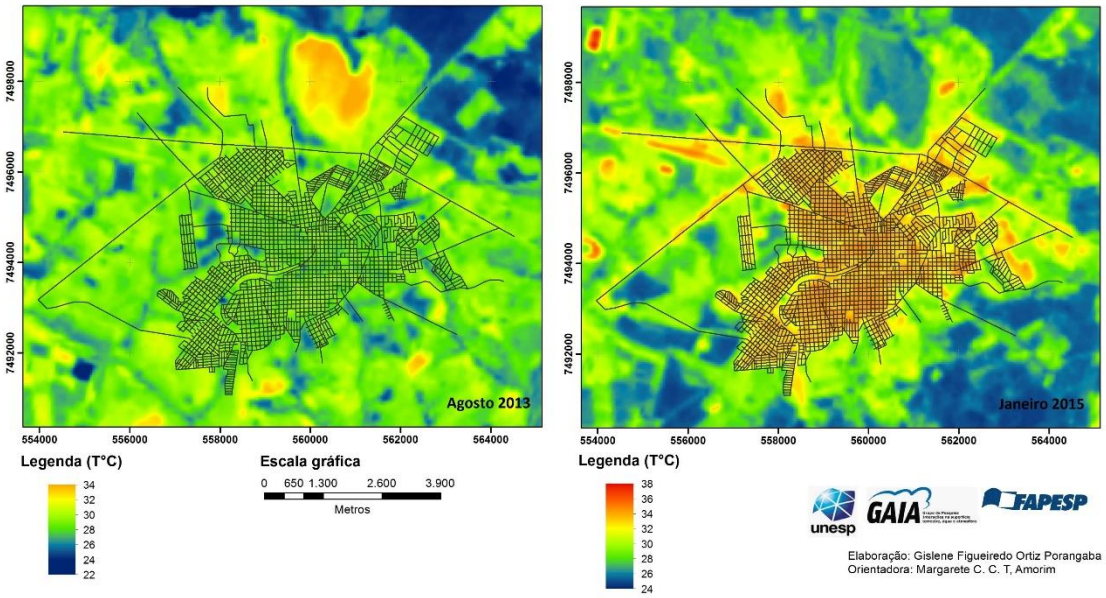

Figura 3. Cartas de temperatura da superfície de Assis. Elaboradas com imagens do Landsat 8, banda 10, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015.

As cartas de NDVI de Cândido Mota apontam resultados similares às cartas de Assis. Em episódio de inverno o índice de vegetação esteve baixo no urbano e mais elevado na área rural, entretanto, se comparado com o verão, apresentou NDVI muito baixo na área urbana e alto no ambiente rural (Figura 4). Durante o inverno, devido às características do clima regional, há diminuição da precipitação na região, resultando em plantações mais secas no rural e por isso o NDVI é mais baixo do que no verão, quando a quantidade de precipitação é maior e aumenta a umidade do solo e consequentemente a vegetação fica mais robusta.

Durante o inverno a temperatura superficial da área urbana de Cândido Mota esteve mais baixa, com máxima de 34°C em áreas de solo exposto e mínima de 24°C em áreas com significativa densidade de vegetação (Figura 5). No verão a temperatura superficial máxima foi de 37,8°C no ambiente urbano e em áreas de solo exposto e a mínima se apresentou com 24°C no ambiente rural vegetado. As áreas verdes no ambiente intraurbano tiveram temperaturas mais amenas do que as áreas construídas, sendo próximas de 32°C.

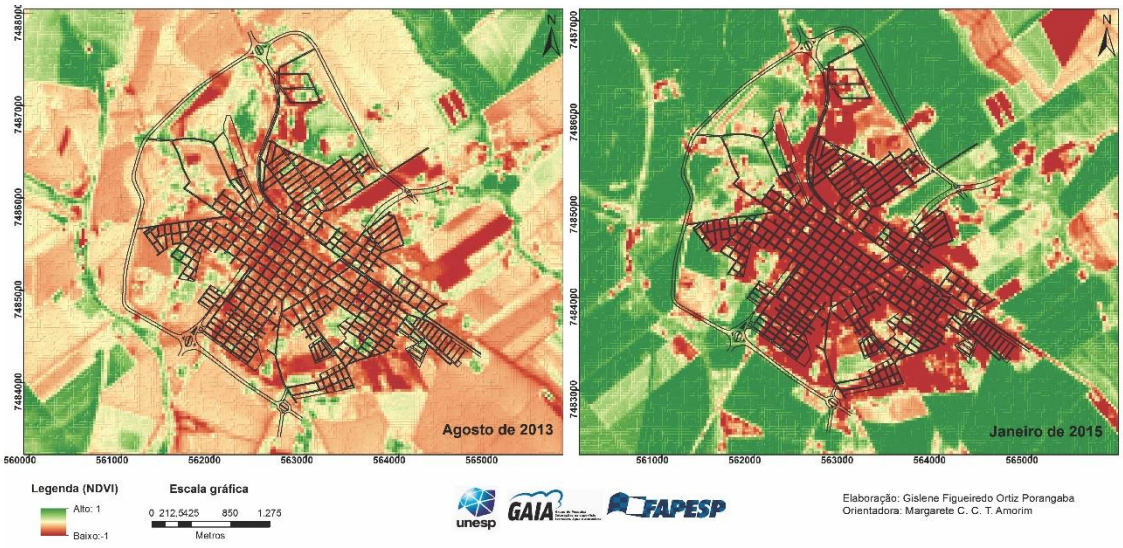

Figura 4. Cartas de NDVI de Cândido Mota. Elaboradas com imagens do Landsat 8, bandas 4 e 5, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015.

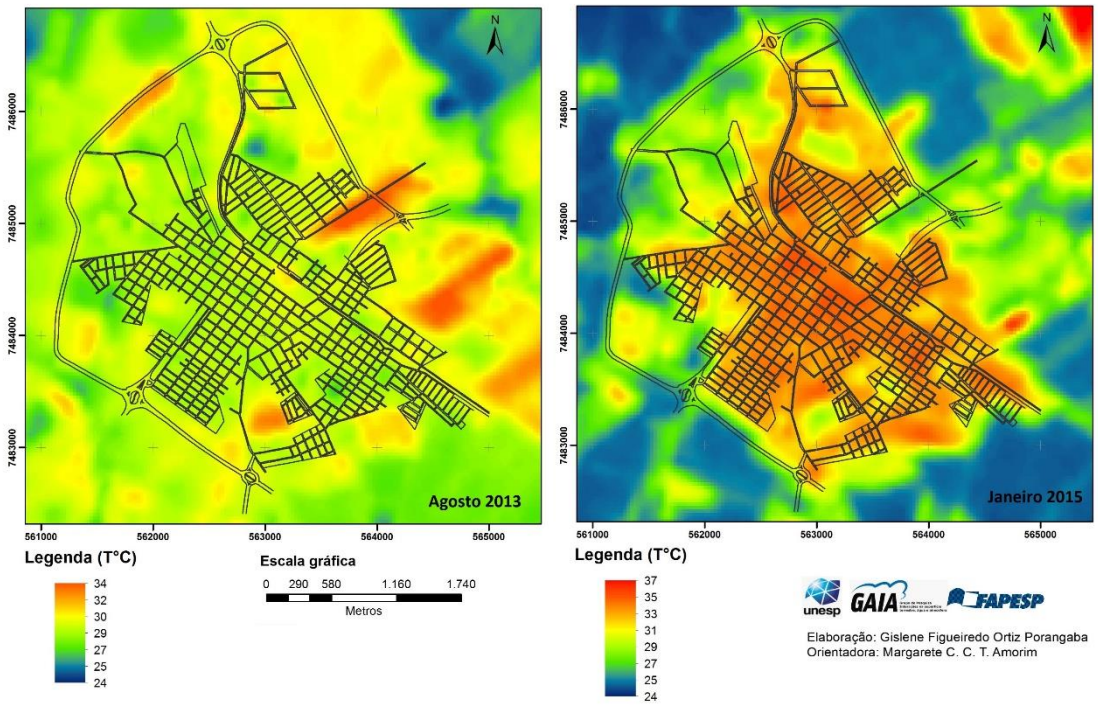

Figura 5. Cartas de temperatura da superfície de Cândido Mota. Elaboradas com imagens do Landsat 8, banda 10, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015.

A resposta do NDVI em Maracaí não foi diferente dos resultados de Assis e Cândido Mota (Figura 6). Na estação de inverno havia mais solo exposto, o que fez diminuir o índice de vegetação e na área urbana o NDVI não foi tão baixo como no verão. No ambiente urbano ficou evidente a presença de vegetação, tanto rasteira como arbórea, detectada a partir do alto NDVI. Na imagem do verão, o NDVI da cidade foi muito baixo e no ambiente circundante mais alto, onde se encontram vegetação nativa e diversos cultivos.

A temperatura da superfície de Maracaí no inverno oscilou entre 23°C e 34°C, sendo que as áreas mais aquecidas são coincidentes com os solos expostos e com alta densidade construtiva. As áreas com menores temperaturas se referem aos corpos d'água e com cobertura vegetal (Figura 7). No verão a cidade esteve mais aquecida como um todo, com temperatura máxima de 39°C e mínima de 25°C.

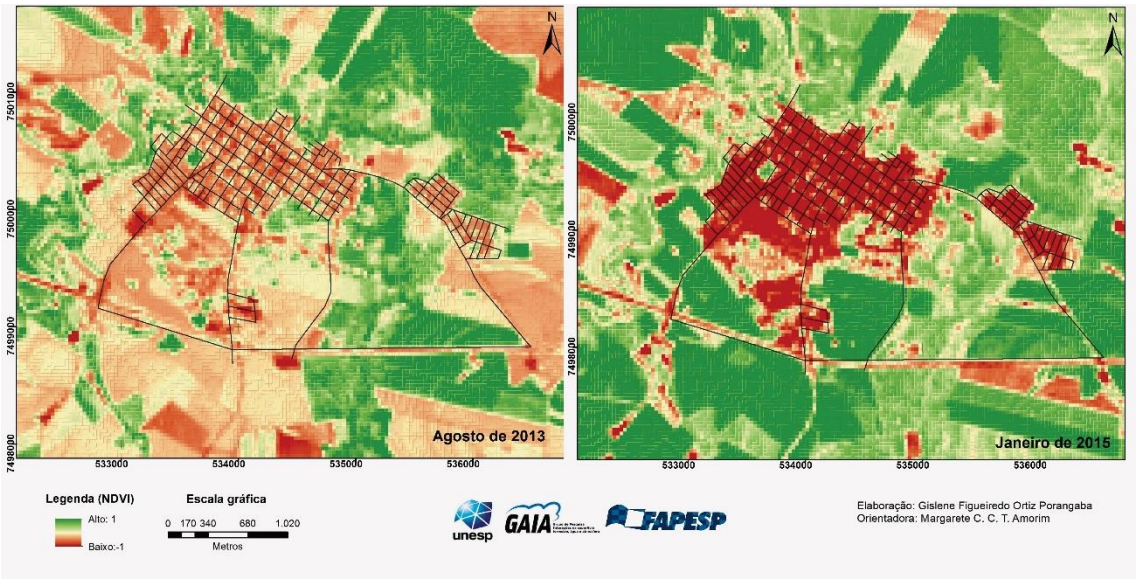

Figura 6. Cartas de NDVI de Maracaí. Elaboradas com imagens do Landsat 8, bandas 4 e 5, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015.

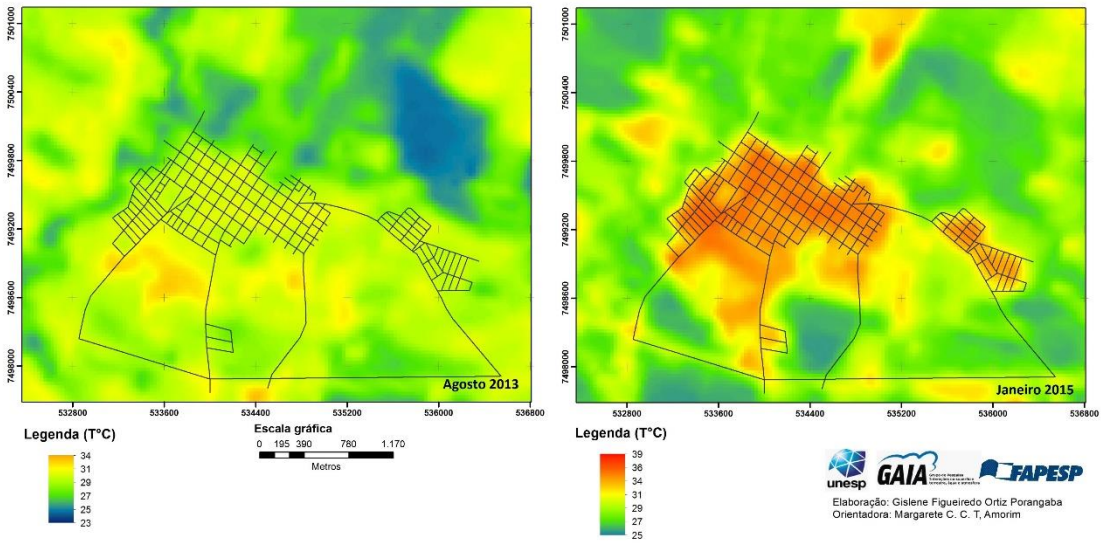

Figura 7. Cartas de temperatura da superfície de Maracaí. Elaboradas com imagens do Landsat 8, banda 10, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015

Na Figura 8 está espacializado o NDVI de Tarumã, sendo que os resultados apresentados também não fogem do padrão encontrado nas demais cidades. Assim, destaca-se que durante o inverno a área construída teve o índice de vegetação menos elevado do que no verão e existiu maior quantidade de solo exposto. No episódio de verão a área urbana apresentou o NDVI mais baixo e a vegetação do ambiente rural teve sua cobertura aumentada.

Conforme a Figura 9 verifica-se que a temperatura da superfície foi mais elevada no ambiente rural durante o inverno, resultado de solos expostos, sendo a máxima de 36°C e a mínima de 22°C em áreas vegetadas e com presença de água. No verão a temperatura mais elevada da superfície da área construída foi de 35°C e a menor temperatura foi de 24°C em porções com vegetação e corpos d'água.

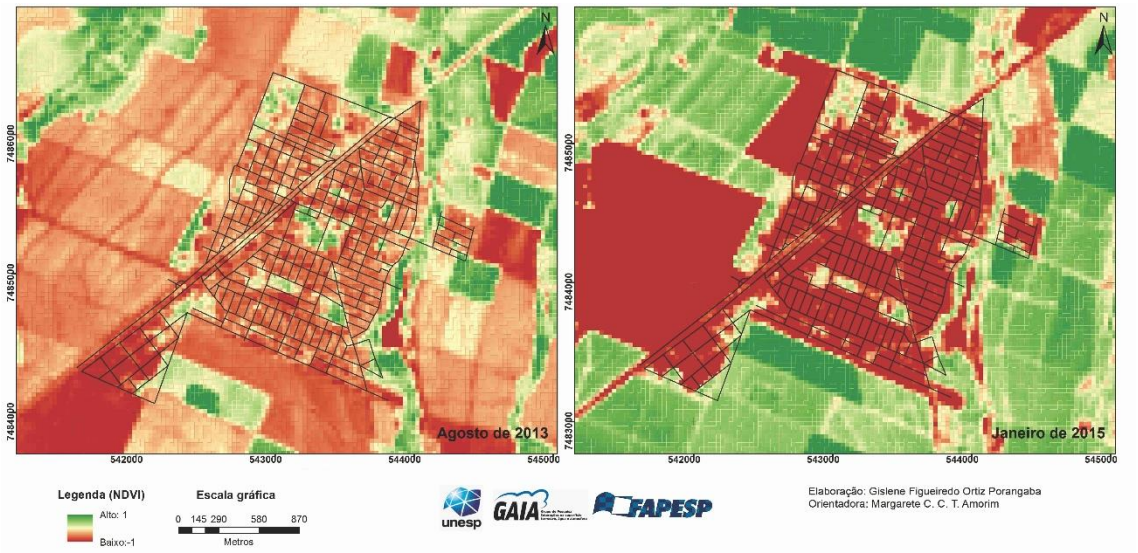

Figura 8. Cartas de NDVI de Tarumã. Elaboradas com imagens do Landsat 8, bandas 4 e 5, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015.

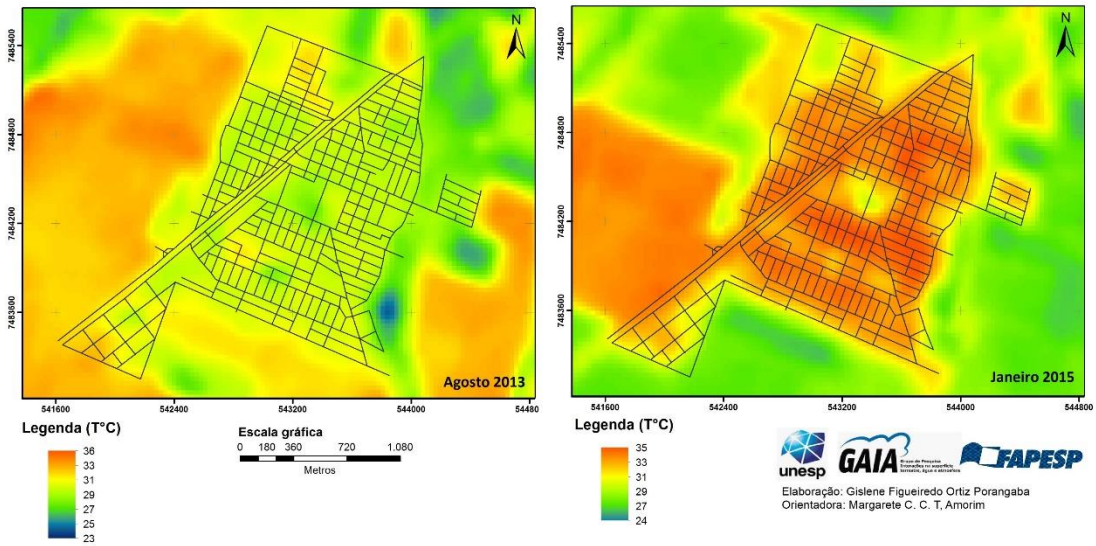

Figura 9. Cartas de temperatura da superfície de Tarumã. Elaboradas com imagens do Landsat 8, banda 10, com resolução espacial de 30m, dos dias 21 de agosto de 2013 e 15 de janeiro de 2015.

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram as temperaturas superficiais máximas e mínimas das cidades analisadas, como também as diferenças de temperaturas encontradas nas cartas de temperaturas de superfícies. Assim, verificou-se que durante o inverno a cidade de Tarumã teve a maior temperatura máxima (36°C) e também a maior diferença de temperatura entre os alvos, com 13°C. Na condição de inverno Assis, Cândido Mota e Maracaí tiveram a mesma temperatura máxima (34°C), com diferenças variando de 12°C, 10°C e 11°C, respectivamente.

Durante o verão as temperaturas máximas de superfície foram mais elevadas, sendo que a cidade de Maracaí teve a maior temperatura superficial da área de estudo, com 39°C e diferença de 14°C. Assis, também teve 14°C de diferença de temperatura e apresentou a segunda maior máxima, com 38°C. Cândido Mota teve a temperatura máxima de 37°C, com diferença de 13°C e Tarumã foi a cidade com menor temperatura máxima (35°C) e diferença (11°C).

Por meio das análises, conclui-se que as temperaturas superficiais das cidades estudadas e dos entornos rurais próximos resultaram dos diferentes tipos de materiais construtivos, densidades construtivas, coberturas de telhados, presença e/ou ausência de vegetação arbórea e rasteira (detectadas por NDVI). Neste estudo, o tamanho das cidades não se mostrou um fator relevante nas características térmicas das superfícies, uma vez que a menor cidade (Tarumã) teve a maior diferença de temperatura e também maior máxima durante o inverno, enquanto que no verão tais condições se deram em Maracaí e Assis, com maior intensidade, devido o recebimento de mais radiação solar nessa época do ano.

Tabela 1. Temperatura superficial máxima e mínima das cidades de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã em 21 de agosto de 2013 e em 15 de janeiro de 2015.

Cidades	Temperatura máxima e mínima (inverno)	Diferença de temperatura (inverno)	Temperatura máxima e mínima (verão)	Diferença de temperatura (verão)
Assis	34°C e 22°C	12°C	38°C e 24°C	14°C
Cândido Mota	34°C e 24°C	10°C	37°C e 24°C	13°C
Maracaí	34°C e 23°C	11°C	39°C e 25°C	14°C
Tarumã	36°C e 23°C	13°C	35°C e 24°C	11°C

Considerações Finais

Diante do avanço da urbanização é fundamental que sejam utilizadas técnicas capazes de subsidiar a análise de um dos elementos que mais interferem na qualidade dos ambientes urbanos que é a temperatura. As cidades tropicais naturalmente possuem temperaturas elevadas, devido ao balanço de energia positivo em todas as estações do ano.

Neste sentido, a utilização das imagens de satélites permite a geração de produtos fundamentais para o diagnóstico das diferenças de temperaturas superficiais no intraurbano e no entorno rural próximo e para a avaliação da importância da cobertura vegetal na intensificação ou na amenização dos valores extremos de temperaturas.

Deste modo, os estudos de clima urbano, especialmente o diagnóstico das ilhas de calor urbanas, por meio do sensoriamento remoto, ganharam um forte aliado para o detalhamento do intraurbano e entorno rural próximo que podem contribuir para a proposição de medidas mitigadoras com o objetivo de amenizar as temperaturas elevadas.

Dentre essas medidas, destacam-se a necessidade de projetos que possam subsidiar as políticas públicas no sentido de adensar a cobertura vegetal arbórea no ambiente urbano, seja nas calçadas ou nos espaços públicos, muitos deles destinados às áreas verdes e que não são efetivamente utilizados para este fim.

Além disso, como as cidades em questão ainda não atingiram um porte de expansão territorial urbana que muitas vezes dificultam ou inviabilizam a gestão e o planejamento, como no caso das metrópoles, algumas medidas podem ser incorporadas pelos gestores no sentido de não permitir a impermeabilização completa dos lotes e o uso de materiais construtivos inadequados para o conforto térmico. Deste modo, deve-se ressaltar que os lotes não podem ser muito pequenos, como se observam nos bairros populares e, também, os materiais construtivos precisam ser mais adequados ao ambiente tropical, evitando-se, por exemplo, coberturas com telhados de fibrocimento e metálicos, priorizando-se o uso de telhados de cerâmica ou mesmo as coberturas verdes.

Com relação ao ambiente rural próximo ao urbano é preciso incentivar a recuperação das matas ciliares e, em algumas áreas, o plantio de culturas permanentes, evitando-se que o solo fique exposto e facilitando a permanência da água no sistema por mais tempo, contribuindo para a diminuição da temperatura dos alvos.

Neste estudo, pode-se observar claramente a importância da vegetação nas temperaturas dos alvos. O NDVI alto é representativo de uma vegetação mais exuberante o que diminui as temperaturas superficiais. Já o NDVI baixo, encontrado nas áreas predominantemente construídas urbanas ou característico dos períodos de estiagens mais evidentes no ambiente rural, favorece o aquecimento superficial.

As diferenças de temperatura superficial se mostraram elevadas tanto no inverno (13°), como no verão (14°). Entretanto, no verão, as temperaturas máximas foram mais intensas, devido ao recebimento de mais radiação solar, característico desta latitude. As áreas mais aquecidas coincidiram com alta densidade construtiva, telhados de fibrocimento e metais, com ausência de vegetação e a presença de solo exposto. Nessa perspectiva, o tamanho das cidades não se mostrou importante para a configuração das diferenças de temperatura superficial, uma vez que as menores cidades apresentaram as maiores temperaturas e altas intensidades, especialmente pelas características de uso do solo rural. A produção da cana de açúcar e as pastagens são responsáveis pela exposição do solo na estação seca e na entressafra, contribuindo para o aumento das temperaturas dos alvos.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro. Processo: 2012/00039-1.

Referências

Almutairi, M.K., 2015. Derivation of urban heat island for Landsat 8 TIRS Riyadh City (KSA). Journal of Geoscience and Environment Protection, 3, p. 18-23.

Amorim M.C.C.T., Dubreuil V., Quenol H., Sant'anna J.L., 2009. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). Confins [Online], 7. 16p. Disponível: http://confins.revues.org/index6070.html. Acesso: 20 ago. 2018.

Amorim, M.C.C.T., Monteiro, A., 2011. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. Confins (Paris). , v.13, p.1–18.

Cruz, G.C.F., 2009. Clima urbano de Ponta Grossa – PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira. Tese (Doutorado). São Paulo, FFLCH/USP.

Dumke, E.M.S., 2007. Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba. Tese (Doutorado). UFPR.

Frasca Teixeira, D.C., Amorim, M.C.C.T., 2013. Estudo do Clima Urbano a partir da Análise da Temperatura da Superfície no Município de Rancharia-SP. In: *Anais* XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Vitória. UFES, p. 49-56.

Gartland, L., 2010. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Oficina de Textos, São Paulo.

Jensen, J.R., 2009. Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2 ed. Parênteses, São José dos Campos.

Leiva, S.R., 2014. Islas frías urbanas en la ciudad de Santiago. Boletín Electrónico de Geografía. n.2, p. 32-44.

Lima, V., Amorim, M.C.C.T., 2010. A utilização de cartas de temperatura da superfície na análise de qualidade ambiental urbana. In: Anais IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Fortaleza-CE, CD-ROM.

López Gómes, A., Fernández García, F., Fernández Renau, A., García Hernández, E., Arroyo Ilera, F., 1998. Temperaturas nocturnas y diurnas en Madrid a partir de teledetección aeroportada. Madrid: Editorial Parteluz.

Monteiro, C.A.F., Mendonça, F., 2003. Clima Urbano. Contexto, São Paulo.

Ribeiro, E.A.W., 2012. Operações aritméticas com o Spring para o estudo da vegetação. Presidente Prudente: Azimute, v.1.

Voogt, J.A., Oke, T.R., 2003. Thermal remote sensing of urban climates, Remote Sensing of Environment, 86, 370-384.