

## Desempenho do modelo GL versão 1.2 variável: radiação global diária

Época de análise:

2005 (janeiro-março-abril-maio-junho)

Satélite: GOES12

Verdade terrestre: rede de estações do PMTCRH  
(Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e  
Recursos Hídricos)

*Nota: Análises realizadas em 2005*

# Estimativa de radiação solar por satélite: Modelo GL1.2

## Janeiro 2005 Análise de desempenho

Satélite: GOES 12

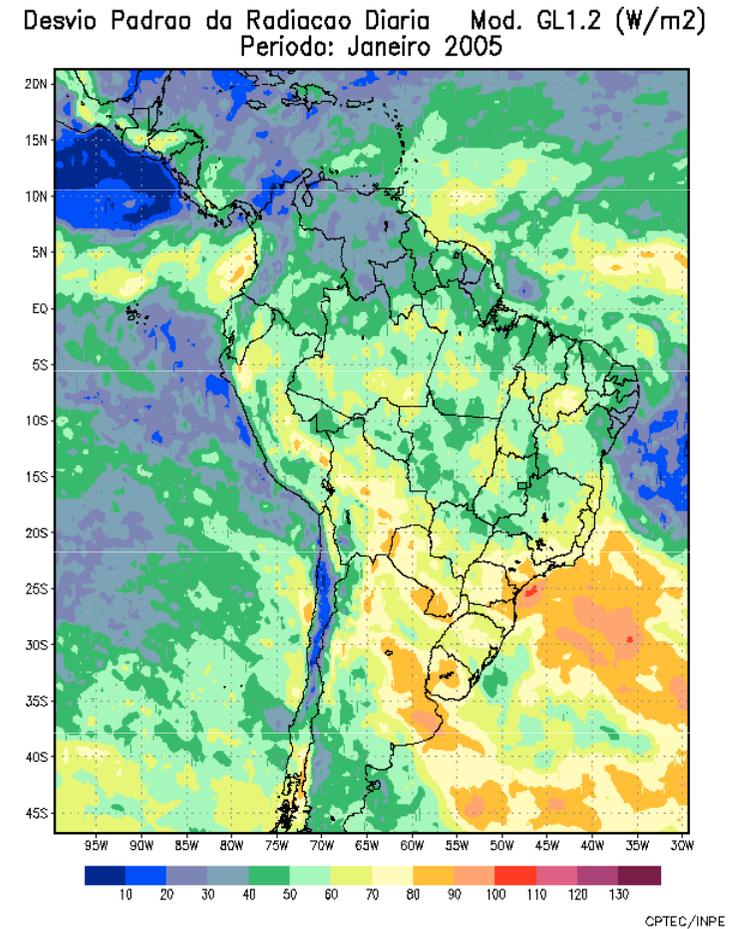
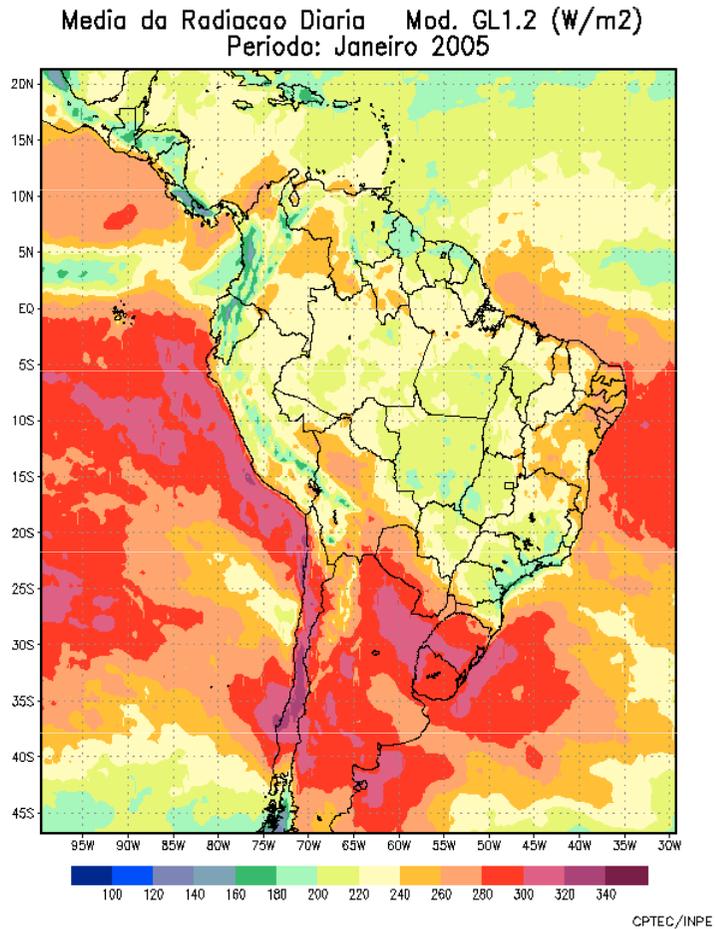
Canal utilizado: Visível

Parâmetros básicos:

- Água precipitável (um valor ao sul de 20°S, outro ao norte dessa latitude)
- Nebulosidade: Linear entre refletâncias 9% e 46% (nublado para valores superiores)
- Descrição detalhada do modelo: Ceballos et al. (2004). Procurar em Satélites → Pesquisa e Desenvolvimento na DSA → Publicações

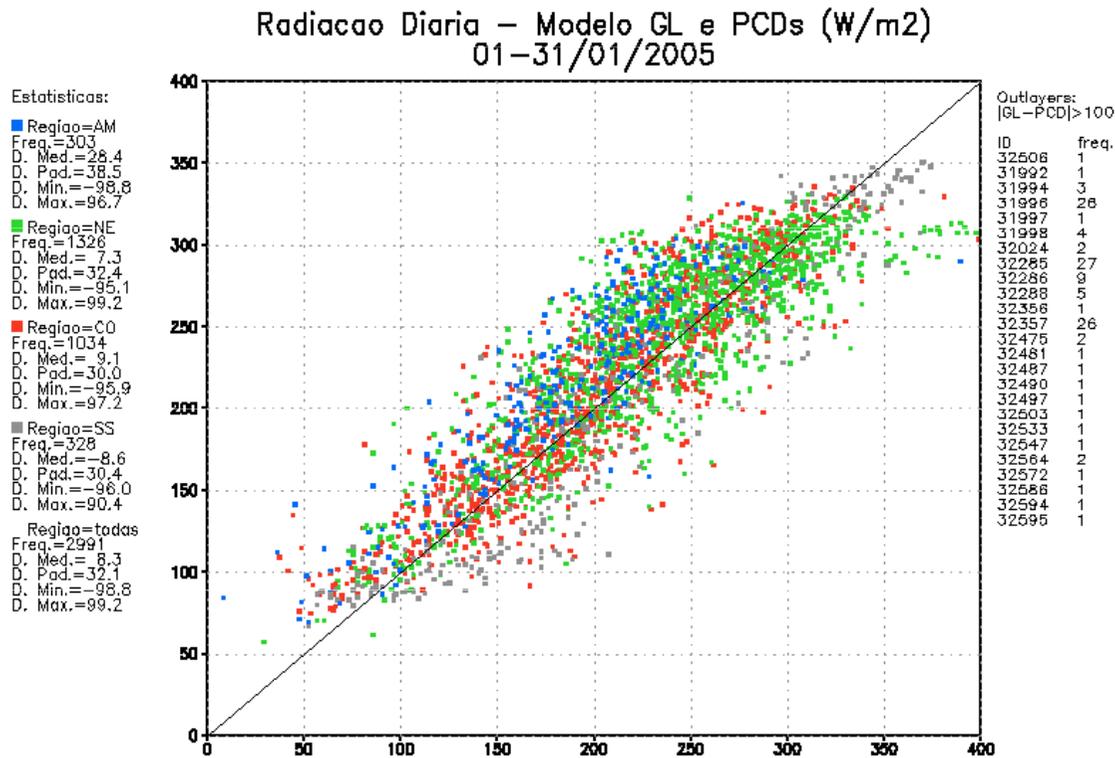
## Distribuição geográfica da radiação solar – janeiro 2005

Unidades: irradiância média diária ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) = irradiação diária em  $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}/86400 \text{ seg}$



Dados diários e mensais: página do CPTEC → satélites → radiação solar e terrestre

## Comparação genérica com dados da rede de PCDs



- O modelo GL 1.2 apresenta boa linearidade com relação à “verdade terrestre”

- Foram eliminados pontos com diferença entre modelo e PCD maior do que 100 W.m<sup>-2</sup>

- Algumas estações do Nordeste apresentam valores significativamente maiores em situações de céu claro: problemas de calibração da PCD

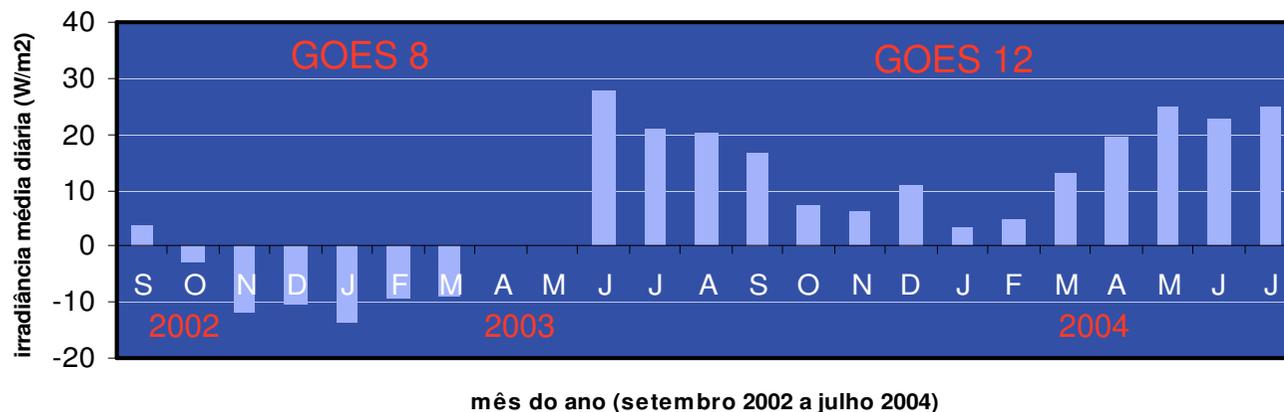
- Em outros casos, o modelo é significativamente superior: prováveis problemas de sujeira no sensor da PCD

- Valores do modelo muito inferiores sugerem dias com poucas imagens disponíveis

A seguir: análise de desempenho do modelo e detecção de estações com problemas

## Comportamento médio do modelo GL1.2

evolução do desvio médio mensal computado sobre a rede de PCDs

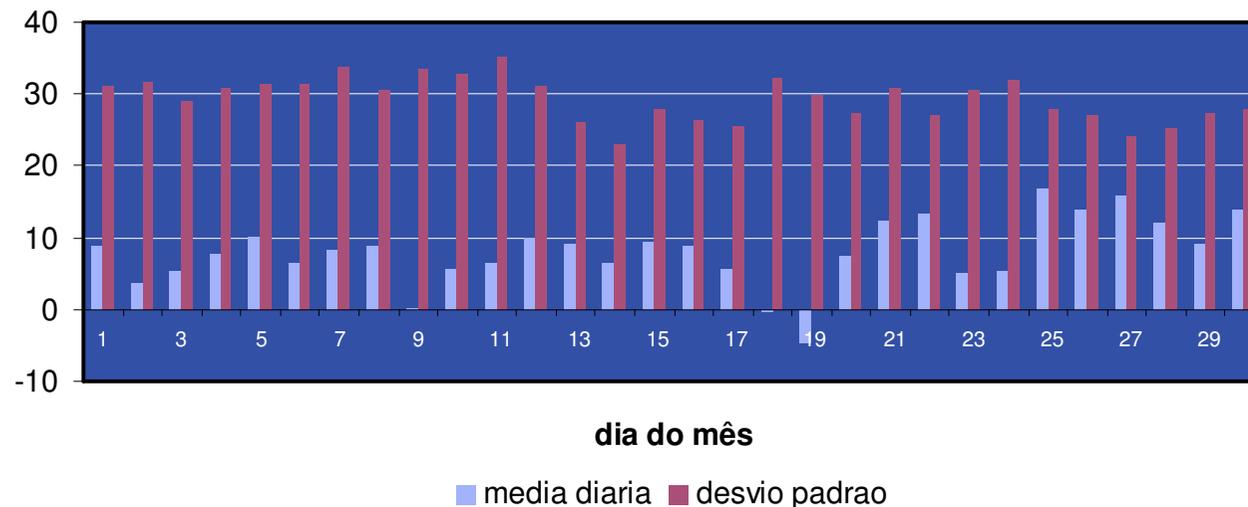


- O canal VIS do GOES 8 tinha calibração dia-a-dia avaliada por NOAA e ISCCP.

- GOES 12: tem degradação com relação à calibração inicial. Correções ainda em análise.

- Observa-se um ciclo anual de desvios (verificada também em outros modelos). Por enquanto, o GOES 12 parece introduzir um erro médio sistemático de +10 a +15  $W.m^{-2}$

comportamento diário (médias sobre a rede de PCDs)  
janeiro 2005 - com depuração estatística



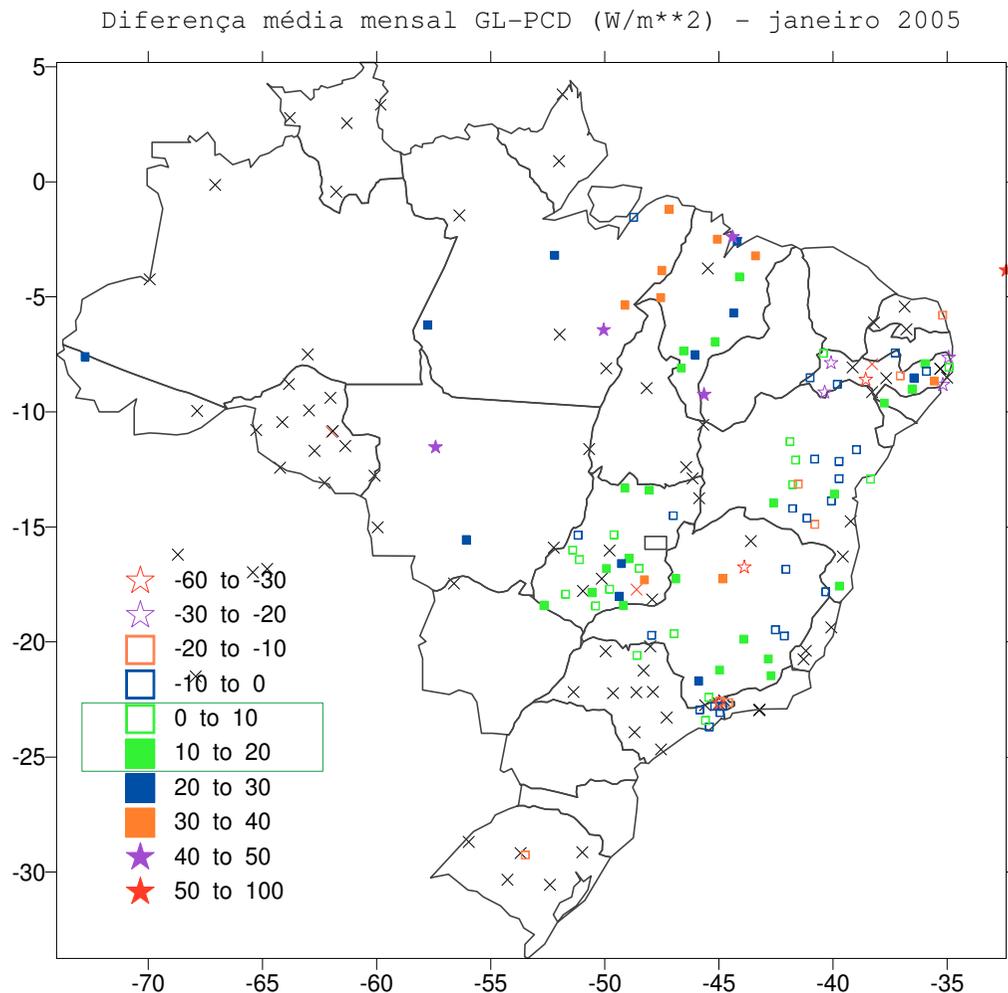
### JANEIRO 2005

- Desvio médio observado é de +8  $W.m^{-2}$ , semelhante ao de janeiro 2004.

- Valores muito baixos ou negativos podem ser gerados em dias com poucas imagens disponíveis.

- **Observação:** o desvio médio é *sobre a rede*. Estações ou regiões específicas podem mostrar desvios particulares, como evidencia o desvio padrão.

## Modelo GL 1.2: Comparação com as estações da rede



### **Critério de filtragem:**

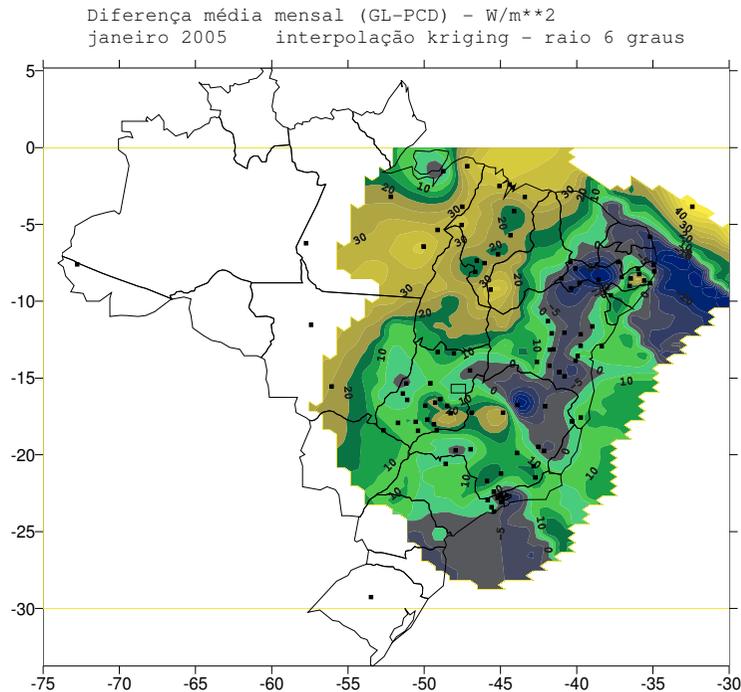
Etapa 1) avaliação de média  $m$  e desvio padrão  $s$  da estação.

Etapa 2) eliminação de outliers: dados diários fora do intervalo  $m \pm 2s$

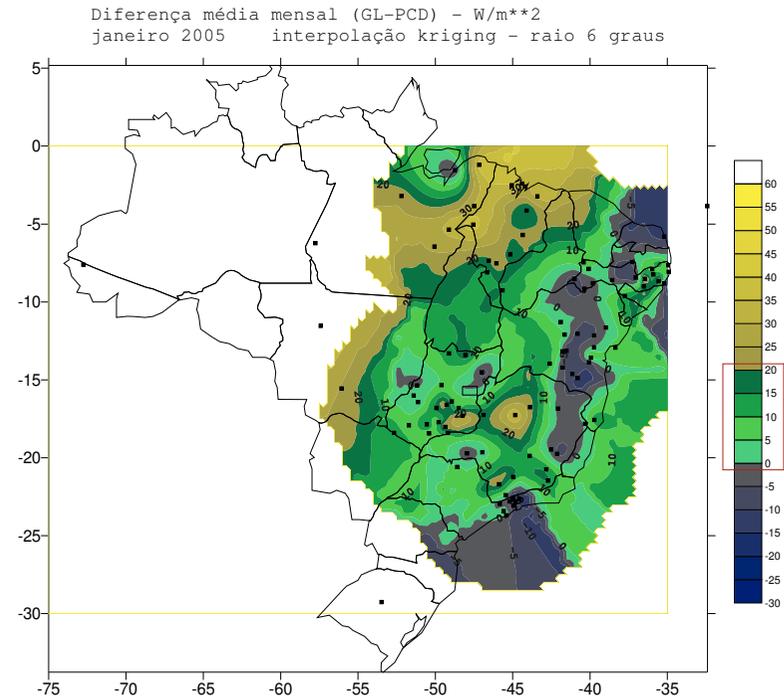
Etapa 3) Reavaliação de média e desvio padrão da estação; "flag" em dados fora do intervalo  $m \pm 2,5s$

- **Cruzes em preto:** estações previstas, ou inoperantes.
- As **estações em verde** apresentam o comportamento mais coerente com o modelo, de acordo com o erro médio sugerido pela degradação do sensor VIS do GOES 12.
- **Cor laranja:** desvio moderadamente elevado. Comportamento regional em observação.
- Estrelas em **roxo** e **vermelho:** desvios superiores ao estatístico. Sugere-se analisar comportamento da PCD. Símbolos cheios (exceto verde) sugerem sensor com sujeira.
- **Cruzes em vermelho:** estações com valores anômalos. Funcionamento errado.
- Na Amazônia, o modelo parece superestimar radiação [razões possíveis: 1) subestimativa de água precipitável; 2) subestimativa de nebulosidade]

## Distribuição geográfica de desvios médios do modelo GL1.2 – janeiro 2005



Inclusão de todas as 102 estações não anômalas



Exclusão de 10 estações com  $m > 40$  e  $m < 20$

- Interpolação: kriging sobre  $6^\circ$  de raio. Modelo: água precipitável =  $4.5 \text{ g/cm}^2$  para  $\varphi > -20^\circ$
- A região em **verde** é a mais coerente com os erros médios esperáveis do uso de GOES 12
- A região em **pardo** pode indicar necessidade de ajuste a valores regionais superiores de água precipitável (transição para a região amazônica)
- A região em **azul** pode indicar valores de água precipitável inferiores aos previstos
- A região tem valores de irradiância média **G** entre 200 e  $250 \text{ W.m}^{-2}$ . O erro médio do modelo representa (**verde**) 5-10% de **G**; (**pardo**) 15% de **G**.
- Em todos os casos, deve ser regionalizada a parametrização para estimativa de nebulosidade [em andamento]

# Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período março 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

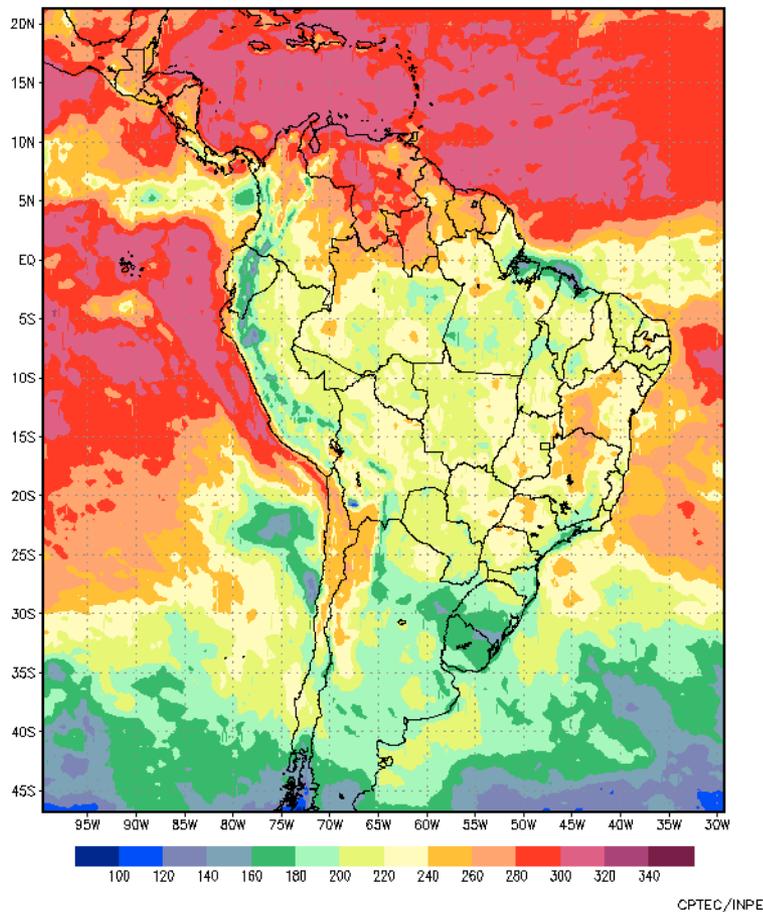
Hipóteses:

- Distribuição regional do vapor d'água
- Conteúdo constante de O<sub>3</sub> (estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- Apenas radiação direta no IV solar, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

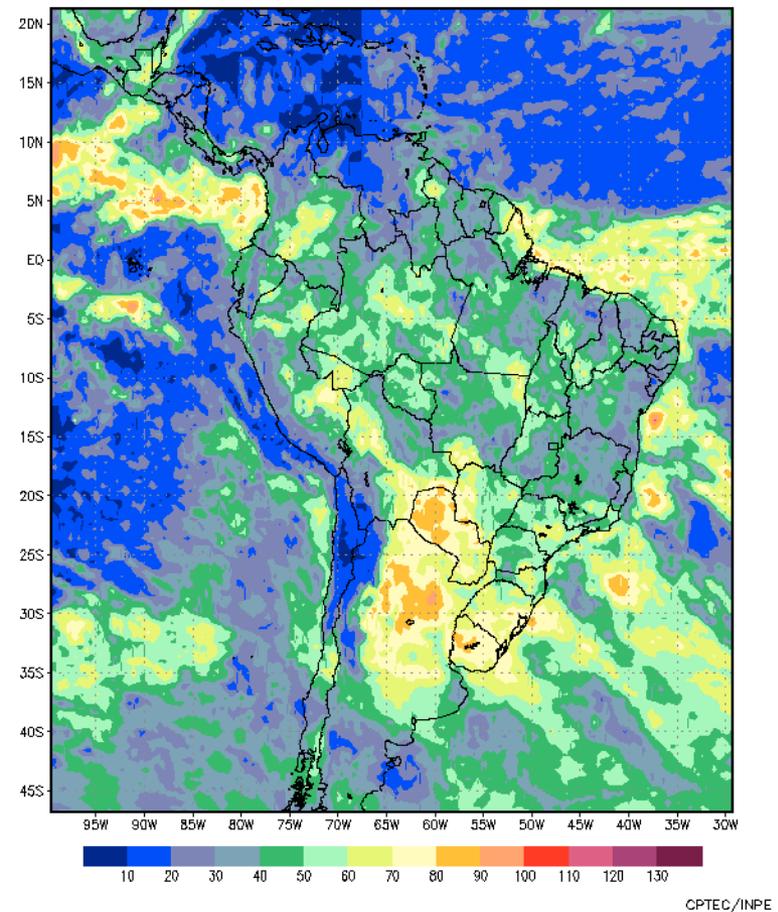
# Modelo GL1.2 – Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$ )

Média e desvio padrão sobre 31 dias.

Medida da Radiação Diária Mod. GL1.2 ( $W/m^2$ )  
Período: Março 2005



Desvio Padrao da Radiação Diária Mod. GL1.2 ( $W/m^2$ )  
Período: Março 2005



## Radiação Diária – Modelo GL e PCDs (W/m<sup>2</sup>) 01–31/03/2005

Estadísticas:

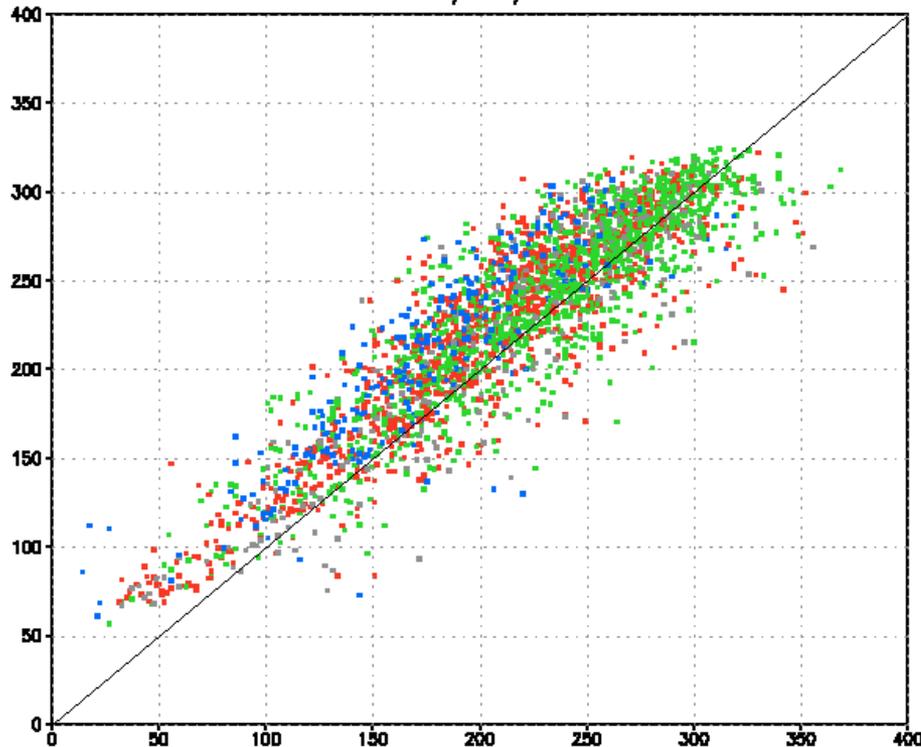
■ Região=AM  
Freq.=267  
D. Med.=32,3  
D. Pad.=41,5  
D. Min.=-89,7  
D. Max.=99,9

■ Região=NE  
Freq.=1241  
D. Med.=10,8  
D. Pad.=28,3  
D. Min.=-93,1  
D. Max.=99,8

■ Região=CO  
Freq.=1009  
D. Med.=17,4  
D. Pad.=31,4  
D. Min.=-96,2  
D. Max.=96,7

■ Região=SS  
Freq.=263  
D. Med.=10,0  
D. Pad.=30,6  
D. Min.=-85,9  
D. Max.=94,5

■ Região=todas  
Freq.=2780  
D. Med.=15,2  
D. Pad.=31,1  
D. Min.=-96,2  
D. Max.=99,9



Outliers:  
|GL-PCD|>100

ID	freq.
32360	1
32485	1
32506	6
31994	1
31996	13
31997	2
31998	6
32285	20
32287	2
32288	3
32357	28
32464	1
32466	1
32477	2
32481	4
32483	1
32489	2
32520	1
32564	2
32576	1
32589	2
32597	1

Dispersão de estimativas:

Modelo GL1.2 X PCDs

Abscissas: PCD

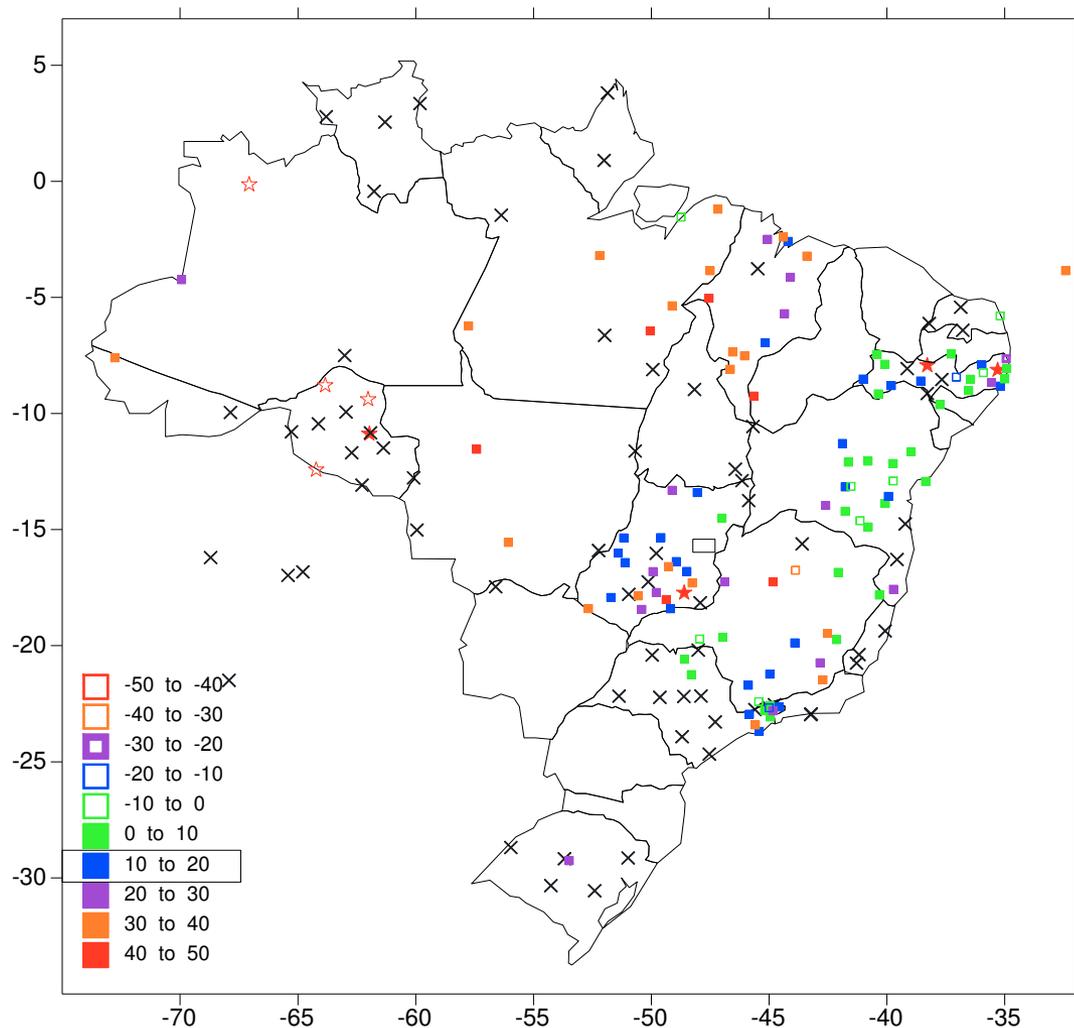
Ordenadas: modelo GL1.2

Foram retirados resultados com desvios absolutos superiores a 100 W.m<sup>-2</sup>.

O modelo apresenta ajuste satisfatório com a "verdade terrestre", mas o gráfico sugere um erro sistemático positivo.

**Justificativa:** Além das eventuais simplificações do modelo, o desvio sistemático é induzido pela degradação do sensor VIS do satélite GOES12 (diminui a estimativa de refletância, portanto induz erro positivo na radiação transmitida).

desvio médio mensal [GL - PCD] - março 2005



## Análise dos desvios observados

São utilizadas como referência as irradiações diárias da rede de PCDs. Foram removidos os dados de modelo com desvio absoluto maior do que  $90 \text{ W.m}^{-2}$ .

A média de desvios sobre a rede de PCDs é de  $+16 \text{ W.m}^{-2}$ , com desvio padrão de  $16 \text{ W.m}^{-2}$ . Este desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS.

■ Os resultados podem ser considerados exatos em média mensal, com desvio sistemático induzido pela calibração GOES.

Estrelas vazias indicam valores excessivamente baixos das PCDs; estrelas cheias, valores altos. Nos dois casos, sugerem problemas de calibração / manutenção.

Cruzes: PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação.

O gradiente sistemático de desvios na direção da Amazônia sugere que o modelo considera valores excessivamente baixos de água precipitável (portanto, subestima a absorção de radiação pelo vapor).

# Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período abril 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

Hipóteses:

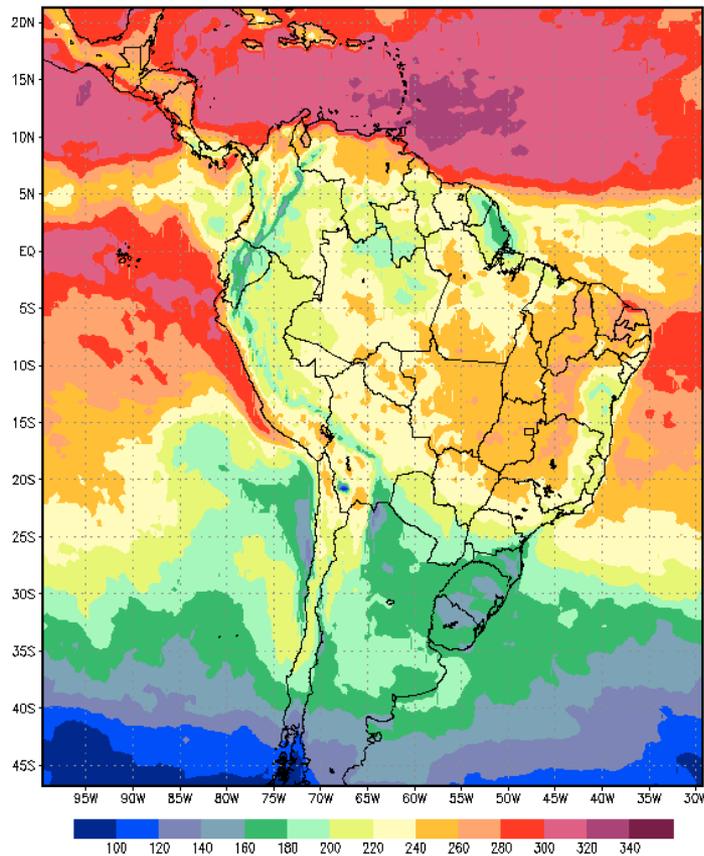
- Distribuição regional do vapor d'água
- Conteúdo constante de O<sub>3</sub> (estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- Apenas radiação direta no IV solar, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

# Modelo GL1.2 – abril 2005

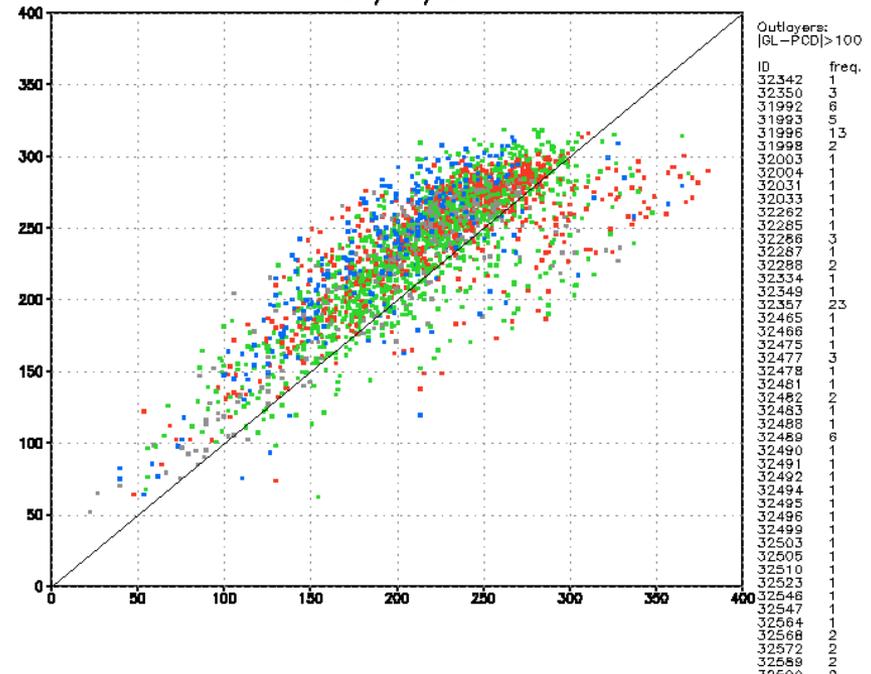
## Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$ )

Média e dispersão sobre 28 dias.

Medida da Radiação Diária Mod. GL1.2 ( $W/m^2$ )  
Período: Abril 2005



Radiação Diária – Modelo GL e PCDs ( $W/m^2$ )  
01-30/04/2005



- O modelo tem comportamento linear,
- 1) Com desvio sistemático positivo (influência parcial de calibração do GOES 12);
  - 2) Com subestimativas (pontos abaixo da diagonal) associadas a recepção irregular de imagens em uma semana de abril.

## Análise dos desvios observados

**Referência:** irradiações diárias da rede de PCDs. Na análise de **desvio**  $D = \text{MODELO} - \text{PCD}$ , efetua-se remoção de desvios excessivos:

= Calculados a média **Dm** e desvio padrão **s**, eliminam-se

- Desvios com  $|D| > 100 \text{ W.m}^{-2}$ .

- Desvios com  $|D - Dm| > 2s$

= Calcula-se nova média **Dm'** e desvio padrão **s'**, eliminando-se os desvios com  $|D - Dm'| > 3s'$ .

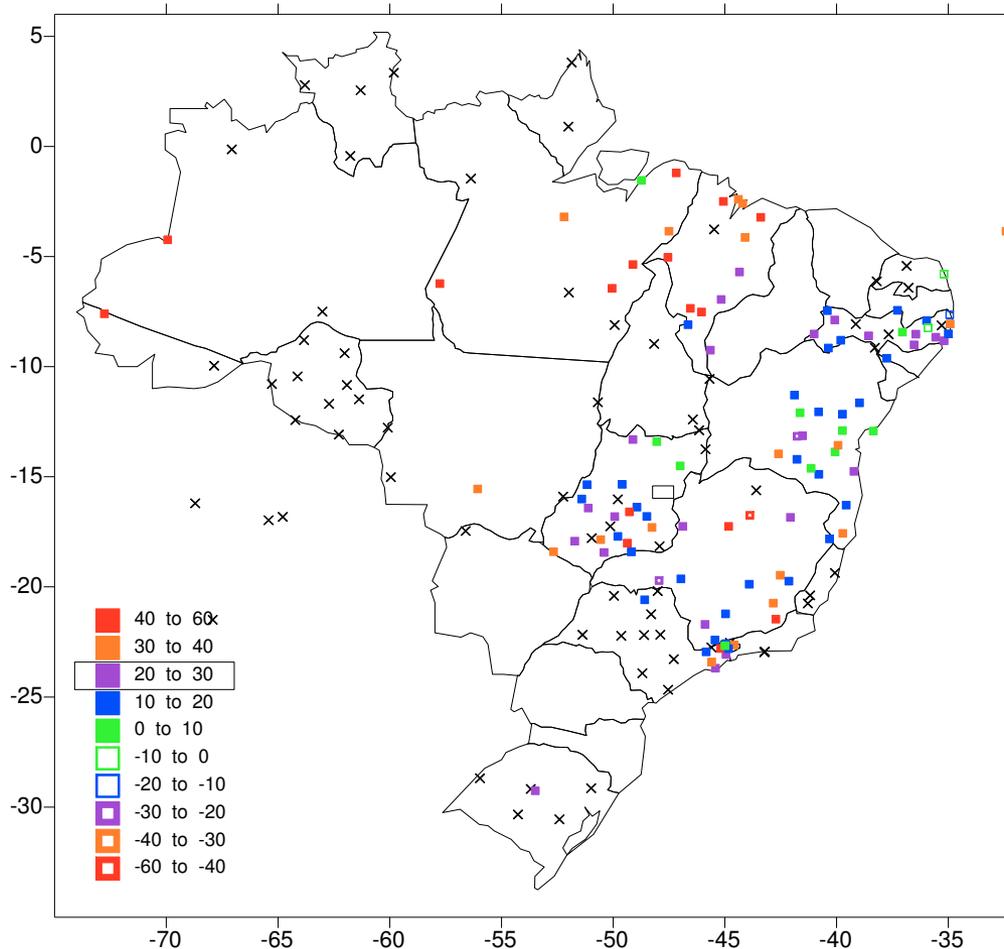
A média de desvios sobre a rede de PCDs é de  $+23 \text{ W.m}^{-2}$ , com desvio padrão médio de  $23 \text{ W.m}^{-2}$ . Parte do desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS (ainda não foi publicada correção), da ordem de  $+15 \text{ W.m}^{-2}$ .

Os quadrados cheios **verdes**, **azuis** e **roxos** indicariam bom ajuste regional do modelo.

Quadrados **laranja** e **vermelho** em Goiás, Minas e Nordeste indicam provável necessidade de manutenção de PCD (a estação fornece valores menores do que os esperados).

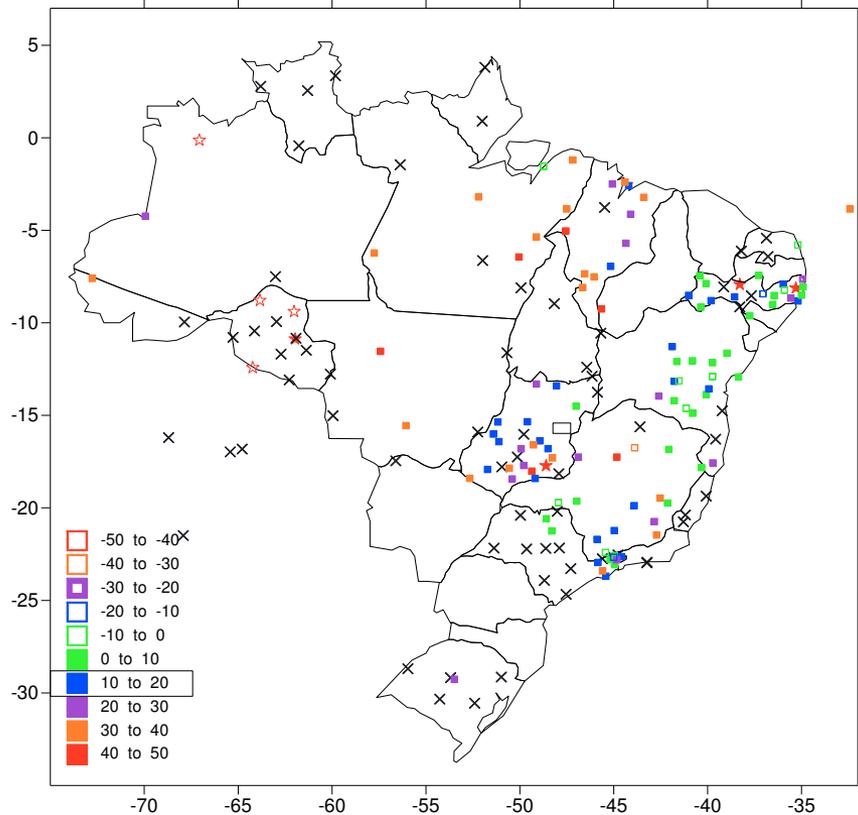
Entretanto, o gradiente sistemático de desvios na direção da Amazônia sugere que o modelo considera valores excessivamente baixos de água precipitável (portanto, subestima a absorção de radiação pelo vapor).

desvio médio mensal ( $\text{W/m}^2$ ) - abril 2005

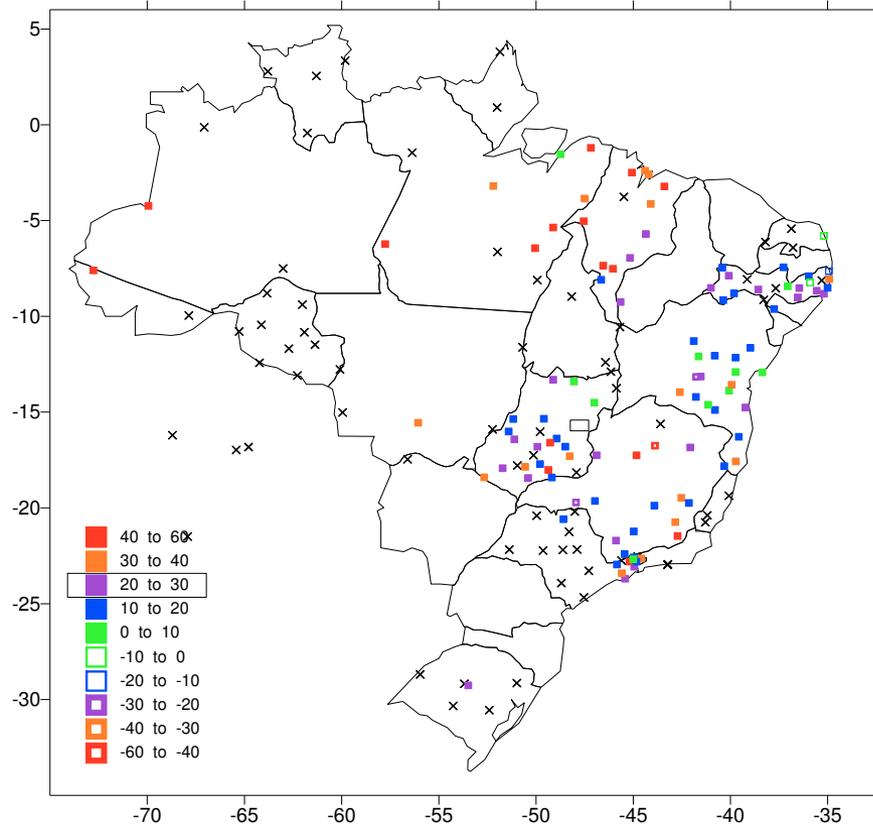


**Cruzes:** PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação.

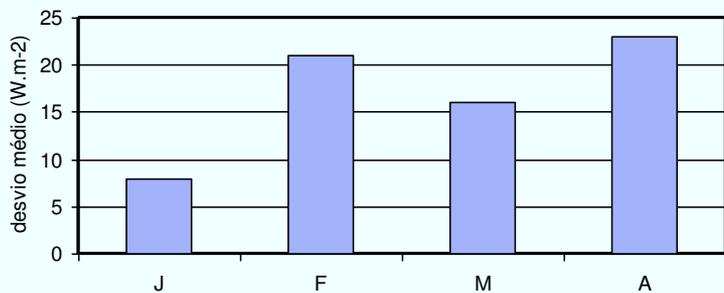
desvio médio mensal [GL - PCD] - março 2005



desvio médio mensal (W/m2) - abril 2005

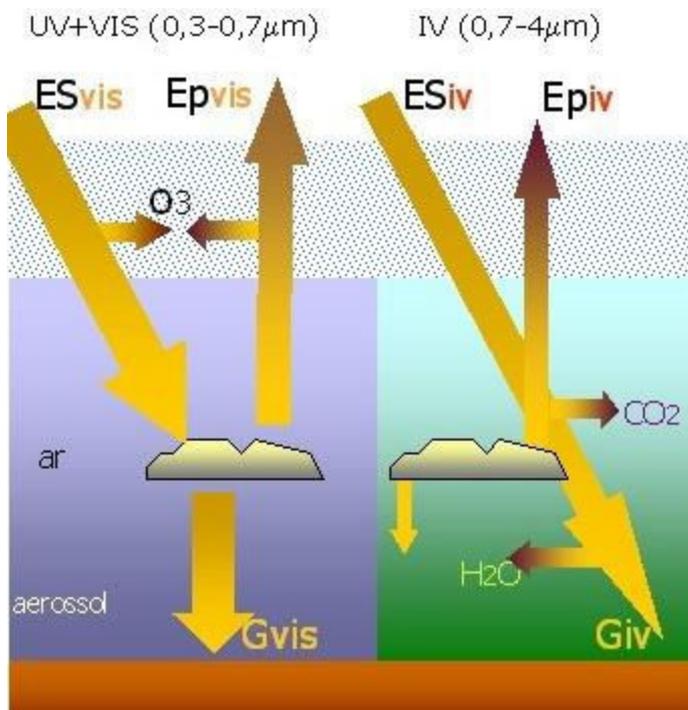


evolução 2005 do desvio médio relativo à rede de PCDs



Comportamentos semelhantes entre março e abril, com flutuação dentro dos 10 W.m<sup>-2</sup>

**Observação:** em abril, a recepção de imagens GOES teve frequência irregular na última semana do mês.



## Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período maio 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

Hipóteses:

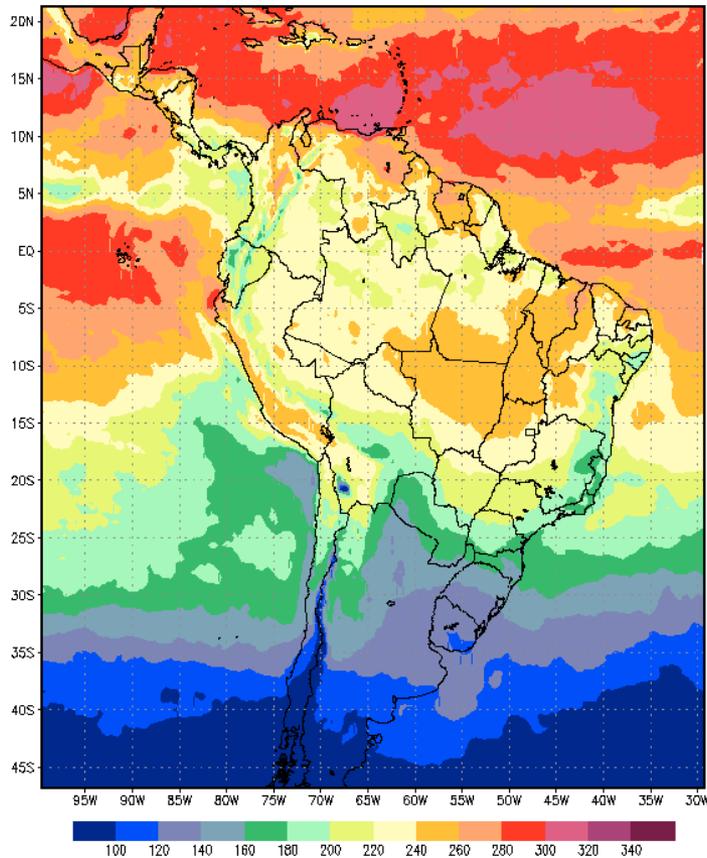
- Distribuição regional do vapor d'água
- Conteúdo constante de  $O_3$  (estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- Apenas radiação direta no IV solar, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

# Modelo GL1.2 – maio 2005

## Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$ )

### Média e dispersão sobre 30 dias.

Media da Radiação Diária Mod. GL1.2 ( $W/m^2$ )  
Período: Maio 2005

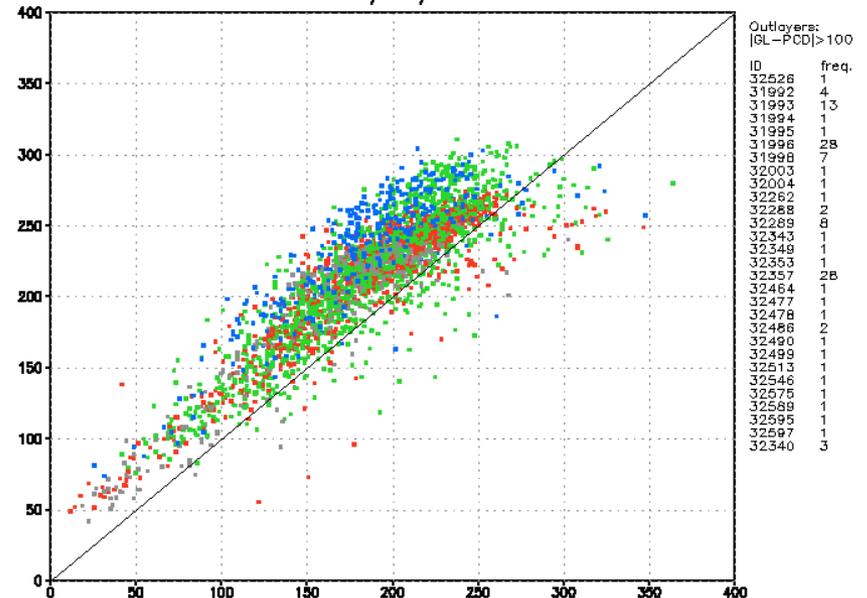


CPTEC/INPE

Estatísticas:

- Região=AM  
Freq.=332  
D. Med.=49,5  
D. Pd.=55,5  
D. Min.=-89,6  
D. Max.=95,7
- Região=NE  
Freq.=1441  
D. Med.=30,1  
D. Pd.=37,8  
D. Min.=-84,7  
D. Max.=97,6
- Região=C0  
Freq.=975  
D. Med.=27,3  
D. Pd.=34,3  
D. Min.=-96,6  
D. Max.=96,8
- Região=SS  
Freq.=275  
D. Med.=29,0  
D. Pd.=35,6  
D. Min.=-86,3  
D. Max.=74,5
- Região=todas  
Freq.=3023  
D. Med.=31,2  
D. Pd.=36,9  
D. Min.=-96,6  
D. Max.=97,6

Radiação Diária – Modelo GL e PCDs ( $W/m^2$ )  
01–31/05/2005



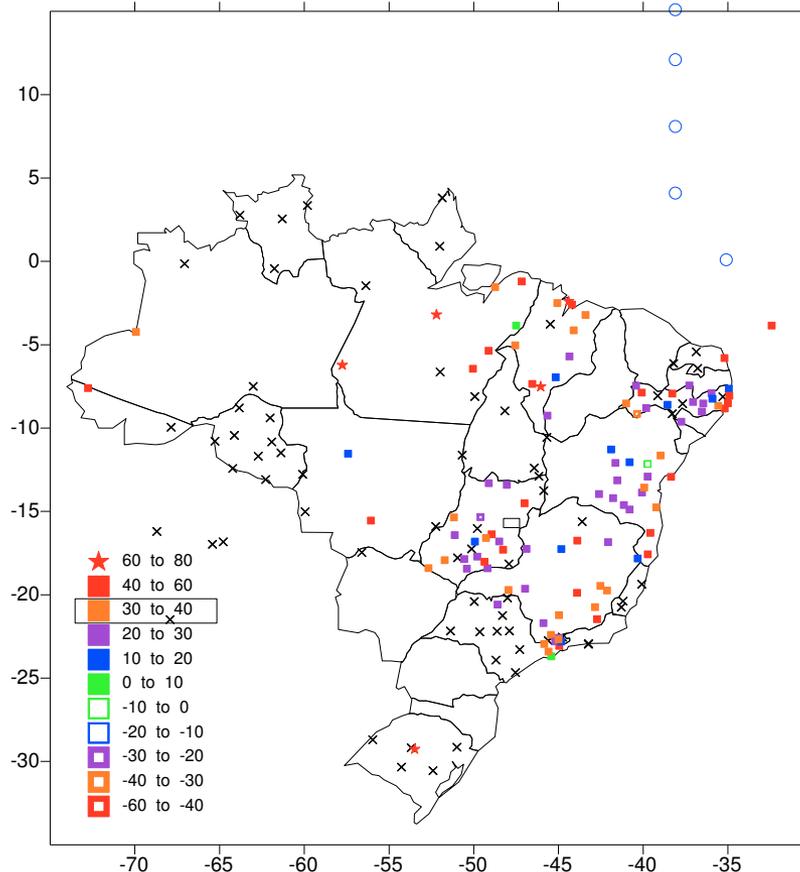
Outliers:  $|GL-PCD| > 100$

ID	freq.
32526	1
31992	4
31993	13
31994	1
31995	1
31996	28
31998	7
32003	1
32004	1
32262	1
32288	2
32289	8
32343	1
32349	1
32353	1
32357	28
32464	1
32477	1
32478	1
32486	2
32490	1
32499	1
32513	1
32546	1
32576	1
32589	1
32595	1
32597	1
32340	3

O modelo tem comportamento linear,

- 1) Com desvio sistemático positivo (influência parcial de calibração do GOES 12);
- 2) Com subestimativas (pontos abaixo da diagonal) associadas a recepção irregular de imagens em uma semana de abril.

desvio médio mensal (W/m<sup>2</sup>) - maio 2005



**Cruzes:** PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação

**Cruzes:** PCDs com desempenho irregular

**Círculos azúis:** boias. Dados de bóia em fase de análise.

O gradiente sistemático de desvios na direção da Amazônia sugere que o modelo considera valores excessivamente baixos de água precipitável (portanto, subestima a absorção de radiação pelo vapor). Correções em fase de desenvolvimento.

## Análise dos desvios observados

**Referência:** irradiações diárias da rede de PCDs. desvio  
 $D = \text{MODELO} - \text{PCD}$ ,

= Calculados a média  $D_m$  e desvio padrão  $s$ , eliminam-se  
• Desvios com  $|D| > 100 \text{ W.m}^{-2}$ .

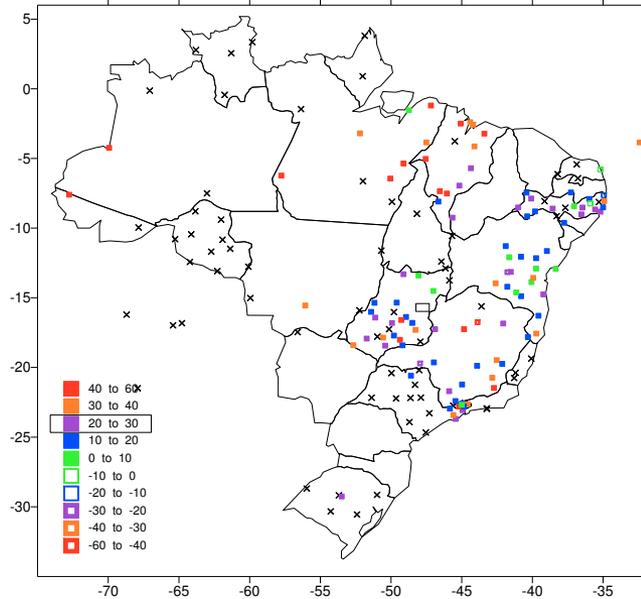
= Calcula-se nova média  $D_m'$  e desvio padrão  $s'$ , eliminando-se os desvios com  $|D - D_m'| > 3 s'$ .

A média de desvios diários sobre a rede de PCDs é de  $+32 \text{ W.m}^{-2}$ , com desvio padrão médio de  $15 \text{ W.m}^{-2}$ . Parte do desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS, da ordem de  $+15 \text{ W.m}^{-2}$ .

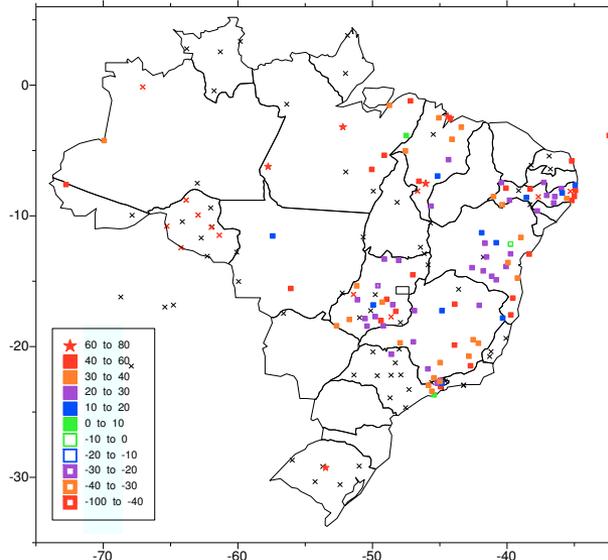
Os quadrados cheios **verdes**, **azuis** e **roxos** indicariam bom ajuste regional do modelo.

Quadrados em **vermelho**: indicam provável necessidade de manutenção de PCD (a estação fornece valores menores do que os esperados).

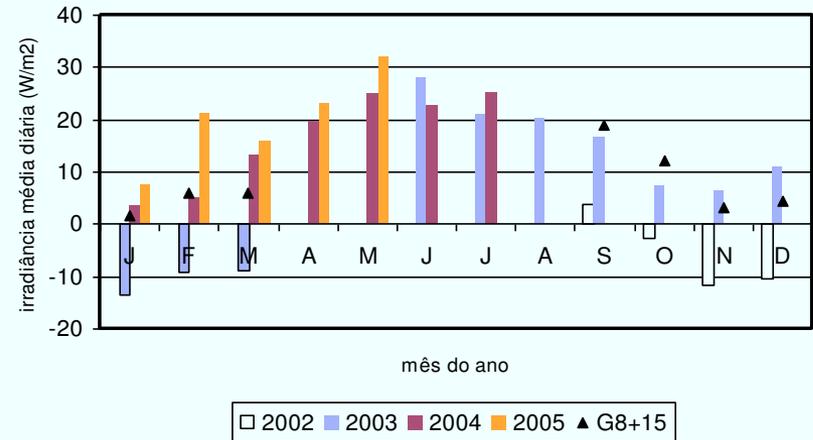
desvio médio mensal (W/m2) - abril 2005



maio 2005 - desvio médio mensal (W/m2)



desvio médio mensal com relação à rede de PCDs  
quadrados: sequência GOES8 + 15 W/m2

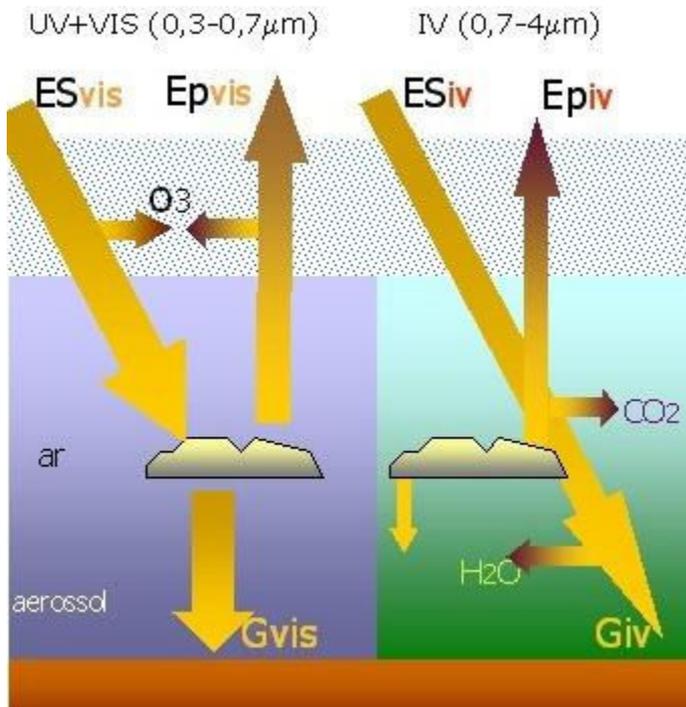


Comportamentos semelhantes entre abril e maio, com aumento da ordem de  $10 \text{ W.m}^{-2}$

Acompanha o mesmo ciclo anual que em 2004

Entretanto, o período janeiro/maio sugere que os desvios são maiores. Uma razão disto pode ser a degradação progressiva do sensor VIS do GOES 12.

Além de aprimoramentos regionais na distribuição de água precipitável, a correção da calibração do canal VIS é necessária.



## Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período junho 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

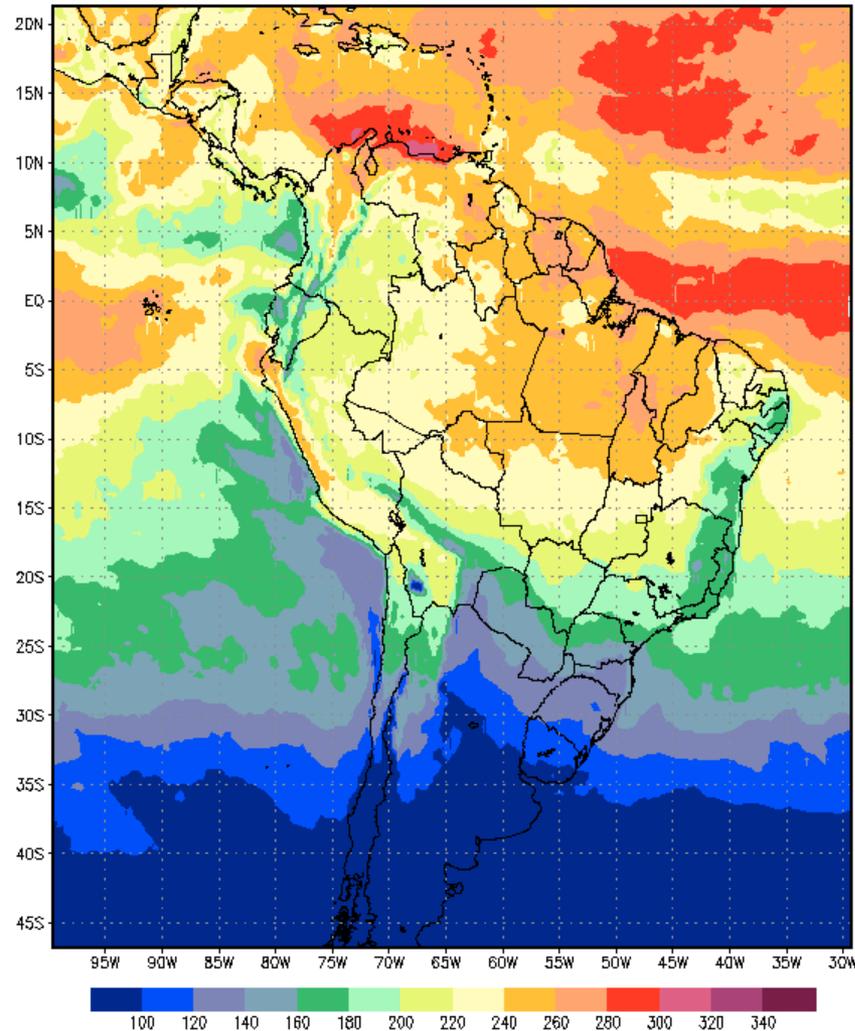
Hipóteses:

- Distribuição regional simplificada e constante do vapor d'água
- Conteúdo constante de O<sub>3</sub> (atuando na estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- No IV solar apenas a radiação direta atinge o solo, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

# Modelo GL1.2 – junho 2005

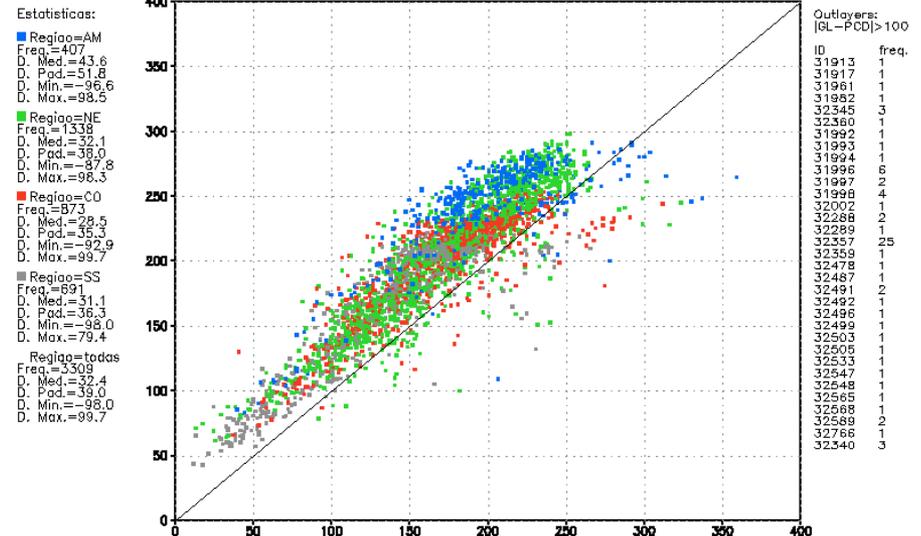
## Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$ ) dispersão sobre 30 dias.

Media da Radiação Diária Mod. GL1.2 ( $W/m^2$ )  
Período: Junho 2005



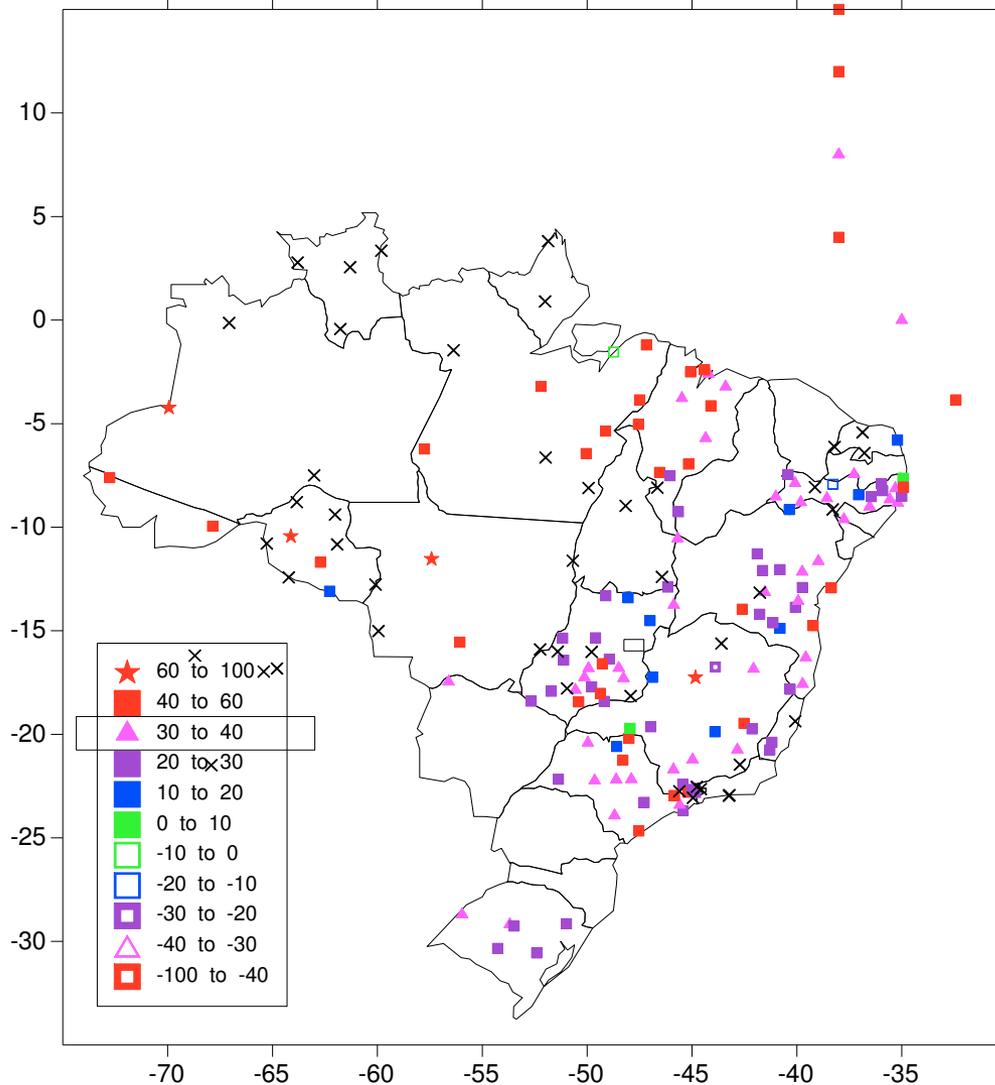
CPTEC/INPE

Radiação Diária – Modelo GL e PCDs ( $W/m^2$ )  
01–30/06/2005



- O modelo tem comportamento linear,
- 1) Com desvio sistemático positivo (influência parcial de calibração do GOES 12);
  - 2) Com subestimativas (pontos abaixo da diagonal) associadas a recepção irregular de imagens em alguns dias do mês

## junho 2005 - desvio médio mensal (GL1.2 - PCD) em W/m<sup>2</sup>



**Cruzes:** PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação  
**Estrelas em vermelho:** indicam provável necessidade de manutenção de PCD (a estação fornece valores menores do que os esperados).

## Método de análise

**Referência:** irradiações diárias da rede de PCDs. Avalia-se o **desvio**  
 $D = \text{MODELGL} - \text{PCD}$ ,

= Eliminam-se desvios  $|D| > 100 \text{ W.m}^{-2}$

= Calcula-se a média **Dm** e o desvio padrão **s**

= Eliminam-se os desvios com  
 $|D - Dm| > 3s$ .

**Junho 2005:** A média de desvios diários sobre a rede de PCDs é de **+32 W.m<sup>-2</sup>**, com desvio padrão médio de **17 W.m<sup>-2</sup>**.

Parte do desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS, da ordem de +15 W.m<sup>-2</sup>.

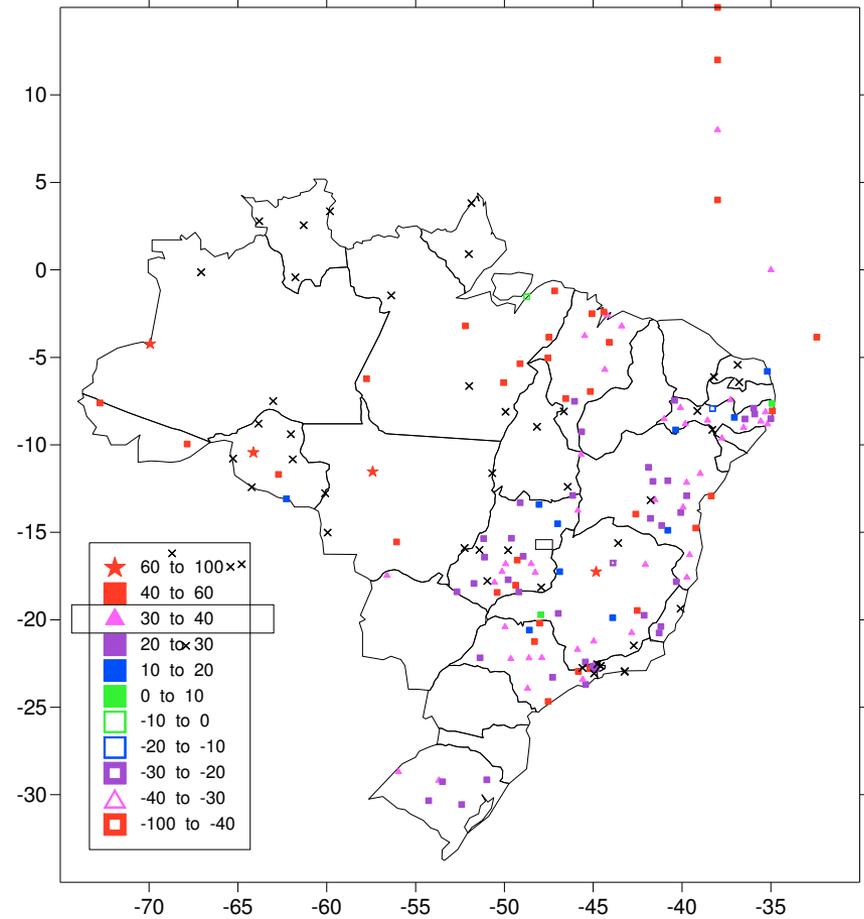
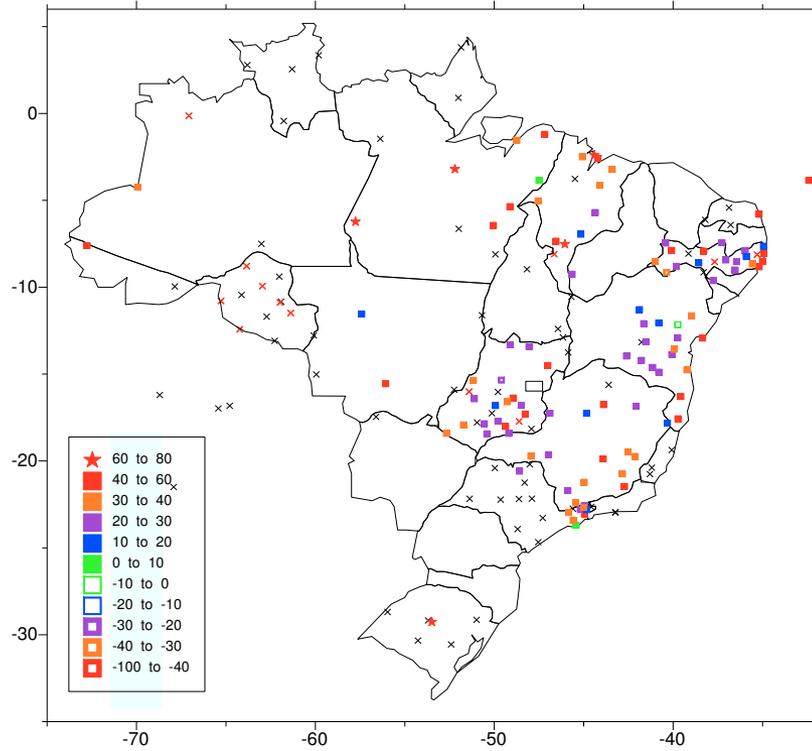
Os quadrados cheios **verdes**, **azuis** e **roxos** indicariam bom ajuste regional do modelo.

Valores elevados de desvio na Amazônia sugerem que:

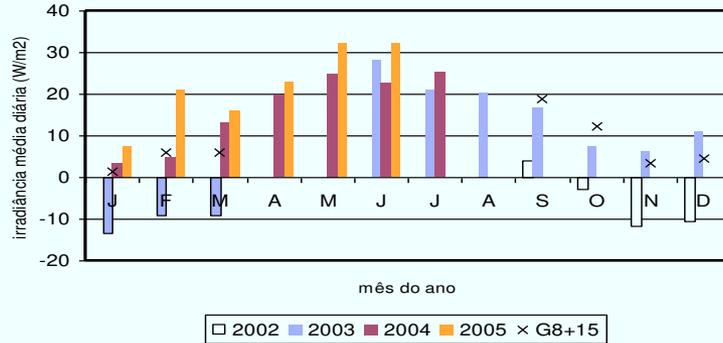
- = Uma subestimativa de água precipitável local contribui a subestimativa de absorção.
- = A degradação do sensor VIS contribui a subestimar refletância e portanto superestimar radiação visível à superfície.
- = Essa subestimativa induz subestimativa da nebulosidade, e maior radiação solar no infravermelho.

## Comparação com o mês anterior

maio 2005 - desvio médio mensal (W/m2)



desvio médio mensal com relação à rede de PCDs



Comportamentos semelhantes entre abril e maio, com flutuações locais

Acompanha o mesmo ciclo anual que em 2004