

## **Análise multitemporal de um fragmento de Mata Atlântica como gerador de ilha de amenidade em área urbana através do IVAS e a Temperatura da superfície, estudo de caso: Mata do Engenho Uchoa, Recife - PE**

Josemary Santos e Silva Oliveira <sup>1</sup>  
Jacicleide Ramos de Souza <sup>2</sup>  
Tiago Henrique de Oliveira <sup>2</sup>  
Josiclêda Domiciano Galvêncio <sup>2</sup>  
Maria Fernanda Abrantes Torres <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CONDEPE- FIDEM - Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco  
Rua Barão de São Borja, 526, Boa Vista, CEP: 50070-310 Recife/PE – Brasil  
josy.santos04@gmail.com

<sup>2</sup> Dept. Ciências Geográficas - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901 -  
Recife/PE – Brasil  
cleide.jaci@hotmail.com, thdoliveira5@gmail.com, josicleda@hotmail.com,  
daetorres@hotmail.com

**Abstract.** The Uchoa Mill Wood is a remnant of Atlantic Forest, located in the Basin of Tejipió River and its preservation is of utmost importance for maintaining the ecological balance of the city. The increased density in large urban centers has become a challenge, because this growth is always related to problems that reflect the environmental quality of urban residents. The objective of this research is to conduct a spatial-temporal analysis of Uchoa Mill Woods through the Soil Adjusted Vegetation Index (UAI) and the surface temperature, emphasizing the importance of this forest fragment as primarily responsible for promoting a less thermal sensation. To achieve this objective, it were used Landsat TM images of 5-point orbits and 214/66 with dates of passage on May 9, 1987, September 28, 1989, June 14, 1991, 26 August 2006, July 28 2007 and September 6, 2010. Geometric correction, radiometric calibration, reflectance, SAVI, LAI, emissivity and surface temperature were done. We observed large variations in space-time in the woods of Uchoa Mill, due to constant human interventions. The areas that had dense arboreal vegetation exhibited higher values of the UAI 0.701. From the surface temperature it was possible to observe how the areas of forest fragment present milder temperature than its surroundings. These green areas located in urban centers act as climate controllers on the extent to which lessen the effects of heating by stimulating the atmospheric circulation.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, índice de vegetação, ilhas de amenidade, remote sensing, vegetation index, islands of amenity.

### **1. Introdução**

O aumento da densidade urbana nos grandes centros tem se tornado um desafio, pois este crescimento vem sempre aliado a problemas que refletem na qualidade ambiental dos moradores das cidades. Deste modo ocorre a supressão de áreas florestadas em detrimento a implantação de novas habitações para atender as necessidades da especulação imobiliária.

Monteiro (2003) afirma que a cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e prejudicar a qualidade de vida de seus habitantes.

Os fragmentos de mata Atlântica podem ser encontrados em áreas da região metropolitana da cidade do Recife, e se constituem em importantes áreas de desenvolvimento da biodiversidade. A conservação destes ambientes além de proporcionar vida para diferentes espécies garante o conforto térmico das áreas urbanas onde estão inseridas. Schreiner et al.

(2009) considera que a retirada da cobertura vegetal e o aumento da densidade populacional, entre outras interferências como vias asfaltadas; as principais responsáveis pelo aumento da temperatura em áreas urbanizadas.

Florenzano (2007), [...]“a quantidade de área verde existente dentro de uma cidade é um dos indicadores da qualidade de vida de seus habitantes. Quanto maior é o índice de área verde de uma cidade, maior é a qualidade de vida da sua população, com relação a esse aspecto”.

A Mata do engenho Uchoa é um remanescente de Mata Atlântica, localizada na Bacia do Rio Tejipló e sua preservação é de extrema importância para a manutenção do equilíbrio ecológico da cidade. Possui potencial que é sistematicamente utilizado pelas comunidades entorno. Sua área é de 192 hectares onde se encontra 11 bairros ao seu redor com uma população de 270 mil habitantes, 19% da população do Recife e é a única área em Pernambuco que possui os três biomas: mangue, restinga e Mata Atlântica.

Diante do exposto este trabalho busca contribuir para a elaboração de alternativas que possam intermediar uma melhor gestão dos recursos ambientais locais. O objetivo desta pesquisa é realizar uma análise espaço-temporal da Mata do engenho Uchoa através do Índice vegetação ajustado ao solo (IVAS) e da Temperatura da superfície, ressaltando a importância deste fragmento de mata como principal responsável por promover amenização da sensação térmica.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de estudo

A Mata do engenho Uchoa esta localizada na Zona Oeste da cidade do Recife entre as coordenadas 34°57'10"O e 8°5'43"S Sul. Possui cerca de 5,5 ha; na categoria das Unidades de Conservação ela foi estabelecida como área de proteção ambiental de acordo com a Lei Estadual nº 9.989/87.

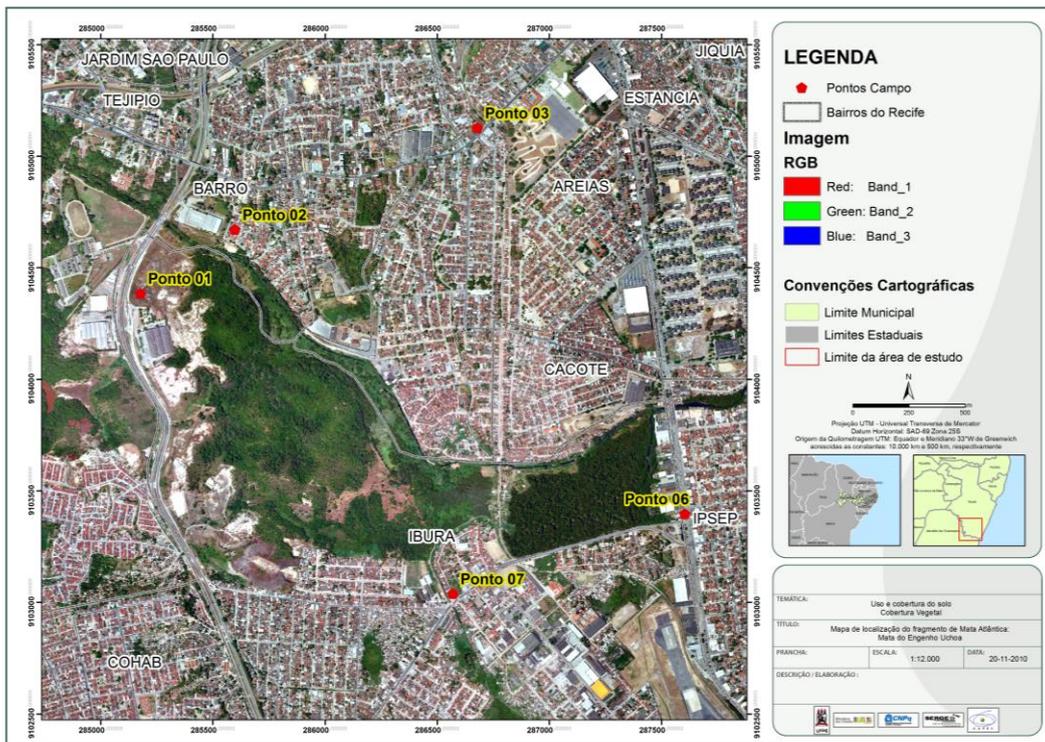


Figura 1. Mapa de localização da Mata do Engenho Uchoa.

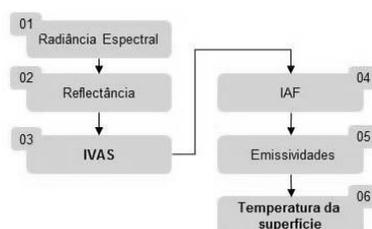
Este ecossistema que ao longo dos anos passou por intensos processos de degradação, reserva ainda exuberantes fragmentos que conservam resquícios de vida silvestre da fauna e da flora e atualmente está no centro das discussões entre o poder público, que pretende instalar uma usina de resíduos sólidos e a população que defende a conservação e a revitalização da área.

## 2.2 Dados radiométricos

Foram utilizadas as imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*), órbita e ponto 214/66, a bordo do satélite Landsat-5 obtidas junto à Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. As datas de passagem ocorreram em 9 de maio de 1987, 28 de setembro de 1989, 14 de junho de 1991, 26 de agosto de 2006, 28 de julho de 2007 e 6 de setembro de 2010. Todas as cenas foram registradas e ortorretificadas tomando por base a imagem landsat disponível no site Landsat.org.

## 2.3 Algoritmo SEBAL

Para analisar o IVAS e a Temperatura da Superfície (°C) foi utilizada a metodologia proposta por Bastiaanssen et al (1998a) e amplamente utilizada por diversos autores (Silva et al, 2005a,b; Oliveira & Galvíncio, 2008; Oliveira, T.H., 2009;) cuja etapas são mostradas no fluxograma abaixo, Figura 2:



**Figura 2.** Fluxograma de etapas para obtenção da Temperatura da superfície.

### 2.3.1 Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica (equação 1) é dada pela intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido e seu conceito pode ser comparado ao conceito de brilho, ou seja, um objeto é considerado mais brilhante quanto maior for sua “radiância medida”. Essas radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtida pela equação proposta por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

onde  $a$  e  $b$  são as radiâncias espectrais mínima e máxima ( $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ ),  $ND$  é a intensidade do pixel (numero inteiro compreendido entre 0 e 255) e  $i$  corresponde as bandas (1, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5 e 7. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003).

### 2.3.2 Reflectância

A reflectância (Equação 2) de cada banda ( $\rho_{\lambda i}$ ) é definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, que é obtida com através da equação (Allen *et al.*, 2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

onde  $L_{\lambda_i}$  é a radiância espectral de cada banda,  $k_{\lambda_i}$  é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ( $Wm^{-2} \mu m^{-1}$ , Tabela 1),  $Z$  é o ângulo zenital solar e  $d_r$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_0$ ) e a distância Terra-Sol ( $r$ ) em dado dia do ano (DSA).

### 2.3.3 IVAS

Foi utilizado o índice de vegetação ajustado por solo (Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI) introduzindo um fator no IVDN para incorporar o efeito da presença do solo, mantendo-se o valor do IVDN dentro de -1 a +1, seguindo a equação proposta por Huete (1988). Esse índice é calculado pela equação 7:

$$IVAS = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad (3)$$

onde  $\rho_{IV}$  e  $\rho_V$  correspondem, respectivamente, às bandas do infravermelho próximo e do vermelho e  $L$  é o fator de ajuste do solo, cujo valor mais frequentemente usado é 0,5 (Accioli *et al.*, 2002; Boegh *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2005a).

### 2.3.4 IAF

O índice de área foliar (Equação 4) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. Este índice é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem sendo calculada por equação empírica proposta por Allen *et al.* (2002):

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - IVAS}{0,59}\right)}{0,91} \quad (4)$$

### 2.3.5 Emissividades

Para a obtenção da temperatura da superfície é utilizada a equação de Planck invertida, válida para um corpo negro. Como cada pixel não emite radiação eletromagnética como um corpo negro, é necessário introduzir a emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal  $\epsilon_{NB}$ , qual seja: 10,4 – 12,5  $\mu m$ . Por sua vez, quando do cômputo da radiação de onda longa emitida por cada pixel, deve ser considerada a emissividade no domínio da banda larga  $\epsilon_0$  (5 – 100  $\mu m$ ). Segundo Allen *et al.* (2002), as emissividades  $\epsilon_{NB}$  (Equação 5) e  $\epsilon_0$  (Equação 6) podem ser obtidas, para  $IVDN > 0$  e  $IAF < 3$ , segundo:

$$\epsilon_{NB} = 0,97 + 0,00331IAF \quad (5)$$

$$\epsilon_0 = 0,95 + 0,01IAF \quad (6)$$

Para pixels com  $IAF \geq 3$ ,  $\epsilon_{NB} = \epsilon_0 = 0,98$ . Para corpos de água ( $IVDN < 0$ ), no caso do lago de Sobradinho e do leito do Rio São Francisco, Silva & Cândido (2004) utilizaram os valores de  $\epsilon_{NB} = 0,99$  e  $\epsilon_0 = 0,985$ , conforme Allen *et al.* (2002).

### 2.3.7 Temperatura da Superfície

Para a obtenção da temperatura da superfície ( $T_s$ ) são utilizados a radiância espectral da banda termal  $L_{\lambda,6}$  e a emissividade  $\epsilon_{NB}$  obtida na etapa anterior. Dessa forma, obtém-se a temperatura da superfície em Kelvin (Equação 7) pela seguinte expressão:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (7)$$

onde  $K_1 = 607,76 Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$  e  $K_2 = 1260,56 K$  são constantes de calibração da banda termal do Landsat 5 – TM (Allen *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2005a).



É possível observar que as áreas que apresentavam vegetação de porte Arbórea densa exibiam valores de IVAS superiores a 0,701 e que estes núcleos são representados por pequenas manchas dentro do fragmento nas imagens de 9 de maio de 1987 e 28 de setembro de 1989. Ao longo dos anos são observados grandes variações espaço-temporais destas áreas, em virtude das constantes intervenções antrópicas, já a partir de 14 de junho de 1991 estas áreas começaram a ter um maior desenvolvimento nas demais imagens.

Machado et al 2009, considera o IVAS, um excelente índice para se obter valores de perda de biomassa. Estas estimativas são bastante significativas, porque são capazes de indicar que esta área de proteção ambiental está sofrendo interferências na sua composição florística e consequentemente diminuição de sua cobertura vegetal.

A partir do mapa de temperatura da superfície, Figura 4, é possível observar como as áreas do fragmento de mata se apresentam mais amenas do que o seu entorno. Essas áreas verdes situadas em centros urbanos atuam como controladores do clima na medida em que amenizam os efeitos do aquecimento urbano estimulando a circulação atmosférica.

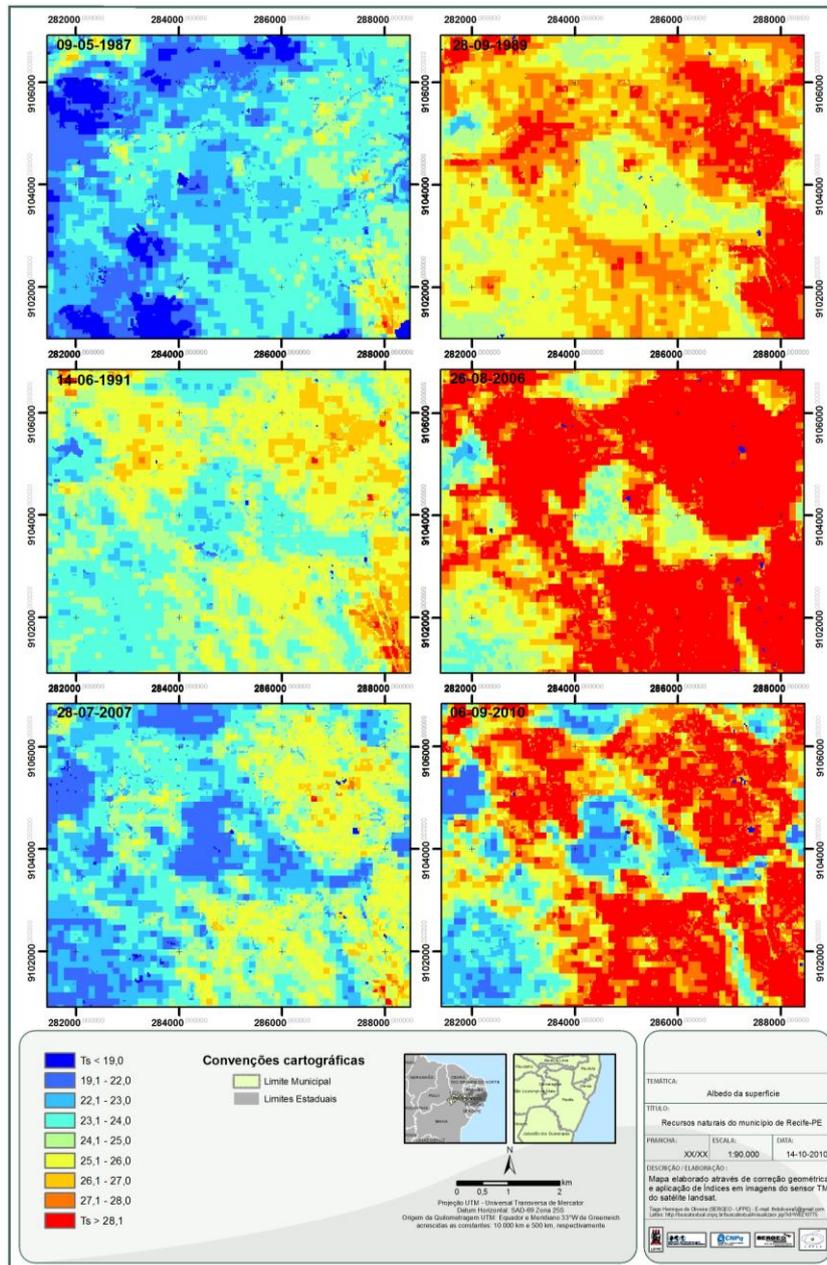


Figura 4. Temperatura da superfície (°C) da Mata do Engenho Uchôa, Recife PE.

Para Sailor (1998), citado por Vilanova e Maitelli (2009), a vegetação urbana pode causar impacto no clima regional, causando um efeito indireto de resfriamento por toda a cidade. Essa circulação é responsável pela diminuição de ondas longas emitidas. Rivero (1986) afirma que a vegetação chega a absorver 90% da radiação visível e 60% da infravermelha, sendo o restante é transmitido entre as folhas ou refletido.

De acordo com Oke (1987), parques e áreas verdes atuam determinando no ambiente um micro clima que se caracteriza por temperatura média anual mais baixa com variações de menor amplitude, umidade relativa do ar mais elevada, interceptação da radiação solar, diminuição da aridez e do calor no período da seca, promovendo assim condições de conforto térmico.

As áreas situadas na borda da mata apresentam de acordo com as imagens de 05 de maio de 1987, 14 de junho de 1991 e 26 de julho de 2007 temperaturas que variaram de 19°C a 26°C. Este período em que as temperaturas estão mais amenas corresponde à estação chuvosa da cidade do Recife As temperaturas mais elevadas apresentaram valores em torno 25.1°C á >28.1 °C nos anos observados nas imagens de 28 de setembro de 1989, 28 de agosto de -2006 e 06 de setembro de 2010 estes intervalos correspondem aos meses mais quentes do ano

Através da atividade de campo foram obtidos os valores de temperatura e umidade na borda do fragmento, Tabela 1, o que vem a demonstrar temperaturas mais baixas e umidade mais elevadas. A medida que ocorreu o distanciamento do entorno da mata as áreas mais urbanizadas apresentaram médias de temperaturas mais elevadas. Para Oliveira (1988) o elemento vegetação dentro do item áreas verdes (...) atua como moderador das temperaturas urbanas.

**Tabela 1.** Temperatura e umidade do ar para o dia 3 de setembro de 2010 no entorno da Mata do Engenho Uchoa.

Pontos	UTM E	UTM N	Temperatura do Ar (°C)	Umidade do Ar (%)
Cadan - Borda	285177	9104386	30.0	53%
Dr. José Rufino - Área Urbana	285599	9104672	33.8	37%
Rua José Notório	286681	9105128	38.0	39%
Avenida Recife	287147	9105782	30.8	49%
Avenida Recife II	287134	9105888	33.1	49%
Entrada do Ibura	287606	9103398	32.4	43%
SESI do Ibura	286571	9103040	29.9	52%
Rio Xingu e Avenida Dois Rios	286069	9102214	31.1	52%

#### 4. Conclusões

As áreas que apresentavam vegetação de porte Arbórea densa exibiam valores de IVAS superiores a 0,701. A partir da temperatura da superfície foi possível observar como as áreas do fragmento de mata se apresentam mais amenas do que o seu entorno.

Essas áreas verdes situadas em centros urbanos atuam como controladores do clima na medida em que amenizam os efeitos do aquecimento urbano estimulando a circulação atmosférica.

A partir de resultados encontrados as bordas do fragmento apresentaram valores que variaram de 25C° a 26° C no período que corresponde aos meses mais quentes da cidade do Recife comprovando a importância deste fragmento como local responsável por promover uma sensação térmica mais amena para as comunidades do seu entorno.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de Mestrado cedida ao terceiro autor, ao INPE por ceder as imagens de satélite através do Catálogo de Imagens de Satélite, à CONDEPE-FIDEM. Ao CNPq pelo financiamento do Projeto Mata e Mangue: 577356/2008-9. À Brigada

Ambienta da Prefeitura do Recife pelo apoio de campo. E aos grupos Tropoclima, SERGEO e BIOMA do Departamento de Ciências Geográficas (DCG) da UFPE.

### Referências

- Accioly, L.J.; Pacheco, A.; Costa, T.C.C.; Lopes, O.F.; Oliveira, M.A.J. 2002. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.492-498
- Allen, R. G.; Tasumi, M.; Trezza, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, version 1.0, 97p., 2002.
- Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A. & Holtslag, A. A. M. A. 1998. Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, v. 212-213, p. 198-212.
- Bias, E. S. et al. Análise do fenômeno de ilhas de calor, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos, Belo Horizonte. 2003.8f Artigo
- Boegh, E.; Soegaard, H.; Thomsen, A. 2002. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. *Remote Sensing of Environment*, v.79, n.1, p.329-343.
- Carvalho, M.M. Clima urbano e vegetação: Estudo analítico e prospectivo do parque das dunas em Natal, 2001.283f Dissertação.
- Chander, G.; Markham, B. 2003. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*. v. 41. n. 11.
- Florenzano, T. G. 2007. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**: 2ª edição do *Imagens de Satélite para Estudos Ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Huete, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. *International Agrophysics*, v.4, n.4, p.367-376, 1988.
- Machado, C.C.C.; Galvêncio, J.D., Pereira, E.C.G. Utilização do IVAS e da Temperatura da superfície para análise multitemporal das mudanças ambientais no Parque Natural da Serra da Estrela (Portugal). **Anais do VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio de 2010**
- Markham, B. L.; Barker, L. L. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, v.8, n.3, p.517-523.
- MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2003
- Oliveira, T.H. & Galvêncio, J.D. 2008. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó – PE usando sensoriamento remoto termal. *Revista Brasileira de Geografia Física - Recife-PE Vol.1 n.02 Set/Dez 2008*, 30-49.
- Oliveira, T.H. 2009. Balanço de radiação da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE através de imagens TM Landsat-5 e ETM+ Landsat 7. Monografia de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia). Departamento de Ciências Geográficas – UFPE.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates* (2nd ed.). London: Methuen (435 pp).
- Silva, B. B. Da; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. de. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005<sup>a</sup>
- Silva, B. B. Da; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. de. 2005b. Determinação do albedo de áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 13, n. 2, p. 201-211.
- Schreiner, S.; Vasconcelos, L. C. S.; Zeilhofer, P. Técnicas de Geoprocessamento para modelação de anomalias de temperatura nos perímetros urbanos de Cuiabá e Várzea Grande – MT. 2007. 6 f. Artigo - UFMT.
- Vilanova, S.R; Maitelli, G.T. A importância de áreas verdes remanescentes no centro político administrativo de Cuiabá –MT, 2009.17f.