

Estimativa da temperatura da superfície do solo de uma região semi-árida a partir do IRMSS (banda 4) do CBERS-2

José Wilton Francisco da Silva¹
Rosângela Leal Santos²

¹Universidade Estadual de Feira de Santana
44031-460 Feira de Santana - BA, Brasil.
jwiltongeo@yahoo.com.br

²Universidade Estadual de Feira de Santana - DTEC
44031-460 – Feira de Santana - BA, Brasil.
rosaleal@uefs.br

Abstract: This work present a study about the CBERS thermal image potentiality to determine the land surface temperature . Remote sensing techniques were applied to derive information on land use/cover and land surface temperatures and to assess the thermal response patterns of land cover types. The combined use of satellite-derived vegetation and land cover distributions with land surface temperature maps provides a potential useful tool for many planning applications. Land surface temperatures were derived from geometrically corrected image of the IRMSS CBERS, thermal infrared (band 4: 10,40 - 12,50 μm), images dated on January 5, 2005, and it has a spatial resolution of 160 m. The study has executed in a Bahia semi-arid region, in Central municipal district, near Irecê city.

Palavras-chave: land surface temperature, CBERS-2, remote sensing techniques, temperatura da superfície do solo, CBERS 2, técnicas de sensoriamento remoto.

1.0 Introdução

A temperatura de superfície é um dos principais dados que podem ser estimados a partir das imagens da banda do termal. A temperatura da superfície terrestre (TST) frequentemente têm sido tema de pesquisas em trabalhos científicos (Becker & Li 1990; Kerr et al., 1992; Prata 1994b; Ulivieri et al., 1994; Sobrino, Li & Becker, 1994) e tem sido bastante exigida para várias aplicações na meteorologia e estudos dos recursos naturais, principalmente na estruturação de modelos de balanço de energia, parâmetros biofísicos e bioclimáticos da superfície. Informações sobre a temperatura de superfície terrestre (TsT) têm significativa relevância científica com contribuições importantes em um vasto campo das atividades econômicas e comerciais ligadas à agricultura.

Sua importância advem desta se constituir num parâmetro fenológico notadamente influenciado por variações no clima, e indicador do estado hídrico da planta. Assim, a sua estimativa é de grande utilidade em trabalhos de monitoramento que assegurem o atendimento da demanda hídrica das culturas, podendo contribuir em programas de irrigação. Os principais fenômenos que interferem na sua determinação são a absorção atmosférica e a emissividade.

Sendo assim, este trabalho foi realizado no município de Central (BA), distante 512 km da capital do estado. Localizado em pleno Polígono das Secas, apresenta uma precipitação média anual de 650mm e de 45mm em áreas mais secas, sua temperatura média anual de 26°C. Já a estação chuvosa situa-se entre os meses de dezembro a abril. Os solos predominantes são o Latossolo Vermelho Amarelo e o Cambissolo, desenvolvidos sobre relevo cárstico, da província do São Francisco do Norte. A principal atividade econômica da região é agricultura de sequeiro (feijão, milho e mandioca), estando em fase de implantação à fruticultura irrigada.

2.0 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi investigar a adequação do uso do sensor orbitais da banda termal do satélite CBERS2 para o monitoramento da temperatura da superfície terrestre (TST) para a região semi-árida do Estado da Bahia, sendo este trabalho realizado no município de Central.. (Figura 1).

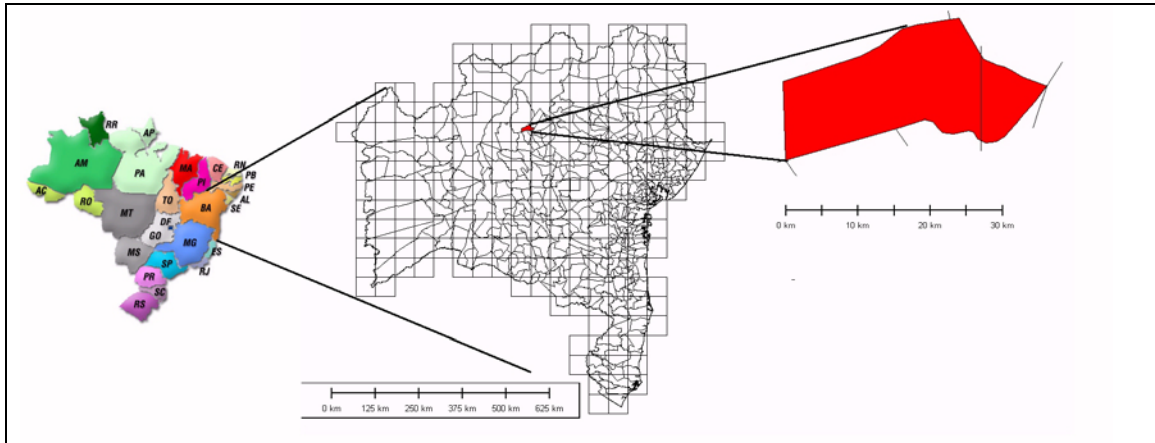


Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo, destacando o município de Central (em vermelho), no Estado da Bahia

3.0 Metodologia

3.1 Materiais

Foi utilizada uma imagem de nível orbital do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Naturais CBERS-2 (China-Brazil Earth Resources Satellite 2), com resolução espacial de 120m, de 05/01/2005, da órbita/ponto 155/105. A imagem foi reamostrada para 20m e, em seguida, registrada para o *datum*: SAD-69/Brasil, projeção UTM, zona 24 Sul, tomando-se como referência as imagens CCD da mesma data. Em seguida as imagens foram recortadas para uma área de 4119 x 4734 pixels, sendo delimitado pelas coordenadas $X_1 = 156424$, $Y_1=8761206$; e $X_2=238765$, $Y_2= 8855531$ (Figura 2 (a) e (b)).

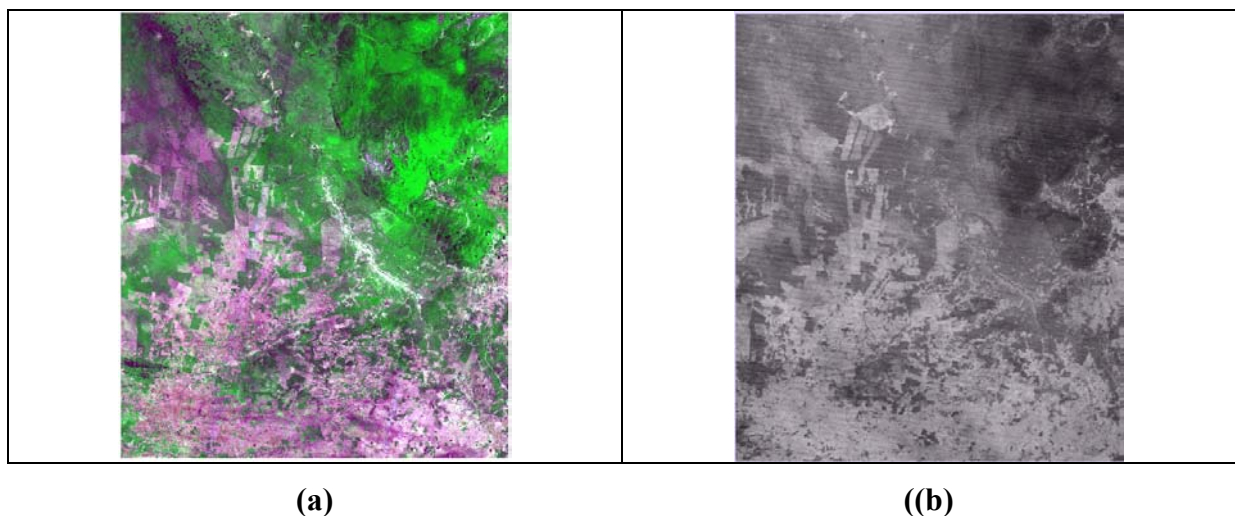


Figura 2 – Recorte da cena 155/105 do satélite CBERS2, de 05/01/2005, correspondente ao município de Central. (a) Composição colorida RGB com as bandas 3-4-2, do sensor CCD; (b) Recorte da banda termal dos sensores IRMSS, com pixel reamostrado para 20m

Foram utilizados dados de temperatura do ar fornecidos pela Superintendência de Recursos Hídricos (SRH), das estações meteorológica de Irecê, Ibipoarã (Distrito de Mundo Novo) e Souto Soares, que ficam dentro e próximo ao perímetro da cena estudada.

3.2 Método

Como a proposta do método é trabalhar no âmbito regional, pressupõe-se que a área seja relativamente extensa, assim, é quase impossível contar com uma cobertura completamente livre de nuvens, apesar de a região de estudo ficar no semi-árido baiano. Sendo assim, foi feito um recorte nas cenas estudadas, usando como critério tanto a área de interesse quanto a nebulosidade apresentada nas imagens.

Para Vidal e Perrier (1992) as temperaturas do ar e da superfície terrestre tendem a atingir seus ápices aproximadamente entre 13:00 e 14:00 horas local, entretanto, este parâmetro tem uma variação que está vinculado à sazonalidade de cada região, principalmente pela incidência de luz solar em alguns períodos do ano em algumas regiões do planeta.

Trabalhos realizados com imagens Landsat por Lagourdi e Oliosio (1995), demonstram que temperatura da superfície terrestre captada por um sensor aproximadamente entre 10:00 e às 11:00 horas local, e entre as 13 e 14:00 h podem ser consideradas para o restante do dia até mesmo em outras aplicações como a evapotranspiração, principalmente em dias claros. Este caso se aplica ao CBERS 2, cujo horário de imageamento local é às 10:30h.

Foram realizadas também correções geométricas e radiométricas nas imagens, onde para primeira mantivemos os parâmetros estabelecidos pelo sensor para todas os canais utilizados (CCD B3 0,63 - 0,69 μm , CCD B4 0,77 - 0,89 μm , IRM, B4 10,40 - 12,50 μm).. Para esta correção radiométrica, segundo Cristóbal et al. (2003), faz-se com conversão de números digitais (DN) em radiância que é realizada frente aos dados incluindo os pixels das margens da imagem, sendo que este caso, só se aplica quando dispusermos do formato original das imagens, tendo em conta a leitura dos mesmos parâmetros.

Para o parâmetro de emissividade da superfície, e a determinação da mesma para o solo e a vegetação, foi feito a partir da média da emissividade e que corresponde à radiação direta dos elementos que compõem a cobertura, estabelecendo como média os valores de emissividade da cobertura vegetal e do solo, que variam respectivamente entre 0.980 e 0.990 e 0.950 e 0.970, onde adotamos valores médios de 0.985 e 0.960 respectivamente, para a região espectral situada entre os comprimentos de onda 10,4 e 12,5 μm , onde se situa a banda termal do CBERS-2, que para Valor et al. (1996) pode ser quantificado a partir da **Equação 1**:

$$\epsilon_o = 0.985 * P_v + 0.960 * (1 - P_v) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Para Valor e Caselles (1996), P_v é a proporção da vegetação obtida a partir de NDVI.

ϵ_o = é a parte da emissividade correspondente à radiação direta dos elementos que compõem a cobertura e estabelecem-se médias dos elementos que compõem a cena.

Quanto à temperatura da superfície terrestre, esta é dada pela ausência de perfis atmosféricos na hora da passagem do satélite, para ser levada em consideração à correção atmosférica. Segundo Maralet (1995), em imagens termais tem-se registrado em cada pixel o valor numérico (número digital) da temperatura radiométrica captada. Sendo assim, para converter tal radiância em uma escala termodinâmica (Kelvin) e posteriormente em escala de temperatura (Celsius), utilizou-se uma regressão quadrática (Maralet, 1985) (**Equação 2**), que permitiu a transformação da radiância (do DN) aferidas pelo satélite em temperatura, sendo que as mesmas alcançam resultados que vão fornecer temperaturas muito próximas do real, devido à correção de emissividade.

Na **Equação 2** proposta por Maralet (1985), todos os alvos da superfície são considerados como corpo negro, baseado no modelo físico-teórico de referência, desenvolvido por Planck, que estima a razão entre a quantidade de energia absorvida e emitida, portanto, o corpo negro é um modelo perfeito, por conseguir absorver e emitir toda a energia incidente sobre o mesmo.

$$T = 209,931 + 0,834 \text{ DN} - 0,00133 \text{ DN}^2 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

T= Temperatura na escala de Kelvin

DN= Número Digital de cada pixel

Dentro da quantificação da temperatura do ar Ninyerola et al., (2000) e Pla (2001) apontam que a técnica de regressão múltipla e de integração espacial dos dados provenientes das estações meteorológicas da hora da passagem do satélite, tem sido uma técnica bastante empregada. Já para o cálculo da Radiação Líquida instantânea, este parte da **Equação 3** do balanço radioativo:

$$R_n = R_s * (1 - \alpha) + \epsilon_a * \sigma * T_a^4 - \epsilon * \sigma * T_{st}^4 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

α = albedo da superfície calculado com base no método proposto por Dubayah (1992) mediante a soma ponderada dos canais visíveis, infravermelho próximo e infravermelho médio (canais 1, 2, 3, 4 do CBERS-2)

R_s = Radiação de onda curta incidente Segundo Martín Vide (1991), Moran et al.,(1989) e Delegido et al., (1991), este termo pode se aproximar da radiação solar global, e pode ser quantificada a partir do método de Pons (1996), neste trabalho considerou-s a radiação solar global.

σ = constante de Stephan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

ϵ = emissividade da superfície

ϵ_a = emissividade do ar. Esta é quantificada mediante a **Equação 4**, proposta por Idso (1981)

:

$$\epsilon_a = [0,7 + 5,9 * 10^{-5} * e * \exp(1500/T_a)]$$

Equação 4

Onde:

e = pressão do vapor d'água (kPa) calculada a partir de Allen et al. (1989).

No que tange à temperatura da superfície terrestre, esta é dada pela ausência de perfis atmosféricos na hora da passagem do satélite, isto para buscar levar a fio a correção atmosférica que segundo Modtran (*apud* KNEISYS et al., 1995) dão bons resultados, e são levados a cabo a correção do solo pela emissividade da banda termal pelo método proposto na **Equação 5** por Badenas e Caselles (1992); Hurtado et al. (1996); e Valor et al. (2000).

$$T_{st} = T_{ab} + \{((1 - \epsilon) / \epsilon) * (T_{ab} / n)\} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

T_{st} : temperatura da superfície terrestre (K);

T_{ab} : temperatura aparente de brilho (K);

ϵ = emissividade da superfície;

n: parâmetro radiométrica que depende do canal e do intervalo de temperaturas considerado.

4.0 Resultados

Na **Tabela 1** e **Figura 4** são apresentadas as relações entre a temperatura do ar medida a 1,5m de altura do solo para as três estações meteorológicas e a temperatura da superfície estimada a partir do sensor Termal IRMSS do CBERS.

Tabela 1 – Temperatura (°C) das três estações meteorológicas das localidades mais próximas de Central, para a data da passagem do satélite CBERS (05/01/2005)

| Hora GMT/Dia | Irecê | Ibirapoã | Souto Soares |
|--------------|-------|----------|--------------|
| 10:00 h | 30,8 | 25,9 | 25,9 |

Verifica-se que as temperaturas medidas nas estações meteorológicas tiveram forte tendência de serem superiores às temperaturas radiométricas calculadas. Este resultado é esperado, visto que a comparação feita envolve dois níveis diferenciados de medição, quais sejam: superfície do solo (temperatura radiométrica) e à 1,5m de altura (temperatura das estações), como pode ser constatado na **Figura 3**.

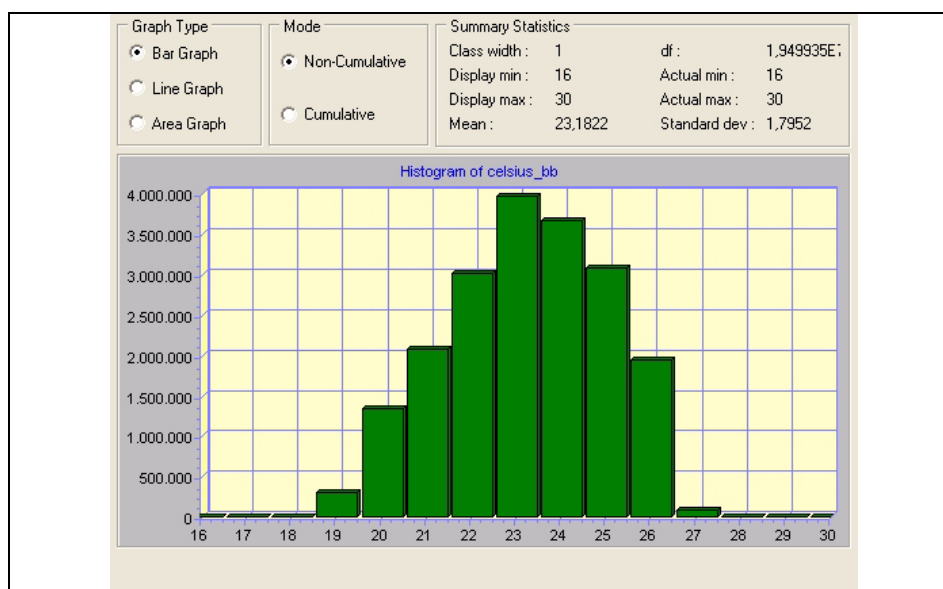


Figura 3 – Histograma de distribuição e frequência dos valores de temperatura para a banda termal do CBERS. Observa-se que a média da imagem foi de apenas 23°C, enquanto foram calculadas temperaturas mínima de 16°C e máximas de 30° C.

Para se realizar a estimativa da temperatura superficial do terreno foi elaborado o NDVI da imagem, para determinar a localização da biomassa.

Durante a noite, via de regra, as menores temperaturas ocorrem na superfície do solo, o qual se resfria pela perda de energia através da emissão de radiação infravermelha, e este resfriamento é que promove o resfriamento da camada de ar próximo à superfície. Fazendo com que as camadas de ar sucessivas tenham temperaturas mais altas a medida que se afastam da superfície do solo. Deve-se considerar que, além da diferença dos níveis de medição, também a natureza das medições são diferentes, o que torna o resultado coerente.

Segundo mapa apresentado na **Figura 4**, onde ocorre uma mais densa cobertura vegetal, ocorre a diminuição da temperatura as superfície. Este fato pode ser decorrente de vários fatores seja a alteração da velocidade do vento, a rugosidade de vegetação, o direcionamento das folhas no sentido do fluxo de ar, mesmo para coberturas vegetais de baixo porte como o

pasto, ou para uma vegetação esparsa como a caatinga no período seco. O solo exposto obtém sua mais elevada resposta de temperatura justamente nas áreas em fase de preparo do solo para o cultivo, como pode ser observado na **Figura 4**, representado pelo polígonos regulares que apresentam cores avermelhadas.

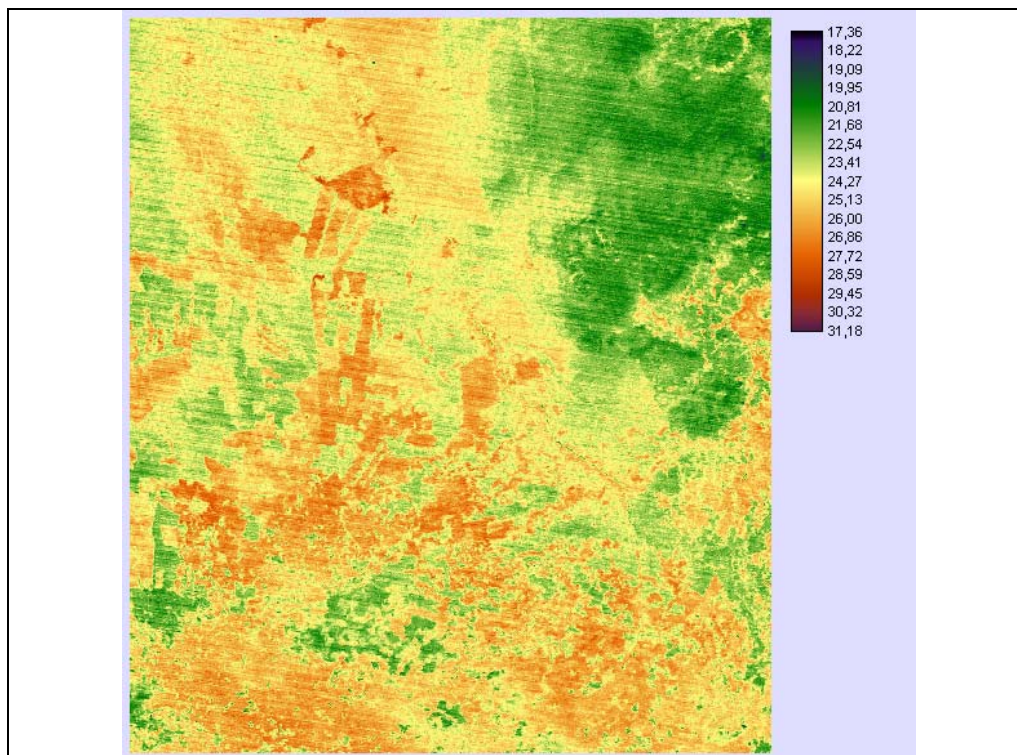


Figura 4 – Temperatura Estimada da Superfície, em graus Celsius ($^{\circ}$ C)

A **Figura 05** representa a conversão das temperaturas da superfície em modelos digitais de elevação (**Figura 5(a)**) sobre o qual se traçou um perfil que pode ser analisado na **Figura 5(b)**. No perfil, as mais baixas temperaturas representam os corpos de água (rios, açudes e nuvens) enquanto os pontos mais elevados representam os solo exposto sem cobertura vegetal.

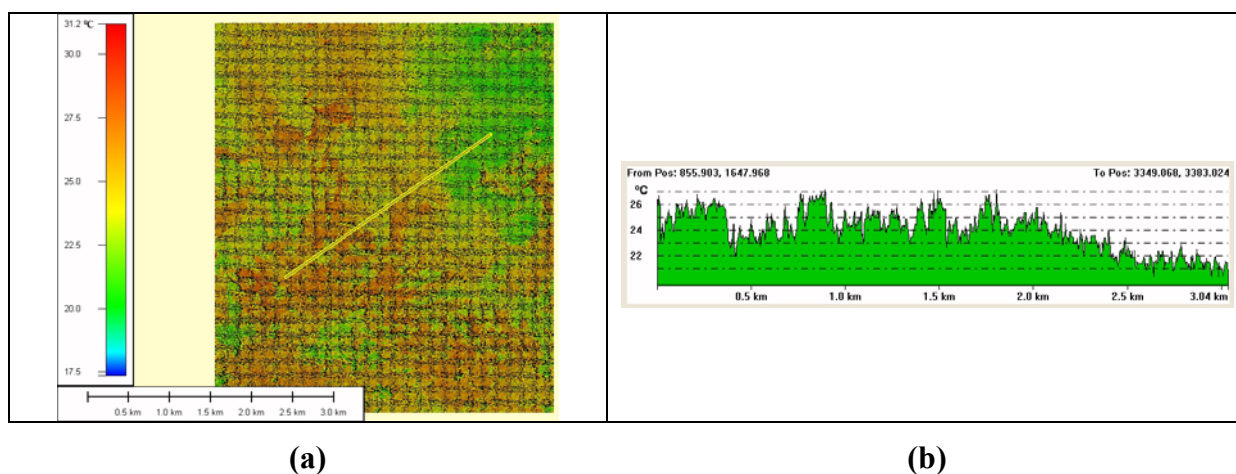


Figura 05 – Transformação da imagem de temperatura da superfície em modelo digital de elevação **(a)** e representação do perfil das temperaturas **(b)**

5.0 Conclusões preliminares

Este método pode ser utilizado para qualquer local, desde que se tenha mapas efetivos de emissividade. Cabe aqui destacar que erros nas determinações da emissividade da superfície acarretaram erros no cálculo das temperaturas de superfície. Assim, a idéia de utilizar as imagens termais do CBERS, consiste em determinar com precisão a emissividade da superfície terrestre no infravermelho termal.

Embora o método utilizado tenha fornecido estimativas coerentes da temperatura da superfície terrestre para as condições climáticas da região semi-árida, não podemos validar os resultados posto que não conseguimos obter o coeficiente de correlação entre as medidas de temperatura feitas pelo sensor do satélite e aquelas tomadas no campo, bem como determinar as variáveis específicas que condicionam os padrões que definem o grau de acurácia do sensor.

6.0 Referências

- ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal IN: **Sistema de Informações Geográficas – Aplicações na agricultura**. 2º edição.– Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa - CPAC, 1998.
- BASTIAANSEN WGM, et al.. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **J. Hydrol.** 212-213: 198-212. 1998.
- BECKER, F. Z.-L.LI. Towards a Local Split-Window Method Over Land Surfaces. **Int. J. Remote Sensing**, 11, N3, 369-393, (1990).
- BOEGH, E. et al. Estimating Transpiration Rates in a Danish Agricultural Area Using Landsat Thermal Mapper Data, **Phys. Chem. Earth**, vol. 25, No. 4, p. 685 – 689: Elsevier Science Ltd., 2000.
- CASELLES, V., VALOR, E. Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to european, african and south american areas. **Remote Sens. Env.**57:167-184, (1996).
- CASELLES, V., VALOR, E. Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to european, african and south american areas. *Remote Sens. Env.*57:167-184, (1996).
- CRISTÓBAL, J.; PONS, X.; SERRA, P. Sobre el uso operativo de Landsat-7 ETM+ en Europa. X Congreso de Teledetección». **X Congreso Nacional de Teledetección**. Cáceres 17, 18 i 19 de setembro de 2003.
- DUBAYAH, R. (1992). Estimating net solar radiation using Landsat Thematic Mapper and digital elevation data. **Water resources research**, vol. 28. p.. 2.469 - 2.484.
- FANG, H. et al. Retrieving leaf area index using a genetic algorithm with a canopy radiative transfer model, **Phys. Chem. Earth**, vol. 25, No. 4, p. 257 – 270: Elsevier Science Ltd., 2003.
- GONZALES, R.; WOODS, R. **Processamento digital de imagens**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- GRIEND A. A. VAN DE AND M. OWE. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. **International Journal of Remote sensing**, 14: 1119-1131, (1993).
- GRIEND A. A. VAN DE AND M. OWE. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. **International Journal of Remote sensing**, 14: 1119-1131, (1993).
- GUSSO, Aníbal e FONTANA, Denise Cybis. Ensaio comparativo sobre métodos de monitoramento da temperatura da superfície terrestre no estado do Rio Grande do Sul com uso dos satélites NOAA. **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril 2003, INPE, p. 1185-1192.
- HURTADO, E.; VIDAL, A.; CASELLES, V.. Comparison of two atmospheric correction methods for Landsat TM thermal band. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 17. Pág. 237-247, 1996.
- KERR, H. Y., LAGOURADE, J. P. & IMBERNOM, J. Accurate land surface temperature retrieval from AVHRR data with use of an improved split window algorithm. **Remote Sensing of Environment**, 40, 1-20, (1992).

- MALARET, Erica; BATOLUCCI, Luis A.; LOZANO, D. Fabian, ANUTA, Paul E.; MCGILLEM, Clare, D. Landsat-4 and LANDSAT-5 Thematic Mapper data quality analysis. **Photogrammetric Engineering and remote Sensing**. Vol. 51, n. 9, 1985, pag. 1407-1416.
- MEDINA, J.L., et al. Determination and Analysis of Regional Evapotranspiration in Southern Spain base don Remote Sensig and GIS, **Phys. Chem. Earth**, vol. 23, No. 4, p. 427 – 432, Great Britain: Elsevier Science Ltd., 1998.
- NOVO, Evlyn M. L. De Moraes. **Sensoriamento remoto - Princípios e aplicações**. São José dos campos, 2º edição, editora Edgard Blucher Ltda. 1998.
- OLIVEIRA, H. T. Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no Estado do Rio Grande do Sul. **Dissertação de mestrado, UFRGS**, (1997).
- PRABHAKARA, C., DALU, G., & KUNDE, V. G. Estimation of sea surface temperature from remote sensing in the 11 μ m to 13 μ m window region. **Journal of Geoscience Research**, 79 (12), 1744-1749, (1974).
- PRATA, A. J. Land surface determination from satellites. **Advances in Space Research**, 14 (3), 315-326, (1994b).
- SOBRINO, J. A, LI, Z. L., STOLL, M. P, & BECKER, F. Improvements in the split-window technique for land surface temperature determination. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, 32 (2), 243-253, (1994).
- SOBRINO, J. A. & CASELLES, V. A methodology for obtaining the crop temperature from NOAA-9 AVHRR data. **Int. J. Rem. Sens.**, v.12, n. 12, p. 2461- 2475, 1991
- STEINKE E. T et al. Avaliação da Estimativa de Temperatura de Superfície a partir de Imagens de Satélite Landsat TM 5 voltada a Getão de Bacias Hidrográficas. 2005 (p. 41 – 50).
- ULIVIERI, C., CASTRONUOVO, M. M, FRANCONI, R., & CARDILO, A. A split-window algorithm for estimating land surface temperature from satellites. **Advances in space Research**, 14 (3), 59-65. (1994).
- VALOR, E.; Caselles, V. (1996). Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African and South American areas. **Remote Sensing of Environment**, vol. 57. Pág. 167-184.
- VIDAL, A.; PERRIER, A. Analysis of a simplified relation for estimating daily evapotranspiration from satellite thermal IR data. International **Journal of Remote Sensing**, vol. 10. p. 1.327-1.337, 1989.