

INTRODUÇÃO

Os cenários atuais exigem um planejamento voltado para o desenvolvimento e o uso de tecnologias limpas e sustentáveis e a quantificação da disponibilidade dos recursos energéticos é realizada, principalmente, através de modelos numéricos. Estes, por sua vez, têm sua acurácia aumentada à medida que eles representam os fenômenos físicos de maneira mais eficiente, o que exige parametrizações satisfatórias dos processos e no caso da energia solar, a atenuação da radiação que chega à superfície pelos aerossóis. Já é sabido que os aerossóis, independentemente da sua origem, afetam o clima em decorrência dos processos físicos os quais eles estão envolvidos.

O Grupo de Pesquisa em Recursos Renováveis e Bioenergia do CCST/INPE realiza estudos de quantificação de potencial energético solar utilizando o modelo de transferência radiativa BRASIL-SR, sendo os seus resultados validados no âmbito do SWERA e aplicados no Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira *et al.*, 2006). O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da assimilação de diferentes bases de dados de visibilidade horizontal, utilizadas pelo modelo de transferência radiativa BRASIL-SR na estimativa dos aerossóis atmosféricos.

METODOLOGIA

MODELO BRASIL-SR

O modelo BRASIL-SR utiliza a aproximação de "Dois-fluxos" na solução da equação de transferência radiativa e faz uso de dados climatológicos (temperatura do ar, albedo de superfície, umidade relativa, visibilidade horizontal) para parametrização dos processos radiativos na atmosfera. Também estima a informação de cobertura de nuvens estatisticamente, a partir de imagens de satélite geostacionário, assumindo que esta informação é o principal fator de modulação da transmitância atmosférica. Maiores detalhes podem ser obtidos em Martins (2001) e Costa (2012).

A concentração de aerossóis nas camadas atmosféricas é determinada a partir de perfis continentais desenvolvidos por McClatchey *et al.* (1972), sofrendo modificações em seus primeiros 5 km acima da superfície em função de valores de visibilidade horizontal (Leckner, 1978; Selby e McClatchey, 1975). A transmitância para a radiação solar direta dos aerossóis é baseada em Angström (1964):

$$\tau_{a\lambda} = e^{(-k_{a\lambda}m)} = e^{(-\beta\lambda^{-\alpha}m)}$$

onde β é o coeficiente de turbidez de Angström, α é o expoente de comprimento de onda, λ é o comprimento de onda da radiação solar e m é a espessura óptica dos aerossóis. Este produto é modelado em três intervalos de altitude: menor que 2 km, entre 2 km e 10 km e maior que 10 km, para 37 comprimentos de onda.

$$\beta = (0,55)^\alpha (3,912 / VIS - 0,01162) [0,02472(VIS - 5) + 1,132]$$

DADOS DE VISIBILIDADE HORIZONTAL

Para a adequação da base de visibilidade horizontal utilizada pelo modelo BRASIL-SR, foram utilizados dados diários e horários oriundos de mensagens METAR, observados nos meses de março, junho, setembro e dezembro de 2007, em 105 aeroportos na América do Sul. Mais detalhes sobre os dados, o processo de qualificação e a interpolação dos mesmos podem ser verificados em Costa (2012).

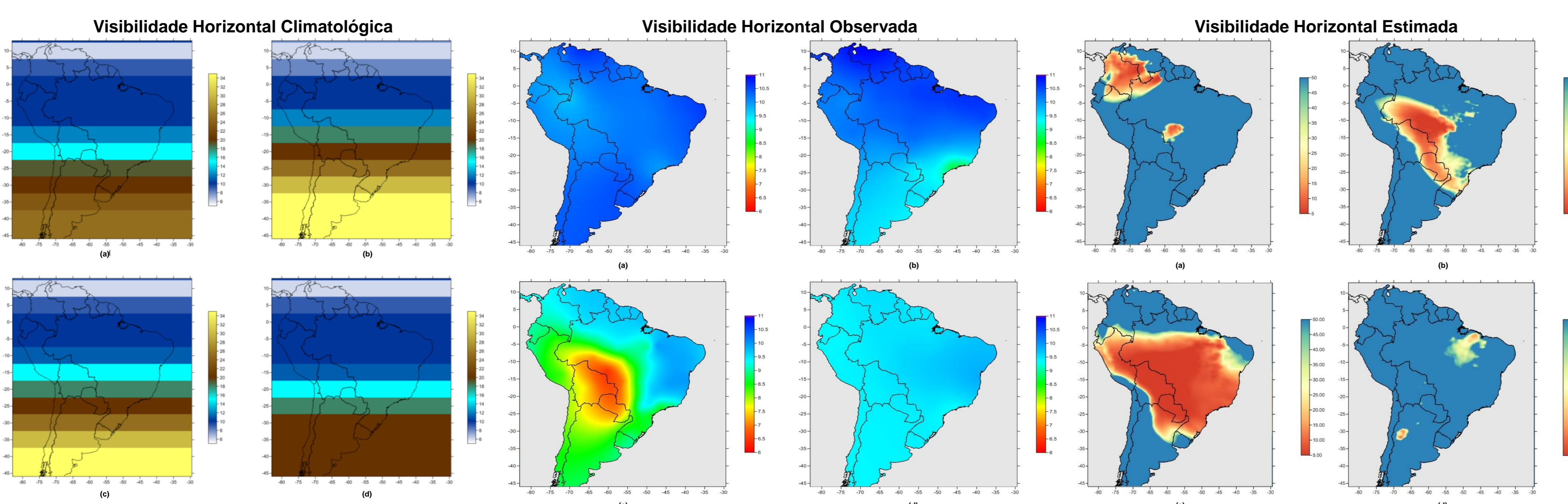
ESTIMATIVA DA VISIBILIDADE HORIZONTAL A PARTIR DA ESPESSURA ÓPTICA DOS AEROSSÓIS

As análises diárias do modelo CATT-BRAMS, para os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2007, foram utilizadas para se obter os valores médios mensais de espessura óptica dos aerossóis em 550 μm . A partir destes valores, foram gerados valores médios de visibilidade horizontal mensal, através da formulação proposta por Vermote *et al.* (2002):

$$V = \frac{3,9449}{(AOT_{550} - 0,08498)}$$

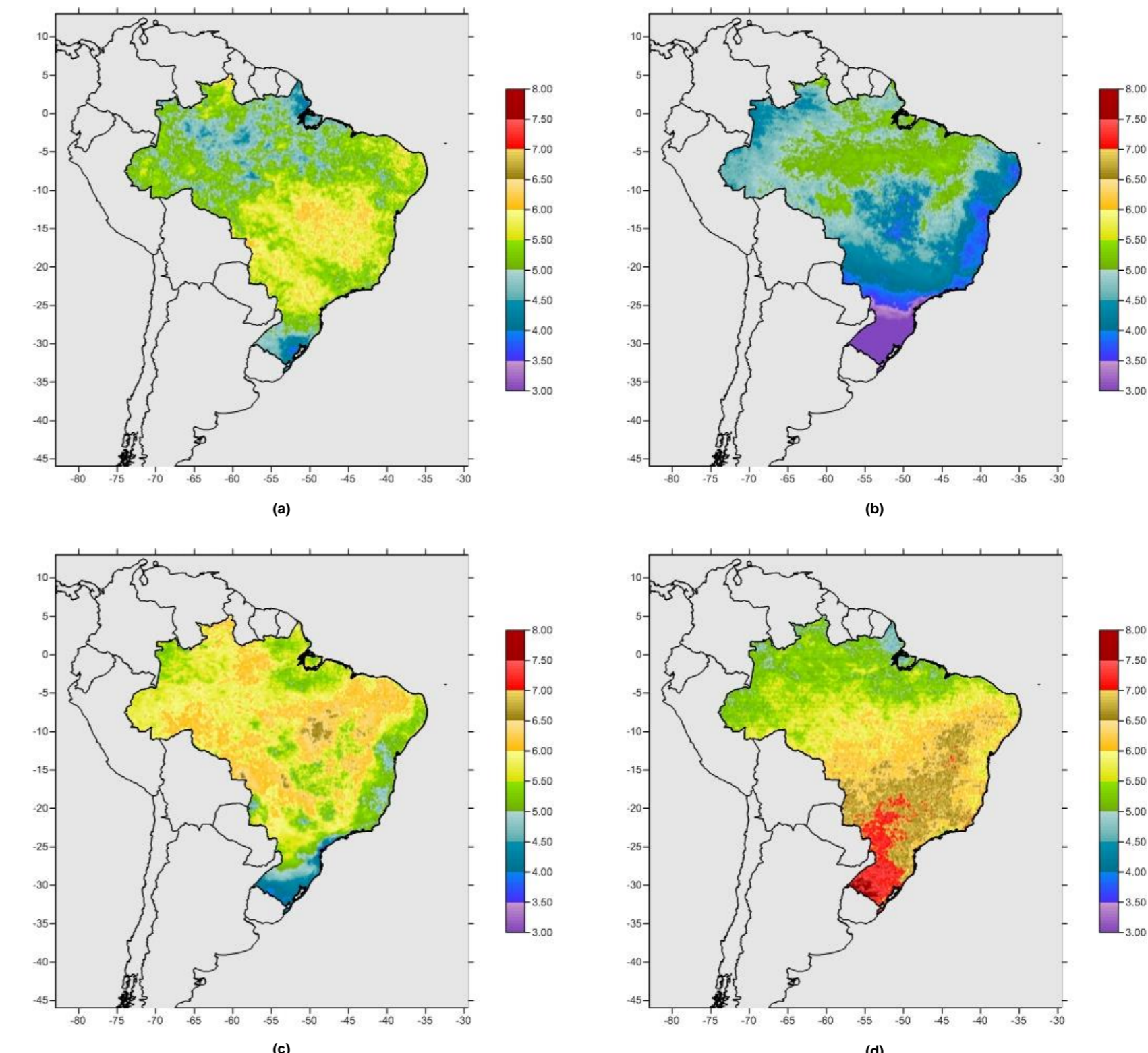
RESULTADOS

BASES DE VISIBILIDADE HORIZONTAL



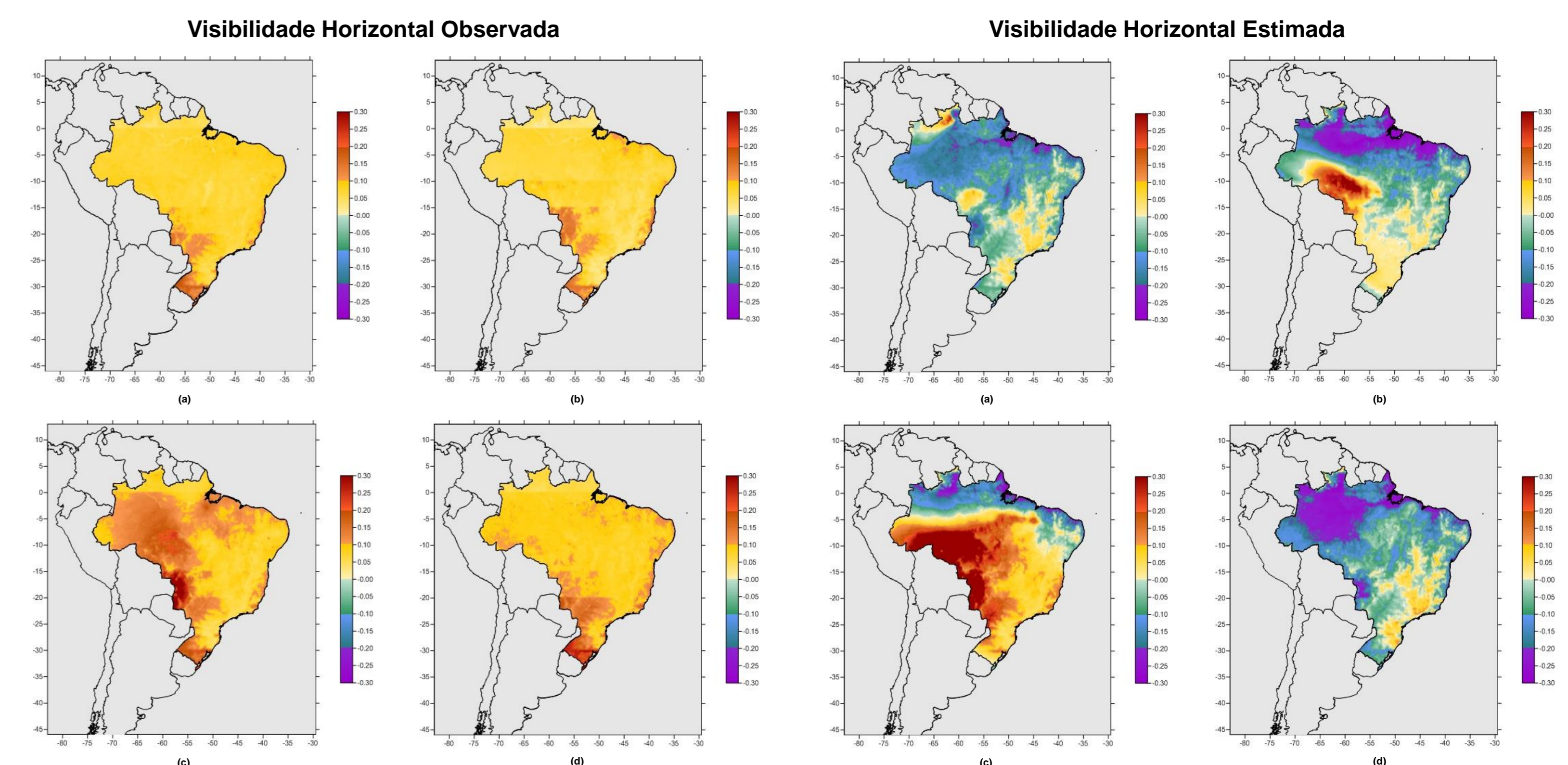
Bases de visibilidade horizontal (km) para os meses de março (a), junho (b), setembro (c) e dezembro (d).

IRRADIAÇÃO GLOBAL - SIMULAÇÃO REFERÊNCIA



Mapas de irradiação global (kWh/m²) utilizando a base de visibilidade horizontal climatológica, para março (a), junho (b), setembro (c) e dezembro (d) de 2007.

DIFERENÇA DE IRRADIAÇÃO GLOBAL



Mapas de diferença de irradiação global (kWh/m²) utilizando as bases de visibilidade horizontal observada e estimada, para março (a), junho (b), setembro (c) e dezembro (d) de 2007.

CONCLUSÕES

De um modo geral, as simulações que utilizaram os dados de visibilidade horizontal observada apresentaram melhorias nos valores das estimativas de irradiação global, com diminuições dos valores de vies que chegaram a ser da ordem de 4%. Os resultados das simulações com a base de visibilidade horizontal estimada pela espessura óptica dos aerossóis do modelo CATT-BRAMS apresentaram melhor desempenho nos meses e nas regiões onde havia uma elevada carga de aerossóis, como por exemplo, a região Centro-Norte do país, no mês de setembro. Para estes casos, foram verificadas diminuições de vies e RMSE que chegaram a ser maiores que 11%. Isso demonstra a influência dos aerossóis na quantificação do recurso energético solar nestas condições extremas.

Os valores das estimativas de irradiação direta e difusa apresentaram melhorias, mas estas não foram tão efetivas quanto aquelas verificadas na irradiação global.

Valores de Vies e RMSE (em %) das estimativas de irradiação global das simulações referência e das melhores simulações para o ano de 2007.

Irradiação Global	Resultados Referência				Melhores Resultados			
	Simulação	Vies	RMSE	Observada	Vies	RMSE	Observada	
Alta Floresta	Março	Referência	-3,558	8,821	Observada	1,899	8,288	
	Junho	Referência	-13,202	15,656	Estimada*	-13,258*	15,804*	
	Dezembro	Referência	26,512	33,330	Observada	24,397	31,653	
Brasília	Março	Referência	-14,224	20,007	Estimada*	-14,812*	20,499*	
	Junho	Referência	-16,984	18,651	Estimada*	-17,434*	19,087*	
	Setembro	Referência	-10,258	15,772	Observada	-11,324*	16,407*	
Campo Grande	Março	Referência	-10,293	13,962	Estimada*	-9,408	13,991	
	Junho	Referência	-4,246	8,101	Observada	-4,343	8,240	
	Setembro	Referência	5,619	10,924	Estimada*	1,835	9,312	
Cuiabá	Março	Referência	6,347	10,907	Observada	4,143	14,202	
	Junho	Referência	4,676	6,910	Observada	1,773	5,063	
	Dezembro	Referência	35,500	37,181	Estimada*	26,048	27,647	
Jú-Paraná	Março	Referência	11,281	14,224	Observada	9,280	12,661	
	Junho	Referência	3,246	8,933	Observada	1,548	8,433	
	Setembro	Referência	-15,897	18,016	Observada*	-17,611	19,505	
Natal	Março	Referência	26,169	37,792	Estimada*	2,054	26,476	
	Junho	Referência	-15,552	20,544	Estimada*	-12,384	18,830	
	Dezembro	Referência	-0,238	11,149	Estimada*	0,133	11,455	
Quinhões	Março	Referência	11,890	14,967	Observada	9,979	13,427	
	Junho	Referência	3,675	9,216	Estimada*	1,886	8,596	
	Setembro	Referência	13,283	17,177	Observada	11,371	15,712	
Palmas	Março	Referência	11,631	12,700	Estimada*	9,585	10,647	
	Junho	Referência	17,382	19,977	Observada	15,667	18,492	
	Dezembro	Referência	-9,784	16,375	Estimada*	-8,864	16,225	
Petrópolis	Março	Referência	1,776	10,460	Observada	1,862	9,210	
	Junho	Referência	4,946	19,339	Observada	3,526	19,003	
	Setembro	Referência	-8,023	12,509	Estimada*	-3,349	9,767	
São Luiz	Março	Referência	13,124	16,704	Observada	11,556	15,463	
	Junho	Referência	1,269	7,821	Observada	-1,159	7,432	
	Dezembro	Referência	5,979	12,036	Observada	2,801	11,380	
São Martinho da Serra	Março	Referência	14,911	20,242	Observada	12,157	18,455	
	Junho	Referência	-1,966	5,649	Estimada*	-1,367	5,473	
	Setembro	Referência	-1,966	5,649	Estimada*	-1,367	5,473	

AGRADECIMENTOS: O primeiro autor agradece ao Cnpq e CAPES pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGSTRÖM, A. The parameters of atmospheric turbidity. *Tellus*, 16, 64-75, 1964.
- COSTA, R. S., *Influência dos Aerossóis Atmosféricos na Quantificação do Recurso Energético Solar - Experimentos em Modelo de Transferência Radiativa*. Tese de Doutorado - INPE, São José dos Campos, 2012.
- LECKNER, B. The spectral distribution of solar radiation at the Earth's surface elements of model. *Solar Energy* 20, pp. 143-150, 1978.
- MARTINS, F.R., *Influência do processo de determinação da cobertura de nuvens e dos aerossóis de queimada no modelo físico de radiação BRASIL-SR*. Tese de Doutorado - INPE, São José dos Campos, 2001.
- MCCLATCHY, R. A., W. FENN, J. E. A. SELBY, F. E. VOLZ, AND J. S. GARIN.: *Optical properties of the atmosphere*. AFGL-71-0279, Air Force Cambridge Research Laboratories, 85pp, 1972.
- PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., ABREU, S. L., RÜTHER, R. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. INPE, São José dos Campos, 2006.
- SELBY I. E. A., MCCLATCHY R. E. *Atmospheric transmittance from 0.25-28.5 μm , computer code LOWTRAN 3*. AFCLR-TR- 75-0255, 1975.
- VERMOTE, E. F., VIBERT, S., KILCOYNE, H., HOYT, D., AND ZHAO, T.: *Suspended Matter. Visible/Infrared Imager/Radiometer Suite algorithm theoretical basis document*. SBRS Document # Y2390, Raytheon Systems Company, Information Technology and Scientific Services, Maryland, 2002.