

**Geração de Mapas Dinâmicos de Temperatura da Superfície
Terrestre Através de Dados NOAA AVHRR****

William T. Liu

Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto Astronômico e Geofísico, USP
Caixa Postal 3386, 01060-970-SP, São Paulo
(wilthliu@spider.usp.br)

** Este trabalho é o resultado parcial do projeto de pesquisa financiada
pela FAPESP (Proc. No. 1997 11568-3)

Abstract. Based on the local split-window algorithm proposed by Becker and Li, a software was developed to process and generate dynamic global land surface temperature maps, using NOAA AVHRR GLAS data set provided by the GSFC/NASA. Four maps, which covers 4 seasons of a year (April, July and October of 1992 and January of 1993), were presented to show the seasonal variation of land surface temperature. These maps showed that the land surface temperature values generated were quite reasonable, comparing to the values obtained by other authors. By comparing the temperature distribution of these 4 maps, it was observed that a high temperature zone moved from the southern hemisphere in April to the northern hemisphere in July, returned to the south in October and moved further down to south in January, showing an annual cycle of high temperature wave within two hemispheres. It is concluded that it is possible to generate a reliable global land surface temperature data base, by using NOAA AVHRR data, for climatic change studies and for providing a continuous input data source with higher spatial resolution for climatic as well as weather prediction models.

Keywords: AVHRR, land surface temperature, global data.

1. Introdução

A temperatura da superfície terrestre (Tst) é um dos parâmetros biofísicos de importância fundamental na estimativa do balanço de energia da superfície terrestre. A precisão de previsão do tempo de curto prazo e a de previsão de mudanças climáticas em longo prazo numa determinada região são afetadas pelo micro clima local que se manifesta na variação dinâmica dos fluxos de energia na superfície terrestre. Tem havido grande esforço de pesquisadores da área de modelagem numérica de previsão do tempo e de monitoramento de mudanças climáticas, para melhorar seus modelos na quantificação de parâmetros biofísicos a fim de aumentar a precisão de previsão. Devido à escassez de dados meteorológicos coletados na superfície terrestre, frequentemente incompletos, a maioria dos modelos de previsão do tempo são operados com os dados com uma resolução de 50 até 200 km. Avanços recentes na área de sensoriamento remoto via satélite fornecem alternativas de quantificação de parâmetros biofísicos da superfície terrestre com um fluxo contínuo de dados de inputs em alta resoluções temporal e espacial para os modelos de previsão do tempo.

A estimativa de Tst é muito complexa, porque é difícil de se separar os efeitos das condições atmosféricas e de estimar a emissividade da superfície. Vários algoritmos baseados no método de “split-window” foram desenvolvidos recentemente (Becker e Li, 1990; Kerr 1992; Coll et. al., 1994; França e Cracknell, 1994 e Vázquez et. al., 1997). Entre eles, o método “local split-window” de Becker e Li (1990) foi considerado o método mais estável em termos de variação de erros (Sobrino et. al., 1994) e foi utilizado para calcular a Tst neste trabalho.

2. Dados de AVHRR

Os dados decendiais de AVHRR GLAS do globo inteiro do período de 01/04/92 à 31/03/93, fornecidos pelo Goddard Space Flight Center (GSFC/NASA), foram utilizados para este estudo. Esses dados já foram processados com as calibrações radiométricas e geométricas utilizando-se o método de Rao e Chen (1995) e as correções atmosféricas, incluindo os espalhamentos de ozônio e de moléculas, utilizando-se o método de Gordon (et. al., 1988) pelo GSFC (Eidenshink e Faundeen, 1997). Os dados com o ângulo de visada fora de -42° à $+42^{\circ}$ foram excluídos.

3. Estimativa de Temperatura da Superfície Terrestre

O método de "Local Split-Window " proposto por Becker e Li (1990) é representado pela seguinte equação:

$$T_{st} = A_0 + P (T_4 + T_5) / 2 + M (T_4 - T_5) / 2 \quad (1)$$

onde: T_{st} = temperatura da superfície terrestre;

T_4 e T_5 = temperatura de brilho da banda 4 e da banda 5 respectivamente;

$$A_0 = 1,274; \quad P = 1 + 0,15616 (1 - \epsilon) / \epsilon - 0,482 (\Delta \epsilon / \epsilon^2);$$

$$M = 6,26 + 3,98 (1 - \epsilon) / \epsilon + 38,33 (\Delta \epsilon / \epsilon^2);$$

ϵ_4 e ϵ_5 = emissividade da superfície terrestre de banda 4 e banda 5 respectivamente;

$$\epsilon = (\epsilon_4 + \epsilon_5) / 2; \quad \Delta \epsilon = \epsilon_4 - \epsilon_5 .$$

Para a estimativa de emissividade da superfície terrestre, o método de Griend e Owe (1993), que utiliza uma correlação empírica entre emissividade e NDVI, foi usado. A estimativa de emissividade média das bandas 4 e 5 é expressa em função do NDVI:

Para $NDVI \leq 0,24$, considerado como solo nu, $\epsilon = 0,94$;

Para $NDVI > 0,24$, $\epsilon = 1,0094 + 0,10824 \log (NDVI)$ (2)

4. Geração de Mapas de Temperatura da Superfície Terrestre

As Figuras 1 a 4 mostram os quatro mapas decendiais de T_{st} do globo inteiro produzidos para os períodos de 01/04/92-10/04/92, 01/07/92-10/07/92, 01/10/92-11/10/92 e 11/01/93-20/01/93 respectivamente. Através da comparação de distribuição de T_{st} para as 4 Figuras, foi observado que a faixa de alta temperatura movimentou-se do hemisfério sul para o norte, de abril à julho, retornando ao sul em outubro, e avançando mais para o sul em janeiro, completando um ciclo anual de onda de calor, de acordo com as estações sazonais opostas entre os hemisférios sul e norte.

A Tabela 1 mostra os dados estatísticos de distribuição de T_{st} . Foi observado que mais de 50% da superfície terrestre apresenta a T_{st} entre 20 °C à 40 °C, durante o ano inteiro, exceto no mês

de janeiro, com 35%. A concentração de baixa temperatura em janeiro com 32% da superfície terrestre com temperatura abaixo de zero, comparando-se com o resto do Planeta, significa que a variabilidade climática no inverno no hemisfério norte é mais severa, uma vez que a maioria da superfície terrestre está concentrada neste hemisfério sob influência do clima do tipo continental.

Em geral, os dados de Tst terrestre calculados pelo método de “local split window” propostos por Becker e Li (1990) são razoáveis. O método foi aplicado na estimativa da Tst na região de Sahel por Casseles et. al. (1997). A imagem da distribuição da Tst em setembro de 1992 varia de 35 °C à 52 °C na maior parte da área do experimento de “Hydrologic Atmospheric Pilot Experiment” (HAPEX). Os valores estão próximos dos resultados obtidos na Figura 3 (35 °C à 58 °C na região norte do Continente Africano) . Foi observado uma evolução sazonal distinta de área de alta temperatura nas várias regiões (as áreas de cor violeta nas todas Figuras com temperatura maior que 50 °C), tais como os Desertos de Saara e de Gobi, a Península da Índia e norte do Continente Australiano. Por exemplo, na região norte do Continente Australiano, a área de cor violeta diminuiu no período de 04/92 à 07/92, desapareceu em 10/92 e dominou o Continente em pleno verão, em 01/93 de acordo com as quatro estações do ano.

5. Conclusões

Os resultados mostraram que o método de Becker e Li funcionou bem na estimativa de Tst. Os mapas dinâmicos de Tst representaram bem a evolução sazonal da vegetação terrestre. Os dados de Tst gerados fornecem um fluxo contínuo de dados de boa resolução espacial para os modelos de previsão de tempo e os modelos de estimativa de fluxos de energia da superfície terrestre e para monitorar as variabilidades bioclimáticas em escala global

6. Referências Bibliográficas

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.

Caselles V., C. Coll and E. Valor, 1997. Land surface emissivity and temperature determination in the HAPEX-Sahel area from AVHRR data. *Int. J. Rem. Sens.* 18:1009-1028.

Coll, C., V. Caselles, J.A. Sobrino e E. Valor, 1994. On the atmospheric dependence of the split-window equation for the land surface temperature. *Int. J. Rem. Sens.* 15:105-122.

Eidenshink J.C. and J.L. Faundeen, 1997. The 1-km AVHRR global land data set: first stages in implementation. *Int. J. Rem. Sens.* 51:39-56.

França, G.B. e A.P. Cracknell, 1994. Retrieval of land and sea surface temperature using NOAA-11 AVHRR data in north-eastern Brazil. *Int. J. Rem. Sens.* 15:1695-1712.

Gordon H.R.; J.W. Brown and R.H. Evans, 1988. Exact Rayleigh scattering calculations for use with the Nimbus-7 coastal zone color scanner. *Applied Optics*, 27:2111-2122.

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.

Gutman G.; G. Ohring; D. Tarpley and R. Ambroziak, 1989. Albedo of the U. S. great plains as determined from NOAA-9 AVHRR data.

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. Sens. Environ.* 41:197-209.

Rao C.R.N. and J. Chen, 1995. Inter-satellite calibration linkages for the visible and near-IR channels of the AVHRR on the NOAA-7, -9 and -11 spacecraft. *International Journal of Remote Sensing*, 16(11):1931-1942.

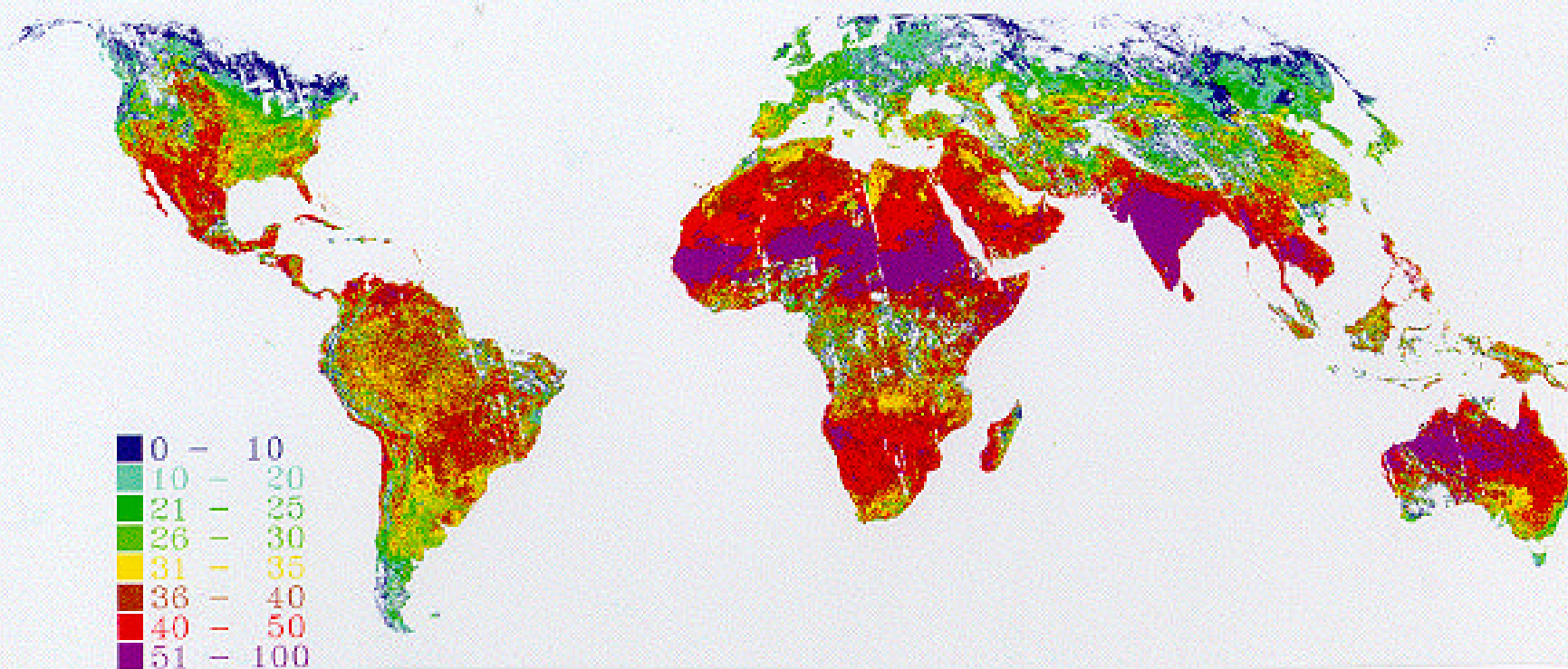
Sobrino, J. A.; Z. Li, M.P. Stoll and F. Becker, 1994. Improvements in the local split-window technique for land surface temperature determination. *IEEE Trans. Geosci. & Rem. Sens.* 32:243-253.

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.

Vázquez D.P.; F.J. Reyes and L. A. Arboledas, 1997. A comparative study of algorithms for estimating land surface temperature from AVHRR data. *Rem. Sens. Environ.* 62:215-222.

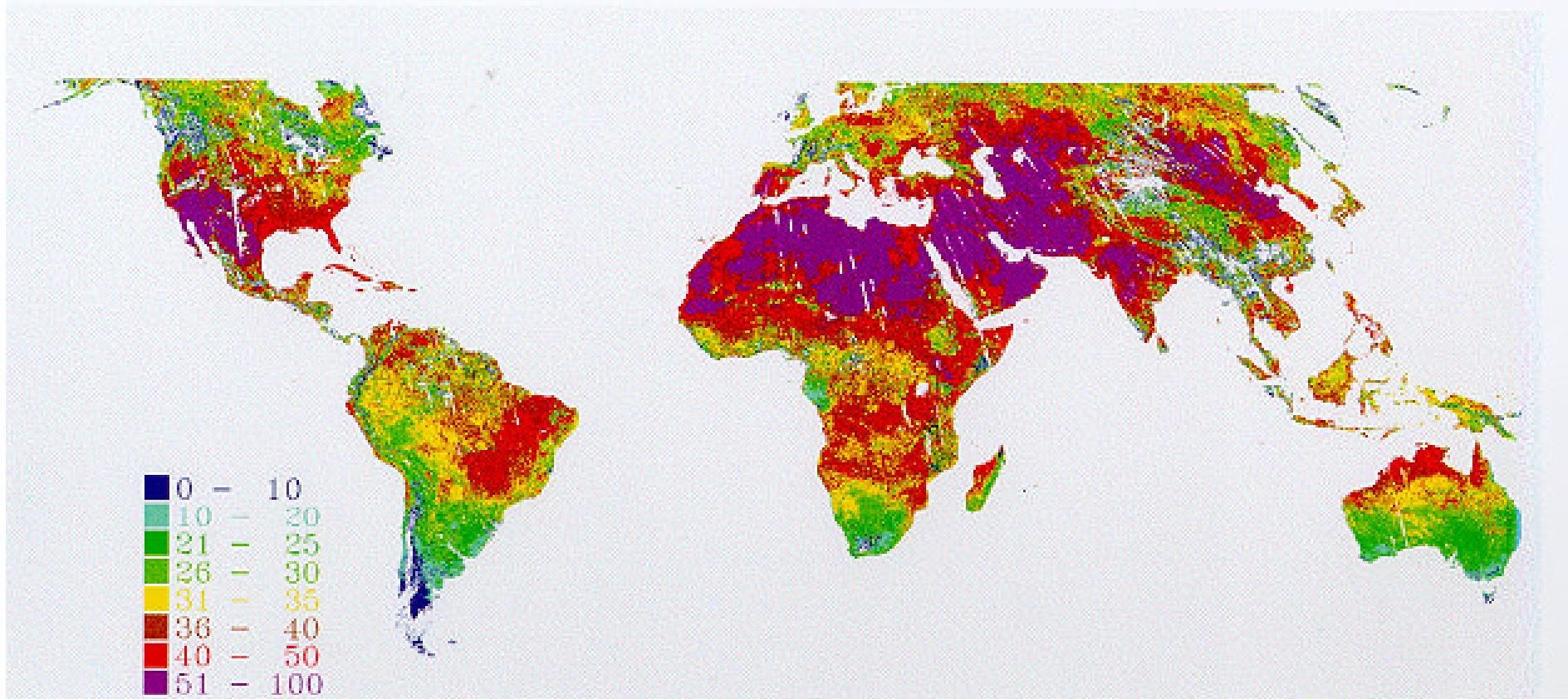
Tabela 1 Percentagens de distribuição global de temperatura da superfície terrestre em 6 níveis:
< 0; 0 à 20; 21 à 30; 31 à 40; 40 à 50 e > 50 °C nas 4 estações do ano.

temperatura ° C	percentagem (%)			
	04 /92	07/92	10/92	01/93
< 0	15	6	8	32
0 – 20	15	8	16	14
21 – 30	14	17	17	13
31 – 40	29	35	27	22
41 - 50	18	19	25	12
> 50	9	15	7	7



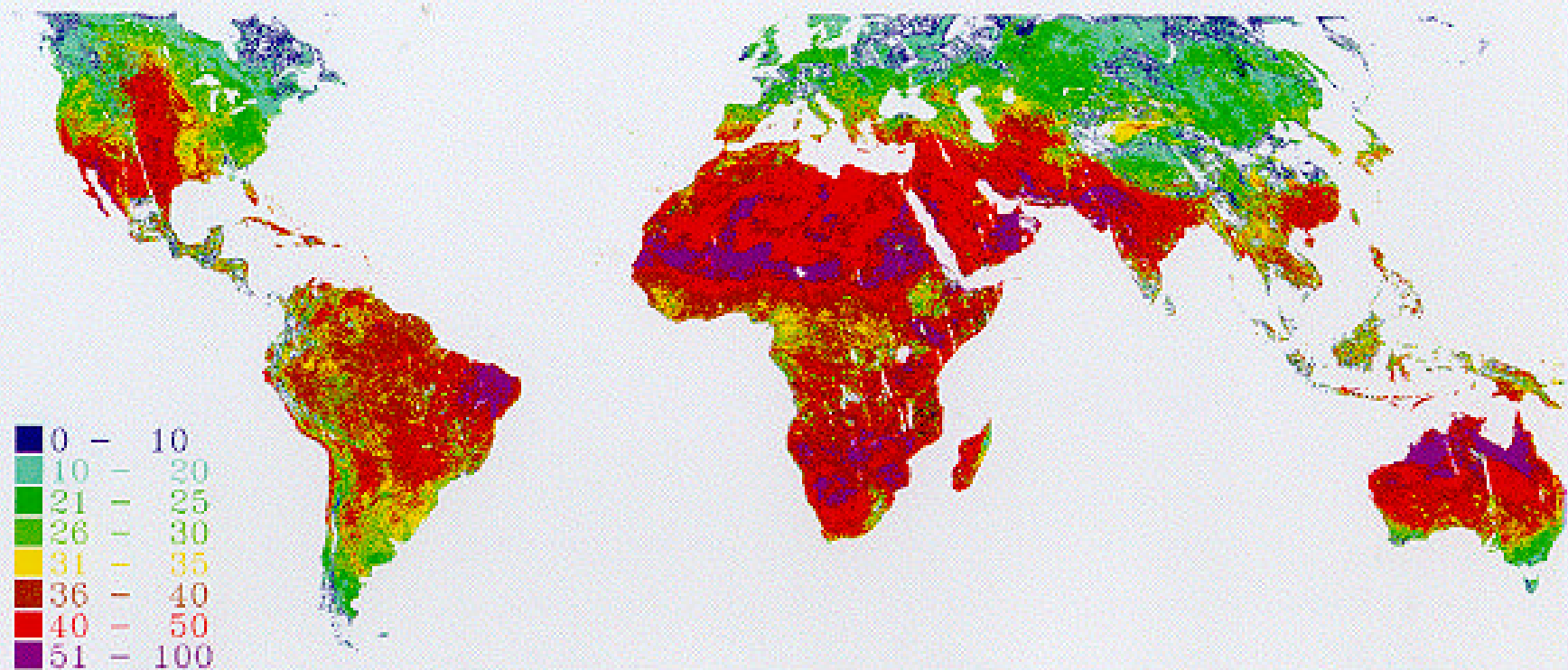
Tst (°C)

Figura 1 Mapa decenal de temperatura da superfície terrestre (Tst) do globo inteiro (dados usados: 10 dias composto de NOAA AVHRR GLAS do período de 1 à 10 de abril de 1992)



Tst (°C)

Figura 2 Mapa decenal de temperatura da superfície terrestre (Tst) do globo inteiro (dados usados: 10 dias composto de NOAA AVHRR GLAS do período de 1 à 10 de julho de 1992)



Tst (°C)

Figura 3 Mapa decenal de temperatura da superfície terrestre (Tst) do globo inteiro (dados usados: 10 dias composto de NOAA AVHRR GLAS do período de 1 à 10 de outubro de 1992)



Tst (°C)

Figura 4 Mapa decenal de temperatura da superfície terrestre (Tst) do globo inteiro (dados usados: 10 dias composto de NOAA AVHRR GLAS do período de 11 à 20 de 1993)