



## INVESTIGAÇÃO MULTITEMPORAL DE ILHAS DE CALOR E DE FRESCOR NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ-PR UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT5 TM.

*Paulo José Moraes Monteiro e Teixeira Germano<sup>1</sup>, André Cesar Furnaleto Sampaio<sup>2</sup>, Bruno Luiz Domingos De Angelis<sup>3</sup>*

**RESUMO:** O presente trabalho tem como escopo analisar a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em imagens do satélite Landsat 5, com o intuito de realizar uma análise da ocorrência de fenômenos de ilhas de calor e de frescor no interior do campus da Universidade Estadual de Maringá nos períodos de 2000 a 2010. Nas análises efetuadas a partir dessas imagens referentes ao período de estudo, observou-se que as temperaturas dentro do campus da Universidade Estadual de Maringá, apresentaram diversas variações em sua intensidade e localização. Nos diagnósticos realizados sobre imagens que apresentaram as temperaturas mais elevadas, observou-se que essas geralmente ocorreram nos períodos de verão e na primavera, mais especificamente nos meses de Janeiro, Fevereiro, Outubro Novembro e Dezembro. As temperaturas mais elevadas encontradas variam de 28°C a 38°C, e a diferença entre estas, ou seja, a temperatura do “hot spot” menos o “cold spot” (das imagens com as temperaturas mais elevadas), apresentaram uma linha de tendência indicando um aumento na diferença entre estes valores, o que sugere um maior aquecimento dessas superfícies nessa série histórica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento remoto, infravermelho termal, temperatura de superfície.

### 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como escopo analisar a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em imagens do satélite Landsat 5 TM, com o intuito de realizar uma análise da ocorrência de fenômenos de ilhas de calor e de frescor no interior do campus da Universidade Estadual de Maringá.

No que tange ao estudo sobre ilhas de calor, observa-se que o primeiro estudo, segundo Gartland (2010), se deu em 1818 e foi realizado em Londres pelo meteorologista Luke Howard, o qual verificou diferença entre a temperatura na cidade, quando comparada com a área rural. Nos Estados Unidos foram realizados estudos sobre ilhas de calor os quais iniciaram-se na década de 1950 com o pesquisador Mitchell em seu estudo

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Urbana, pela Universidade estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). [paulogermanos2@yahoo.com.br](mailto:paulogermanos2@yahoo.com.br). Especialista em Gestão Ambiental, pela Universidade estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná.

<sup>2</sup> Doutorando em Geografia pela Universidade estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. Especialista em Gestão Ambiental, pelo Instituto Educacional Profissionalizante – IEP. [sampaio.floresta@gmail.com](mailto:sampaio.floresta@gmail.com).

<sup>3</sup> Orientador, Professor Doutor do Curso de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. [brucagen@uol.com.br](mailto:brucagen@uol.com.br).

intitulado “*On the causes of instrumentally observed secular temperature trends*” seguido por “*The temperature of cities*”, publicado em 1963.

No Brasil tem-se que os primeiros estudos relacionados com o clima urbano foram realizados por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, o qual posteriormente publicou a obra “Teoria e Clima Urbano”, publicada em 1970. Segundo Monteiro (2003), o clima urbano trata-se de um sistema complexo, adaptativo e aberto específico para cada ambiente urbanizado e que apresentam uma modificação de elementos climáticos como temperatura, umidade relativa e direções dos ventos.

Observa-se que os principais elementos estudados no clima urbano estão relacionados com as alterações do conforto térmico, impactos nas estruturas, qualidade do ar, além do aumento do consumo de energia. O fenômeno Ilha Calor Urbana (ICU) é uma das conseqüências geradas pela substituição das condições naturais do terreno e as inserções de novos elementos os quais derivam muitas vezes dos materiais de construção comuns que absorvem e retêm mais calor que materiais naturais.

Conforme vislumbra Gartland (2010), em sua obra “Ilhas de Calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas”, existem duas razões para que ocorra a formação das ilhas de calor urbanas, a primeira está relacionada com a impermeabilidade e estanqueidade dos materiais, por essa razão não existe umidade disponível para dissipar o calor, o segundo motivo se dá pela combinação de materiais escuros e a morfologia urbana (pavimentação, edifícios etc). Esses dois fenômenos contribuem para um acúmulo de energia no material, estimulando a movimentação molecular. Esta excitação que ocorrem no nível molecular gera calor, que pode ser irradiado em forma de ondas longas, aquecendo o ar provocando anomalias climáticas locais, denominadas Ilhas de Calor.

Uma das maiores modificações observadas em ambientes “antropizados” se dá pela redução e substituição das áreas verdes, essas alterações podem afetar diretamente o microclima de uma determinada área, pois as construções podem influenciar nas condições naturais do terreno, suprimindo áreas com vegetação, impermeabilizando áreas, redirecionando e modificando a velocidade dos ventos, diminuindo as trocas térmicas como a evapotranspiração e evaporação. O aquecimento mais intenso das superfícies pode provocar uma maior evaporação formando nuvens mais carregadas que podem precipitar de forma torrencial, além disto o aumento de temperatura provocado pelas ilhas de calor também podem influenciar diretamente no conforto térmico de ambientes, sendo necessária a instalação de equipamentos de resfriamento do ar.

De acordo com Garcia (1995), a zona de conforto térmico favorável para o organismo humano encontra-se entre 22°C e 29°C de temperatura do ar e 30% a 60% de umidade relativa, portanto cidades como esta, local da área de estudo, onde observa-se temperaturas médias no trimestre mais quente superiores a 28°C, vislumbra-se um quadro de desconforto térmico nesse período, podendo ser potencializado pelas ilhas de calor. O *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos, em seu estudo “Refrigeração de temperaturas no verão: estratégias para reduzir ilhas de calor urbanas” relatam que as ilhas de calor podem afetar a saúde das pessoas, meio ambiente e na quantidade de energia que os consumidores utilizam para o resfriamento de ambientes internos durante o verão.

Destaca-se a existência de diversos estudos como os de Voogt (2003), Lougeay (1996), Aniello (1995), Kim (1992), sobre o microclima, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Essa ferramenta possibilita a extração e identificação de informações contidas nas imagens de satélite – quem pode ser adquirida por meio de sensores orbitais, ou por equipamentos aerotransportados. –, tratadas por meio de programas especializados em análise e manipulação de imagens. Após a aplicação de técnicas específicas de geoprocessamento, o resultado geralmente pode se dar em uma outra imagem, na qual ficam evidentes as informações ora pesquisadas.

Weng (2003), verificou que o sensoriamento remoto é uma das ferramentas mais importantes e conhecidas atualmente para o estudo do fenômeno das ilhas de calor, pois além de oferecer visões em diferentes escalas, permite a extração de temperatura aparente da superfície, sendo possível a identificação dos elementos mais quentes na paisagem. Em uma dessas técnicas de tratamento de imagens orbitais é possível realizar a conversão dos dados coletados pelo satélite Landsat 5 TM, banda 6 (infravermelho termal), em temperatura aparente de superfície, possibilitando um estudo qualitativo sobre o clima e a identificação de Ilhas de Calor e Ilhas de Frescor. Devido ao grande número de imagens disponíveis por esse satélite é possível estudar a ocorrência desses eventos correlacionando em uma série histórica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Visando o atendimento dos objetivos delineados nessa pesquisa, priorizou-se a aquisição das imagens referentes à área de estudo. Estas foram adquiridas junto ao site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e contemplam os anos de 2000 a 2010, totalizando 74 imagens. Posteriormente essas imagens passaram por uma avaliação, em que foi observada a qualidade do material.

Dentre as 74 imagens disponíveis 8 não foram utilizadas por apresentam problemas como recobrimento por nuvens na área de estudo. Após as etapas de aquisição e avaliação destas, deu-se início a aplicação das técnicas de geoprocessamento nas imagens ora selecionadas, em seguida foram escolhidas as imagens com os valores mais altos e mais baixos de temperatura anualmente.

Para a obtenção dos valores de temperatura da superfície foi utilizado o *software* ENVI 4.7 da empresa ITT, em que os dados de entrada foram as imagens Landsat 5 TM, banda 6 (infravermelho termal), e em seguida foi realizado o processamento das imagens no qual foi possível obtenção dos valores de temperatura.

O guia utilizado para a determinação de temperatura de superfície foi o mesmo empregado pelo *Center for Earth Observation*, da Universidade de Yale. Trata-se de um método embasado na fórmula inversa de Planck, essa técnica consiste na transformação dos valores de níveis digitais das imagens, em radiância, e depois em temperatura de superfície. As fórmulas aplicadas nestas imagens podem ser observadas a seguir.

Fórmula para conversão número digital (DN) para radiância (1):

$$(1) \quad CV_{R1} = gain \times DN + bias$$

Onde:

$CV_R$  = São os valores de radiância

$CV_{DN}$  = Valor digital ou Número digital

Gain = Ganho 0,05518 W/(m<sup>2</sup>.sr.µm) (Coeficiente de calibração termal)

Bias = Offset 1,2378 W/(m<sup>2</sup>.sr.µm) (Coeficiente de calibração termal)

O conhecimento destes dados (*Gain e Bias*) é de grande importância, pois influenciam diretamente nos valores dos níveis digitais dos “*pixels*” da imagem orbital, afetando diretamente os resultados obtidos após o processamento da imagem.

Os valores de *Gain e Bias* correspondem aos valores de calibração realizados antes do lançamento do satélite, por meio de análises de regressão de 20 níveis de radiâncias produzidos por uma Esfera Integradora composta por 12 lâmpadas.

Após a aplicação da fórmula (1), foi necessária a conversão dos valores de radiância em Kelvin (temperatura de superfície). Essa foi feita por meio da equação de Planck inversa (2), em função da radiância espectral da banda termal, que consiste em:

Fórmula para conversão dos valores de radiância para temperatura (2):

$$(2) \quad T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1 \times E}{CVR_2}\right) + 1}$$

Onde:

T = Temperatura em Kelvin

CVR = Valores de radiância

K1 = 607,76 W/(m<sup>2</sup>.sr.µm) (Constante de calibração termal)

K2 = 1260,56 W/(m<sup>2</sup>.sr.µm) (Constante de calibração termal)

Para a conversão das temperaturas de Kelvin para Celsius, optou-se por realizar uma ligeira alteração na fórmula anterior, subtraindo o valor de 273,15 dos valores expressados em Kelvin.

Após essa parte de processamento das imagens orbitais, foram realizados ajustes para o georreferenciamento, e em seguida foi atribuído cores para cada intervalo de valores de temperatura onde as cores mais quentes indicam as temperaturas mais elevadas e as cores frias às temperaturas mais amenas.

Devido à resolução espacial de 120 metros da banda infravermelho termal a qual dificulta a localização e a definição de alguns elementos presentes na imagem como, por exemplo, prédios, vegetação, rios e outros objetos optou-se pela inserção de uma imagem de alta resolução coletada a partir do *Software Google Earth*, que foi usada como plano de fundo, e em seguida foi aplicada uma transparência de 57% na imagem termal.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em síntese, no decorrer deste estudo buscou-se avaliar a ocorrência de ilhas de calor e frescor no campus da Universidade Estadual de Maringá entre os períodos de 2000 a 2010, o qual demonstra a existência destes dois eventos. Assim, as ilhas de calor configuraram-se a priori em locais com pouca ou nenhuma vegetação, além de áreas pavimentadas tais como quadras e estacionamentos ou solo exposto.

As temperaturas mais elevadas encontradas variam de 28<sup>o</sup>C a 38<sup>o</sup>C, e a diferença entre estas, ou seja, a temperatura do *“hot spot”* da ilha de calor menos o *“cold spot”* da ilha de frescor (das imagens com as temperaturas mais elevadas), apresentaram uma linha de tendência indicando um aumento na diferença entre estes valores, o que sugere um maior aquecimento dessas superfícies nessa série histórica.

No tocante às análises das imagens em que apresentaram as temperaturas mais frias, observou-se que as temperaturas variaram de 13<sup>o</sup>C a 27<sup>o</sup>C. Nota-se a existência de um aumento gradual nos valores das temperaturas mais altas e mais baixas dessas imagens, o que comprova que as temperaturas dentro do campus tiveram um aumento nesse recorte temporal. Os principais locais dentro do campus que se configuraram como ilhas de calor, estão localizados principalmente junto às seguintes estruturas, T14, T13, B08, B09, N19, M06, M07, M08, N23, H12, E78, J12, J13, I89, I90, P03 e biotério. As principais ilhas de frescor ocorreram nos locais onde existe uma vegetação de maior porte, tendo como pontos de referência as seguintes locais, Blocos 16, 21, 22, 27, 28, 30, 035, 036, 111, 118, 119, B08, E78, I78, I89, I90, H78, J 79 Horto Medicinal, Horto Didático, K10, K60, Correios, Biblioteca Central, Vegetação próxima a pista de atletismo (N19).

Destaca-se ainda, outra ilha de frescor bastante peculiar observada nestas imagens. Esta ocorre junto à porção sudeste da universidade, pois apesar de possuir mais de 60 construções (algumas já citadas anteriormente), entre salas de aulas e

estruturas de apoio, se configurou também como uma ilha de frescor devido a disposição de uma vegetação que promove o sombreamento dessa área, o que demonstra que um plano de arborização consistente pode amenizar a ocorrência de ilhas de calor dentro do campus, o que pode favorecer a universidade de diversas maneiras tais como na melhoria da qualidade do ar, temperatura ambiente além de promover um menor gasto de energia no arrefecimento das salas de aula.

## REFERÊNCIAS

Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A., & Newland, L. Mapping micro urban heat islands using Landsat TM and a GIS. *Comparative Geoscience*, 21, 965 – 969, 1995.

Environmental Protection Agency (EPA), **Reducing Urban Heat Islands**. Disponível em <<http://www.epa.gov/>>. Acesso em 16/04/2011.

GARCÍA, F.F. **Manual de climatologia aplicada**. Madrid: Editorial Sintesis, 1995.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**; tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos 2010.

Kim, H. H. **Urban heat island**. *International Journal of Remote Sensing*, v.13, 2319 – 2336, (1992).

Lougeay, R., Brazel, A., & Hubble, M. (1996). **Monitoring intra-urban temperature patterns and associated land cover in Phoenix, Arizona using Landsat thermal data**. *Geocarto International*, 11, 79 – 8, 1996

WENG, Q. **Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect**. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Bethesda, v.69, n.5, p.555-566, May. 2003.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 102p., 2003

Yale University. Earth observatory. **Converting Landsat TM and ETM+ thermal bands to temperature**. Disponível em <<http://www.yale.edu/ceo/>> Consultado dia 14/02/2011.

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