

Integração entre SR e SIG para a modelagem e o gerenciamento de dados espaço-temporais de temperatura de superfície utilizando imagens do sensor ETM do LANDSAT 7

Iuri Martins Carvalho¹
Alexandre Aquino da Cunha²
Fabiola Andrade Souza³
Julio Cesar Pedrassoli⁴

^{1, 2, 3, 4} Universidade Federal da Bahia - UFBA
Escola Politécnica da UFBA- Rua Aristides Novis, 02, Federação, CEP 40210-630
Salvador - BA, Brasil
iuri.m@terra.com.br¹
alexandre120@yahoo.com.br²
fabiolandrade@hotmail.com³
jpedrassoli@ufba.br⁴

Abstract: Remote sensing is an indispensable tool for understanding and monitoring the dynamics of the Earth's surface. Understanding the spatial distribution of temperature is crucial for understanding the physical processes involved in weather phenomena, urban environmental comfort and in agriculture. In this context, the study aimed to examine the temporal variation of the surface temperature of a region located in the municipality of Itatim, Bahia/Brazil, and its correlation with vegetation and moisture index through modeling in GIS. The results demonstrate a strong spatial and temporal correlation between heat islands in urban areas and the temporal variation of vegetation.

Palavras-chave: surface temperature, remote sensing, GIS, temperature de superfície, sensoriamento remoto, SIG.

1- Introdução

Sensoriamento remoto é o termo usado para definir a tecnologia que permite o estudo de algumas características de um objeto, sem que, necessariamente, se estabeleça contato com o mesmo. A tecnologia usada nos satélites é um exemplo do sensoriamento remoto – os sensores colocados a bordo dessas plataformas orbitais são capazes de registrar o nível de radiação eletromagnética refletida e/ou emitida de um determinado local na superfície terrestre (Mendonça, 2007). No Brasil, país de dimensões continentais, o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para o conhecimento e o monitoramento dos recursos naturais (Lima et al, 2001) e da ação antrópica sobre as paisagens, a exemplo da urbanização.

Atualmente as cidades concentram a grande maioria da população e este é um fenômeno mundial. Em 1960, os países mais industrializados já contavam com altos percentuais da população total morando em cidades. No Brasil, a população urbana passou de 45%, em 1960, para aproximadamente 75%, em 1991, e atualmente, conta com mais de 80% dela morando em cidades. (Zanella & Mendonça, 2000).

O sensoriamento remoto tem sido utilizado em áreas urbanas para avaliar o fenômeno de “Ilha de Calor Urbano”, para realizar classificação de uso de solo e também para fornecer dados de entrada para modelos de trocas atmosféricas e de superfície urbana (Voogt & Oke, 2003). Essa tecnologia é utilizada nos centros urbanos, pois os mesmos são grandes modificadores do clima em escala local/regional e a escassez de informações consistentes e com coleta temporal adequada para estudos de clima, especialmente observada em países com desenvolvimento

mais recente como o Brasil, leva pesquisadores a desenvolver e ajustar modelos onde os dados de entrada podem ser obtidos através do uso do sensoriamento remoto.

A cidade é um sistema com grande capacidade de alteração climática em função de seu alto consumo de energia e matéria e de seu grande poder de produção de calor, e não é somente o calor do Sol e sua retenção pelo CO₂ e vapor d'água que aquecem uma cidade, existe também a produção de calor associado a concentração de construções e alteração da cobertura original do solo, sendo assim a camada de ar mais próxima ao solo é mais aquecida nas cidades do que nas áreas rurais.

A atividade humana, o grande número de veículos, indústrias, prédios, o asfalto das ruas e a diminuição das áreas verdes criam mudanças profundas na atmosfera local. Nas grandes cidades, faz mais calor e chove um pouco mais do que nas áreas rurais circunvizinhas, também, são frequentes as enchentes após algumas chuvas, resultantes da impermeabilização do solo.

O fenômeno Ilha de Calor é uma característica do clima urbano produzido nas cidades. O clima pode ser definido como “a sucessão habitual dos tempos” (Monteiro, 1976). Ou seja, ao longo do tempo, numa série histórica climatológica, as alterações da cobertura do solo provocadas pela urbanização alteram o funcionamento habitual da dinâmica climática local, e além disso, a fazem numa escala temporal de velocidade muito superior às mudanças provocadas naturalmente pela dinâmica terrestre. Sendo assim, a temperatura de superfície é de primordial importância para o estudo da climatologia urbana (Voogt & Oke, 2003).

O sensoriamento remoto termal, tem a vantagem de proporcionar em tempo-sincronizado uma densa rede de dados de temperatura para toda uma cidade e ou para uma área distinta da mesma (Nichol, 1996). Estudos anteriores realizados por Weng & Quattrochi (2006) com sensoriamento termal sobre temperaturas de superfície em áreas urbanas através do uso de dados do sensor NOAA AVHRR apontam as possibilidades em escala regional. Não obstante a utilização da resolução média, tais como imagens termais obtidas a partir do Landsat TM / ETM + vêm sendo amplamente empregadas para o estudo da temperatura intra-urbana, sua variação e as relações que estabelecem com características da superfície (Carnahan & Larson, 1990; Kim, 1992; Nichol, 1994; Quattrochi & Ridd, 1994; Quattrochi, 2000; Weng, 2001, 2003, 2004; Voogt & Oke, 2003; Buyadi et al, 2013).

Neste contexto, o trabalho aqui desenvolvido tem por finalidade analisar uma série temporal de imagens do sensor ETM referente ao município de Itatim/BA, visando contruir um modelo para o gerenciamento de dados espaço-temporais de temperatura de superfície e estabelecer as relações espaciais e temporais entre temperatura da superfície, presença de vegetação e unidade.

2 - Área de estudo

A área de estudo definida para este trabalho foi limitada ao município de Itatim, localizado na região do semiárido do estado da Bahia. O sistema geodésico de referência utilizado foi o SIRGAS2000 e a projeção cartográfica UTM / M.C. 39W. A escala dos dados de temperatura superfície está compatível com a escala 1:250.000.

Itatim foi criada a partir do desmembramento de território então pertencente a Santa Teresinha. Seu nome deve-se a uma elevação geográfica próxima à cidade, cujo nome é Morro da Ponta Aguda, que em Tupi-Guarani significa "Itatim". A região inicialmente foi habitada por índios Cariris e Sabujás, que foram gradativamente expulsos por Bandeirantes que penetraram a região. A região possui prolongados períodos de estiagem ou escassez de chuvas, e está inserido na área do denominado Polígono das Secas. A localização do município em relação ao estado da Bahia pode ser vista na figura 1 a seguir:

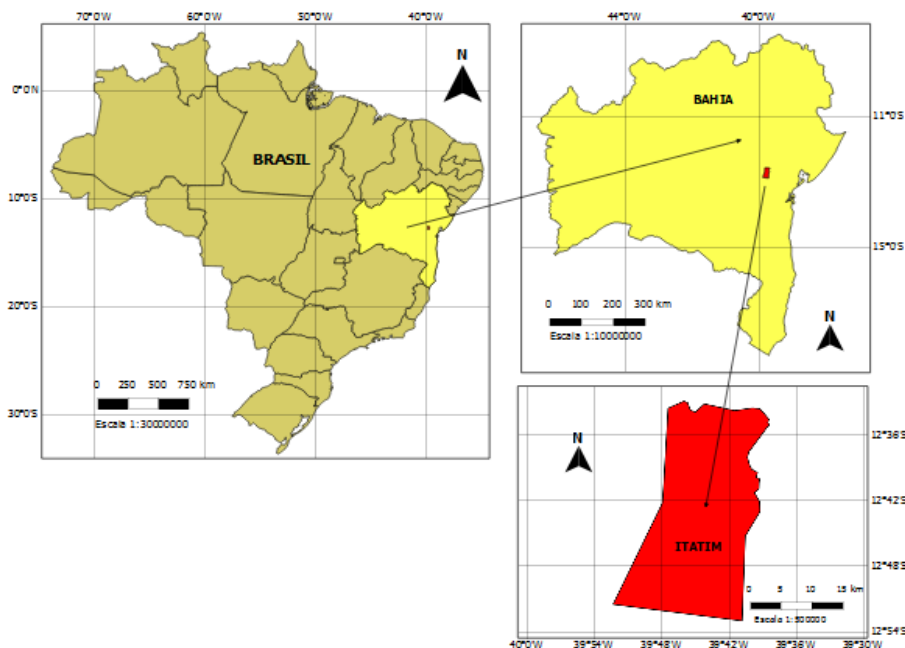


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: CONDER (Companhia de desenvolvimento urbano do estado da Bahia, 2006).

3- Materiais e métodos

Modelagem conceitual e lógica

A concepção dos dados que compuseram o SIG construído foi baseada na metodologia Object Modeling Technique for Geography (OMT-G), visto a maior flexibilidade oferecida pela metodologia orientada a objetos para a modelagem de objetos geográficos conforme citado em Carvalho. A modelagem conceitual e lógica, proposta para este projeto, concebeu aspectos espaciais, não-espaciais e temporais dos dados e metadados modelados, assim como os seus relacionamentos.

A construção do modelo de dados (Figura 2) foi realizada através do software StartUML que dá suporte à extensão OMT-G.

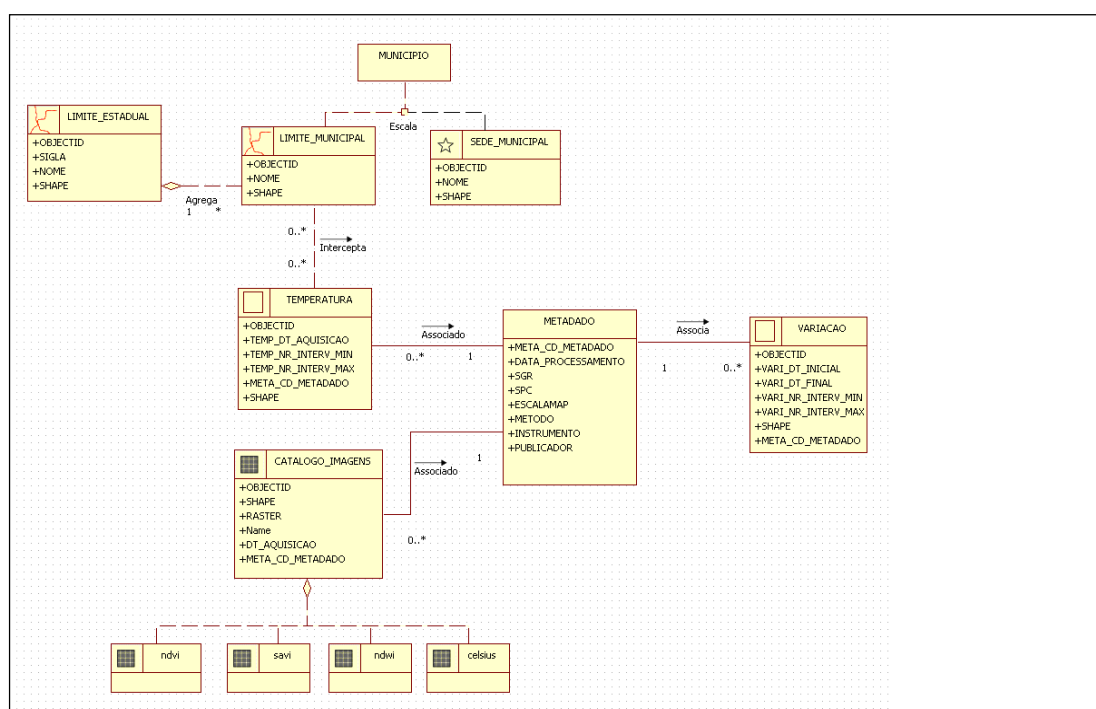


Figura 2: Modelo de dados conceitual e lógico

Projeto físico de banco de dados

A implementação física do modelo conceitual e lógico de dados foi realizada através do software ArcGIS, utilizando o *Personal Geodatabase*. O projeto físico de dados é apresentado na Figura 3.

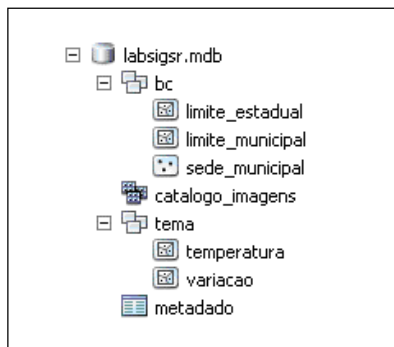


Figura 3: – Projeto físico em formato *Personal Geodatabase*

Seleção de imagens e processamento das imagens

A partir do sítio eletrônico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram adquiridas três imagens do sensor ETM do LANDSAT 7, órbita 216, ponto 069, em épocas distintas (05/02/2000, 05/10/2001 e 12/01/2003), utilizadas para a produção de dados de temperatura de superfície. Para cada imagem, foram coletadas as bandas espectrais da faixa do visível (bandas 1,2 e 3), faixa do infravermelho-próximo (banda 4), faixa do infravermelho-médio (banda 5) e a faixa do infravermelho-termal (banda 6).

A etapa de processamento de imagens teve como principal objetivo, a geração de imagens que representassem a temperatura de superfície em graus Celsius utilizando a metodologia METRIC e SEBAL, (CUNHA, 2008). Os cálculos foram executados através de fluxos de geoprocessamento, desenvolvidos na ferramenta “Model Builder” do software ArcGIS.

Para cada imagem foi realizado uma composição vetorial das bandas espectrais 1 a 6 em arquivo formato TIF. As composições de imagens sofreram retificação geométrica, tomando como referência a base cartográfica vetorial da SEI, escala 1:100.000.

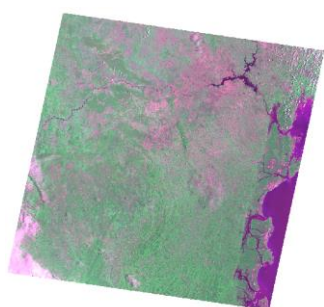


Figura 4: Composição de 05/02/2000



Figura 5: Composição de 05/10/2001



Figura 6: Composição de 12/01/2003

Após a correção geométrica, foram calculados o NDVI, o SAVI, o NDWI e a temperatura de superfície para cada época, sendo que nesta etapa foram construído fluxos de geoprocessamento para calcular os índices utilizados nas matrizes de correlação.

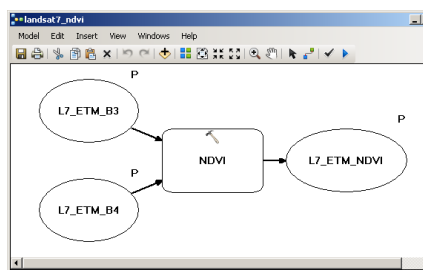


Figura 7: Cálculo do NDVI

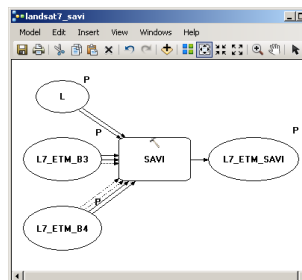


Figura 8: Cálculo do SAVI

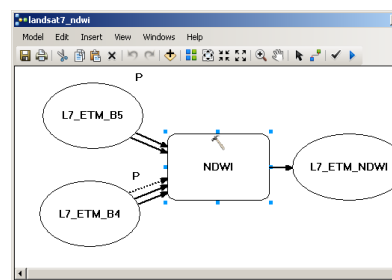


Figura 9: Cálculo do NDWI

A construção da imagem que representa a temperatura de superfície em Celsius foi implementada no fluxo de geoprocessamento (Figura 10), baseado na Banda 6 (Termal) e os índices de vegetação (NDVI e SAVI).

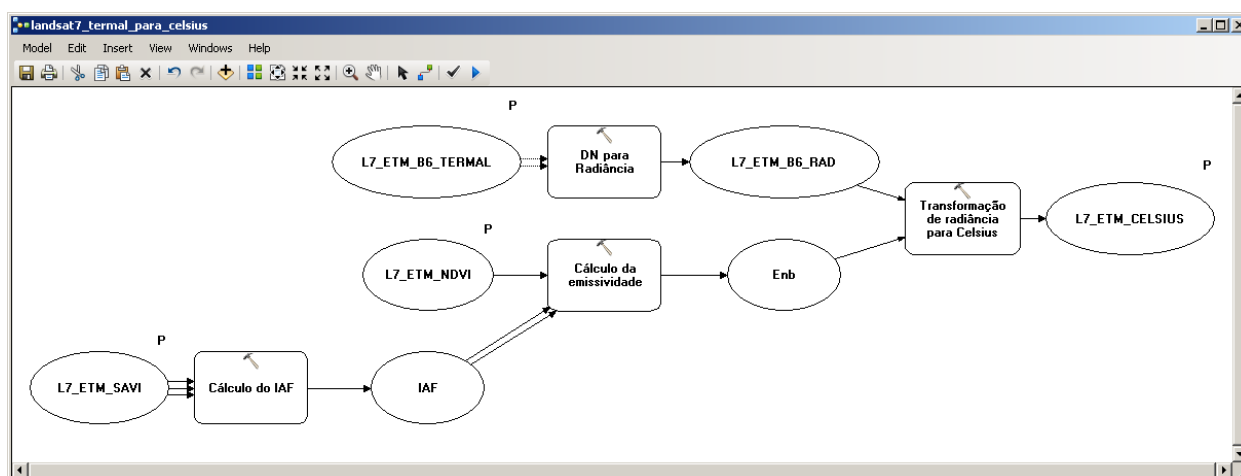


Figura 10: Cálculo da imagem de temperatura de superfície

Construção de dados vetoriais de temperatura e interpolação espacial

Esta etapa teve como objetivo, criar uma representação vetorial da variabilidade espaço-temporal da temperatura, utilizando como fonte de dados, as representações matriciais de temperatura de superfície, resultantes do processamento realizado sobre as imagens do sensor ETM do LANDSAT 7. O processo de construção dos vetores consistiu basicamente em duas etapas mostradas a seguir: interpolação espacial e vetorização de dados.

No intuito de construir vetores contínuos que representassem em faixas a distribuição da temperatura de superfície, houve a necessidade de utilizar um método de interpolação espacial, a fim de modelar a variabilidade espacial dos dados presentes nas imagens de temperatura. Segundo (Araújo, 2006), a Krigagem é um dos mais importantes métodos geoestatísticos de interpolação de dados espaciais, sendo que a técnica de Krigagem Ordinária apresenta bons resultados para estimar dados de temperatura.

Através da ferramenta “Geostatistical Wizard” do software ArcGIS, foi possível modelar a distribuição espacial da temperatura em Celsius para cada imagem através do interpolador por Krigagem Ordinária conforme mostrado na Figura 11.

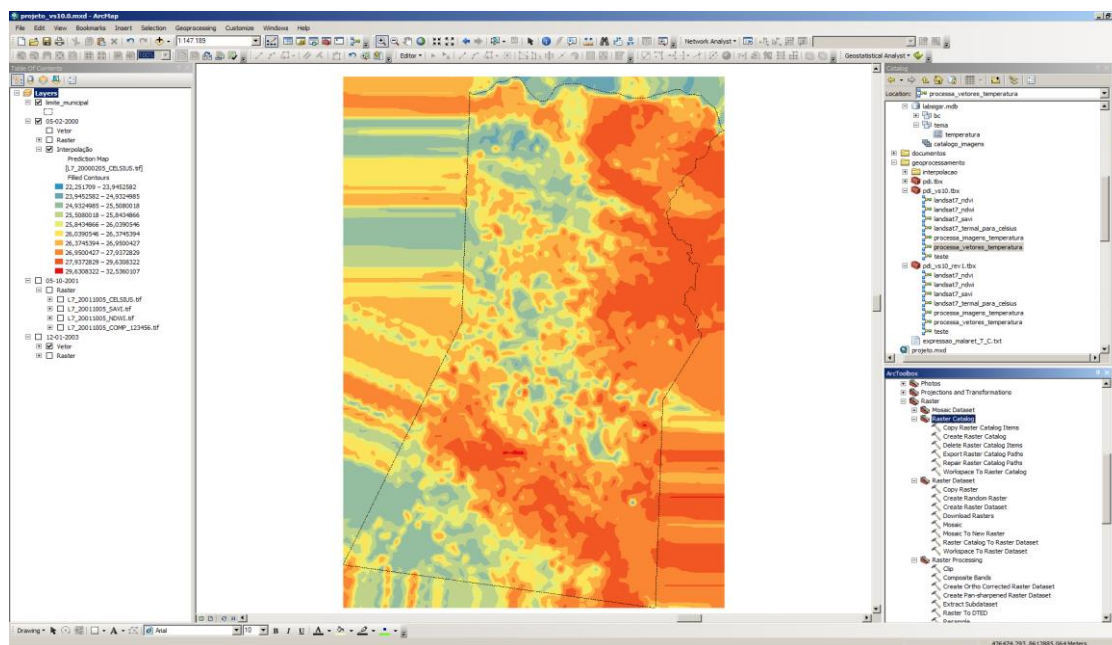


Figura 11: Temperatura de superfície interpolada por Krigagem Ordinária

O processo de carga dos polígonos de temperatura consistiu na vetorização da superfície de temperatura interpolada e a inserção dos vetores no banco de dados. Para tanto, foi construído um fluxo de geoprocessamento (Figura 12) para automatizar o processo de vetorização, adequando atributos espaciais e não-espaciais dos vetores produzidos, a fim de que sejam inseridos corretamente na classe de feições de temperatura.

Utilizando a mesma metodologia para construção de dados matriciais e vetoriais de temperatura, foram produzidos dados da diferença entre os cenários de temperatura de 05/02/2000 e 12/01/2003. Essas épocas foram escolhidas em função da proximidade em relação ao mês.

4. Resultados e discussão

Considerando que a temperatura da superfície pode variar de acordo com a presença de vegetação e água, foi gerada a matriz de correlação espacial, para cada imagem de temperatura com as imagens dos índices de vegetação (SAVI e NDVI) e água (NDWI), da respectiva data, com o objetivo de avaliar a coerência dos dados de temperatura de superfície gerados, como podemos verificar na tabela 1 a seguir:

Tabela 1: variação das correlações entre 2000 e 2003

05/02/2000	TEMPERATURA	SAVI	NDVI	NDWI
TEMPERATURA	1,00000	-0,67330	-0,67347	-0,72790
SAVI	-0,67330	1,00000	1,00000	0,90191
NDVI	-0,67347	1,00000	1,00000	0,90203
NDWI	-0,72790	0,90191	0,90203	1,00000

05/10/2001	TEMPERATURA	SAVI	NDVI	NDWI
TEMPERATURA	1,00000	-0,74021	-0,74025	-0,76178
SAVI	-0,74021	1,00000	1,00000	0,90793
NDVI	-0,74025	1,00000	1,00000	0,90795
NDWI	-0,76178	0,90793	0,90795	1,00000

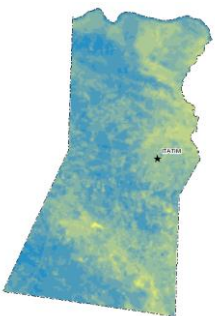



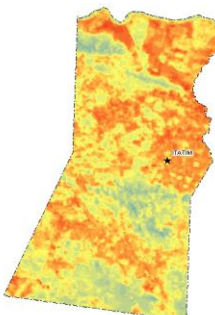



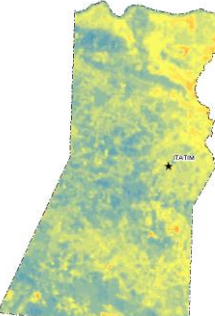



12/01/2003	TEMPERATURA	SAVI	NDVI	NDWI
TEMPERATURA	1,00000	-0,71333	-0,71346	-0,77464
SAVI	-0,71333	1,00000	1,00000	0,91866
NDVI	-0,71346	1,00000	1,00000	0,91873
NDWI	-0,77464	0,91866	0,91873	1,00000

A metodologia utilizada na fase de modelagem de dados para o ambiente SIG foi de suma importância, pois permitiu abstrair com maior fidelidade o cenário real, levando em consideração os aspectos cartográficos do projeto. A modelagem também favoreceu a concepção temporal do dado, aspecto determinante para a estruturação do armazenamento de dados e sistematização de análises temporais da temperatura de superfície.

Em relação à consistência dos dados de temperatura de superfície gerados, foi verificado, através da análise de correlação espacial, que as imagens de temperatura de superfície apresentaram boa concordância negativa como os índices de vegetação (SAVI e NDVI) e de água (NDWI), o que representa uma coerência na distribuição espacial da temperatura em relação a esses índices, conforme apresentado em tabela 2.

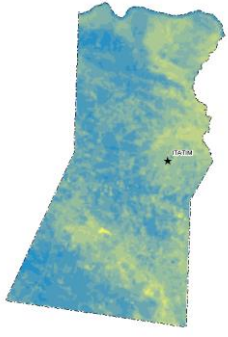
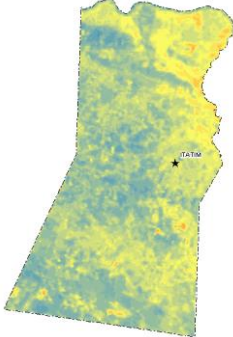
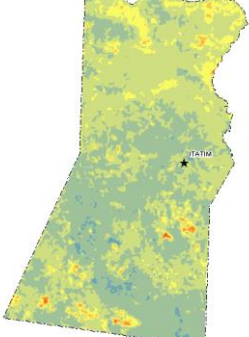
A imagem de 05/10/2001 (Tabela 2) apresentou os maiores índices de temperatura da série, variando entre 25,5°C à 38,5 °C, e obteve maior correlação negativa com os índices de vegetação e água.

Tabela 2: Temperatura e índices para as 3 épocas (2000, 2001 e 2003 respectivamente)

Temperatura	SAVI	NDVI	NDWI
			
			
			

A diferença espacial calculada entre as imagens de 05/02/2000 e 12/01/2003 (tabela 3) registrou picos de variação de temperatura que chegaram de 8 a 9,5 graus Celsius em determinadas regiões onde os índices de vegetação (NDVI e SAVI) e água(NDWI) acusam bastante ausência de vegetação e água.

Tabela 3: variação de temperatura no período

		
Temperatura - 05/02/2000	Temperatura - 12/01/2003	Diferença entre 05/02/2000 e 12/01/2003

5. Referências Bibliográficas

- ARAUJO, T. L. **Estimativa da temperatura e do saldo de radiação à superfície terrestre em Maceió-AL utilizando imagens TM/LANDSAT**. Dissertação (mestrado em Meteorologia Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2006.
- BORGES, K. A. V. **Modelagem de Dados geográficos –Uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas**. Belo Horizonte, MG: ESCOLA DE GOVERNO DE MINAS GERAIS, Fundação João Pinheiro, 1997. (Dissertação de Mestrado).
- BUYADI, S. N, MOHD, W.M. N.W, MISNI, A. **Green Spaces Growth Impact on the Urban Microclimate**, Faculty of Architecture, Planning and Surveying, Universiti Teknologi MARA, 40450 Shah Alam, Selangor. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 105 (2013) 547 – 557
- CUNHA, J. E; RUFINO, I. A. **Determinação da Temperatura de Superfície do Estado da Paraíba a partir de Imagens Landsat 5 – TM**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife – PE. V1.P00.
- FONSECA, A. D.; FERNANDES, J. C. **Detecção Remota: Radiação Electromagnética, Sensores Orbitais, Processamento de Imagens, Aplicações**. Lisboa-PT: Lidel, 2004. p. 224.
- FRANÇA, A. F.; JUNIOR, J. R. T.; FILHO, J. C. C. M. **Índices NDVI, NDWI E NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da lagoa Olho D'Água, em Jaboatão dos Guararapes-PE**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife – PE, 2012.
- JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos. Parêntese, 2009. p. 604.
- MEIRELLES, S.P.M.; MOREIRA, R.F.; CAMARA. G. **Métodos de Inferência Espacial**. In: Margareth Simões Penello Meirelles, Gilberto Câmara e Claudia Maria de Almeida (Org). *Geomática Modelos e Aplicações Ambientais*. Brasília. Embrapa, 2007. p. 105-189.
- MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias, n. 25. São Paulo: Universidade de São Paulo 1976. 181 p.