

ESTIMATIVA DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE UTILIZANDO DADOS DE NOAA AVHRR*

TSAY Chu Ming¹ e William Tse Horng LIU^{**}

RESUMO

Três métodos de estimativa de temperatura da superfície terrestre baseado no algoritmo do “Local Split Window” foram testados e avaliados com dados de índices de satélite e temperatura do ar em 5 localidades do estado de São Paulo. Os dados de albedo e NDVI calculados com os dados das bandas 1 e 2 de AVHRR foram utilizados para avaliar a coerência das estimativas dos três métodos. Em geral, os métodos de estimativa de Tst propostos por Kerr et al., Friend e Owe, e Valor e Caselles foram testados e responderam bem as propriedades da superfície terrestre: a Tst da superfície vegetativa é mais fria que a temperatura do ar e vice versa. Dentro destes três métodos comparados, o método de Valor e Caselles é o mais estável. A incorporação de fatores, tais como a umidade do solo e rugosidade da superfície na equação da estimativa de emissividade em função de NDVI podem melhorar a estimativa da Tst.

PALAVRAS-CHAVES: Satélite, AVHRR, albedo, índice de vegetação, temperatura da superfície.

INTRODUÇÃO

A variabilidade climática de uma determinada região está intimamente ligada às variações espacial e temporal dos fluxos de balanço de energia da superfície. A variação espacial de temperatura da superfície terrestre (Tst) é um fator crucial na quantificação espacial destes fluxos. A medição da variação espacial de Tst é quase impossível através das observações da rede meteorológica com uma resolução compatível a uma resolução de 1,1 km via satélite NOAA. Portanto, a aplicação de um método adequado através dos dados de NOAA AVHRR na estimativa da Tst é uma alternativa promissora para alcançar esta tarefa. O método de “Local Split Window” proposto por Becker e Li (1990), que utiliza os dados de NOAA AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), foi aplicado na estimativa de Tst com resultados satisfatórios. Devido ao fato do método ser sensível à variação da emissividade da superfície, vários métodos de estimativa de emissividade em função de NDVI foram propostos por Friend e Owe, (1993), Valor e Caselles (1996) e Kerr et al. (1992). Este estudo tem como objetivo testar e avaliar estes métodos na estimativa da Tst em 5 localidades do Estado de São Paulo.

* Projeto de pesquisa financiado pela FAPESP, Numero:1997/11568-3.

** Estudante de Iniciação Científica e Professor Doutor, respectivamente, Departamento de Ciências Atmosféricas, IAG/USP. Email:will@model.iag.usp.br

METODOLOGIA

Dados Usados

Os dados de 10 dias de valor máximo composto das bandas 1 (0,55 - 0,68 μm), 2 (0,725 - 1,10 μm), 4 (10,5 - 11,25 μm) e 5 (11,5 - 12,50 μm) dos sensores AVHRR, LAC (Local Area Coverage) com uma resolução de 1,1 km do satélite NOAA-11 do período de abril à outubro de 1992, fornecidos pelo GSFC/NASA foram usados neste estudo. Os dados utilizados já estavam disponíveis com as correções radiométricas e atmosféricas feitas por Eidenshink e Faundeen (1997). Os dados das bandas 1 e 2 foram usados para gerar os dados de albedo e NDVI e os das bandas 4 e 5 foram utilizados para calcular Tst. Uma região cobrindo o Estado de São Paulo (Latitude: 18,7S a 25,6S; Longitude: 42,5W a 54,2W) foi selecionada para este estudo. Os dados de temperatura do ar (Tar) na hora da passagem do satélite NOAA-11 (entre 16:00 e 17:00 horas) das estações meteorológicas de Jaboticabal (21,15S, 48,18W), Andradina (20,55S, 51,23W), Itapeva (23,57S, 48,53W), Água Funda (23,65S, 46,62W) e Aeroporto de Congonhas (23,65S, 48,66W) do Estado de São Paulo nos meses de abril, julho e outubro de 1992 foram usados para comparar e avaliar o desempenho dos três métodos de estimativa de Tst.

Estimativa de Albedo e NDVI

Os dados de refletância da banda 1 (R1) e da banda 2 (R2) calculados com os dados de NOAA AVHRR LAC foram utilizados para o cálculo do albedo (α) pelo método de banda larga ("Broad Band Method"). A equação geral (1) utilizada para o cálculo do albedo proposta por Hucek e Jacobowitz (1995), foi usada neste estudo para obter os dados de albedo.

$$\alpha = 0,347 \cdot R1 + 0,65 \cdot R2 + 0,7463 \quad (1)$$

O NDVI é definido como a razão entre a diferença e a soma das refletâncias da banda do infravermelho próximo (R2) e da banda visível (R1) que é expressa à seguir:

$$\text{NDVI} = (R2 - R1) / (R2 + R1) \quad (2)$$

Estimativa de Tst

O método de "Local Split Window" proposto por Becker e Li (1990) é apresentado como :

$$T_{st} = 1,274 + \left[1 + 0,15616 \frac{(1 - e)}{e} - 0,482 \left(\frac{\Delta e}{e^2} \right) \right] \cdot [(T_4 + T_5)/2]$$

$$+ \left[6,26 + 3,98 \left(\frac{1-e}{e} \right) + 38,33 \left(\frac{\Delta e}{e^2} \right) \right] \cdot [(T_4 - T_5)/2] \quad (3)$$

Onde, T_4 e T_5 são as temperaturas de brilho das bandas 4 e 5 do AVHRR respectivamente;

$$\varepsilon = \frac{(e_4 + e_5)}{2}; \quad \Delta\varepsilon = e_4 - e_5.$$

Três métodos que estimam a emissividade em função de NDVI propostos por Kerr et al. (1992), Griend e Owe (1993) e Valor e Caselles (1996), foram aplicados para testar e avaliar seus desempenhos na estimativa de T_{st} . A equação representa o cálculo do método do Kerr que estima a T_{st} pelas frações de temperatura da superfície ocupada pelo solo nú e pela vegetação.

$$T_{st} = CT_v + (1 - C)T_s \quad (4)$$

Onde, $C = (NDVI - NDVI_s)/(NDVI_v - NDVI_s)$;

$$T_v = -2,4 + 3,6T_4 - 2,6T_5; \quad T_s = 3,1 + 3,1T_4 - 2,1T_5.$$

O método de Griend e Owe é baseado na estimativa de emissividade em função de NDVI:

$$\text{Para } NDVI < \text{ ou } = 0,24: \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0,94 \quad (5)$$

$$\text{Para } NDVI > 0,24: \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 1,0094 + 0,047 * \ln NDVI \quad (6)$$

O método de Valor e Caselles é um método empírico para estimar a emissividade em função do NDVI, utilizando as correlações entre os dados de NDVI e os de emissividade obtidos nos vários experimentos realizados em vários continentes, incluindo Europa, África e América do Sul, que representam várias condições geográficas e atmosféricas. As equações são apresentadas à seguir:

$$\varepsilon = 0,985.P_v + 0,96.(1-P_v) + 0,06.P_v.(1-P_v) \quad (7)$$

Onde, $P_v = (1 - i/g) / [(1 - i/g) - k(1 - i/v)]$;

$$i = NDVI; \quad k = (\rho_{2v} - \rho_{1v}) / (\rho_{2g} - \rho_{1g});$$

ρ_1 e ρ_2 = refletância nas bandas 1 e 2 do AVHRR;

v = vegetação; g = solo nu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra três imagens decendiais de albedo e NDVI: abril, julho e outubro, do 1992 do estado de São Paulo. Na imagem de NDVI de abril, observa-se que a cor verde, $NDVI > 0,5$, domina a região, indicando que a vegetação está em um bom estado de crescimento. Ao contrário, as cores amarela e laranja dominam a imagem de albedo em abril. Isto indica a presença de grande nebulosidade neste período. Portanto, os valores de albedo em abril de 1992 devem ser interpretados com precaução. Baixos valores de albedo (0,11-0,25) e NDVI (0,20-0,50) nas imagens de julho mostram que a vegetação estava sofrendo um período de seca modesta. No mês de outubro, as cores amarela e laranja,

que dominam as imagens de albedo e NDVI, indicam a intensificação da seca. As cores verde e azul na região sul, indicam o início da estação chuvosa em várias áreas.

Figura 2 mostra as imagens de Tst geradas pelos três métodos testados. Em geral, os três métodos estimaram bem a variação sazonal de Tst que baixou de abril para julho aumentando novamente em outubro. O método de Kerr et al. estimou a Tst mais baixa, e o de Valor e Caselles mais alta. Uma superfície de vegetação saudável apresenta temperatura menor que Tar com albedo baixo e NDVI alto. Portanto, para avaliar qual é o método mais adequado, os dados de Tar, albedo e NDVI foram utilizados. As tabelas 1, 2 e 3 apresentaram os valores de albedo, NDVI, Tar e Tst dos três métodos em 5 localidades do estado de São Paulo para abril, julho e outubro, respectivamente. Nessas tabelas, K, V.C. G.O e ALB representam métodos de Kerr, et al., Valor e Caselles, Griend e Owe e Albedo, respectivamente. J, A, I, A F. e C representam Jaboticabal, Andradina, Itapeva, Água Funda e Aeroporto Congonhas, respectivamente. Os resultados da comparação mostraram que o método de Valor e Caselles tem suas estimativas de Tst mais coerentes. O método de Kerr et al. tem tendência a subestimar e o método de Griend e Owe uma tendência a superestimar. Devido à variação da emissividade com a umidade do solo e as propriedades da superfície, a estimativa da emissividade em função do NDVI deve incorporar estes fatores para melhorar a sua estimativa.

CONCLUSÃO

Em geral, os métodos para estimativa da Tst propostos por Kerr et al., Griend e Owe, e Valor e Caselles testados, responderam bem as propriedades da superfície terrestre: a Tst da superfície vegetativa é mais fria que a temperatura do ar e vice-versa. Dentro destes três métodos comparados, o método de Valor e Caselles é mais estável. Sugere-se a incorporação dos fatores da umidade do solo e rugosidade da superfície na equação da estimativa de emissividade em função do NDVI para melhorar a estimativa da Tst.

Tabela 1. Albedo, NDVI, temperatura do ar e Tst dos três métodos das 5 localidades do estado de São Paulo para abril de 1992.

<i>Abril</i>	J	Tst-Tar	A	Tst-Tar	I	Tst-Tar	A.F.	Tst-Tar	C	Tst-Tar
Tar (°C)	32	-	32	-	29,2	-	27,4	-	30	-
K (°C)	31	-1	32	0	27	-2,2	29	1,6	30	0,0
V.C. (°C)	33	1	34	2	28	-1,2	29	1,6	30	0,0
G. (°C)	35	3	37	5	29	-0,2	31	3,6	32	2,0
ALB. (%)	15	-	15	-	15	-	21	-	23	-
NDVI (%)	53	-	40	-	53	-	25	-	22	-

Tabela 2. Albedo, NDVI, temperatura do ar e Tst dos três métodos das 5 localidades do estado de São Paulo para julho de 1992.

<i>Julho</i>	J	Tst-Tar	A	Tst-Tar	I	Tst-Tar	A.F.	Tst-Tar	C	Tst-Tar
Tar (°C)	29,6	-	30,8	-	25,5	-	24,2	-	27	-
K (°C)	27	-2,6	32	1,2	24	-1,5	28	3,8	24	-3,0
V.C. (°C)	29	-0,6	33	2,2	25	-0,5	27	2,8	27	0,0
G. (°C)	31	1,4	36	5,2	26	0,5	29	4,8	28	1,0
ALB. (%)	15	-	15	-	15	-	21	-	28	-
NDVI (%)	53	-	40	-	53	-	25	-	22	-

Tabela 3. Albedo, NDVI, temperatura do ar e Tst dos três métodos das 5 localidades do estado de São Paulo para outubro de 1992.

<i>Outubro</i>	J	Tst-Tar	A	Tst-Tar	I	Tst-Tar	A.F.	Tst-Tar	C	Tst-Tar
Tar (°C)	31,2	-	29,8	-	27,6	-	25,4	-	24	-
K (°C)	30	-1,2	33	3,2	25	-2,6	27	1,6	31	7,0
V.C. (°C)	32	0,8	34	4,2	26	-1,6	27	1,6	30	6,0
G. (°C)	34	2,8	37	7,2	28	0,4	29	3,6	33	9,0
ALB. (%)	15	-	16	-	15	-	13	-	30	-
NDVI (%)	46	-	42	-	46	-	25	-	21	-

BIBLIOGRAFIA

- BECKER F. and Z.L. LI, 1990. Towards a local split window method over land surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 11 (3):369-393.
- EIDENSHINK, J. C. and J. L. FAUNDEEN, 1997. The 1 km AVHRR global land data set: first stages in implementation. *Int. Jour. Rem. Sens.* 51: 39 – 56.
- GRIEND A. A. van de and M. OWE, 1993. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 14:1119-1131.
- HUCEK, R., and H. JACOBOWITZ, 1995. Impact of Scene Dependence on AVHRR Albedo Models. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 12(4): 697 - 711 .
- KERR Y.H., J.P. LAGOUARDE and J. IMBERNON, 1992. Accurate land surface temperature retrieval from AVHRR data with use of an improved split window. *Rem. Sen. Environ.* 41:197- 209.
- VALOR E. and V. CASELLES, 1996. Mapping land surface emissivity from NDVI: application to European, Africa and South American areas. *Rem. Sens. Environ.* 57: 167-184.

Figura 1. mapas decendiais de albedo e NDVI do estado de São Paulo para abril, julho e outubro de 1992.

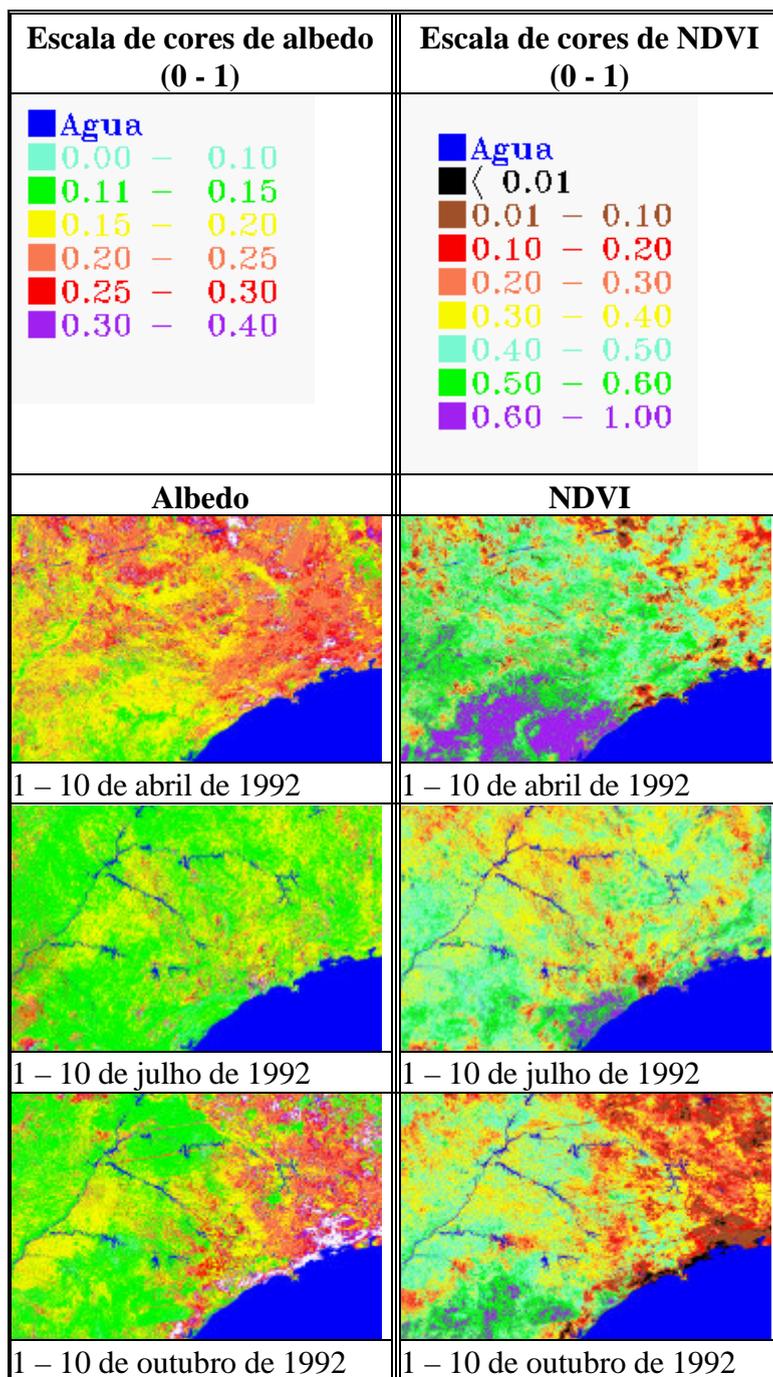


Figura 2. Mapas de Tst do Estado de São Paulo para abril, julho e outubro de 1992. (método de Kerr et al., Griend e Owe, e Valor e Caselles).

