

Técnicas de Geoprocessamento para modelação de anomalias de temperatura nos perímetros urbanos de Cuiabá e Várzea Grande – MT

Simone Schreiner¹
Laura Cristina da Silva Vasconcelos²
Peter Zeilhofer²

¹ Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Curso de Mestrado em Geografia,
Rua Barão de Melgaço, nº2305, apt.801, 78020-800, Cuiabá, MT, Brasil
rsschreiner@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Geografia,
Av. F. Corrêa da Costa, s/n, 78020-800, Cuiabá, MT, Brasil
lauravasconcelo@yahoo.com.br / zeilhoferpeter@gmail.com

Abstract. In present study non-linear regression models were adjusted to assess the relations between air temperature anomalies and spatialized explanatory variables, in order to extrapolate field measurements from seven monitoring stations to the entire urban agglomeration of Cuiabá and Várzea Grande city, Mato Grosso state, Brazil. The highest positive daily anomaly was observed for “Center Cuiabá” station (0.8 °C) in a densely urbanized region, whereas the highest negative anomaly was measured in a rural area with reminiscent vegetation (-1.2 °C). The variables “Land cover” derived from a Landsat TM imagery classification and “Altitude” extracted from a SRTM DEM showed highly significant relations with air temperature anomalies. The coefficients of the regression model were then applied in a GIS overlay procedure to extrapolate anomalies. The highest positive anomalies were predicted for areas with dense urbanization in lower topographic positions, whereas negative anomalies were simulated for vegetated areas in higher parts of the urban relief. We conclude that proposed methodology for the study of urban heat island can successfully substitute measurements from thermal remote sensing imagery in tropical regions with high cloud cover.

Palavras-chave: Urban climate, anomalies of temperature, non-linear regression, GIS, clima urbano, anomalia de temperatura, modelos não-lineares, SIG.

1. Introdução

O clima é uma das grandes preocupações ambientais da atualidade, principalmente no que se refere às mudanças climáticas. Conforme Ayoade (1988), o homem modifica o tempo e o clima através de suas diversas atividades, tais como a urbanização, industrialização, desmatamento, atividades agrícolas, drenagem e construção de lagos artificiais etc. O maior impacto do homem sobre o clima acontece nas áreas urbanas, onde o clima urbano é bastante distinto, por suas características, do clima das áreas rurais circundantes. Diversos autores afirmam que a substituição da vegetação por áreas construídas (cimento, concreto e alvenaria), a pavimentação asfáltica das ruas, a concentração de parques industriais e o adensamento populacional, são responsáveis por profundas mudanças no balanço de energia, causando principalmente aumento da temperatura nas cidades (Sant’Anna Neto 2000, Lombardo 1985, Mendonça 2000), resultando no fenômeno das Ilhas de Calor (IC) (Carnaham e Larson, 1990; Kim e Baik, 2004).

Estudos sobre IC em Cuiabá foram iniciados por Maitelli (1991, 1994) que inicialmente obteve 5°C de diferença da área densamente ocupada e áreas suburbanas. Pinho (2003) dando seqüência acompanhou a evolução da IC durante o período de 1990 a 2002, concluindo que houve um acréscimo de 0,7°C na diferença térmica entre áreas urbanas vegetadas e densamente ocupadas. Trabalhos similares foram realizados por Souza (2004) na área urbana de Várzea Grande, observando que áreas densamente edificadas e com intenso fluxo de veículos, eram até 7°C mais aquecidas e 25% mais seco do que bairros de baixa densidade urbana com preservação da vegetação.

O sensoriamento remoto e geoprocessamento tornaram-se ferramentas importantes no estudo das ICs (Xian, 2008; Xian and Crane, 2006). Diversos autores discutem a aplicabilidade de sistemas imageadores termais (ex. a banda #6 do Landsat (E)TM) para o mapeamento da distribuição espacial da temperatura (Xian, 2008; Xian & Crane, 2006, Voogt & Oke, 1998). Em estudos dos ICs, a classificação de imagens de média e alta resolução é utilizada para elaborar mapeamentos de uso e ocupação da terra ou estimativas dos níveis de impermeabilização e relacionar-los com as anomalias nas temperaturas (Weng & Lu 2008). Em regiões tropicais úmidas ou semi-úmidas, porém, a aplicabilidade de técnicas de sensoriamento passivo para estimativas da emissão termal é fortemente restrita, isso pela indisponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens na estação chuvosa. Em função desta limitação, este artigo apresenta uma metodologia baseada em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para estimativa das anomalias da temperatura no aglomerado urbano de Cuiabá e Várzea Grande - MT, a partir de modelos generalizados lineares.

2. Metodologia do trabalho

O aglomerado urbano de Cuiabá e Várzea está localizado entre as coordenadas Geográficas Latitude 15°36'36", 15°38'19,4" de Latitude Sul e 56°11'03,9", 56°02'20,5" de longitude Oeste, no estado de Mato Grosso- Brasil. Possui uma altitude média aproximada de 175 m, uma população total de 757.307 habitantes (IBGE 2007). Possui uma extensão territorial de 4.487,70 km².

Conforme Maitelli (2005) Cuiabá e Várzea Grande na classificação de Köppen pertencem no Clima de Savana (Aw), no qual possui um clima tropical, com estação seca (outono-inverno) e estação chuvosa (primavera-verão) com temperatura média anual de 25°C e pluviosidade anual de 1.450mm.

Dados de temperatura do ar do mês de fevereiro de 2007 foram obtidos através de estações automáticas marca Davis Weather Link Monitor II, instaladas em seis pontos de Cuiabá (Centro, SEPLAN, UFMT, Rural) e Várzea Grande (Centro e Balneário)(Figura 1). O conjunto de dados foi completado com a série da estação da INMET em Várzea Grande (código). Foi calculada para cada média diária de cada estação por dia e determinada a diferença da média diária geral das sete estações (anomalia diária).

Todos os trabalhos de geoprocessamento foram efetuados a partir do software ArcGIS, versão 9.1 (ESRI). O mapa do uso da terra foi elaborado a partir da classificação supervisionada (verossemalhança máxima) de uma imagem de satélite Landsat 5 TM, bandas 3, 4 e 5 do dia 13/05/2007, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Figura 1).

A classificação original em seis classes de cobertura foi recodificada em três classes: água / vegetação, urbanização baixa e urbanização densa. As variáveis explanatórias "Relevo" e "Elevação" foram extraídas de um Modelo Numérico de Terreno (MNT) proveniente da *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM* (www2.jpl.nasa.gov/srtm/). Para a extração das variáveis "Uso" e "Relevo" foi considerada a classe predominante em um raio de quatro pixels (120 m).

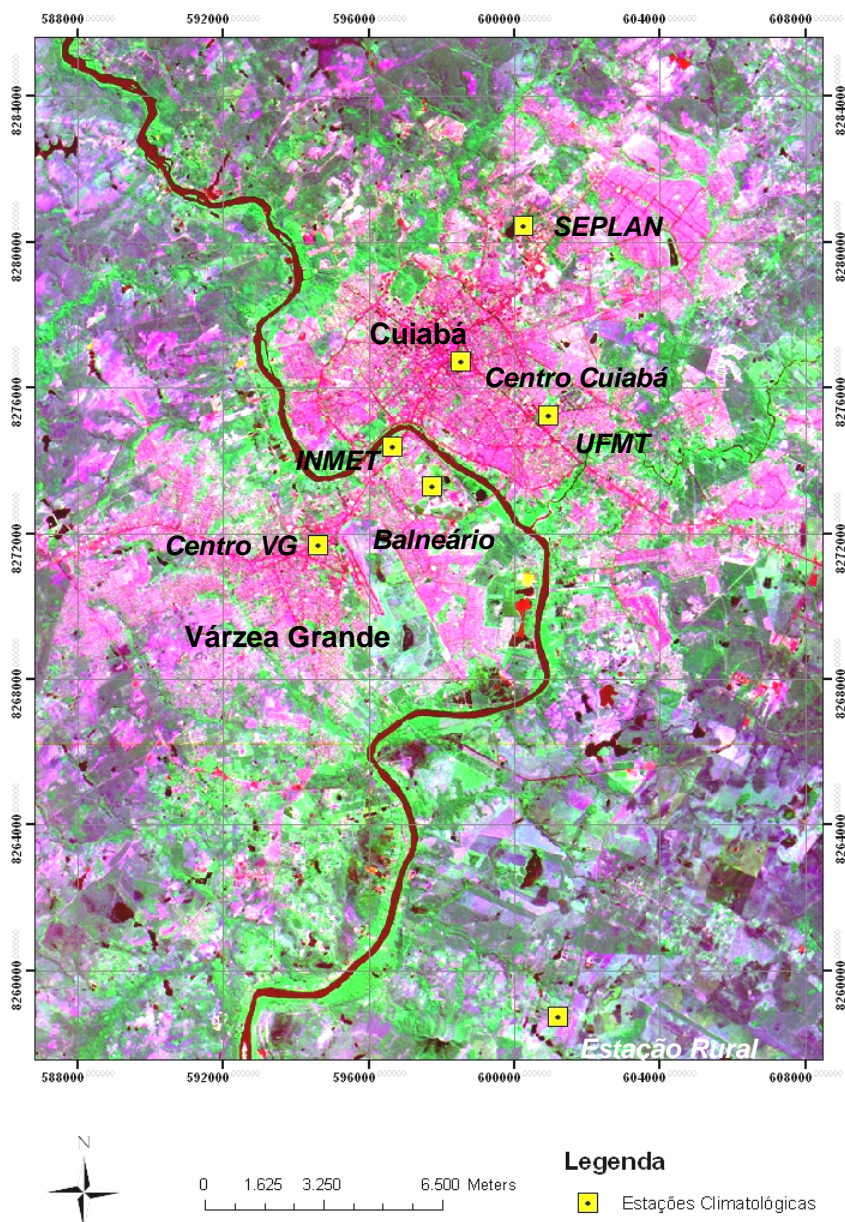


Figura 1. Imagem de Satélite Landsat ETM, bandas 3/4/5 de Cuiabá e Várzea Grande com as Estações Climatológicas.

Tabela 1. Variáveis explanatórias para estimativa da anomalia da temperatura do ar.

Variável independente	Descrição	Origem	Escala
USO	Uso predominante: 1-Vegetação, 2-urbanização baixa, 3-urbanização densa	Classificação supervisionada, imagem Landsat ETM	ordinal
ALTITUDE	Elevação	MNT (SRTM)	real
RELEVO	Forma do relevo: 1-topo, 2-rampa, 3-vale	Classificação morfométrica MNT	ordinal
ALTITUDE	Elevação	MNT (SRTM)	real
MASSA	Massa do ar predominante (2-massa tropical, 3-massa equatorial)	Imagem Satélite GOES (tempo1.cptec.inpe.br/)	ordinal

Estimadores não-lineares permitem a inclusão de variáveis explanatórias ordinais (Mathwork 2008) em modelos regressivos. Nos modelos regressivos não lineares foram avaliados os seguintes fatores independentes, supostamente relacionados com as anomalias da temperatura do ar: altitude, uso da terra, forma do relevo, massas de ar (Tabela 1). Para desenvolvimento dos modelos, as variáveis “Uso” e “Relevo” foram ordenados numericamente em três classes. O mapa final da estimativa das anomalias da temperatura do ar foi elaborado a partir da sobreposição de camadas matriciais, baseada nos coeficientes do modelo regressivo múltiplo.

3. Resultados e Discussões

A tabela 2 mostra as principais saídas do modelo regressivo não-linear. Das quatro variáveis testadas, foram identificadas como significativas os coeficientes (B) da “Altitude” e da transformada (polinômio de terceiro grau) das classes de “Uso” ($p < 0.01$), tendo a classe do Uso um peso maior no modelo do que a altitude (isso considerando a faixa dos valores observados das duas variáveis). Anomalias positivas são relacionadas como áreas de urbanização densa e, secundariamente, com altitudes baixas, enquanto anomalias negativas são constatadas em áreas com vegetação remanescente em áreas mais elevadas.

Tabela 2. Sumário para modelo regressivo não-linear para a variável dependente “Anomalia da temperatura do ar” ($R^2: 0,57$).

Variáveis	B	Erro padrão	t (193)	p
Intercept	0,591	0,9391	6,293	0,000
Altitude	-0,041	0,0046	-8,860	0,000
Uso**3	0,234	0,0157	14,831	0,000

A figura 1 mostra o modelo espacializado da anomalia média da temperatura do ar em Cuiabá e Várzea Grande durante o mês de fevereiro de 2007, obtido a partir da sobreposição das camadas “Uso” e “Altitude”. As anomalias médias mensais no mês de Fevereiro de 2007 variam entre -1.2°C e $0,8^{\circ}\text{C}$, sendo a maior variação observada na Estação “Centro de Cuiabá” e a menor na Estação “Rural” (compare Fig. 1). Observa-se que o principal fator determinante da estimativa é o uso e ocupação do solo, com as maiores anomalias nas áreas densamente urbanizadas nas áreas centrais dos perímetros urbanos (flechas brancas). Áreas com vegetação remanescente ao longo dos rios Cuiabá (flechas pretas sólidas) e Coxipó (flechas pretas pontilhadas) mostram anomalias negativas. Ao longo de um dos eixos principais de desenvolvimento da cidade de Cuiabá, observa-se um gradiente decrescente das anomalias positivas de acordo com o aumento do relevo, subindo de cerca de 155 m nas margens do rio Cuiabá até cerca de 250 m na região do Centro Político Administrativo (flecha cinza). As anomalias negativas máximas ocorrem em áreas vegetadas com altitudes maiores do que 250 m (flecha cinza pontilhada).

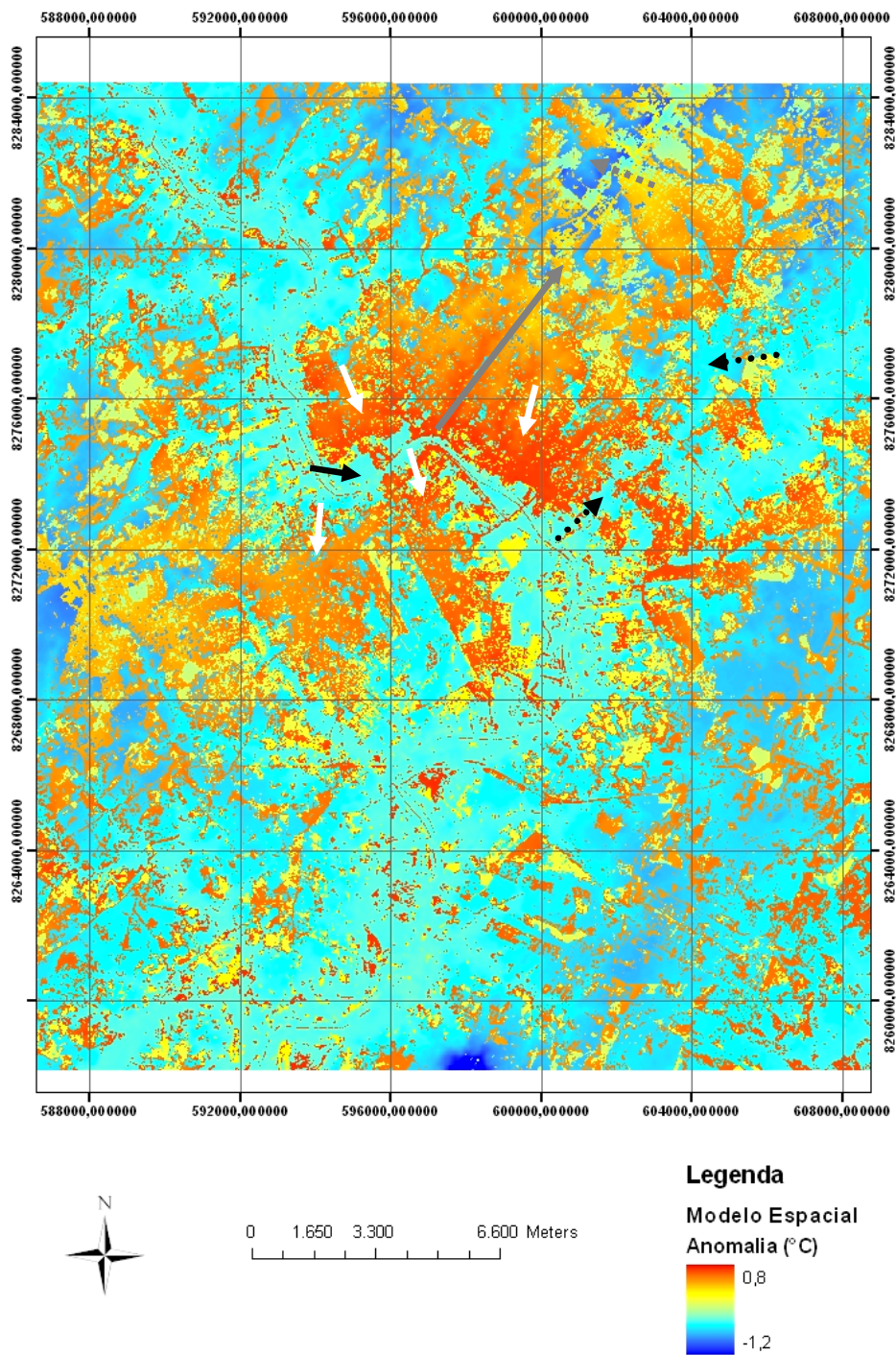


Figura 4. Anomalia de Temperatura no mês de fevereiro de 2007 em Cuiabá e Várzea Grande.

4. Conclusões

Embora ainda não validada de forma quantitativa, os resultados obtidos indicam uma boa aplicabilidade da metodologia proposta para modelação das anomalias da temperatura do ar. Possui como principal vantagem frente uma estimacão espacial baseada em imagens termais a sua independência da cobertura de nuvens, comum na região, sobretudo, entre os meses novembro e maio.

Propõe-se para o futuro o desenvolvimento de modelos mensais e sua validacão a partir de medicões de campo adicionais e a comparacão com imagens termais dos sistemas sensores Landsat TM e ASTER.

Referências Bibliográficas

- Ayoade, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- Lombardo, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O Exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- Maitelli, G. T. **Uma abordagem Tridimensional de Clima Urbano em área Tropical Continental: O Exemplo de Cuiabá/MT**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1994.
- Maitelli, G. T. Interações Atmosfera-Superfície. Moreno, G.; Higa, T. C. S. (orgs.). **Geografia de Mato Grosso: Território, Sociedade**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005.
- Mathworks. **Statistics Toolbox™ User's Guide**. Natick, Massachusetts, 2008.
- Mendonça, Francisco. O Clima Urbano de Cidade de Porte Médio e Pequeno: Aspectos Teórico- Metodológicos e Estudos de Caso. Sant'Anna Neto, J. L.; Zavantini, J.A. (orgs.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações Ambientais e Socioeconômicas**. Maringá: Eduem. 2000.
- Pinho, J.G. de. **A Evolução da Intensidade da Ilha de Calor em Cuiabá – MT: 1990 a 2002**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas e Sócias da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá/ MT, 2003.
- Sant'Anna Neto, J. L. Mudanças Climáticas Globais: Implicações no Desenvolvimento Econômico e na Dinâmica Natural. **Revista Pantaneira**, v. 2, n. 2, p. 66-78, 2000.
- Souza, S. C. **Análise das variações Espaciais de Temperatura e Umidade do Ar em Área Urbana de Várzea Grande/MT**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas e Sócias da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá/ MT, 2004.
- Valeriano M. de M.; Picini A. G. Uso de Sistema de Informação Geográfica para a Geração de Mapas de Médias Mensais de Temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 255-262, 2000.
- Voogt, J. A.; Oke, T. R. Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 5, p. 895– 920, 1998.
- Weng, Q. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n.10, p.1999-2014, 2001.
- Weng, Q.; Lu, D. A. Sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 10, n. 1, p. 68-83, 2008.
- Xian, G.; Crane, M. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat Satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, p. 147–156, 2006.
- Xian, G. Satellite remotely-sensed land surface parameters and their climatic effects for three metropolitan regions. **Advances in Space Research**. v.41, p. 1861–1869, 2008.