



## **INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA TEMPERATURA APARENTE DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU/SP.<sup>1</sup>**

**Mônica Yuri Mashiki<sup>2</sup> & Sérgio Campos<sup>3</sup>**

**RESUMO:** A radiação eletromagnética recebida pelos materiais de diferentes composições presentes na superfície terrestre emite ondas de radiação proporcionais a sua temperatura. Os satélites através dos seus sensores captam os diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético gerando imagens de grande utilidade no sensoriamento remoto para estudos de diversas áreas do conhecimento. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência dos diferentes usos e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP, através de imagens do satélite Landsat-5 captadas no dia 19/11/2010, órbita/ponto 220/076. Para o geoprocessamento das imagens utilizou-se o programa IDRISI versão ANDES. O módulo thermal foi utilizado para transformação dos níveis de cinza em graus Celsius. Foram analisadas quatro classes de uso: água, cultura do eucalipto, mata nativa e solo exposto. As diferentes classes de uso e ocupação do solo influenciaram diretamente na temperatura aparente observada, evidenciando que áreas com maior disponibilidade de água e vegetação podem influir na amenização dos efeitos de anomalias térmicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** módulo thermal, imagens de satélite, geoprocessamento.

### **GEOPROCESSING APPLIED ON THE INFLUENCE OF SOIL USE AND OCCUPATION ON LAND SURFACE TEMPERATURE IN THE CITY OF BOTUCATU/SP.**

**ABSTRACT:** The electromagnetic radiation received by the different material composition presents on the land surface emits proportional radiation waves to its temperature. Through the satellites sensors, different length wave of the electromagnetic spectrum are captured generating images that can be used in different areas of remote sensing. This study aimed to analyze the influence of different soil use and occupation in land surface temperature in the city of Botucatu/SP. To this study we used images from the satellite Landsat 5 captured on 11/19/2010, path/row 220/076, and geoprocessing the images using the program IDRISI ANDES version. The thermal algorithm was used to transform grey levels into Celsius degree. We analyzed four class of use: Water, Eucalyptus culture, Native forest an Exposed soil. The different soil use and occupation influenced directly the land surface temperature, evidencing that areas with higher availability of water and vegetation can influence and improve the effects of thermal anomaly.

**KEYWORDS:** thermal module, satellite images, geoprocessing.

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do 1º autor intitulada: Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP. Defesa: 14/12/2012.

---

<sup>2</sup> Aluna do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, Engenheira Agrônoma, monicamashiki@hotmail.com

<sup>3</sup> Orientador e docente do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, seca@fca.unesp.br

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente com o avanço das geotecnologias, de dados do sensoriamento remoto e o aumento das resoluções das imagens de satélite, obtem-se diversas informações do ambiente terrestre. Uma das informações contidas nas imagens é a temperatura aparente da superfície, obtida através da captação da energia eletromagnética emitida por determinado ambiente ou objeto.

A temperatura de superfície em diferentes tipos e ocupações do solo podem fornecer subsídio para a gestão e planejamento ambiental de uma região (PEREIRA et al., 2012).

Além da rápida obtenção de dados e disponibilidade gratuita de algumas imagens de satélite, o uso do sensoriamento remoto é crescente devido aos registros históricos disponíveis, oferecendo dados importantes para a análise temporal do desenvolvimento do uso e ocupação do solo.

A estimativa da temperatura aparente da superfície foi realizada através da banda termal da região do infravermelho, pois trata-se de um intervalo que consegue detectar a concentração de fluxo radiante de um material, proveniente das vibrações moleculares decorrente da temperatura radiante dos corpos. A temperatura obtida através da leitura de sensores à distância, denominada temperatura aparente da superfície (Fialho, 2009), depende da resolução espacial da imagem, pois o pixel é a soma dos diversos componentes ponderados por sua superfície.

Na interpretação dos dados no infravermelho termal é necessário utilizar a função inversa de Plank, pois o sensor mede a radiância espectral e o que se quer estimar é a temperatura (NOVO, 2008).

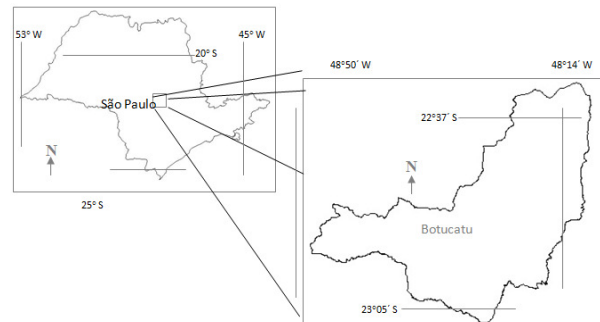
Jensen (2010) relata que objetos com temperatura acima do zero absoluto (0 K) emitem energia eletromagnética, portanto, todos os elementos presentes na paisagem (vegetação, solo, rocha, água) emitem radiação eletromagnética infravermelha termal entre os intervalos de 3,0 – 14  $\mu\text{m}$  do espectro.

Desta forma, os sensores presentes nos satélites conseguem captar a radiação emitida por objetos e transformá-las em imagens que podem ser manipuladas e observadas, uma vez que a visão humana é sensível apenas aos comprimentos de onda curtos (luz visível do espectro que varia de 0,4- 0,7  $\mu\text{m}$ ).

O objetivo do presente estudo é fornecer dados em relação à temperatura aparente da superfície do município de Botucatu em relação aos diferentes usos e ocupação do solo servindo de subsídio para futuros planejamentos, gestão e administração da ocupação ordenada e racional da área.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Botucatu localizado no centro oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). Possui área de 1483 km<sup>2</sup> e situa-se entre as coordenadas geográficas 22° 35' a 23° 06' de latitude S e 48° 12' a 48° 52' de longitude W Gr e altitude de 840 metros.



**Figura 1:** Localização do Município de Botucatu no Estado de São Paulo.

Foram utilizados os programas computacionais Google Earth Pro 4.2 e Idrisi Andes 15.0, desenvolvido pelo Clark Labs for Cartographic Technology and Analysis no processamento das imagens e o Software ArcGis 10 desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute) para vetorização dos dados.

As imagens utilizadas pertencem ao sensor TM (Thematic Mapper) a bordo no satélite Landsat 5. As bandas 5, 4 e 3 foram utilizadas para efetuar a composição falsa cor Red, Green e Blue (RGB) e na identificação dos diferentes usos do solo. A banda 6 do infravermelho termal utilizada para obtenção da temperatura aparente da superfície. Todas as imagens correspondem à órbita/ponto 220/076, adquiridas através da página de catálogo de imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), referente à passagem de 19 de novembro de 20109.

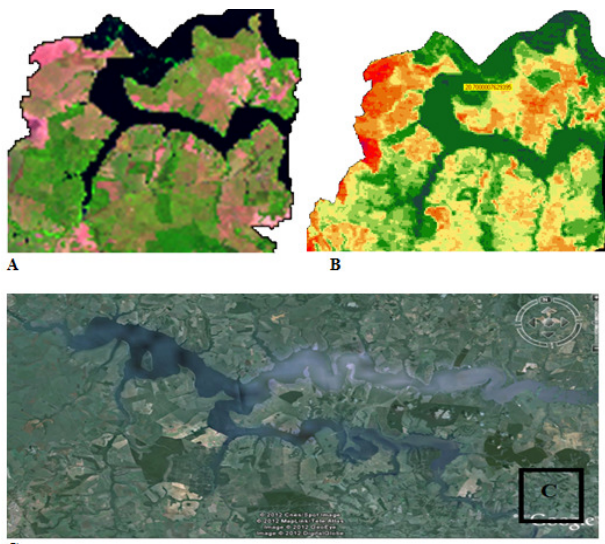
Foi utilizado também a carta planialtimétrica de Botucatu (Piroli, 2002) para análise da influência da topografia na temperatura aparente da superfície da classe Mata nativa.

As imagens das bandas 3, 4, 5 e 6 foram retificadas geometricamente, utilizando-se como base de pontos uma imagem corrigida do catálogo de imagens Land Cover. Foram adquiridos aproximadamente 25 pontos controle e o erro quadrático médio não ultrapassou metade da resolução da imagem. O interpolador utilizado foi o “nearest neighbor” (vizinho mais próximo) que segundo Nascimento (2011), não altera o valor dos níveis de cinza das imagens, pois todo pixel na imagem registrada recebe o valor de nível de cinza do pixel mais próximo na imagem original.

Para confirmação das classes de uso do solo foram utilizadas as imagens de alta resolução do Google Earth Pro associadas às imagens da composição RGB do satélite Landsat 5, as quais permitiram identificar e mapear quatro classes de uso: água, eucalipto, vegetação nativa e solo exposto.

Após a obtenção das imagens retificadas geometricamente com as informações das classes de uso e ocupação do solo e a geração da imagem da banda termal com dados de temperatura aparente de superfície, realizou-se o cruzamento das mesmas com a finalidade de analisar o comportamento térmico para cada área de uso escolhida, sendo possível analisar a temperatura aparente da superfície em seus valores máximos e mínimos.

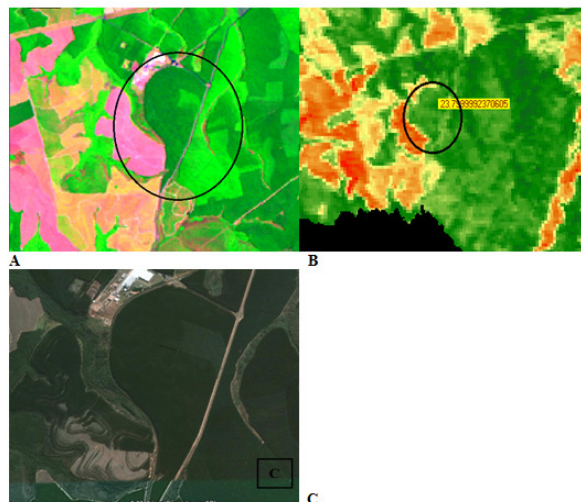
A escolha da classe água utilizada foi a representada pelo Rio Tietê (Represa de Barra Bonita), localizado no norte do município (Figura 2).



**Figura 2:** Imagens da classe água sendo: A) Classe água identificada na imagem de composição RGB; B) Classe água identificada na imagem Termal; C) Classe água identificada na imagem Google Earth Pro.

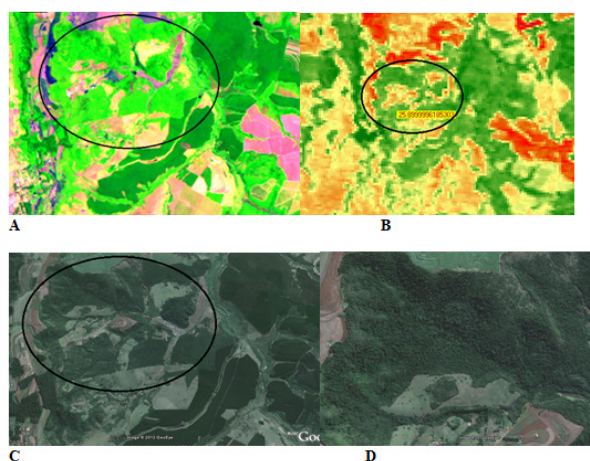
Na identificação da classe de uso Eucalipto procurou-se encontrar áreas que através da análise visual da imagem do Google Earth Pro, associada à composição RGB da imagem Landsat que fosse mais homogênea possível. Uma vez que existem diversas variações de estruturas das folhas entre espécies diferentes ou até mesmo em folhas de uma espécie que se desenvolveram em condições ambientais diferentes, que vão afetar o comportamento do processo de interação eletromagnética (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

A classe Eucalipto representada por plantios de uma das empresas instaladas no município permitiram escolher áreas que na análise visual apresentassem homogeneidade (Figura 3).



**Figura 3:** Imagens da classe eucalipto sendo: A) Classe eucalipto identificada na imagem de composição RGB; B) Classe Eucalipto identificada na imagem Termal; C) Classe eucalipto identificada na imagem Google Earth Pro.

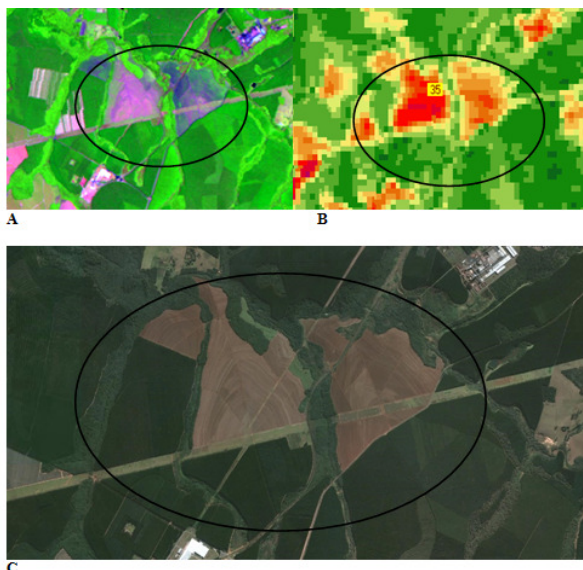
Na a definição da classe vegetação nativa (Figura 4) procurou-se obter áreas que possuíssem árvores heterogêneas em relação à espécie, tamanho e copa, como foi o caso da área pertencente à Fazenda Edgárdia, onde está situada a Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP- Botucatu.



**Figura 4:** Imagens da classe Mata Nativa sendo: A) Classe mata nativa identificada na imagem de composição RGB; B) Classe mata nativa identificada na imagem Termal; C) Classe mata nativa identificada na imagem Google Earth Pro; D) Detalhe aproximado da textura da classe.



Na classe solo exposto procurou-se identificar áreas onde não houvesse qualquer tipo de cobertura, como a área pertencente a uma das empresas de produção de papel e celulose instalada no município, em que houve a colheita recente do eucalipto (Figura 4).



**Figura 5:** Imagens da classe solo exposto sendo: **A)** Classe solo exposto identificada na imagem de composição RGB; **B)** Classe solo exposto identificada na imagem Thermal; **C)** Classe solo exposto identificada na imagem Google Earth Pro.

Após a vetorização de cada classe de uso foi possível o recorte no mapa da temperatura aparente, sendo gerado um histograma de cada classe de uso, possibilitando obter os intervalos de temperatura aparente com maior número de pixels e sua média.

O módulo de transformação do número digital (ND) para graus Celsius utilizado foi devidamente validado por Coltri (2006), através da rotina: *Image processing/Transformation/Thermal* do programa Idrisi.

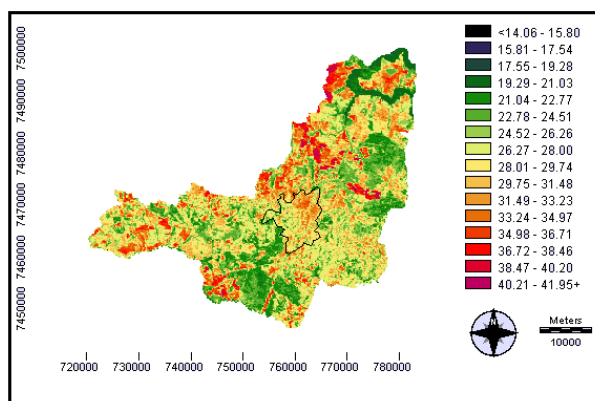
O módulo *Thermal* emprega o método inverso da lei de Plank na conversão dos níveis de cinza da imagem em valores de temperatura superficial.

Segundo a lei de Plank quanto maior a temperatura num dado comprimento de onda, maior será a quantidade de energia emitida por um corpo negro, que pode ser captado por um sensor, pois este capta a emissão de fótons de um alvo ou objeto, ou seja, sua emissividade permite determinar a sua temperatura.

O relacionamento entre a energia que deixa um dado corpo e sua temperatura é expressa pela Lei de Plank:  $B_{\lambda} = C_1 / \lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)$ , onde  $B_{\lambda}$  é a radiância espectral em ( $Wm^{-2}\mu m^{-1}$ ) em determinado comprimento de onda  $\lambda$ ,  $C_1$  e  $C_2$  são constantes ( $C_1 = 3,74 \times 10^8$  e  $C_2 = 1,439 \times 10^4$ ) e  $T$  a temperatura física do objeto medida em graus Kelvin.

A utilizada neste trabalho foi a preconizada por BIAS et al (2005), COLTRI (2006) e SOUSA (2007) que determinaram temperatura de superfície utilizando o software Idrisi, não foi efetuada correção para emissividade e nem correções atmosféricas, pois segundo EASTMAN (2006), para utilização do módulo *Thermal* são aceitos somente dados brutos da banda 6.

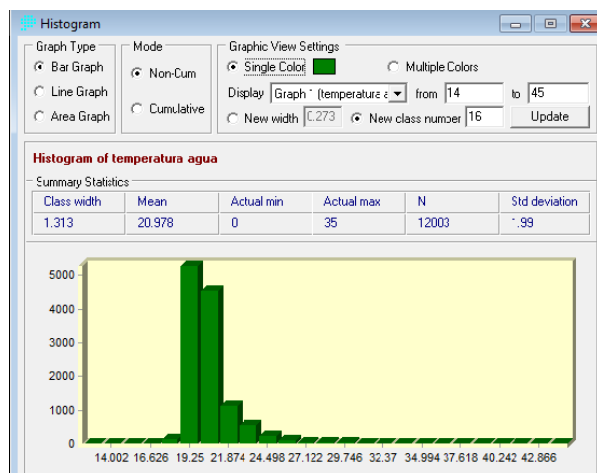
Após a aplicação do módulo *Thermal* o programa Idrisi gera uma imagem que apresenta diversos intervalos de temperatura. Bias et al, (2005) reclassificaram a temperatura aparente em 13 faixas. Nascimento (2011) reclassificou os dados no software ArcGis com delimitação manual em 5 faixas com intervalos de temperatura maiores, pois com esta classificação a visualização da distribuição dos dados atendeu aos objetivos do trabalho. Neste trabalho para a melhor visualização e análise dos dados na imagem houve a reclassificação da temperatura aparente em 16 faixas (Figura 6) como utilizado por COLTRI (2006).



**Figura 6:** Comportamento da temperatura aparente no município de Botucatu, no dia 19/11/2010 e sua reclassificação em 16 faixas.

No programa Idrisi foram feitos recortes no mapa da temperatura aparente com os polígonos de cada classe de uso através da rotina *Gis Analysis/Mathematical Operators/Overlay*. Desta forma foi possível gerar um histograma de cada classe de uso e obter uma média da temperatura aparente, além da visualização do intervalo de temperatura aparente que cada classe compreende. O histograma da classe água (Figura 7) que mostra os intervalos de temperatura com maior número de pixels e sua média.

Para cada classe de uso foi gerado um histograma a fim de verificar a média da temperatura aparente, através da rotina *composer/Layer properties/Properties/Histogram*.



**Figura 7:** Histograma gerado da classe de uso água.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo recoberto por florestas nativas e reflorestamento apresentaram temperatura médias menores que as áreas com solo exposto, pois as árvores e a cobertura vegetal por reflorestamento (Eucalipto) refrescam suas circunvizinhanças, uma vez que a evaporação converte a energia solar em água evaporada ao invés de calor, mantendo as temperaturas da vegetação e do ar mais baixas, bem como, promovem sombras para as superfícies, protegendo-as do calor do sol e proporcionando superfícies mais frescas com a redução do calor armazenado.

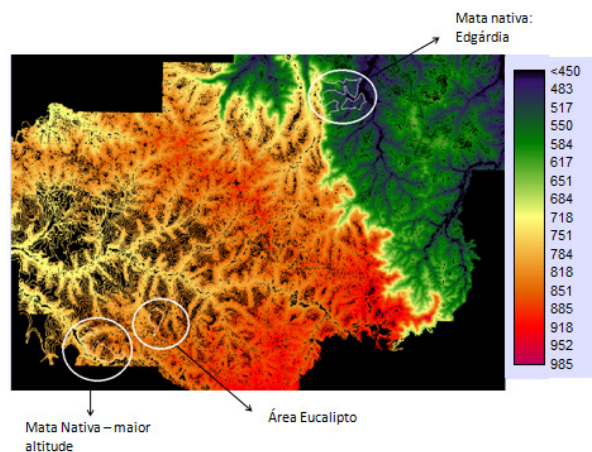
A temperatura aparente média observada nesta classe através do histograma foi de 23.8°C. Esta temperatura aparente amena se justifica pelo fato de que parte da radiação solar incidente sobre o dossel das árvores é absorvida ou refletida pelas folhas para que ocorram os diversos processos e interações físico-químicos, como a fotossíntese, por exemplo. A radiação incidente sendo utilizada nos fluxos de calor latente para a evapotranspiração e a presença de água dentro das folhas dificulta o aumento da temperatura, devido ao elevado calor específico da água (PRIMAVESI et al, 2007; PONZONI e SHIMABUKURO, 2009; JENSEN, 2010).

A classe mata nativa é representada pela área da Fazenda Experimental Edgárdia pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA).

A mata nativa apresentou média de 25.5°C, temperatura aparente acima da classe Eucalipto (23.8°C). Inicialmente, supôs-se que a temperatura aparente maior encontrada na área da mata nativa ocorria pelo fato do fragmento possuir alta heterogeneidade de espécies e possuir diferentes ciclos de sucessão (pioneiras, secundárias e tardias) que levam a uma cobertura menos homogênea do dossel, permitindo a entrada da radiação e o aumento da temperatura nessas áreas.

Porém, ao observar que a área da Fazenda Edgárdia se localiza a uma altitude de aproximadamente 550 – 600 m e a área pertencente à classe eucalipto encontra-se a uma altitude mais elevada, aproximadamente 830 m, observou-se a possibilidade de que a diferença de temperatura aparente observada pudesse ter relação com a altitude.

Dessa forma, foi tomada outra área que representasse a mata nativa e que se localizasse próximo a altitude verificada na área do eucalipto (Figura 8).



**Figura 8:** Localização das áreas de mata nativa e eucalipto sobre o mapa de altitude.

A segunda área escolhida para representar a classe mata nativa, com altitude de aproximadamente 800m, apresentou temperatura aparente da superfície de 23.65°C, valor bastante próximo ou equivalente a aquele encontrado na classe eucalipto, 23.8°C, evidenciando que a diferença de altitude influenciou na temperatura aparente em uma mesma classe de uso, no caso a mata nativa.

A classe de uso água apresentou a menor temperatura dentre as classes estudadas, devido ao seu elevado calor específico (1cal/g°C), uma vez que é necessário grande quantidade de energia para elevar sua temperatura. A temperatura aparente média observada pelo histograma foi de 20.9°C., sendo a menor temperatura encontrada dentre todas as classes de uso estudadas.

Temperaturas entre 17-18°C foram encontrados por Bias et al (2005) em área caracterizada por pequena lagoa com baixa concentração de algas. SANTOS (2009) observando o fluxo de calor no solo verificou valores menores nas áreas mais úmidas como corpos hídricos e alagados e maiores nas áreas urbanas e nas áreas desprovidas de vegetação, evidenciando que com a presença de água a temperatura aparente é menor, pois os corpos de água funcionam com estabilizadores térmicos, resfriando o ar durante o dia e irradiando calor durante a noite, diminuindo a amplitude térmica (PRIMAVESI et al, 2007).

A classe de uso solo exposto apresentou temperaturas mais elevadas, corroborando com os resultados encontrados por Godoy et al (2009), que analisaram a relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal e verificaram grande diferença de temperatura ocorrida no Parque Jardim Botânico, resultante de um incêndio onde houve exposição do solo e elevação da temperatura de superfície de 26°C em abril, para 48 °C em outubro de 2005.

A média de temperatura aparente verificada através do histograma foi 33.6°C. O solo exposto, sem cobertura vegetal, possui alta amplitude térmica, aquecendo rapidamente durante o período de exposição solar, levando a conseqüente elevação de temperatura durante o dia, aumentando a irradiação de calor e a temperatura em seu entorno (GARTLAND, 2010).

#### 4 CONCLUSÃO

A utilização do sensoriamento remoto aliado aos Sistemas de Informação Geográfica permitiu a visualização e a interpretação da morfologia da temperatura aparente da superfície do município de Botucatu para a data de 19/11/2010.

As diferentes coberturas do solo influenciaram diretamente na temperatura aparente observada nas imagens.

A diferença de altitude influenciou na temperatura aparente da classe de uso mata nativa.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Programa de Pós-Graduação Energia na Agricultura.

#### 6 REFERÊNCIAS

BIAS, E.S.; BAPTISTA, G.M.M.; LOMBARDO, M.A.; **Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados landsat e ikonos.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2005. Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p.1741 – 1748.

COLTRI, P.P. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: Análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto.** Piracicaba. 2006. 166p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz/USP.

EASTMAN, J.R. **Idrisi ANDES Guide to GIS and Image Processing.** Worcester, MA: Clark University, 2006.

FIALHO, E. S. **Ilha de Calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, Zona da Mata Mineira.** São Paulo, 2009. 259p. Tese (Doutorado em Geografia/Geografia Física) – Universidade de São Paulo.

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

GODOY, L. B; BAPTISTA, G. M. M; ALMEIDA, T. **Relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal, por meio de dados ASTER.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009. Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 699 – 705.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** São José dos Campos/SP: Parênteses editora, 2010. 597p.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986-2010).** 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, 2011. 98p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008. 363 p.

PEREIRA, C. C., MARIANO, Z.F., WACHHOLZ, F., CABRAL, J.B. P. **Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás).** *Geonorte*. Manaus, v.2, n.5, p.1243-1255, 2012.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2009.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M.S.; **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. — (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 70). Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacao gratuita/documentos/Documentos70pdf/view>>. Acesso em 28 out. 2010.

SANTOS, T. V. **Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do Jacuí por meio de imagens orbitais.** 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SOUSA, J. L. **Análise do campo térmico de cidades de médio porte: estudo de caso do pólo têxtil de Americana-SP.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Pós-graduação em Geografia- Organização do espaço. 2007. 347p.