



Uso do modelo GL na estimativa de radiação solar direta e difusa

Anthony Carlos Silva Porfírio¹
 Juan Carlos Ceballos²

¹ Aluno de Doutorado em Meteorologia, DSA/CPTEC/INPE,
 anthony.carlos@cptec.inpe.br

² Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, DSA/CPTEC/INPE

INTRODUÇÃO

- O conhecimento dos fluxos de radiação solar à superfície é importante no contexto meteorológico e tecnológico, para estudos climáticos, para previsões de evapotranspiração potencial e real e no planejamento de sistemas de energia solar;
- A quantidade de estações solarimétricas instaladas é insuficiente para fornecer o detalhamento espacial e temporal desejado por diversas aplicações;
- Modelos de estimativa que empregam dados contínuos de satélites meteorológicos surgem como uma ferramenta alternativa viável na avaliação das componentes da radiação solar (global, direta e difusa);
- Dados de satélites geoestacionários são notadamente adequados para avaliar o ciclo diário de radiação, tendo em vista sua boa cobertura continental/global, boa resolução espacial (inferior a 5 km) e razoável frequência temporal (entre 15 e 30 minutos);

OBJETIVO

- Comparar estimativas de radiação solar global, direta e difusa geradas por imagens de satélite com medidas à superfície. A presente análise se concentra no período jul-dez/2008 em Petrolina-PE.

Modelo GL/CPTEC de radiação solar por satélite

- Método físico de estimativa de radiação solar à superfície;
- 1ª versão: [1] – Meteosat;
- 2ª versão: [2] – GOES (VIS);
- Operacional na DSA/CPTEC (4 km e 30 min);
- **Produtos:** Irradiância global e UV+VIS;
- Série histórica: 1996-2014;
- Produtos e documentação associada em <http://satelite.cptec.inpe.br/radiacao>

Característica principal: uso de apenas 1 canal (VIS-GOES) para deduzir fluxos em três intervalos espectrais;

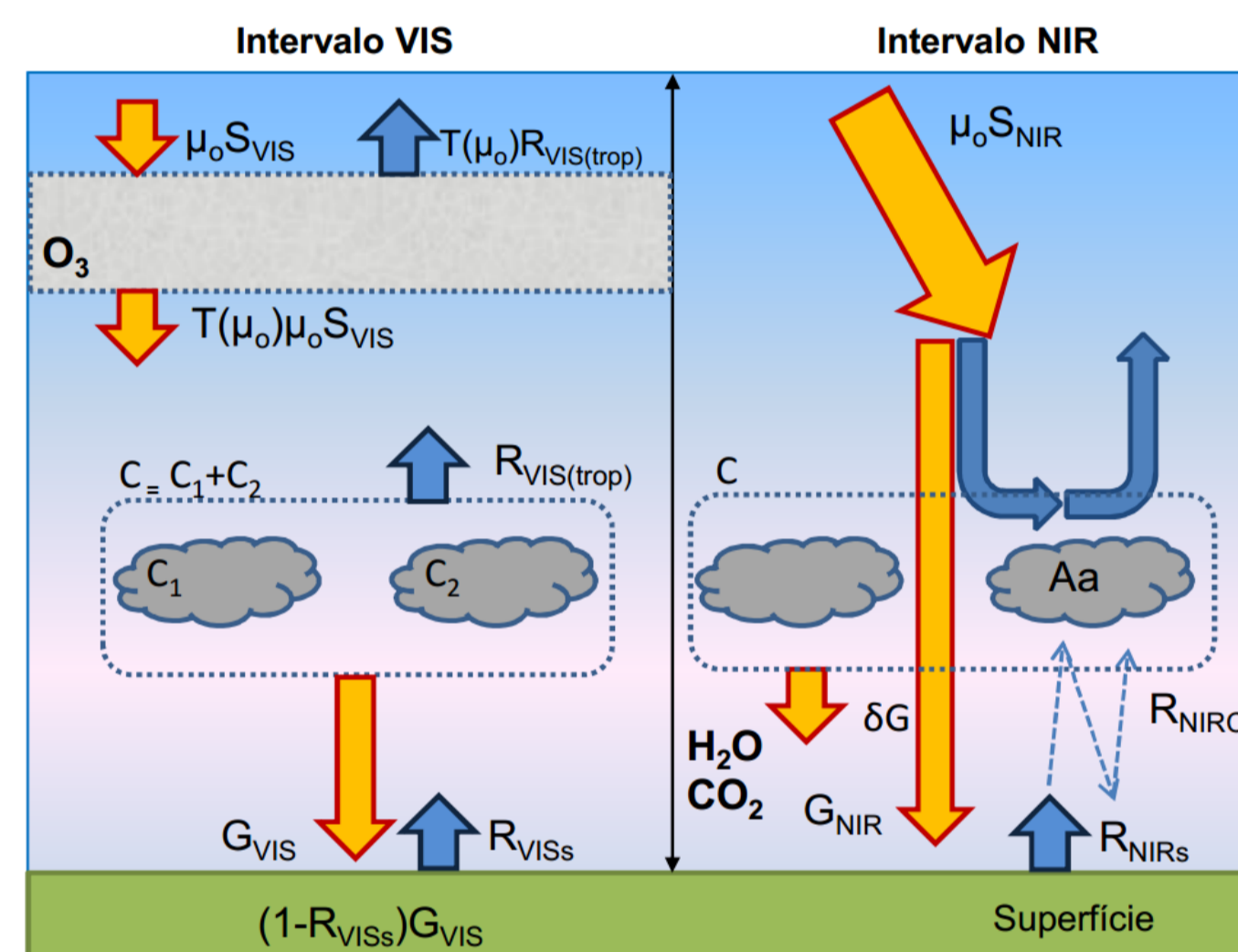


Fig 1. Propagação da radiação solar na atmosfera conforme hipóteses do modelo GL 1.2. Intervalo UV=VIS.

Tab 1. Considerações da propagação da radiação solar em três intervalos espectrais adotados pelo modelo GL 1.2.

Bandas	Intervalo	Processos de interação	Equação principal
UV	(0,1 – 0,4 μm)	Absorção pelo O ₃ na estratosfera	$G_{UV} = \mu_0 S_{VIS} T(\mu_0) \mu_0 (1 - R_{VIS}(trop))$
VIS	(0,4 – 0,7 μm)	Absorção pelo O ₃ na estratosfera (Banda Chappuis); troposfera conservativa com dispersão Rayleigh e por nuvens	$G_{VIS} = \mu_0 S_{VIS} T(\mu_0) (1 - R_{VIS}(trop)) (1 - R_{VIS})$
NIR	(0,7 – 2,8 μm)	Absorção pelo H ₂ O e CO ₂ ; dispersão Rayleigh desprezível	$G_{NIR} = \frac{[(1 - C)\mu_0 (S_{NIR} - \Delta S) + C\alpha]}{(1 - R_{NIR} C R_{NIR})}$

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

$$G = G_{UV} + G_{VIS} + G_{NIR}$$

Modelo físico de radiação direta por satélite

- Método físico proposto por [3] [4];
- Estima a DNI (em inglês Direct Normal Irradiance):
- 1. Aplica o modelo físico REST para avaliar DNI_{cc} [5];
- 2. Emprega informações meteorológicas para caracterizar o estado da atmosfera;
- 3. Parametriza a cobertura por nuvens C de forma similar ao modelo GL;

$$DNI_{cc}(\Delta\lambda) = ST_R T_a T_w T_s T_o$$

$$DNI_{sat} = (1 - C) DNI_{cc}(P, u, O_3, w, \beta, \alpha, \mu)$$

$$Q_{Nsat} = \int (DNI_{sat}) [1 - C(t)] \delta$$

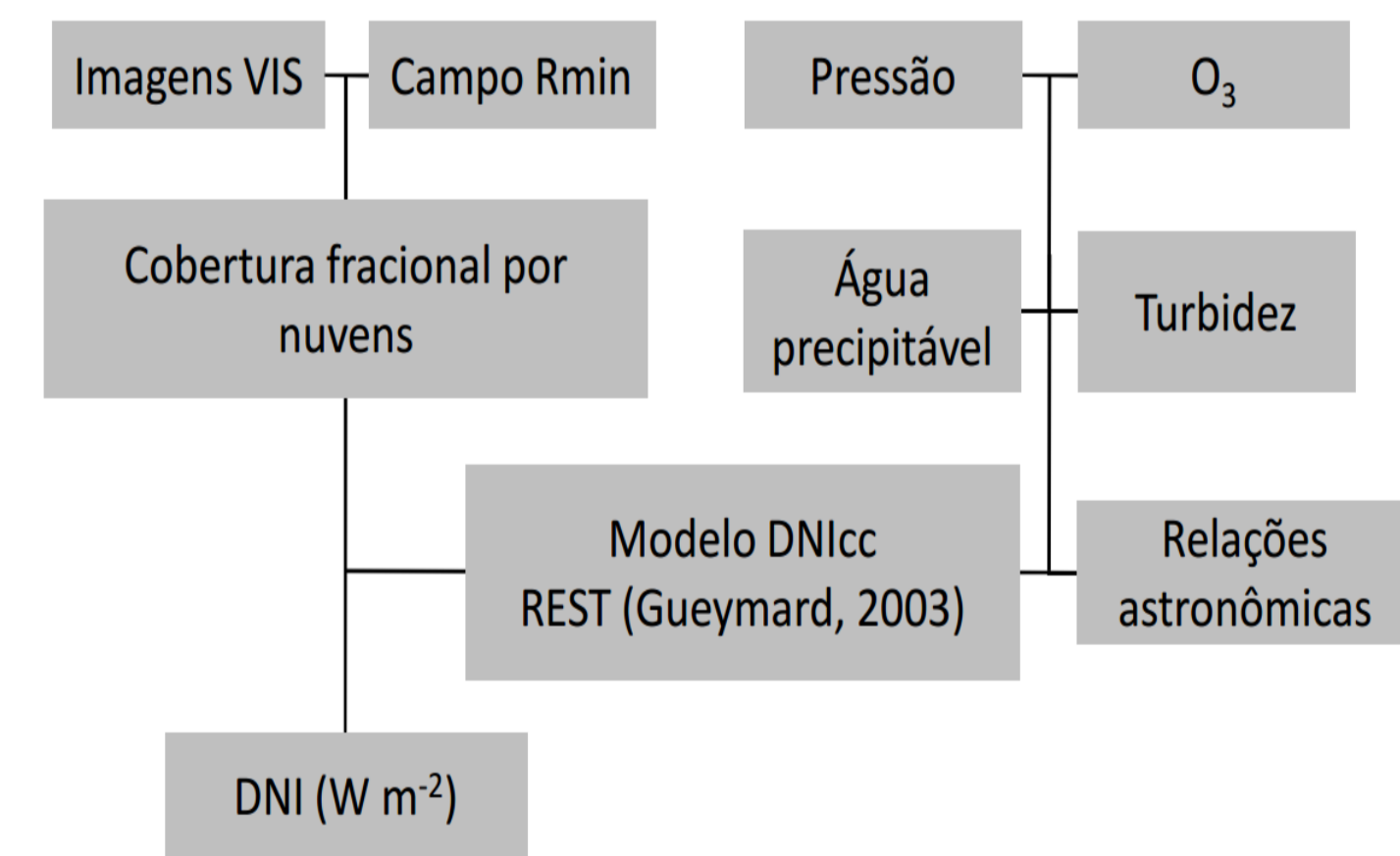


Fig 2. Diagrama esquemático do modelo de estimativa de DNI por satélite.

DADOS

Tab 2. Descrição dos dados empregados no estudo. São inseridos a fonte, período, resolução temporal e tipo (observação, satélite, modelo).

Dados	Fonte	Período	Res. Temporal	Tipo
Solarimétricos à superfície				
Radiação global (G), direta (Gdir) e difusa (Gdif)	1-SONDA (Petrolina-PE)	jul-dez/2008	1 min	Obs
Atmosféricos				
Ozônio	OMI	jul-dez/2008	médio mensal	Sat
Água precipitável	Modelo Global CPTEC	jul-dez/2008	diários (12 UTC)	Mod
Aerossóis	MODIS	jul-dez/2008	médio mensal	Sat
Pressão	153 estações no NEB (INMET)	NC (1961-1990)	médio anual	Obs
GOES				
Modelo GL 1.2 (global)	DSA/CPTEC	jul-dez/2008	diário	Sat
Modelo físico DNI de [3]	DSA/CPTEC (em fase de testes)	jul-dez/2008	30 min	Sat

A componente difusa foi calculada a partir da relação

$$G = DNI * \mu + Gdif$$

RESULTADOS

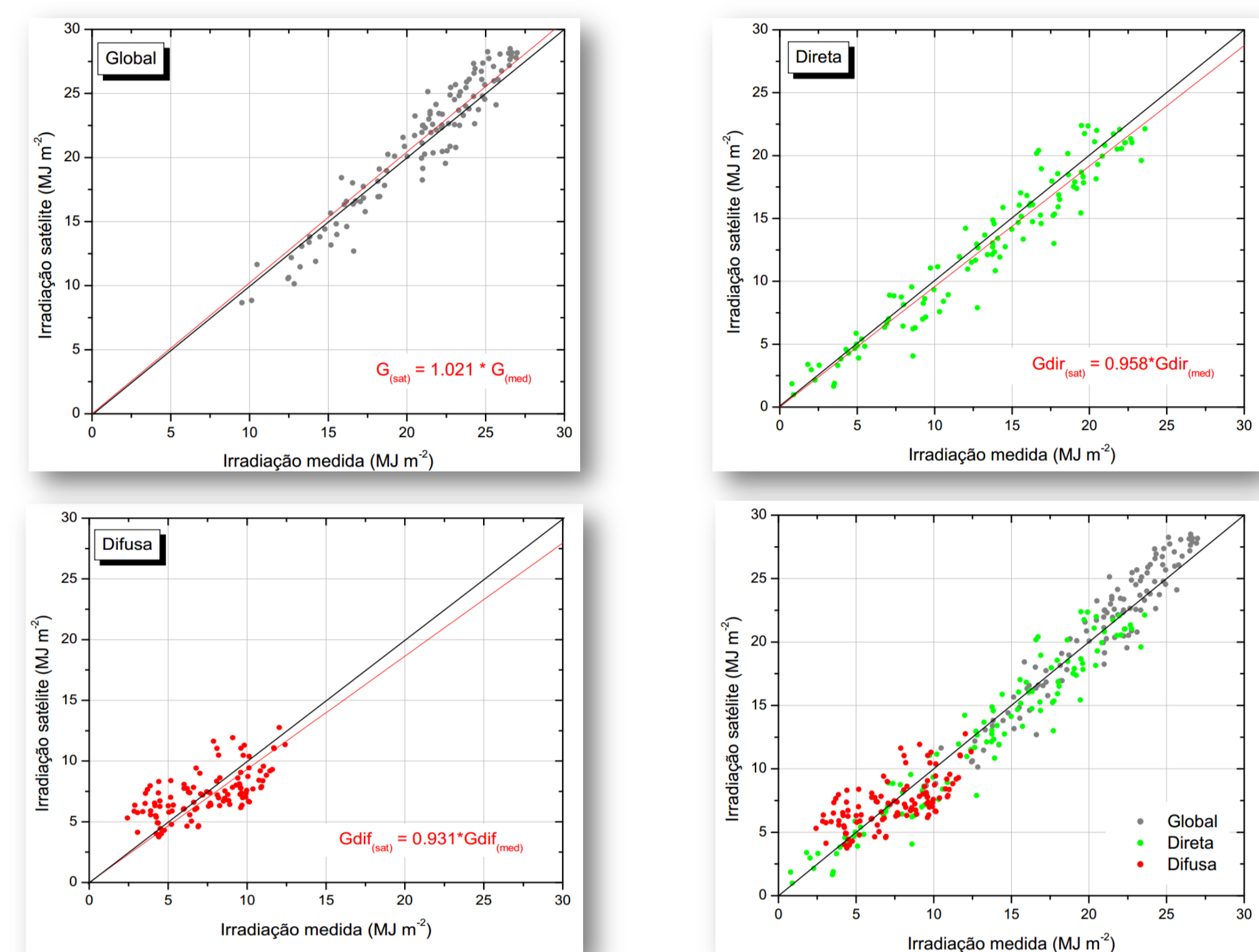


Fig 3. Comparação entre medida e estimativa por satélite das componentes da radiação solar.

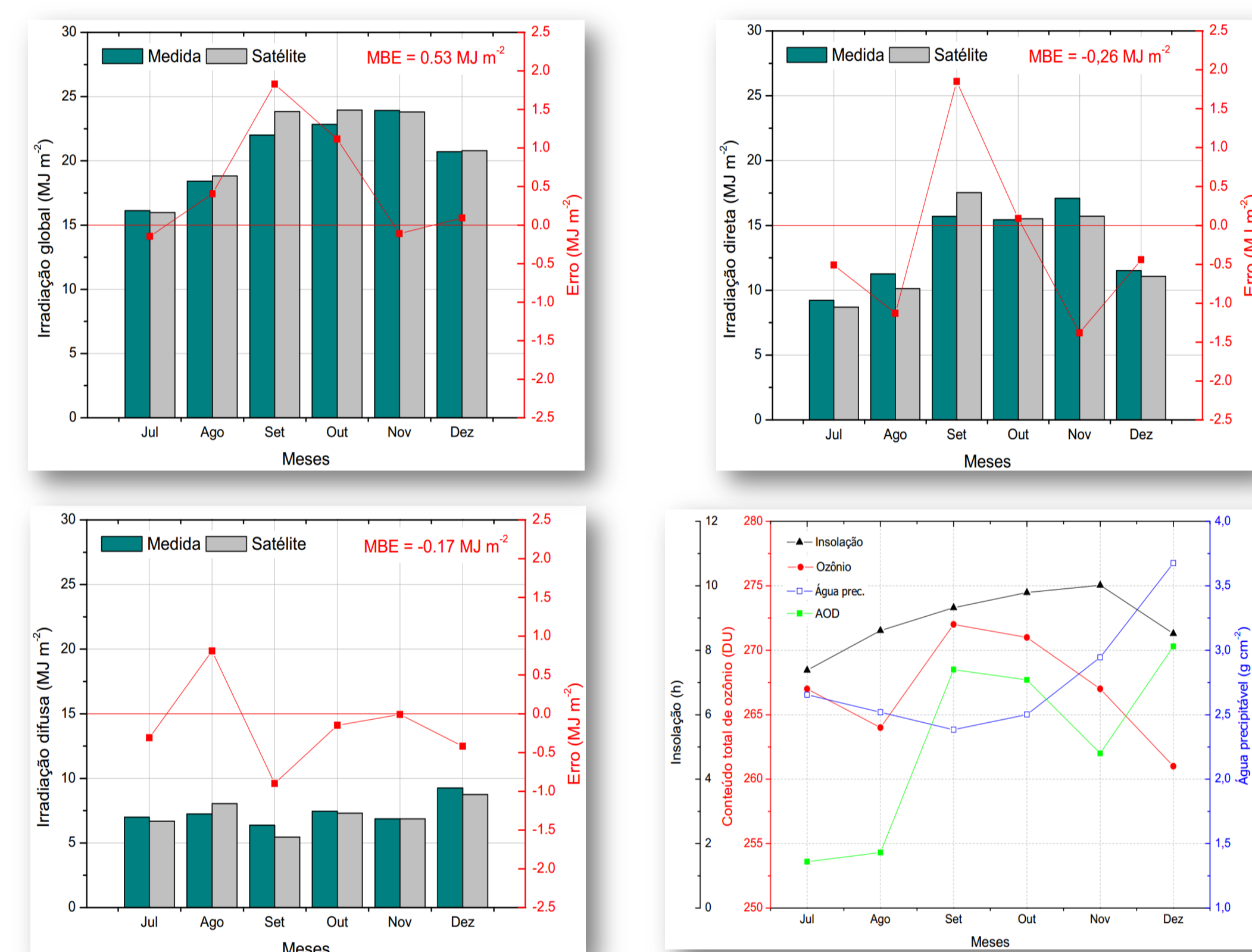


Fig 4. Evolução temporal das componentes da radiação solar, erro (satélite-medida) e parâmetros atmosféricos.

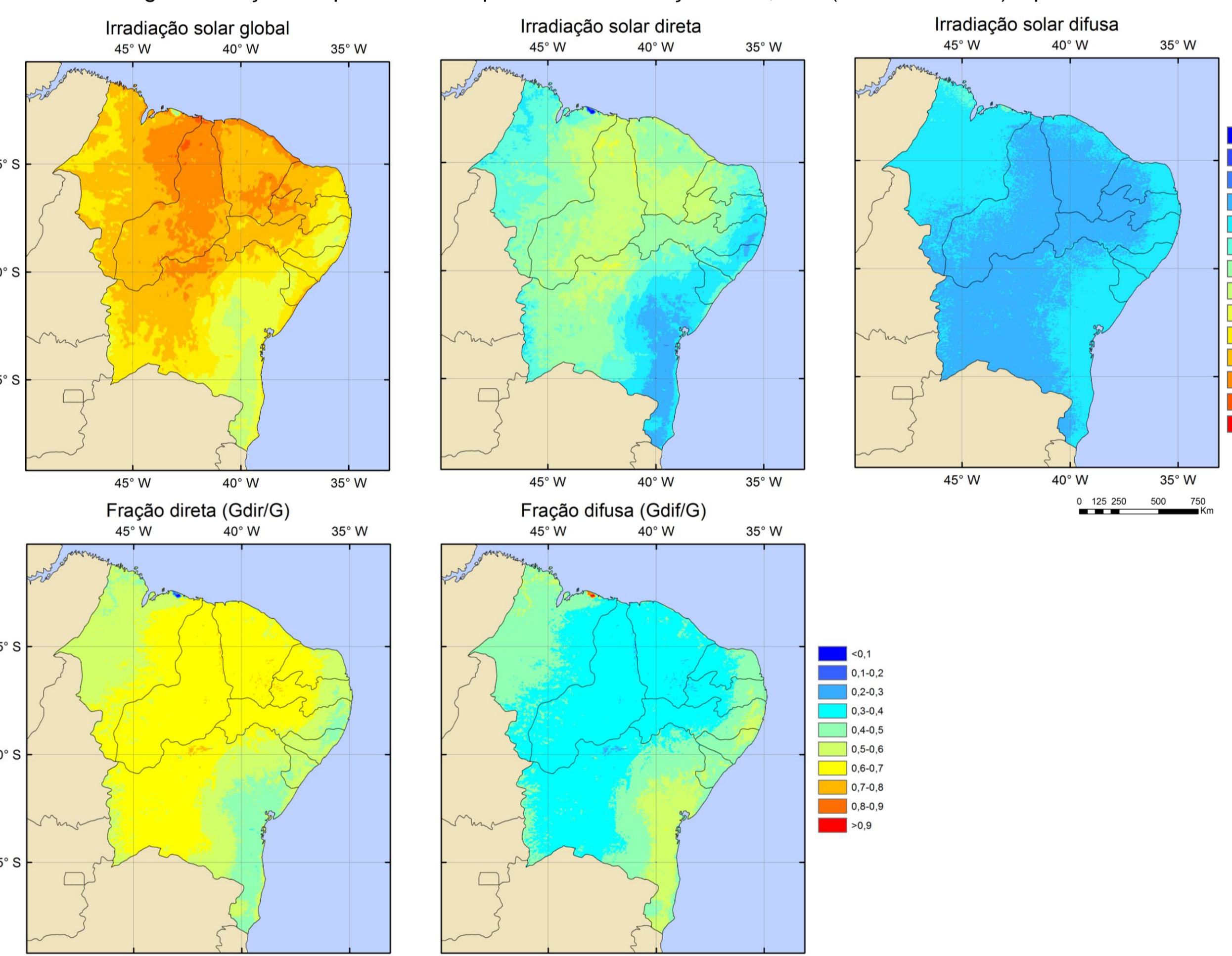


Fig 5. Distribuição espacial das componentes da radiação solar e frações direta e difusa da radiação global.

CONCLUSÕES

- As estimativas das componentes da radiação solar (global, direta e difusa) mostram acurácia similar ou superior aos resultados publicados na literatura usando modelos complexos de transferência radiativa;
- O desempenho dos modelos pode ser melhorado no futuro com ajustes nas parametrizações de água precipitável, aerossóis e nebulosidade.

Agradecimentos: rede SONDA, DSA/CPTEC/INPE, PGMET/INPE, CAPES e CNPq.

[1] Ceballos, J. C.; Moura, G. B. A. Solar Radiation Assessment Using Meteosat 4-VIS Imagery. Solar Energy, v. 60, p. 209-219, 1997.
 [2] Ceballos, J. C.; Bottino, M. J.; Souza, J. M. A simplified physical model for assessing solar radiation over Brazil using GOES 8 visible imagery. J. Geophys. Res. v. 109, D02211, 2004.
 [3] Porfírio, A. C. S. Estimativa de irradiação solar direta normal mediante satélite: um estudo para o nordeste brasileiro. 165f. Dissertação de Mestrado. INPE. São José dos Campos - SP, 2012.
 [4] Porfírio, A. C. S.; Ceballos, J. C. Um método de estimativa de irradiação solar direta normal a partir de imagens de satélite geoestacionário: resultados preliminares. In: SBSR 15., Foz do Iguaçu, PR, 2013.
 [5] Gueymard, C. A. Direct solar transmittance and irradiance predictions with broadband models. Part I: Detailed theoretical performance assessment. Solar Energy, v. 74, p. 355-379, 2003.