

ANÁLISE COMPARATIVA DO FENÔMENO ILHA URBANA DE CALOR NO VERÃO E INVERNO POR MEIO DE DADOS TERMAIS DO SATÉLITE LANDSAT 5 EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

Leidiane do Livramento Andrade¹, Leticia Helena de Souza², Jójhy Sakuragi³

¹UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba
Curso de Geografia
Rua Dr. Tertuliano Delphim Júnior, 181 – CEP 12246-080 – São José dos Campos – SP
leidiane@iae.cta.br

²UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba
Curso de Geografia
Rua Dr. Tertuliano Delphim Júnior, 181 – CEP 12246-080 – São José dos Campos – SP
lsouza@img.com.br

³UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba
Mestre em Meteorologia
Rua Dr. Tertuliano Delphim Júnior, 181 – CEP 12246-080 – São José dos Campos – SP
jojhy@univap.br

Resumo: Neste trabalho é comparada a atuação do fenômeno de ilha urbana de calor em São José dos Campos - SP por meio de dados termais do satélite Landsat 5 no período de inverno e verão. Este estudo se inicia delimitando a área urbana e espacializando a temperatura, dando ênfase aos pontos quentes característicos da ilha de calor. Em seguida, os resultados obtidos no inverno e no verão são comparados entre si e correlacionados com o uso do solo e a condição meteorológica local, visando a melhor compreensão do fenômeno. Finalmente é realizada uma comparação com os resultados obtidos por Tarifa (1977) em São José dos Campos e por outros pesquisadores em algumas cidades brasileiras.

Palavras-chave: Ilha Urbana de Calor, gradiente térmico, LANDSAT 5.

Área do Conhecimento: Ciências Humanas.

Introdução

O processo de industrialização baseado na revolução técnico-científica e a urbanização promovem o crescimento acelerado das cidades, as quais sofrem profundas alterações na sua superfície e nas suas formas horizontais e verticais, o que resulta em fontes adicionais de calor provenientes das atividades antropogênicas. Além disso, a substituição dos materiais naturais por materiais urbanos altera o balanço da radiação da superfície ao provocar mudanças nos processos de absorção, transmissão e reflexão, e nas características da atmosfera local. De acordo com Lombardo (1995), estas alterações geram um encadeamento de mudanças climáticas locais, onde a impermeabilização do solo nas áreas urbanas e a conseqüente redução da vegetação e da água disponível no ambiente provocam a diminuição da evaporação. As temperaturas se elevam provocando baixa pressão atmosférica gerando uma circulação local que, por sua vez, contribui para a concentração de poluentes e de massas úmidas provenientes da região de entorno, gerando anomalias de precipitação sobre estas áreas.

As cidades têm apresentado, genericamente, temperaturas mais elevadas que suas áreas

circunvizinhas sejam estas cobertas por vegetação natural, cultivos ou solos nus. Esta característica levou os estudiosos do clima urbano a denominarem Ilha Urbana de Calor às diferenças positivas de temperaturas entre a cidade e o seu entorno rural. Isso pode ser explicado pelo fato das áreas mais adensadas e menos arborizadas (centro) apresentarem temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite e, à medida que se afastam destas, em direção aos subúrbios, as temperaturas tenderem a diminuir.

Pesquisas mostram que no inverno a ilha de calor é mais acentuada do que no verão, tendo seus gradientes de temperatura aumentados ao longo do tempo quando também for aumentada a sua correspondente estrutura urbana. Porém, a área urbana como um todo, ou determinados espaços no seu interior, podem apresentar-se com temperaturas inferiores às demais, sendo que a este fato denominou-se de Ilha Fria Urbana ou Ilha de Frescor Urbano.

O objetivo deste trabalho é comparar a atuação do fenômeno de ilha urbana de calor em São José dos Campos - SP por meio de dados termais obtidos pelo satélite Landsat 5 no período de inverno e verão.

Caracterização da Área de Estudo

A área escolhida para este trabalho foi à cidade de São José dos Campos situada à leste do Estado de São Paulo, no Médio Vale do Paraíba, compreendendo somente o perímetro urbano oficial, ou seja, o limite da Macrozona Urbana, estabelecida pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), aprovado, em 1995, por intermédio da Lei Complementar nº 121/95.

São José dos Campos possui relevo quase plano - 550x690m, com uma média de 660m e variação altimétrica de 550x2082m no trecho da escarpa da Serra da Mantiqueira.

De acordo com a proposta de Prado (1995), ocorrem dois tipos de clima em São José dos Campos: predomínio do clima mesotérmico com verão ameno, estação chuvosa no verão e estiagem no inverno - ocorre nas áreas de maior variação altimétrica (na área de predomínio do "mar de morros"); e o clima mesotérmico com verão quente e estação chuvosa no verão - ocorre nas áreas de topografia mais suave (perímetro urbano da cidade).

Materiais e Métodos

O Sensor Orbital utilizado neste estudo é o imageador Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5 que possui 7 bandas, cada uma representando uma faixa do espectro eletromagnético.

Para este trabalho, foram selecionadas as imagens dos dias 03/08/2005 orbita/ponto 218/76 (12h46 GMT) e 02/02/2006 orbita/ponto 219/76 (12h54 GMT), cujo critério de escolha foi a menor interferência de nuvens nas imagens do período de inverno e verão.

Após a seleção das imagens foi solicitado ao INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, os dados referentes ao Landsat-5, banda 6 do sensor Thematic Mapper, que recobre a faixa do espectro emitido ou termal (10,4 - 12,5 μm), com resolução espacial de 120m e resolução radiométrica de 8 bits.

O software utilizado para o processamento das imagens foi o ENVI 4.2.

Por meio dos dados de calibração de 2003 fornecidos pelo site da U.S. Geological Survey e da ferramenta *Spectral Math*, foram transformados valores de temperatura (Nível Digital) em Kelvin e posteriormente esses dados foram convertidos para graus Celsius.

Com o intuito de selecionar apenas a área urbana de São José dos Campos, foi feito um recorte das imagens através da ferramenta *Basic Tool, Resize data (Spatial/Spectral)*. Em seguida, utilizou-se a ferramenta *Density Slice* para o

fatiamento de classes da temperatura, o que possibilitou a caracterização da ilha de calor.

Para identificar as variações térmicas no sítio urbano-rural utilizou-se uma composição RGB nas bandas 3,2,1 de forma a obter uma imagem nas cores naturais para facilitar a interpretação dos resultados.

Utilizando o software de geoprocessamento ArcView 9.1 e os dados de uso de solo presentes no CD-ROM Cidade Viva (2003), cedidos pela Prefeitura Municipal de São José dos Campos, foi gerada uma carta imagem de uso de solo do município e visando servir de auxílio na interpretação do fenômeno Ilhas de Calor (correlacionando os resultados obtidos nas imagens com a cobertura do solo).

Para determinar as condições meteorológicas, foram coletados dados de temperatura, umidade, direção e velocidade do vento, ocorridos nos dias 03/08/2005 e 02/02/2006 das estações meteorológicas do INPE-SJC, UNIVAP-SJC E REPAR-PR (Petrobrás). Estes dados foram comparados entre si, e a média da temperatura no dia 03/08/05 às 10h00 local (13h00 GMT) foi de 20,5°C, a média de umidade relativa 44% e média da velocidade do vento foi de 0,87m/s. No dia 02/02/06 no mesmo horário, a média da temperatura foi de 24,5°C, a média da umidade relativa 68% e média de velocidade do vento foi de 1,78m/s.

Resultados e Discussões

O gradiente térmico obtido por imagens de sensoriamento remoto na faixa do infravermelho termal comprova a diferença de temperatura entre a área urbana e seu entorno.

As modificações no balanço de energia da cidade, causadas pela urbanização, ao substituir a cobertura natural da superfície por outros materiais (concreto, asfalto, solo nu, etc.), por equipamentos urbanos e por pessoas numa pequena área dão origem ao clima urbano no qual suas principais conseqüências são a redução do albedo, da radiação, da insolação e da umidade do ar e no aumento da temperatura, nebulosidade, precipitação e velocidade do vento.

Para a espacialização e identificação das variações térmicas, foram comparadas as cenas Landsat 5 na banda do infravermelho termal e na banda do visível. As imagens abaixo apresentam o resultado da classificação das temperaturas para as cenas recortadas sobre a cidade de São José dos Campos no verão – 02/02/06 (Figura 1) e no inverno - 03/08/05 (Figura 2).

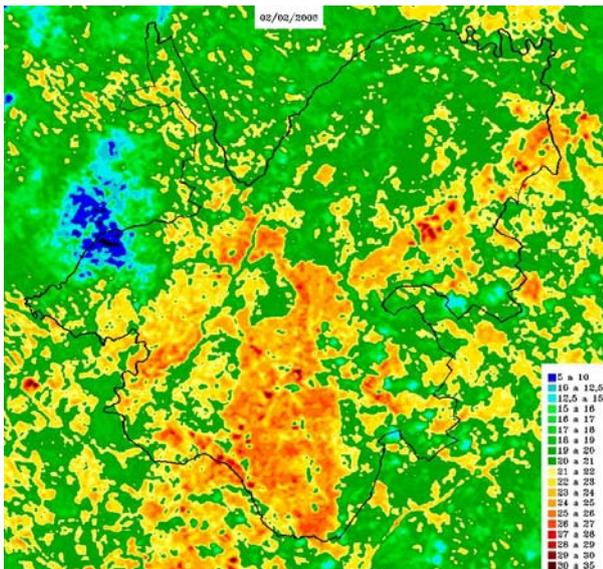


Figura 1: Espacialização da temperatura na área urbana de São José dos Campos no dia 02/02/06 (verão).

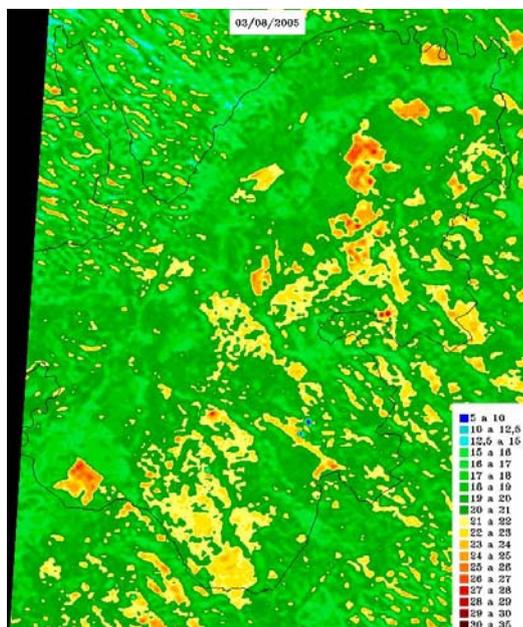


Figura 2: Espacialização da temperatura na área urbana de São José dos Campos no dia 03/08/05 (inverno).

Ao analisar as duas imagens verificou-se que as ilhas de calor são mais intensas e constantes nas áreas densamente urbanizadas – industriais e residenciais. Nota-se que mesmo no período de inverno as ilhas de calor continuam evidentes apesar de ficarem mais amenas que no verão.

Nas áreas mais adensadas, verifica-se uma grande mancha alaranjada no período de verão devido à temperatura ambiente estar mais elevada (24,5°C): maior intensidade de radiação solar chegando na superfície (máxima de 1000,000 W/m²). No período de inverno a mancha se retrai devido à temperatura ambiente estar mais baixa (20,5°C): menor intensidade de radiação solar chegando na superfície (máxima de 647,600 W/m²).

Em áreas urbanas relativamente pequenas, a ilha de calor pode ser imperceptível em decorrência da rápida mistura com o ar das regiões vizinhas.

Finalmente, nas regiões onde há o predomínio da cobertura vegetal, sejam áreas de cultura, pastagens, mata ou capoeira e nas proximidades dos corpos d'água, as temperaturas são mais baixas em ambos os períodos.

Tarifa (1977), em seu estudo sobre a cidade de São José dos Campos no período de 02/12/74 a 10/12/74 (verão), observou que quando a área estava sob o domínio dos sistemas atmosféricos extratropicais (Sistema Polar Atlântico (SPA)), a temperatura máxima absoluta foi de 30,6°C e as diferenças de temperatura urbano-rural ocorriam com valores entre 1,0 a 3,4°C e a umidade relativa com diferenças entre 2 a 12% na média diária - coincidindo com menor teor de umidade do ar na área urbana, gerando desconforto térmico. Verificou também que sob o domínio da Massa Tropical Atlântica (MTA) e sob efeitos de aquecimento pré-frontal, ocorre uma inversão na ilha de calor com a cidade apresentando-se mais fria 1,5°C na média diária, em relação à área rural além de apresentar maior umidade relativa (9% a mais).

Teza (2005) ao identificar as ilhas de calor nas metrópoles brasileiras, detectou variações entre 26°C e 42°C na cidade de São Paulo em 19/03/2002, variações entre 28°C e 41°C na cidade do Rio de Janeiro em 25/04/2003, e na cidade de Belo Horizonte detectou variações entre 31°C e 42°C no dia 25/03/2001.

Na cidade de São José dos Campos no dia 02/02/06 (verão), foi identificada uma ilha de calor urbana com variações entre 21°C e 28°C e alguns pontos mais quentes entre 28°C e 32°C. Já no entorno as variações foram entre 15°C e 21°C com alguns pontos mais frios entre 10°C e 15°C. No dia 03/08/05 (inverno), foi identificada uma ilha de calor urbana mais amena com variações entre 21°C e 27°C. Em algumas áreas a ilha de calor que era evidente no verão, apresentou temperaturas muito próximas às encontradas no entorno que apresentou variações foram entre 15°C e 21°C com raros pontos mais frios entre 5°C e 15°C, mas ainda evidencia alguns pontos mais quentes entre 27°C e 29°C.

Conclusão

A partir dos resultados alcançados, conclui-se que no rastro da expansão urbana, as ilhas urbanas de calor já atuam de maneira quantitativa nas áreas mais adensadas da cidade de São José dos Campos. Nas áreas urbanas relativamente pequenas, a ilha de calor pode ser

imperceptível devido a rápida mistura com o ar das regiões vizinhas.

Apesar de no inverno, as temperaturas serem mais amenas, as ilhas de calor permanecem evidentes.

A diferença de temperatura urbano-rural encontrada por Tarifa (1977), entre 1,0 a 3,4°C, foi muito menor que a diferença encontrada nesta pesquisa cujas diferenças de temperatura foram de 6,0 a 8,0°C. Pode-se assumir que esta diferença entre os dois estudos se deve ao fato da cidade ser em 1974 pouco urbanizada se comparada aos dias atuais.

Em relação às metrópoles estudadas por Teza (2005) cujas amplitudes chegaram a 16°C (caso da cidade de São Paulo), em São José dos Campos a amplitude máxima chegou a 11°C no dia 02/02/06 (verão) e no dia 03/08/05 (inverno) a amplitude máxima chegou a 6°C.

Esse quadro causa um grande impacto no clima urbano como o desconforto térmico, agravado pelas construções que dificultam a renovação do ar, a canalização de córregos e a diminuição da área verde.

O aumento do calor na cidade modifica a circulação dos ventos e a umidade. Materiais impermeáveis como asfalto e concreto fazem a água da chuva evaporar do solo rapidamente, reduzindo o resfriamento.

As áreas com pouca substituição da cobertura natural da superfície mantêm as mesmas temperaturas tanto no verão quanto no inverno. Desta forma, fica evidente que as áreas verdes podem ser usadas para modificar as temperaturas da cidade, com o objetivo de estabilizar as temperaturas enquanto que os materiais urbanos as exageram.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE pela cessão das imagens utilizadas nesta pesquisa.

Referências Bibliográficas

FUNCATE. Dados das Estações Meteorológicas do INPE-SJC, UNIVAP-SJC e REPAR-PR. Disponível em: <http://www.funcate.org.br/STRADEMAWEB/index.php> Acesso em: 10 jul.2006.

LOMBARDO, M.A. Ilha de Calor nas Metrópoles: O exemplo de São Paulo – São Paulo: HUCITEC, 1985.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Banco de dados geográficos SPRING 3.6.03. Tutorial. 1 CD-ROM. Cidade Viva. São José dos Campos, 2003.

TARIFA, J.R. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos. IGEO/USP,1977. (Série Climatologia 07).

TEZA, C.T.V. BAPTISTA, G.M.DE M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER *on demand* 08 – *Kinetic Temperature* (III): metrópoles brasileiras. Anais XII SBSR, Goiânia, Brasil,16 – 21 abril 2005, INPE, p.3911 – 3918.

U.S.GEOLOGICAL SURVEY. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. Disponível em: http://www.landsat7.usgs.gov/technical_details/calibration_files/l5_cal_notices/ Acesso em: 26 jun.2006.