

## A versão GL1.2

Na sua versão atual (GL1.2), o modelo GL supõe a partição do espectro solar em apenas dois intervalos espectrais de banda larga: 1) ultravioleta+visível (UV+VIS), e 2) infravermelho próximo (IVP), e não considera o efeito de aerossóis. A figura abaixo resume as interações radiação solar-atmosfera.

### Intervalo UV+VIS

Considera-se um balanço de irradiancias onde a radiação solar é refletida para o espaço, absorvida na estratosfera ou no solo:

= Absorção no UV na estratosfera (altura superior a 18 km).

= Troposfera conservativa (nuvens não absorvem no UV+VIS)

= O balanço de radiação resulta:

$$\mu_0.S_{vis} = ES_{vis} = Ep_{vis} + A_3 + (1-R_{svis}) G_{vis}$$

$S_{vis}$ : fluxo solar (UV+VIS) no topo da atmosfera

$R_{svis}$ : refletância do solo

### Intervalo IV

A dispersão Rayleigh é desprezível no IV. A interação com a atmosfera se limita a:

= Radiação direta passando entre as nuvens.

= Radiação direta absorvida pelo H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>.

= Alta absorção e reflexão por nuvens, com transmitância desprezível.

= reflexões múltiplas entre solo e base de nuvens.

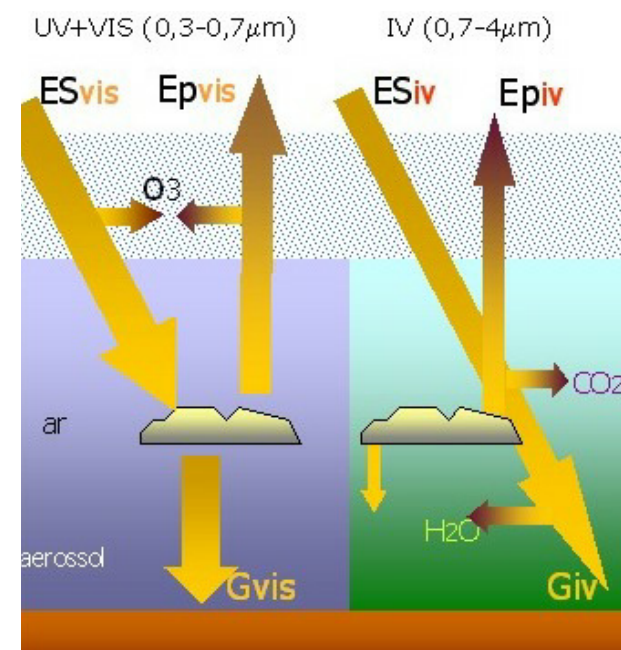
$$G_{iv} = \mu_0.S_{iv}.T_2.(1 - C)/(1-C.R_n.R_{iv})$$

C: nebulosidade

T<sub>2</sub>: transmitância direta de H<sub>2</sub>O+CO<sub>2</sub>

R<sub>n</sub>, R<sub>iv</sub>: refletâncias de base de nuvem e do solo

Detalhes conceituais e de cálculo se encontram em Ceballos et al. (2004), Ceballos e Bottino (2004).



## ESTIMATIVA DE RADIAÇÃO SOLAR MEDIANTE SATÉLITE:

### O MODELO GL

A radiação solar interage com a atmosfera e o solo do planeta Terra, sendo parcialmente refletida para o espaço, como ilustra a figura acima. A partir da irradiancia emergente no topo ( $E_p$ ), detectada por satélites, pode-se avaliar a irradiancia global à superfície ( $G$ ). Existem dois pontos de vista básicos para estimar  $G$ . Os "modelos estatísticos" procuram ajustar  $E_p$  no topo da atmosfera com dados de "verdade terrestre" fornecidos por redes solarimétricas, através de alguma função empírica (Tarpley 1979; Diabate *et al.* 1988). Estes modelos são dependentes da existência de uma rede solarimétrica de referência para avaliar coeficientes de ajuste, e tem validade apenas regional. Seus coeficientes podem variar no tempo e precisam de validação sistemática.

Já os "modelos físicos" propõem relações entre fluxos no topo e à superfície baseadas em equações de transporte da radiação (Gautier *et al.* 1980; Stuhlmann *et al.* 1990; Whitlock *et al.* 1995; Ceballos e Moura 1997). Nesses modelos, as estimativas têm forma funcional conhecida, mas seus parâmetros estão definidos pelas condições atmosféricas locais. Portanto, são dependentes de algumas variáveis climáticas regionais e com algumas ressalvas podem ser generalizados para áreas extensas. Os dados de uma rede solarimétrica servem principalmente para conferir a qualidade do método de estimativa.

O GL (para radiação solar **GL**lobal) é um modelo físico. A primeira versão foi desenvolvida na Universidade Federal da Paraíba para imagens do canal VIS de Meteosat 4 (Ceballos e Moura 1997), e adaptada para o canal VIS de GOES por pesquisadores da DMS/INPE e UFPb (Bastos *et al.* 1996). Essa versão preliminar foi instalada no CPTEC com algumas modificações, e sua versão 1.2 fornece distribuições diárias, semanais e mensais de irradiação solar global.

## A variável C (nebulosidade)

Nas equações do modelo GL, a nebulosidade controla de forma implícita a componente UV+VIS, e explicitamente a componente IV. É usual avaliá-la considerando que a radiância  $L$  observada por satélite para um pixel é a composição.

$$L = (1-C) L_{\min} + C L_{\max}$$

$L_{\min}$  associada a céu claro,  $L_{\max}$  a céu coberto. De fato, este conceito é válido apenas para cobertura por nuvem cumuliformes.  $L_{\max}$  não avalia o máximo num conjunto de imagens, mas um valor representativo da transição entre cobertura cumuliforme e estratiforme. Nuvens com grande desenvolvimento vertical, pela sua natureza, correspondem a  $C=1$ . O caso de cirrus finos e baixa refletância será considerado equivalente a cobertura parcial.

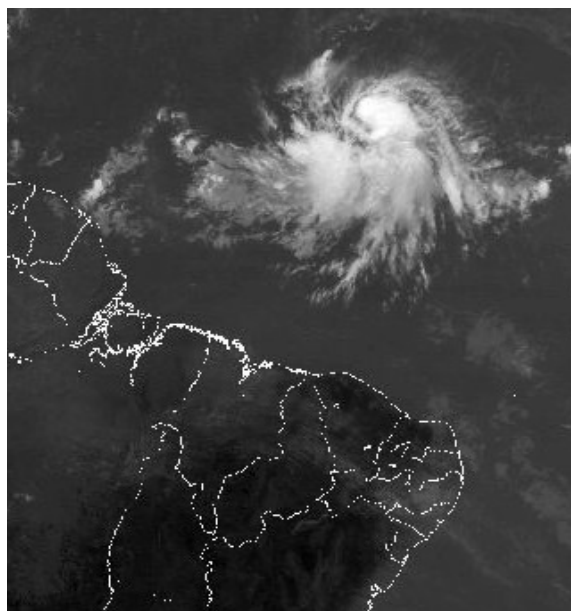
Foi desenvolvido um processo de classificação automática de nuvens (Bottino e Ceballos, 2004). As figuras abaixo ilustram resultados operacionais divulgados na *Home Page* do CPTEC (<http://satelite.cptec.inpe.br> --- classificação de nuvens).

Foi considerada uma área considerável da América do Sul, e foram construídos histogramas de frequência de refletâncias  $R$  para pixels "cumuliformes" e "estratiformes". Encontrou-se que os últimos 5-10% dos primeiros encontram-se na mesma faixa de refletâncias que o primeiro 5-10% dos segundos. Concluiu-se que existe uma refletância típica que marca a transição entre Cu e St, independente da temperatura de brilho (canal 4). O valor encontrado é  $R_{\max} = 0,46$ , aproximadamente. Assim, a nebulosidade avalia-se como

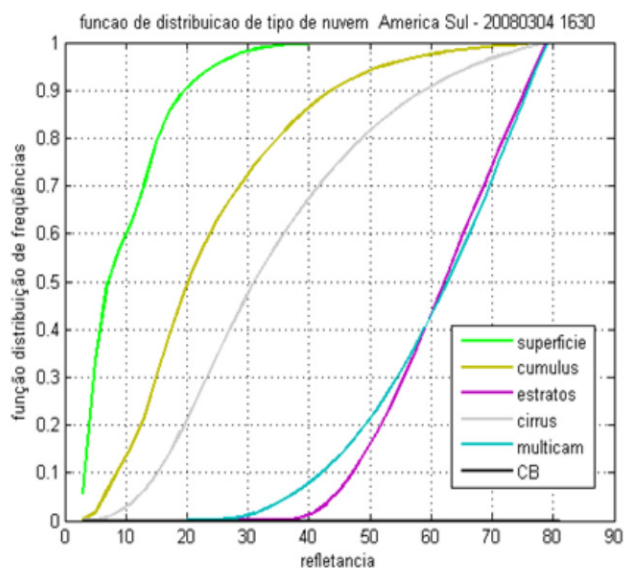
$$C = (R - R_{\min}) / (R_{\max} - R_{\min})$$

## Calibração do canal VIS do GOES

O sensor VIS do GOES 8 apresentou degradação progressiva desde o início de sua operação, motivando a divulgação de coeficientes de correção pela NOAA e pelo programa ISCCP. A mudança para o GOES 12 em abril de 2003 vem apresentando o mesmo problema, sem divulgação de uma correção oficial. O modelo GL é sensível a esta calibração. O efeito mais evidente é a superestimativa de radiação solar (incremento médio de +15 W.m<sup>-2</sup>, aproximadamente, ao comparar com uma centena de estações automáticas sobre território brasileiro). As figuras abaixo correspondem a setembro de 2002 e 2003 e evidenciam o efeito. Pontos muito acima da primeira diagonal correspondem a solarímetros com problemas de manutenção.



Imagens do Nordeste do Brasil, 1445 UTC. Acima: canal termal. Abaixo: Imagem classificada, baseada nos canais termal e visível.



Histogramas (função de distribuição de frequência) da refletância associada a diversos tipos de nuvens (obtido para imagens Goes da América do Sul, 04 março 2008 1630 UTC).

## A refletância do solo

Nas equações do modelo GL, a nebulosidade controla de forma implícita a componente UV+VIS, e explicitamente a componente IV. É usual avaliá-la considerando que a radiância  $L$  observada por satélite para um pixel é a composição.

$$L = (1-C) L_{min} + C L_{max}$$

$L_{min}$  associada a céu claro,  $L_{max}$  a céu coberto. De fato, este conceito é válido apenas para cobertura por nuvem cumuliformes.  $L_{max}$  não avalia o máximo num conjunto de imagens, mas um valor representativo da transição entre cobertura cumuliforme e estratiforme. Nuvens com grande desenvolvimento vertical, pela sua natureza, correspondem a  $C=1$ . O caso de cirrus finos e baixa refletância será considerado equivalente a cobertura parcial.

Foi desenvolvido um processo de classificação automática de nuvens (Bottino e Ceballos, 2004). As figuras abaixo ilustram resultados operacionais divulgados na Home Page do CPTEC (<http://satelite.cptec.inpe.br> --- classificação de nuvens).

Foi considerada uma área considerável da América do Sul, e foram construídos histogramas de frequência de refletâncias  $R$  para pixels "cumuliformes" e "estratiformes". Encontrou-se que os últimos 5-10% dos primeiros encontram-se na mesma faixa de refletâncias que o primeiro 5-10% dos segundos. Conclui-se que existe uma refletância típica que marca a transição entre  $C_u$  e  $S_t$ , independente da temperatura de brilho (canal 4). O valor encontrado é  $R_{max} = 0,46$ , aproximadamente. Assim, a nebulosidade avalia-se como

## A qualidade do modelo

Cxcxcxxbxxxxmxmx,,llllwçw''q  
kkiqudbdgd6d5ddxjsks

## Referências bibliográficas

Bastos, E.J.B.; B.M. Funatsu; A. Bonfim; E.C. Moraes and J.C. Ceballos (1996). Estimativa da radiação solar global para a América do Sul via satélite. [Global solar radiation assessment for South America by satellite] IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais pp. 596-600. Campos do Jordão, SP.

Bottino, M.J., Ceballos, J.C., 2003: Classification of scenes in multispectral GOES-8 IMAGERY. Anais (CD ROM), XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, MG, 2003.

Ceballos, J.C.; M.J. Bottino. 2004. Estimativa de radiação solar por satélite: Desempenho do modelo operacional GL1.2. In: Anais, XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza [Doc. PDF]

Ceballos, J.C. e G.B.A. Moura (1997). Solar radiation assessment using Meteosat 4-VIS imagery. *Solar Energy* **60**,209-219.

Ceballos, J.C., M.J. Bottino, J.M. de Souza. A simplified physical model for assessing solar radiation over Brazil using GOES 8 visible imagery. *J. of Geophys. Research*, v. 109, D02211, doi:10.1029/2003JD003531, 2004.

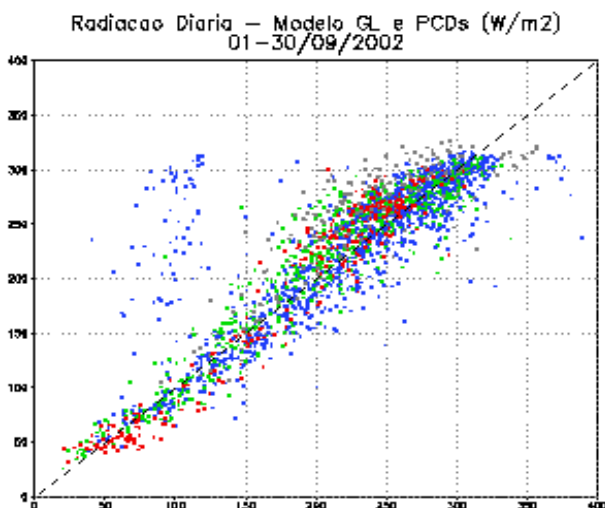
Diabate, L.; G. Moussu and L. Wald. (1989). Description of an operational tool for determining global solar radiation at ground using geostationary satellite images. *Solar Energy* **42**, 201-207.

Gautier, C.; G. Diak and S. Masse (1980). A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from Goes satellite. *J. Appl. Meteor.* **19**, 1005-1012.

Stuhlmann, R.; M. Rieland and E. Raschke (1990). An improvement of the IGMK model to derive total and diffuse solar radiation at the surface from satellite data. *J. Appl. Meteor.* **29**, 596-603.

Tarpley, J.D. (1979). Estimating incident solar radiation at the surface from geostationary satellite data. *J. Appl. Meteor.* **18**, 1172-1181.

Whitlock, C.H.; T.P. Charlock; W.F. Staylor; R.T. Pinker; I. Laszlo; A. Ohmura; H. Gilgen; T. Konzelman; R.C. Di Pasquale; C.D. Moats; S.R. LeCroy and N.A. Ritchey (1995). First global WCRP shortwave surface radiation budget dataset. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **76**, 905-922.





## Morbi pellentesque ●

Nullam lorem sapien, tempus ac, fringilla at, elementum sed, purus. Duis molestie pede. Vivamus quis odio sit amet libero sodales tincidunt. Nam sit amet metus vitae lectus ullamcorper dignissim. Suspendisse leo. Praesent turpis justo, aliquet ac, accumsan vel, posuere quis, pede. Morbi pretium lacus. Cras non metus. Donec laoreet sem at elit. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Vivamus iaculis dolor id felis. Phasellus cursus nulla non odio. Nulla a lectus sed nisi luctus pretium. Sed egestas rutrum odio. Nunc ornare arcu. Quisque at augue ac magna sollicitudin sodales. Donec nulla justo, adipiscing sit amet, feugiat ac, facilisis euismod, risus.

Pellentesque tincidunt, dolor eu dignissim mollis, justo sapien iaculis pede, vel tincidunt lacus nisl sit amet metus. Fusce ac est vitae purus varius tristique. Phasellus mattis ornare ligula. Donec id nibh. Vestibulum metus quam, ultrices in, sagittis tincidunt, gravida et, sapien. Sed bibendum, lectus vitae tincidunt dapibus, sem felis posuere est, id ornare augue lorem in purus. Suspendisse ligula. Sed mollis tristique mauris. Nullam nunc nunc, aliquet et, tristique nec,

porttitor quis, urna. Etiam eu erat. Morbi ut nisl. Curabitur semper sem. Nulla turpis nibh, tempor nec, aliquet vitae, elementum ac, mauris.

Quisque pellentesque metus ac quam. Donec magna nulla, aliquet vitae, congue ac, faucibus ut, erat. Donec sit amet neque. Donec posuere tempus massa. Duis vulputate mauris sit amet purus. Duis vestibulum. Fusce ac erat. Curabitur sagittis. Pellentesque ultricies, ante id lobortis feugiat, ipsum magna congue risus, pulvinar euismod arcu nunc ac turpis. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam vel quam ut tellus gravida faucibus. Vivamus justo est, elementum vitae, malesuada eu, fermentum in, sapien. Donec sit amet justo. In velit. Vivamus turpis pede, dignissim sed, scelerisque nec, pretium sit amet, dui. Nam nec felis non turpis hendrerit varius. In ultrices ornare lorem. Quisque bibendum, massa sed venenatis malesuada, diam ipsum blandit urna, vel ultricies pede nulla vitae lacus.

### Company Name

Address Line 1 Address Line 2

Address Line 3 Address Line 4

Tel: (123) 456 7890 Mobile: (123) 456 7891

Fax: (123) 456 7892 name@company.com

[www.company.com](http://www.company.com)