

ESTIMAÇÃO DE TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE A PARTIR DO SATÉLITE METEOSAT-9⁴

ANTONIO A. A. DANTAS¹, ELIZABETH FERREIRA², HUMBERTO A. BARBOSA³

¹Habilitado em Técnicas Agropecuárias, Químico, Prof. Associado, Depto de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, Fone. 353829-1481, auau@ufla.br.

²Engenheira Agrícola, Professora Associada, Depto de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

³Meteorologista, Professor Adjunto, Depto de Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió - AL.

⁴Financiado pelo CNPq, Processo 477873/2007-3.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO: O Meteosat-9 é um satélite meteorológico geoestacionário da EUMETSAT. Tem a bordo o SEVIRI, um instrumento imageador nas bandas visível e infravermelho com excelentes características. Uma das aplicações mais simples que o versátil satélite oferece é a estimativa das temperaturas de superfície (TS) a partir de temperaturas de brilho obtidas pelo SEVIRI. Esta temperatura é o primeiro passo para iniciar estimativas de variáveis meteorológicas a partir de dados obtidos por satélites meteorológicos. Neste trabalho o objetivo foi estimar as temperaturas de superfície em pontos no Estado de Minas Gerais, correspondentes às localizações das Plataformas de Coletas de Dados do CPTEC/INPE, utilizadas para validar estas determinações. Como na metodologia utilizada as emissividades da superfície eram dependentes dos valores de NDVI calculados, quando estes foram consistentes, as temperaturas obtidas apresentaram coeficientes de determinação acima de 0,60, mostrando a viabilidade de se utilizar as imagens deste satélite.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, SEVIRI, temperatura de brilho.

LAND SURFACE TEMPERATURES ESTIMATION FROM METEOSAT-9 SATELLITE

ABSTRACT: The Meteosat-9 is a geostationary meteorological satellite of the EUMETSAT. It has the SEVIRI on board, an imager instrument in the visible and infra-red bands with excellent characteristics. One of the simplest applications that the versatile satellite offers is the estimate of the land surface temperatures (LST) from brightness temperatures obtained by the SEVIRI. This temperature is the first step to initiate estimations of meteorological variable from meteorological satellites data. In this work the objective was estimate the temperatures of surface in the Minas Gerais State points, corresponding to the PCDs locations (CPTEC/INPE automatic weather stations), used to validate these determinations. As in the used methodology the surface emissivity were dependent of the calculated NDVI values, when these values had been consistent the obtained surface temperatures had presented determination coefficients higher than 0,60 showing the viability of using these satellite images.

KEYWORDS: remote sensing, SEVIRI, brightness temperature.

INTRODUÇÃO: Vários estudos utilizam a temperatura da superfície como ponto de partida para outras determinações e aplicações meteorológicas e agrometeorológicas, principalmente. Muitos dos algoritmos utilizados para a estimativa da temperatura de superfície continental (TS) a partir de sensores orbitais utilizam a técnica *Split Window*. O método de *Split-Window* (janelas adjacentes) relaciona diferentes características de absorção da atmosfera em diferentes bandas do espectro, localizadas nas regiões da janela atmosférica. Originalmente o método foi largamente empregado para o sensor AVHRR, da série NOAA, com base nos canais 4 e 5. Conforme SOBRINO et al. (1994), a temperatura de superfície é uma simples relação linear das temperaturas de brilho obtidas pelos canais térmicos 9 e 10 do SEVIRI (10,8 μm e 12,0 μm), corrigidas para a contribuição atmosférica. Há dois problemas principais em estimar a TS a partir dos dados de satélite: primeiro os efeitos atmosféricos e segundo, a emissividade desconhecida da superfície sob as condições em que as imagens foram obtidas. Além disso, os algoritmos são válidos apenas para céu claro, sendo necessária a eliminação de pixels com nuvens. Para estimativa das emissividades, métodos foram propostos por GRIEND e OWE (1993) e VALOR e CASELLES (1996). Para a estimativa da temperatura de superfície (TS) os algoritmos propostos por BECKER e LI (1990), KERR et al (1992), SOBRINO et al (1994) e VASQUEZ et al (1997) podem ser utilizados. Assim, neste trabalho o objetivo foi estimar as temperaturas de superfície, a partir de imagens do Meteosat-9 SEVIRI, nos locais correspondentes às Plataformas de Coletas de Dados do CPTEC/INPE, utilizadas para validar estas temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS: Considerou-se como área de estudo o Estado de Minas Gerais, localizado entre as coordenadas geográficas 14° e 23° de latitude Sul e 39° e 51° de longitude Oeste de Greenwich. Foram utilizadas as imagens do satélite Meteosat-9, recebidas entre os dias 13 e 31/05/2009 na Estação de Recepção EUMETCast, situada no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA). Estas imagens foram recebidas no formato de dados disseminados pela Eumetcast, “level 1,5” através do *software* Tellicast. Todos os dados utilizados, tanto do satélite, como das PCDs, referem-se às 12:00 horas UTC. Após o recebimento, as imagens foram pré processadas por meio dos *softwares* dedicados, MSG Data Manager, sendo montadas em formato JPEG, a seguir convertidas para os formatos ASCII e GEOTIFF e finalmente trabalhadas com o *software* ENVI ITT. Na Tabela 1 estão relacionadas as características espectrais dos canais do sensor SEVIRI, utilizados nas estimações dos NDVIs, das emissividades e das temperaturas de brilho e de superfície.

Tabela 1. Características espectrais dos canais do SEVIRI utilizados nas estimativas de NDVI, de emissividade e de temperaturas de brilho e superfície.

Canal no.	Banda espectral (μm)	Características da banda espectral (μm)		
		λ_{min}	λ_{cen}	λ_{max}
01	VIS0,6	0,56	0,635	0,71
02	VIS0,8	0,74	0,81	0,88
09	IR10,8	9,80	10,80	11,80
10	IR12,0	11,00	12,00	13,00

Na Figura 1 está representado o Estado de Minas Gerais numa composição RGB dos canais 3, 2 e 1 mostrando a localização das Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) do CPTEC/INPE, utilizadas nas comparações com os dados obtidos das imagens Meteosat-9 SEVIRI.

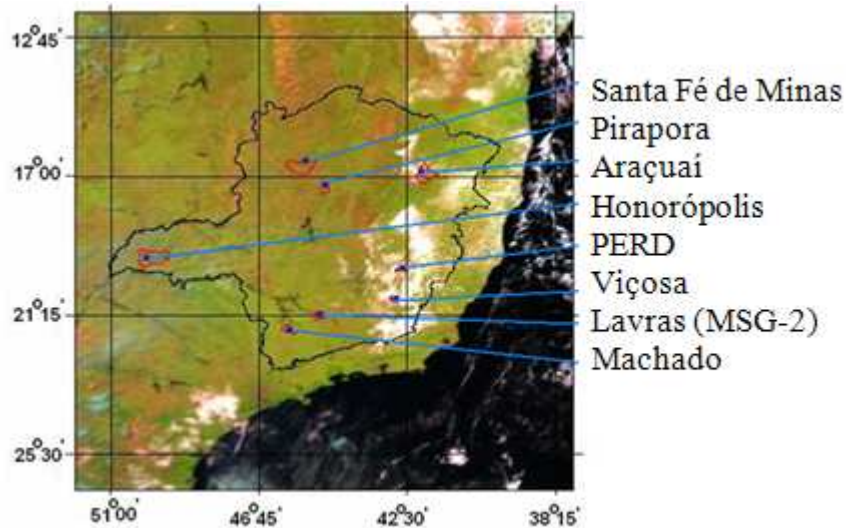


Figura 1. Localização da área de estudo e das Plataformas de Coleta de Dados do CPTEC/INPE, classificadas como “Agrometeorológicas”, no Estado de Minas Gerais.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é a relação entre as diferenças das reflectâncias nos comprimentos de ondas nas regiões do espectro da luz visível (canal 1) e do infravermelho próximo (canal 2). Nos cálculos dos NDVIs para a cena inteira, foi utilizada uma janela de 3x3 pixels, com resolução de 3,7 x 3,7 km. A partir dos NDVIs foi obtida a emissividade média seguindo o método proposto por GRIEND e OWE (1993), Equação 1.

$$\varepsilon = 1,0094 + 0,047 \ln(\text{NDVI}) \quad (1)$$

Em que:

ε : emissividade

NDVI: índice de vegetação normalizado.

O algoritmo utilizado para a estimativa da temperatura de superfície (TS), foi o proposto por BECKER e LI (1990), apresentado nas Equações 2, 3 e 4.

$$\varepsilon = 1,274 + \frac{P(T_4 + T_5)}{2} + \frac{M(T_4 - T_5)}{2} \quad (2)$$

P e M são coeficientes empíricos e dependem da emissividade:

$$P = 1 + \frac{0,15616(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} - 0,482\left(\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}\right) \quad (3)$$

$$M = 6,26 + 3,98\frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} + 38,33\left(\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}\right) \quad (4)$$

Para avaliar se as janelas de 3x3 pixels estavam contaminadas com nuvens utilizaram-se as duas condições propostas por FRANÇA e CRACKNELL (1994), que se baseiam na temperatura de brilho do canal 9 (T_{b9}) e do canal 10 (T_{b10}): se $T_{b10} < 278$, (presença de nuvens), ou se $0,4 < (T_{b9} - T_{b10}) > 3$ (presença de nuvens). Os resultados foram analisados comparando-se os valores das TS obtidos a partir das imagens com os valores das temperaturas nas PCDs.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Após proceder-se as estimativas, escolheu-se Honorópolis, para ilustrar as principais variáveis consideradas nas estimações. Na Tabela 2 são

apresentados os dias, as temperaturas de brilho para os canais 10 e 9, a avaliação da presença nuvens, identificadas por (*), os valores de NDVIs, as emissividades, os valores das temperaturas do ar nas PCDs, as temperaturas de superfície estimadas (TS) e as diferenças entre as temperaturas do ar e as temperaturas estimadas (PCD-TS), para Honorópolis.

Tabela 2. Principais variáveis envolvidas nas estimações das temperaturas para Honorópolis.

Dia	T _{b10} (K)	T _{b9} (K)	Nuvens (*)	NDVI	Emissividade	PCD (K)	TS (K)	PCD-TS (K)
13/5/2009	265,6	269,3	(3,72*)	0,2806	0,949671	-	-	-
14/5/2009	290,0	293,1	2,99	0,4317	0,969919	298,5	303,8	-5
15/5/2009	229,1	231,0	(2,93*)	0,0635	0,879871	-	-	-
16/5/2009	288,7	289,8	1,12	0,4680	0,973714	291	295,3	-4
17/5/2009	290,9	292,3	1,36	0,4532	0,972203	292,5	298,5	-6
18/5/2009	285,7	287,1	1,38	0,4159	0,968166	293,5	293,6	-0,1
19/5/2009	267,9	271,0	(3,13*)	0,2441	0,943122	-	-	-
21/5/2009	292,4	293,0	0,58	0,4706	0,973974	294,5	297,1	-2
22/5/2009	292,5	293,5	1,00	0,4706	0,973974	295	298,7	-3
23/5/2009	292,5	293,5	0,98	0,4548	0,972369	295,5	298,7	-3
24/5/2009	292,3	294,0	1,73	0,4343	0,970201	297,5	301,4	-3
25/5/2009	291,0	293,0	2,00	0,4185	0,968459	298,5	301,1	-2
26/5/2009	291,5	293,6	2,11	0,4287	0,969591	298	302,0	-3
27/5/2009	283,8	287,4	(3,55*)	0,3051	0,953606	-	-	-
28/5/2009	288,4	291,7	(3,33*)	0,4094	0,967426	-	-	-
29/5/2009	289,5	292,2	2,70	0,4706	0,973974	296	302,0	-5
30/5/2009	290,0	293,7	2,73	0,4147	0,968031	297,5	304,0	-6
31/5/2009	248,8	250,8	(2,03*)	0,1837	0,929761	-	-	-

Na Tabela 2 pode ser observado que para 18 dias de coleta de imagens só foi possível estimar as temperaturas para 12 dias, pois neste período, 6 dias apresentaram pixels contaminados com nuvens. Da mesma forma, OLIVEIRA e MASSAMBANI (2004) estimando a TS com imagens NOAA no período de 01 a 20/12/1999 em Dourados, MS, quando aplicaram as três condições: medidas do satélite válidas somente se simultâneas às medidas de campo, ausência de nuvens e ângulo zenital menor que 50°, ficaram com apenas 4 casos para serem estudados. No presente trabalho, apenas uma PCD, a de Pirapora, não apresentou registros para o período estudado, ou seja, não houve medida de campo simultânea a do satélite.

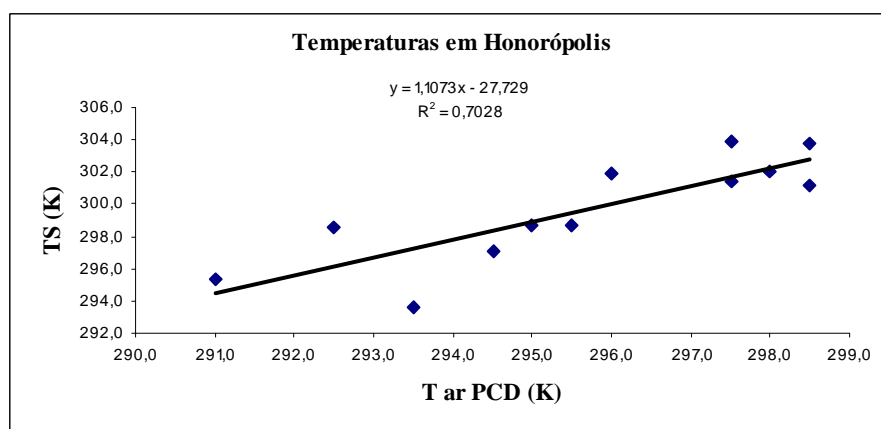


Figura 2. Ajuste obtido para os valores de Temperaturas de Superfície (TS) estimados a partir das imagens SEVIRI, em relação aos de Temperaturas do ar, na PCD para Honorópolis.

Em alguns casos a presença de nuvens não foi detectada, mas os valores de NDVI foram baixos. Nestes casos o maior valor de NDVI da série foi utilizado para efetuar os cálculos de emissividade. Na Tabela 2 pode ser visto que a temperatura estimada pelo satélite foi sempre maior que a temperatura da PCD, variando entre 0,1 a 6 K. Segundo BECKER e LI (1990) a precisão da TS estimada pelo satélite depende da proximidade entre as condições da superfície e da atmosfera da área de estudo, em relação à área que foi utilizada para a derivação do algoritmo. Na Figura 2 é apresentado o gráfico da dispersão obtida para os valores de Temperaturas de Superfície (TS) estimados em relação aos das PCDs, para Honorópolis. Na Tabela 3 estão apresentadas as equações de regressão e coeficientes de determinação obtidos somente para os locais que apresentaram valores aceitáveis.

Tabela 3. Equações de regressão e coeficientes de determinação para os locais que apresentaram valores aceitáveis.

Honorópolis	Lavras	PERD	Santa Fé Minas
$Y = 1,12x - 27,73$	$Y = 1,61x - 174,2$	$Y = 1,91x - 261,1$	$Y = 1,32x - 92$
$R^2 = 0,70$	$R^2 = 0,64$	$R^2 = 0,82$	$R^2 = 0,61$

CONCLUSÕES: Os valores de temperaturas de superfícies, gerados a partir das imagens do Meteosat-9 SEVIRI, apresentaram limitações devidas à presença de nuvens que impedem um perfeito ajuste dos valores às temperaturas de brilho originais. Nos casos de ausência de nuvens, para alguns locais, as imagens podem ser utilizadas para a estimativa de TS. Estudos deverão ser desenvolvidos em outras épocas, testando-se também outros métodos de estimação. A alta frequência de observação e o monitoramento de vastas áreas na superfície da terra realizadas pelo satélite permitem as estimativas de TS em diferentes regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECKER F.; LI Z. L. Towards a local split Window method over land surfaces. **Int. J. Rem. Sens.**, V. 11, N. 3, P. 369 – 393, 1990.
- FRANÇA, G.B.; CRACKNELL A.P. Retrieval of land and sea surface temperature using NOAA-11 AVHRR data in north-eastern Brazil. **Int. J. Rem. Sens.** v. 15, p.1695-1712, 1994.
- KERR Y.H., LAGOUARDE J.P.; IMBERNON J. Accurate land surface temperature retrieval from AVHRR data with use of an improved split window. **Rem. Sens. Environ.**, v.41, p. 197-209, 1992.
- GRIEND, A. A. VAN de, OWE, M. On the Relationship between Thermal Emissivity and the Normalised Difference Vegetation Index for Natural Surfaces. **Int. J. Rem. Sens.**, v. 14(6), p. 1119-1131, 1993.
- OLIVEIRA, C X de; MASSAMBANI, O. Estimativas da emissividade e temperatura da superfície via satélite NOAA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. CD-ROM.
- SOBRINO, J. A.; Li Z. L.; STOLL, M. P.; BECKER, F. Improvements in the local split-window technique for land surface temperature determination. **IEEE Trans. Geosci. & Rem. Sens.**, v. 32, p. 243-253, 1994.
- VALOR E.; CASELLES V. Mapping land surface emissivity from NDVI: application to European, Africa and South American areas. **Rem. Sens. Environ.**, v. 57, p. 167-184, 1996.
- VÁZQUEZ D.P.; REYES F.J.; ARBOLEDAS L.A. A comparative study of algorithms for estimating land surface temperature from AVHRR data. **Rem. Sens. Environ.**, v. 62, p. 215-222, 1997.