

Identificação de ilhas de calor em municípios de pequeno porte: estudo da área urbana de Ilha Solteira (SP)

Helio Ricardo Silva¹
Artur Pantoja Marques¹
Leonardo de Faria Peres²
Andrews José de Lucena³
Sergio Alejandro Guarin Torres⁴
Cristhy Willy da Silva Romero¹
Gabriel Alonso de Mello Trindade¹

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP / FE Campus de Ilha Solteira
Av. Brasil, 56 – 15385-000 – Ilha Solteira - SP, Brasil
hrsilva@agr.feis.unesp.br
artur@dec.feis.unesp.br
cr_willy@hotmail.com
gamt89@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/CCMN/IGEO
Rua Athos da Silveira Ramos, 274 Bloco G – Cidade Universitária, Ilha do Fundão, RJ, Brasil
leonardo.peres@igeo.ufrj.br

³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ/IA/DEGEO
BR-465, Km 7 - 23890-000 – Seropédica – RJ, Brasil
lucenageo@yahoo.com.br

⁴ Universidad del Magdalena
Caixa Postal 2-1-21630 – Santa Marta- Mg. Colombia
sergioguarintorres@gmail.com

Abstract. The different types of covers present in urban environments can influence the climate. The high temperatures registered in urban areas affect the populations in northwestern region of São Paulo. The GIS techniques can facilitate the diagnosis of the causes of the thermal discomfort in these populations. The aim of this work was to identify heat islands in small urban areas such as the municipality of Ilha Solteira, SP, and to generate contributions to encourage future reforestation programs in order to mitigate the negative effects of heat islands in the urban environment in urban areas. To achieve our objective, first we estimated the temperature of the continental land surface (TSC), and then, we analyzed the collected data by comparing the usage and occupation of land in the polygons where heat islands were identified inside urban area. Results indicated that the temperature range from 31°C to 34°C, which identifies heat islands, occurred in the following types of covers: ceramic roof, tin roof, roof cement asbestos, asphalt, woody vegetation and herbaceous vegetation. This temperature range was detected with higher frequency in ceramic tiled cover, and with lower frequency in woody vegetation cover.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, thermal discomfort, sensoriamento remoto, processamento de imagens, desconforto térmico.

1. Introdução

Os impactos das diferentes ações antrópicas no clima do planeta têm alcançado magnitudes sem precedentes. Nos últimos 50 anos, a transformação dos ecossistemas tem sido mais rápida do que qualquer outro período da história (MEA, 2005). O crescente aumento do uso e ocupação do solo tem levado a fortes mudanças nos balanços energéticos superficiais (MANOEL, 2011), provocando assim consideráveis aumentos térmicos nos diferentes elementos da paisagem urbana.

GARTLAND (2010) explica que em grande parte das cidades a redução das áreas verdes e o elevado aumento de locais asfaltados, têm provocado o surgimento do fenômeno climático ilhas de calor. Este crescimento urbano acelerado e desorganizado tem desencadeado uma gama de impactos ambientais. Dentre esses problemas ambientais, ressalta-se a alteração do clima urbano, como um importante reflexo do impacto da ocupação e da atividade antrópica sobre o meio ambiente (Nascimento e Oliveira, 2011).

Por outro lado, os satélites mostram-se como uma importante ferramenta nesse processo, devido a sua alta capacidade de cobertura espacial. As metodologias para o sensoriamento remoto (SR) permitem a caracterização das propriedades físico-químicas de alvos naturais, através da detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante. Assim, se apresenta como uma valiosa ferramenta para estimar a temperatura da superfície, já que permite analisar fenômenos e transformações ambientais que possam alterar a temperatura da superfície terrestre (Rosa, 2013).

No Brasil, de acordo com Brandão et al. (2000) o interesse pelo estudo do clima urbano no Brasil vem aumentando desde a década de 1980, em função do agravamento dos problemas ambientais do país.

Contudo a maioria das publicações relacionados ao clima urbano privilegiam pesquisas em cidades de grande porte apesar de no Brasil, 31% da população mora em pequenos municípios com até 50.000 habitantes. Estes pequenos centros urbanos correspondem a 65% dos municípios brasileiros (IBGE, 2014).

Tendo em conta o exposto, o objetivo do trabalho foi a identificação das ilhas de calor na área urbana do município de Ilha Solteira, SP e gerar subsídios para fomentar futuros programas de rearboreção urbana, a fim de amenizar os efeitos negativos das ilhas de calor na população urbana.

2. Metodologia de Trabalho

O município de Ilha Solteira está localizado a noroeste do Estado de São Paulo, apresenta área total de 652,449km² perfazendo uma densidade demográfica de 8,42 habitantes/km². Desse total, 8,36 km² compõem a área urbana, que está localizada entre as coordenadas geográficas Longitudes 51°21' 56,09" e 51° 19' 19,51" W e latitudes 20°26' 50,28" e 20° 24' 10,88" S. (IBGE, 2014; SILVA et al., 2006). De acordo com o Sistema Internacional de Köppen, o clima desta região é o tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Aw). As temperaturas médias mensais variam entre 21,5 °C (julho) e 26,4 °C (dezembro), e as precipitações médias mensais variam de 20 mm (julho) a 225 mm (janeiro). O período de excedente hídrico estende-se de janeiro a fevereiro, e o de deficiência hídrica, de março a dezembro. A velocidade média do vento é classificada como fraca, e a sua direção predominante é E-SE (HERNANDEZ, 2007). O relevo da área de estudo é o colinoso, com predomínio de colinas amplas e médias (SÃO PAULO, 1981). Mais de 80% da área urbana apresenta declividades que variam de 0 a 5%, e as classes de orientações de vertentes que predominam são as sul-oeste (SW) e oeste (W) (SANTOS, 2005). O solo presente na área de estudo é do tipo Latossolo Vermelho distrófico A moderado de textura argilosa, de relevo plano e suave ondulado (LV39) (EMBRAPA, 1999). Em Ilha Solteira, existem as áreas verdes denominadas Área de Lazer, localizada na posição norte do perímetro urbano, com 11,35 ha, ocupada com a espécie *Pinus elliottii* e Zoológico, localizada na posição oeste do perímetro urbano, com 18 ha, ocupada com vegetação predominante do bioma Mata Atlântica (Mata Seca Semi-Decídua) (COSTA et al 2010).

Para a extração das informações espaciais sobre as ilhas de calor e do uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Ilha Solteira (SP), foram adquiridos dados da imagem digital TM/Landsat 8, órbita 222, ponto 74, data de 28 de agosto de 2013, com nível de correção 1G (geocorrigido sistematicamente) e da imagem digital do satélite Pleiades, data de 18 de

dezembro de 2013. Os dados vetoriais georreferenciados e em formato digital da malha urbana de Ilha Solteira, e a Carta Uso e Ocupação do solo urbano de Ilha Solteira (SP) foram elaborados por Dantas (2009) utilizando imagem do satélite Quickbird. Para o desenvolvimento do trabalho, as imagens foram georeferenciadas e processadas no código computacional SPRING 5.2.6 e QGIS 2.0.

O refinamento do georreferenciamento da imagem Pleiades foi realizado usando a ferramenta georrefenciador. Foram usados 5 pontos de controle, bem localizados e bem distribuídos por toda a área de abrangência da imagem. Para cada ponto identificado foram inseridas as coordenadas levantadas em campo obtidas por meio de posicionamento por satélite no modo estático e ajustadas ao sistema geodésico brasileiro SGB. Após o cadastro dos 5 pontos usou-se como modelo matemático um polinômio de primeiro grau, (adequado ao número de pontos de controle escolhidos), método de reamostragem vizinho mais próximo e nível de compressão nenhum. O resultado analítico do georreferenciamento foi verificado na Tabela 1 através da análise do número de pixels onde foram avaliadas as coordenadas no espaço imagem, as coordenadas no espaço objeto, as discrepâncias em X e Y, os resíduos e o erro médio.

Tabela 1. Resultado analítico do georreferenciamento da imagem Pleiades.

on/off	id	srcX	srcY	dstX	dstY	dX[pixels]	dY[pixels]	residual[pixels]
✘	0	462810.68	7739768.32	462811.72	7739794.10	-0.47	1.82	1.87
✘	1	462299.44	7742303.86	462301.26	7742332.25	0.68	-3.02	3.09
✘	2	463744.68	7745318.54	463745.97	7745343.35	-0.58	3.44	3.49
✘	3	464979.48	7744704.63	464981.06	7744731.97	0.28	-2.34	2.36
✘	4	466009.33	7741021.46	466010.50	7741047.23	0.09	0.10	0.13

O processamento das imagens consistiu em duas etapas, sendo a primeira a estimativa da temperatura da superfície continental (TSC) e a segunda parte, a identificação do uso e ocupação do solo nos polígonos onde foram identificadas as ilhas de calor na área urbana.

Na primeira etapa foi realizada a correção radiométrica da imagem Landsat com base nas equações e constantes de calibração presentes nos trabalhos de Chander et al. (2009) como parte do pré-processamento dos dados. Com suporte no trabalho de França e Cracknell (1995), foram adotadas três técnicas de mascaramento de nuvens: a) técnica com base em limiar do valor da reflectância na banda 3; b) técnica com base em limiar do valor de temperatura de brilho na banda 6; c) técnica da razão entre as bandas 4 e 3.

O mapa de uso do solo dentro dos polígonos que definiam as ilhas de calor foi elaborado e processados no SPRING 5.2.6 com base no método classificador Bhattacharya. Sete classes, consideradas as mais relevantes para análise do uso do solo, foram extraídas: telhado cerâmico, telhado de zinco, telhado de cimento amianto, asfalto, vegetação arbórea e vegetação herbácea. A TSC foi estimada utilizando a banda 10 do Landsat 8 com base em diferentes parametrizações (Qin et al., 2001; Souza e Silva, 2005), onde a correção atmosférica é realizada utilizando-se dados medidos da estação meteorológica da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP. A TSC estimada é resultado da combinação entre a temperatura de brilho na banda 6 e um fator de correção que leva em conta a influência atmosférica e a emissividade da superfície no sinal registrado pelo instrumento a bordo do satélite. A emissividade foi obtida a partir do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) de acordo com Van de Griend e Owe (1993). A demonstração com as equações e algoritmos de correção radiométrica e atmosférica podem ser apreciadas em Lucena (2012) ou em Lucena et al. (2013).

3. Resultados e Discussão

A temperatura da superfície continental (TSC) é mostrada na Figura 1.

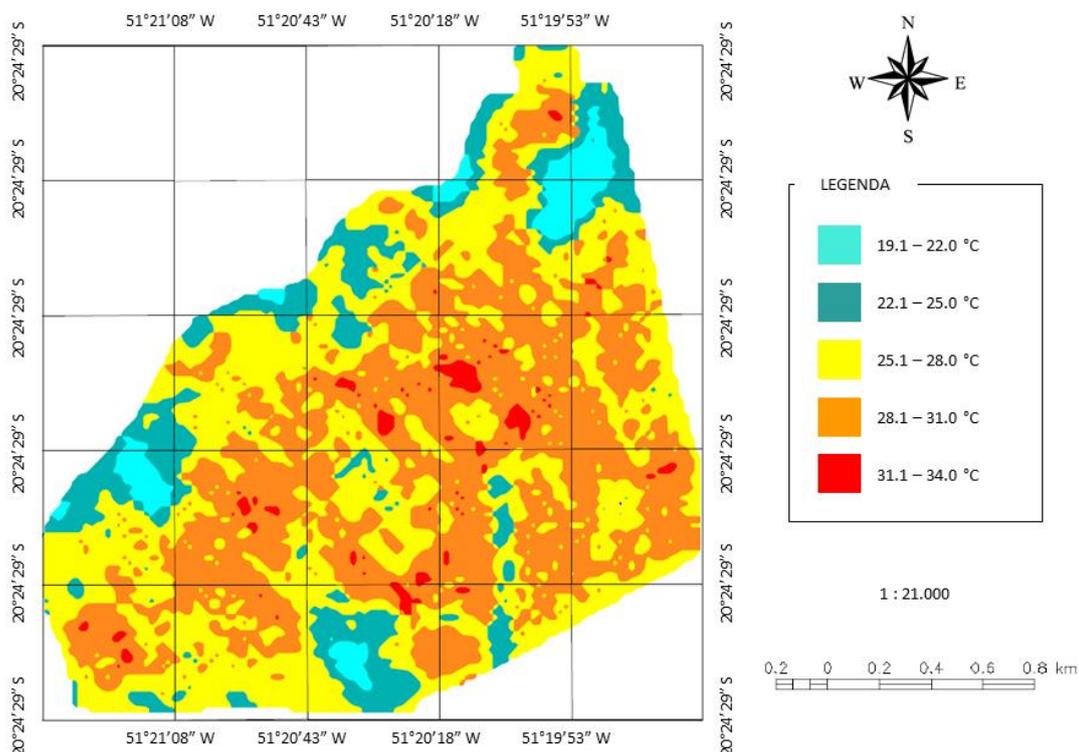


Figura 1. Carta Temperatura da Superfície (°C) do perímetro urbano de Ilha Solteira, SP

O intervalo de temperatura entre 31°C e 34°C, que identifica as ilhas de calor ocorreu nas classes: telhado cerâmico, telhado de zinco, telhado de cimento amianto, asfalto, vegetação arbórea e vegetação herbácea, sendo que ocorreu em maior quantidade na classe telhado cerâmico e em menor quantidade na classe vegetação arbórea Figura 2.

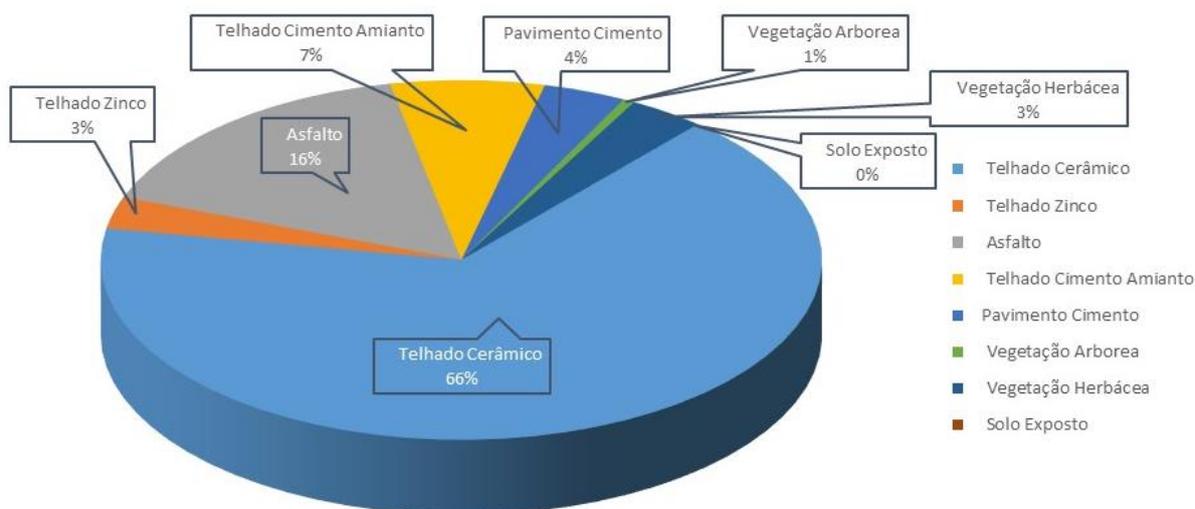


Figura 2. Classes de uso do solo nas ilhas de calor identificadas no perímetro urbano de Ilha Solteira, SP.

As áreas com maior extensão de ilhas de calor, foram identificadas na zona norte da área urbana onde predominam construções residenciais, englobando os Passeios Olinda, Floresta, Palmares,

Sobral, Juazeiro, Salvador, Goiânia, Cristalina e Salgueiro. Estas ilhas de calor ocupam uma área de 42.127 m², onde as classes predominantes são: telhado cerâmico, asfalto e telhado de cimento amianto. As ilhas de calor se repetem em pequenos núcleos isolados na zona sul principalmente nas construções comerciais localizadas nos Passeios Santos, Uberaba, Limeira, no Núcleo de Desenvolvimento Empresarial e na Alameda Minas Gerais, numa área total de 12.136 m². Esses valores se espacializam na maior parte da classe asfalto, telhado de zinco seguido pelo telhado cerâmico.

4. Conclusões

No perímetro urbano de Ilha Solteira encontram-se áreas com temperatura de superfície bastante elevadas, tal fato é de grande interesse ao planejamento urbanístico para amenizar os efeitos das ilhas de calor que afeta a saúde da população local.

Observou-se uma estreita relação entre as classes telhado cerâmico, telhado de zinco, asfalto, telhado de cimento amianto, pavimento de cimento e os maiores valores de TSC na área urbana de Ilha Solteira.

Na zona norte da área urbana de Ilha Solteira apesar de predominar as construções residenciais com a cobertura de telhado cerâmico, as ilhas de calor ocorrem em função do padrão arquitetônico compacto e com poucos espaços livres entre as habitações o que dificulta a circulação do ar.

Na zona sul as ilhas de calor estão associadas ao tipo de material das coberturas comerciais e das extensas áreas revestidas com asfalto nos estacionamentos.

Outro fator de agravamento do desconforto térmico são as extensas áreas com pouca vegetação arbórea.

Referências Bibliográficas

Brandão, A. M. Russo, P. M. Fialho, E.S. Planejamento e clima urbano. Revista de pós-graduação em Geografia, Rio de Janeiro, v, 4 n4,9-23, 2000.

Chander, G., Markhan, B., L., Helder, D. L., Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote Sensing of Environment, v.113, p.893–903, 2009;

Costa, D. F.; Silva, H. R.; Peres, L. F. Identificação de Ilhas de Calor na área urbana de Ilha Solteira – SP através da utilização de geotecnologias. Engenharia Agrícola. vol.30 n.5, p. 974-985 Sept./Oct. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa: Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Campinas: Engemap, 1999. Mapa 13 – Urubupungá, color, 100 cm x 70 cm. Escala 1:500.000 (legenda expandida).

França, G. B., Cracknell, A. P., A simple cloud masking approach using NOAA AVHRR daytime data for tropical areas. International Journal of Remote Sensing, v.16, p.1697–1705, 1995;

Gartland, L. Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248p.

Hernandez, F.B.T. Análise agroclimática da área de influência do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Ilha Solteira: UNESP, FEPISA e SEAP/PR (Convênio 80/2005), 2007. 27 p.

IBGE. Banco de Dados Agregados 2010. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> . Acesso em: 10 Nov. 2014.

Lucena, A.J. A ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro. 2012. 340p. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, Rio de Janeiro. 2012;

Lucena, A.J., Rotunno Filho, O. C., Peres, L.F., França, J.R.A., Algorithms implementation for land surface temperature estimation based on Landsat data as an indicator of urban heat island. In: Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). São Paulo/SP, Brasil. Anais. 2013

Manoel, R. L. Sensoriamento remoto aplicado na análise temporal da relação uso da terra/temperatura e albedo de superfície na bacia do Rio Vieira no norte de Minas Gerais. Uberlândia, MG. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, área de concentração em geografia e gestão do território. Universidade de Uberlândia, Minas Gerais.

Oliveira, I. J.; Nascimento, D. T. F. Análise da Evolução do Fenômeno de Ilhas de Calor do Município de Goiânia/GO (1986-2010). Goiânia, v. 31, n. 2, (2011). p. 113-127

Qin, Z., Kamieli, A., Berliner, 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, p.3719–3746, 2001;

Rosa, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 5a Edição. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2003.

Santos, G. R. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira – SP através de dados orbitais do satélite LANDSAT 5 – TM. 2005. 112 f. Trabalho de Graduação em Agronomia – Unesp, Ilha Solteira, 2005.

São Paulo. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT,1981. (Bol. Tec. Cienc., 1).

Silva, H.R.; Altamare, A.L.; Lima, E.A.C. de F. Sensoriamento remoto na identificação do uso e ocupação da terra na área do projeto “Conquista da Água”, Ilha Solteira - SP, Brasil. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.328-334, 2006.

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

Van de Griend, A. A., Owe, M., On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, v.14, p.1119–1131, 1993