



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21d/2023/12.21.18.58-RPQ

**PROJEÇÕES PARA O RECURSO SOLAR NO BRASIL:
UMA COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS DE
MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS**

Meiriele Alvarenga Cumplido

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4ADRU6S>>

INPE
São José dos Campos
2023

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Membros:

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação (CPG)
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)
Dr. Rafael Duarte Coelho dos Santos - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon
Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21d/2023/12.21.18.58-RPQ

**PROJEÇÕES PARA O RECURSO SOLAR NO BRASIL:
UMA COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS DE
MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS**

Meiriele Alvarenga Cumplido

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4ADRU6S>>

INPE
São José dos Campos
2023



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

Projeções para o recurso solar no Brasil: uma comparação entre resultados de modelos climáticos globais

Meiriele Alvarenga Cumplido¹

1. Introdução e Avaliação de Trabalhos

Excessivas emissões de gases de efeito estufa (GEE) por consequência das atividades antrópicas são apontadas como as principais causas das atuais mudanças climáticas globais. Desde a publicação do Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR4, sigla para o inglês), em 2007, é cada vez mais notável a influência humana no Sistema Terrestre. O sexto relatório (AR6), publicado em 2021, afirma ser inequívoco que o aquecimento da atmosfera, do oceano e da superfície terrestre é fruto de influência antrópica.

A nível global, mudança de uso da terra foi a fonte dominante de emissões anuais de dióxido de carbono (CO₂) até o período de 1950. A partir desse período, a queima de combustíveis fósseis (como carvão, óleo e gás) para geração de energia passou a ser a fonte majoritária de emissão desse gás de efeito estufa (Global Carbon Project, 2021). Em 2016, quase três quartos das emissões globais de GEE foram provenientes do setor de energia (73,2%) e o restante, dos setores de agricultura e uso da terra (18,4%), da indústria (5,2%) e de resíduos (3,2%) (RITCHIE, 2020).

Já a nível nacional, com a matriz de produção de energia primária composta por 48,4% de fontes renováveis e a participação dessas fontes na oferta interna de energia elétrica atingindo 84,8% em 2020 (EPE, 2021), o Brasil possui matrizes energética e elétrica diferenciadas em relação ao restante do mundo. Ainda assim, o setor de energia foi responsável por 21% das emissões totais de gases de efeito estufa no país no ano de 2019, e por 18% em 2020, de acordo com o relatório “*Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil – 1970-2020*” (SEEG, 2021). Atualmente, os setores de mudança de uso da terra e agropecuária são a principal contribuição do país com a mudança do clima.

Uma vez que a mudança climática induzida pelo ser humano já afeta o clima de várias regiões do planeta (IPCC, 2021), e tendo em vista que a geração de energia pelo aproveitamento de fontes renováveis (como eólica e solar) está sujeita à influência das condições meteorológicas, que podem apresentar grande variabilidade em curtos

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades, Av. dos Astronautas, 1758, 12227-010, São José dos Campos, SP, Brasil.

períodos de tempo (PEREIRA; MARTINS, 2018), os impactos das mudanças sobre a disponibilidade de recursos naturais no futuro em relação à disponibilidade atual passam a ser explorados com auxílio de modelos climáticos. Estudos deste tipo contribuem com resultados relevantes para subsidiar políticas de planejamento energético, de expansão e adaptação do setor com uso de fontes de energia dependentes do clima (Costa *et al.*, 2020).

Em se tratando de modelos climáticos como ferramenta para avaliar o impacto da mudança do clima sobre a disponibilidade futura do recurso solar no território brasileiro, resultados de Costa *et al.* (2020)/Costa (2020) (do relatório de consultoria prestada ao CSI/GIZ) e Jong *et al.* (2019) são apresentados neste trabalho. O objetivo é comparar os resultados de projeções da variável irradiação (ou radiação) solar de um mesmo modelo climático regional com as condições de contorno de diferentes modelos climáticos globais (do projeto *Coupled Model Intercomparison fase 5 – CMIP5*), sob variação da escala temporal e dos cenários de “emissão de CO₂” (*Representative Concentration Pathway – RCP*).

1.1. Trabalhos de Costa (2020) e Costa *et al.* (2020)

De forma mais precisa, os trabalhos de Costa (2020) e Costa *et al.* (2020) trazem resultados do modelo regional Eta 20 km aninhado aos modelos globais Eta-HadGEM2-ES¹ e Eta-MIROC5², considerando remoção de viés desses resultados, nos cenários RCP4.5 (intermediário) e RCP8.5 (pessimista), em três horizontes temporais: 2006-2040, 2040-2070 e 2070-2099. Para remoção do viés, uma base de dados climatológica da média dos totais diários da irradiação global horizontal (período histórico compreendendo os anos entre 1979 e 2005) serviu como base de dados observados (referência) para corrigir os resultados das projeções dos modelos nos cenários disponibilizados no portal Projeções Climáticas no Brasil (CPTEC/INPE, 2021).

As alterações na disponibilidade do recurso solar em períodos sazonais, sobre o território brasileiro, são ilustradas na Figura 1 e resumidas na Tabela 1 e Tabela 2 para RCP4.5 e RCP8.5, respectivamente. Essa figura e cada uma das tabelas apresenta o resultado da variação percentual das médias sazonais do total diário da irradiação global em relação ao período histórico, simuladas pelos modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-

¹HadGEM2-ES – *Hadley Global Environment Model 2 - Earth System*, Reino Unido

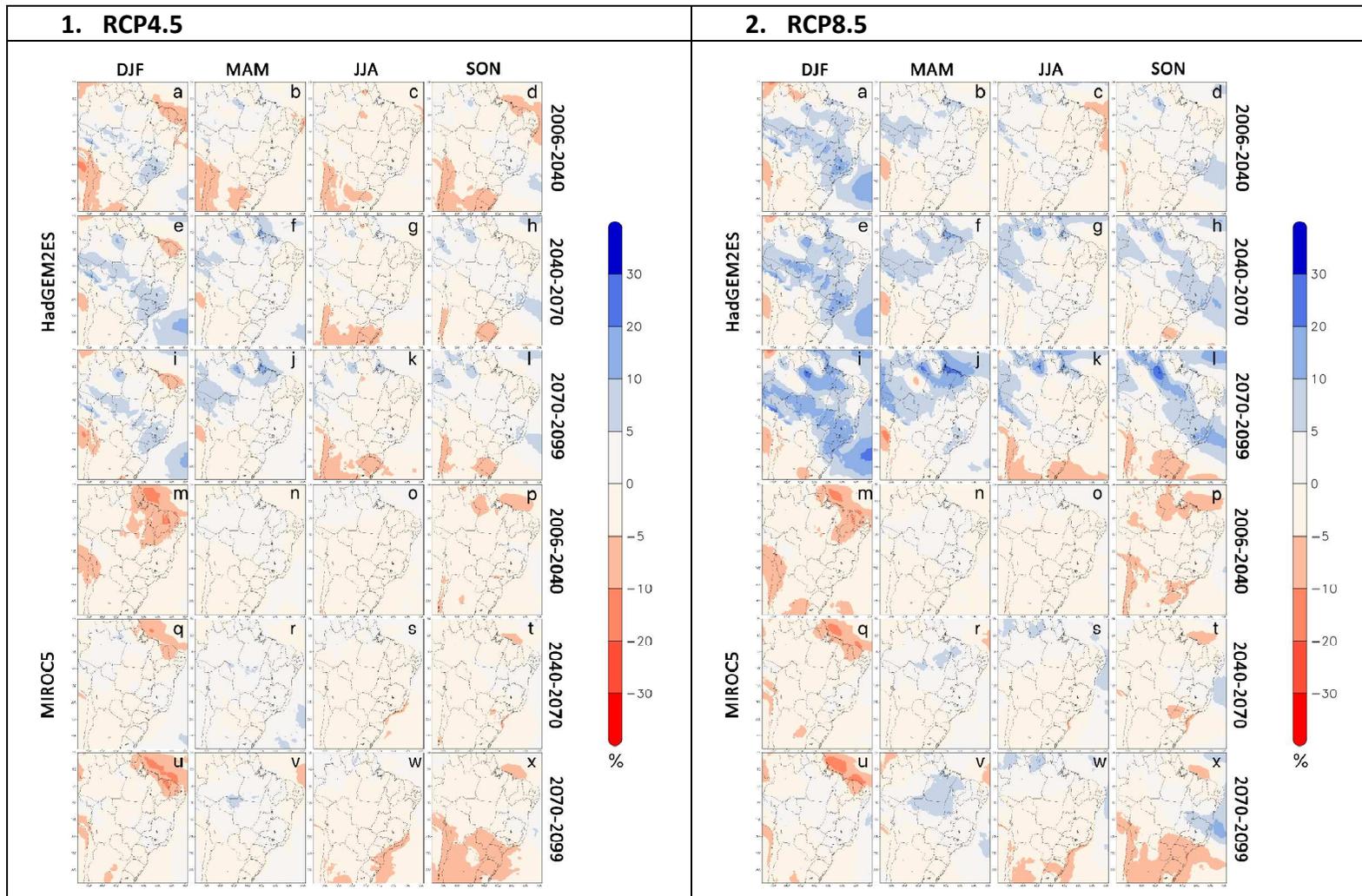
²MIROC5 – *Model for Interdisciplinary Research On Climate*, Japão

MIROC5, nos três horizontes temporais. A distribuição espacial da média sazonal do total diário da irradiação global horizontal no Brasil, para o período histórico, pode ser vista na Figura 3 do Anexo 1; as projeções da irradiação para os mesmos períodos sazonais nos diferentes horizontes temporais e cenários de emissão são ilustradas nas Figura 4 (para o modelo Eta-HadGEM2-ES) e Figura 5 (para o modelo Eta-MIROC5) do mesmo anexo.

De acordo com os dados para o período histórico (Figura 3, Anexo 1), ao longo de todo o ano, o Nordeste brasileiro concentra a maior disponibilidade do recurso solar, com máximo nos meses de primavera (SON – Setembro, Outubro e Novembro) e verão (DJF – Dezembro, Janeiro e Fevereiro). No verão, a região Sul do país também possui disponibilidade relevante e, juntamente com a região Sudeste, apresenta irradiação solar mais baixa nos meses de inverno (JJA – Junho, Julho e Agosto). Já o Norte e o Centro-Oeste apresentam uma variação intermediária ao longo das quatro estações.

Considerando os resultados das projeções (Figura 1) no horizonte de 2006-2040 e RCP4.5, sobre o período DJF, o Eta-HadGEM2-ES (Figura 1.1a) prevê redução do recurso solar de 5% a 10% nas costas Norte e Nordeste do Brasil, com regiões localizadas (entre a costa dos estados do Ceará e do Piauí) apontando reduções de 20% a 30%; o Eta-MIROC5 (Figura 1.1m) também projeta redução do recurso sobre o Nordeste, porém para uma área muito maior que o modelo anterior, alcançando o interior da região e parte dos estados do Pará, Amapá e Tocantins. Outro exemplo, agora para o horizonte de 2070-2099 e RCP8.5, ainda sobre o período DJF, enquanto o Eta-HadGEM2-ES (Figura 1.2i) aponta aumento da irradiação solar para muitas áreas do Brasil, o Eta-MIROC5 (Figura 1.2u) praticamente não prevê mudanças em todo o território, exceto por uma redução de 5% a 10% na costa norte da região Nordeste (demais comparações, vide Tabela 1 e Tabela 2).

Figura 1: Projeções da variação percentual da média sazonal do total diário da irradiação global horizontal simuladas pelos modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES (três linhas superiores) e Eta-MIROC5 (três linhas inferiores) nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 para os períodos futuros 2006-2040, 2040-2070 e 2070-2099.



Fontes: Costa, 2020 e Costa *et al.*, 2020.

Tabela 1: Comparação entre as projeções da variação percentual da média sazonal do total diário da irradiação global horizontal simuladas pelos modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 no cenário RCP4.5 para os períodos futuros 2006-2040, 2040-2070 e 2070-2099.

Cenário →	RCP4.5					
	2006-2040		2040-2070		2070-2099	
Horizonte temporal →						
Modelo climático global →	Eta-HadGEM2-ES	Eta-MIROC5	Eta-HadGEM2-ES	Eta-MIROC5	Eta-HadGEM2-ES	Eta-MIROC5
Períodos sazonais						
DJF	[Figura 1.1a] - redução de 5% a 10% na costa norte e nordeste do país, com regiões localizadas apontando reduções 20% a 30% entre a costa dos estados do Ceará (CE) e Piauí (PI) - aumento de 5 a 10% sobre o Sudeste (SE)	[Figura 1.1m] - redução do recurso solar sobre o Nordeste (NE), porém para uma área muito maior, alcançando o interior do NE, parte dos estados do Pará (PA), Amapá (AP) e Tocantins (TO)	[Figura 1.1e] - aumento de 5% a 10% na região Sudeste e parte da região Sul	[Figura 1.1q] - redução para a costa norte do NE	[Figura 1.1i] - redução de 5% a 10% do recurso solar no NE - aumento de 5% a 10% no SE	[Figura 1.1u] - redução de 5% a 10% do recurso solar no NE, em uma área mais abrangente que HadGEM2-ES
MAM	[Figura 1.1b] - sem alterações	[Figura 1.1n] - sem alterações	[Figura 1.1f] - aumento de 5% a 10% na costa N com pontos localizados de até 20%	[Figura 1.1r] - sem alterações	[Figura 1.1j] - aumento de 5% a 10% em pequenas áreas do país	[Figura 1.1v] - sem alterações
JJA	[Figura 1.1c] - redução bastante localizada de 5% a 10% no oeste do Rio Grande do Sul (RS)	[Figura 1.1o] - sem alterações	[Figura 1.1g] - redução de 5% a 10% do recurso solar no RS	[Figura 1.1s] - sem alterações	[Figura 1.1k] - redução de 5% a 10% sobre o RS	[Figura 1.1w] - redução de 5% a 10% sobre o RS e a costa SE
SON	[Figura 1.1d] - redução de 5% a 10% na costa N e NE e no estado do RS	[Figura 1.1p] - redução de 5% a 10% localizada sobre o norte do PA	[Figura 1.1h] - redução do recurso solar para o RS	[Figura 1.1t] - sem alterações	[Figura 1.1l] - redução de 5% a 10% sobre o RS	[Figura 1.1x] - redução de 5% a 10% sobre o RS e a costa SE

Tabela 2: Comparação entre as projeções da variação percentual da média sazonal do total diário da irradiação global horizontal simuladas pelos modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 no cenário RCP8.5 para os períodos futuros 2006-2040, 2040-2070 e 2070-2099.

Cenário →	RCP8.5					
	2006-2040		2040-2070		2070-2099	
Horizonte temporal →						
Modelo climático global →	Eta-HadGEM2-ES	Eta-MIROC5	Eta-HadGEM2-ES	Eta-MIROC5	Eta-HadGEM2-ES	Eta-MIROC5
Períodos sazonais						
DJF	[Figura 1.2a] - aumento de 5% a 10% no recurso solar para parte da região Norte (N), parte do interior do NE, praticamente toda a região SE e Centro-Oeste e norte da região Sul (S) - destaque para os estados de São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG), que apresentam aumento entre 10% e 20%	[Figura 1.2m] - semelhante ao RCP4.5: redução do recurso solar sobre o Nordeste (NE), alcançando o interior do NE, parte dos estados do Pará (PA), Amapá (AP) e Tocantins (TO)	[Figura 1.2e] - aumento na região SE, parte da região S e costa norte do NE, com alguns pontos chegando a aumento de 10% a 20%, principalmente entre SP e MG	[Figura 1.2q] - praticamente não prevê mudanças, exceto por uma redução de 5% a 10% na costa norte do NE	[Figura 1.2i] - aumento da irradiação solar para muitas áreas do Brasil	[Figura 1.2u] - praticamente não prevê mudanças, exceto por uma redução de 5% a 10% na costa norte do NE
MAM	[Figura 1.2b] - aumento de 5% a 10% na costa do Pará e oeste da Amazônia	[Figura 1.2n] - sem alterações	[Figura 1.2f] - semelhante ao RCP4.5: aumento de 5% a 10% na costa N com pontos localizados de até 20%	[Figura 1.2r] - praticamente não prevê mudanças, exceto por um aumento de 5% a 10% sobre a região N	[Figura 1.2j] - aumento de 5% a 10% em algumas áreas do país, com previsão de aumento de até 30% para alguns pontos	[Figura 1.2v] - aumento de 5% a 10% sobre a região N
JJA	[Figura 1.2c] - redução da irradiação solar na costa do NE, entre 5% a 10%	[Figura 1.2o] - sem alterações	[Figura 1.2g] - aumento de 5% a 10% em áreas da região N	[Figura 1.2s] - sem alterações	[Figura 1.2k] - semelhante ao RCP4.5: redução de 5% a 10% no RS - aumento de 5% a 10% (com picos de	[Figura 1.2w] - semelhante ao RCP4.5: redução de 5% a 10% no RS

					até 20%) em uma faixa transversal que vai do SE até a Amazônia	
SON	[Figura 1.2d] - aumento em uma pequena área do SE	[Figura 1.2p] - semelhante ao RCP4.5: redução de 5% a 10% no norte do PA, além da região Sul	[Figura 1.2h] - semelhante ao RCP4.5: redução do recurso solar para o RS - aumento de 5% a 10% para uma faixa transversal que se estende do SE até o oeste da Amazônia	[Figura 1.2t] - praticamente não prevê mudanças	[Figura 1.2l] - semelhante ao RCP4.5: redução de 5% a 10% no RS - aumento de 5% a 10% (com picos de até 20%) em uma faixa transversal que vai do SE até a Amazônia	[Figura 1.2x] - semelhante ao RCP4.5: redução de 5% a 10% no RS

1.2. Trabalho de Jong et al. (2019)

Figura 2: Projeções da variação percentual da radiação solar sobre plantas solares fotovoltaicas simuladas pelos modelos Eta-HadGEM2-ES, Eta-MIROC5 e Eta-CanESM2 no cenário RCP8.5 para os períodos futuros 2021-2050 e 2070-2099.

State	Solar farm locations	1961–1990		2021–2050		2070–2099	
		Avg solar radiation (W/m ²)	Avg solar radiation (W/m ²)	Percentage change	Avg solar radiation (W/m ²)	Percentage change	
All	(Entire NE region polygon)	284	288	1.7%	294	3.6%	
MG	Pirapora (HADGEM2-ES RCP8.5)	279	292	4.3%	297	6.3%	
MG	Pirapora (HADGEM2-ES RCP4.5)	279	284	1.5%	286	2.5%	
MG	Pirapora (MIROC5 RCP8.5)	257	260	0.8%	267	3.8%	
MG	Pirapora (CANESM2 RCP8.5)	273	287	5.0%	304	11.6%	
SP	Guaimbé (HADGEM2-ES RCP8.5)	276	280	1.6%	279	1.1%	
SP	Guaimbé (MIROC5 RCP8.5)	265	253	-4.2%	255	-3.8%	
SP	Guaimbé (CANESM2 RCP8.5)	261	264	1.5%	272	4.6%	

Fonte: Adaptado de Jong et al. (2019).

O trabalho de Jong *et al.* (2019) traz resultados do modelo regional Eta também aninhado aos modelos globais Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, e ao modelo Eta-CanESM2³, sem tratamento de viés, no entorno das décadas 2030 e 2080, sob o cenário de altas emissões, RCP8.5. No presente trabalho, o foco está nos resultados de mudanças da radiação solar projetadas para 2021-2050 e 2070-2099, comparado ao período de referência de 1961-1990, sobre as plantas solares fotovoltaicas na região Sudeste – Pirapora, em Minas Gerais (MG), e Guaimbé, em São Paulo (SP) (Figura 2).

Dos resultados, vê-se uma concordância entre os modelos de que a radiação solar tende a aumentar nos parques solares analisados pelos autores, mas esse aumento é variável, por exemplo: para Pirapora no período 2021-2050, o Eta-HadGEM2-ES apresentou aumento de 4,3%, o Eta-CanESM2 apresentou aumento de 5,0% e o Eta-MIROC5, aumento de apenas 0,8%. Já para o período 2070-2099, os modelos mencionados projetaram, respectivamente, aumento de 6,3%, 11,6% e 3,8% no recurso solar. Por outro lado, sobre as instalações de Guaimbé, o modelo Eta-MIROC5 foi o único que projetou uma redução da radiação solar, de 4,2% para o horizonte 2021-2050, e de 3,8% para o horizonte 2070-2099, enquanto que os outros dois modelos continuaram a prever ligeiro aumento sobre a mesma localidade nos dois horizontes temporais sob análise.

1.3. Trabalhos de Costa *et al.* (2020) e Jong *et al.* (2019)

Uma tentativa de comparação da variação da disponibilidade do recurso solar, resultante dos estudos de Costa *et al.* (2020) e Jong *et al.* (2019), é trazida na Tabela 3, para o modelo climático Eta-HadGEM2-ES, no cenário RCP8.5, período de 2070-2099, sobre o Nordeste do Brasil, uma vez que são as características e condições similares em ambos os estudos. A comparação direta foi limitada pelas particularidades de cada trabalho, uma delas sendo a análise sazonal por Costa e anual por Jong. De toda forma, todos os autores projetaram aumento do recurso solar sobre o Nordeste do Brasil, onde os maiores índices de irradiação solar já ocorrem.

³CanESM2 – *Second Generation Canadian Earth System Model*

Tabela 3: Comparação entre as projeções da variação percentual do recurso solar simuladas pelo modelo climático Eta-HadGEM2-ES no cenário RCP8.5 para o período futuro 2070-2099.

Cenário (Horizonte temporal) →	RCP8.5 (2040-2070)	
Modelo climático global →	Eta-HadGEM2-ES	
Autores →	Costa <i>et al.</i> (2020)	Jong <i>et al.</i> (2019)
Localidade		
NORDESTE BRASIL	(sazonal) aumento significativo para irradiação solar em todas as estações, exceto para o período de inverno, onde a variação é menos pronunciada	(anual) aumento no potencial de energia solar em 3,6%

2. Considerações finais

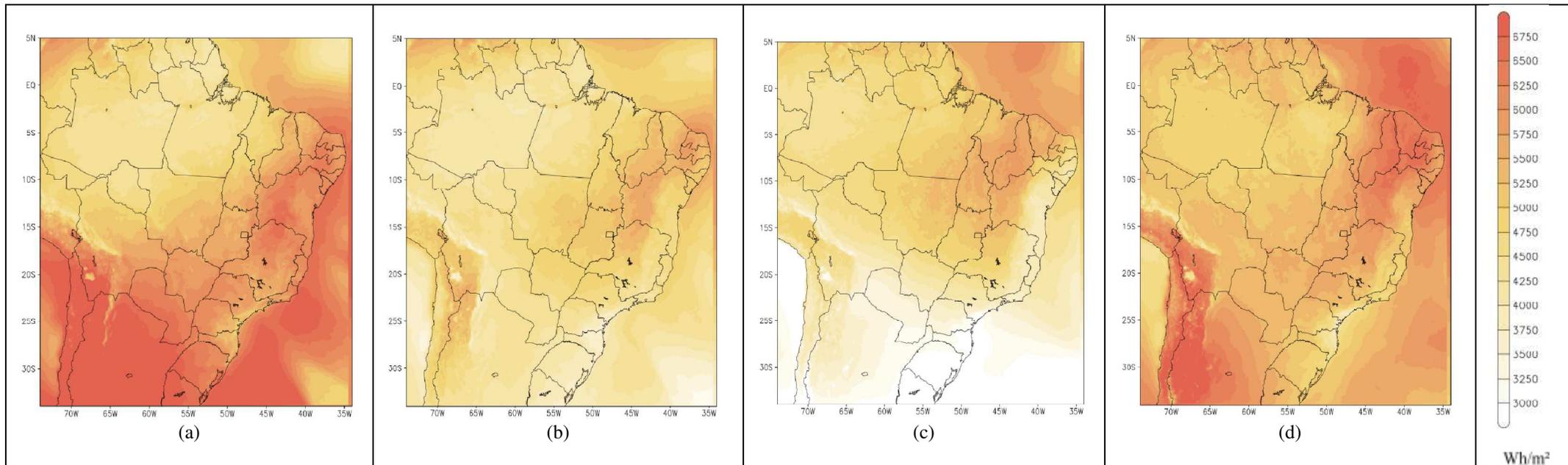
O presente trabalho avaliou resultados apresentados por Costa *et al.* (2020)/Costa (2020) e Jong *et al.* (2019) com o objetivo de compará-los quanto à disponibilidade futura do recurso solar sobre regiões do território brasileiro. Os resultados destes autores consideraram o modelo climático regional Eta aninhado a modelos climáticos globais do CMIP5 em diferentes horizontes e cenários de emissão associados às mudanças do clima.

Ao trabalhar com diferentes modelos, é comum se deparar com convergências e divergências de resultados. Os mesmos não devem ser tomados como “verdades absolutas” tampouco menosprezados como sem relevância. Deve-se levar em consideração o propósito da análise, a metodologia empregada (por exemplo: tratativa de correção de viés), e as limitações do próprio modelo.

Embora se deva ter cautela na interpretação dos resultados de modelos, estudos como os aqui apresentados contribuem para o entendimento da dinâmica do recurso solar diante dos efeitos das mudanças climáticas, bem como para o planejamento e expansão do setor de energia de fontes influenciadas pelo clima.

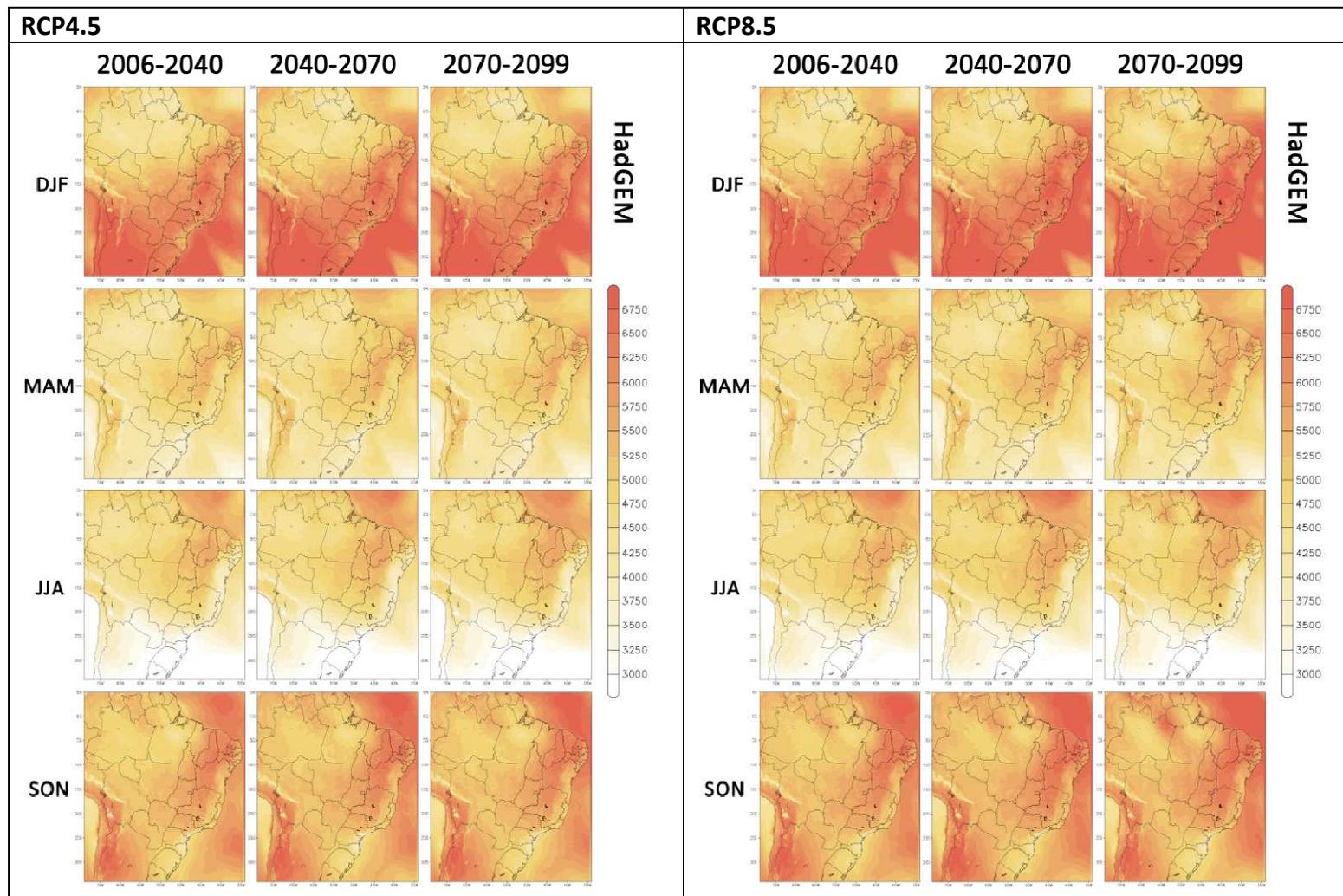
Anexo 1: Figuras extraídas dos trabalhos de Costa (2020) e Costa *et al.* (2020) referenciadas no presente trabalho

Figura 3: Média sazonal do total diário da irradiação global horizontal para o período histórico dos modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 nos meses (a) DJF; (b) MAM; (c) JJA e (d) SON.



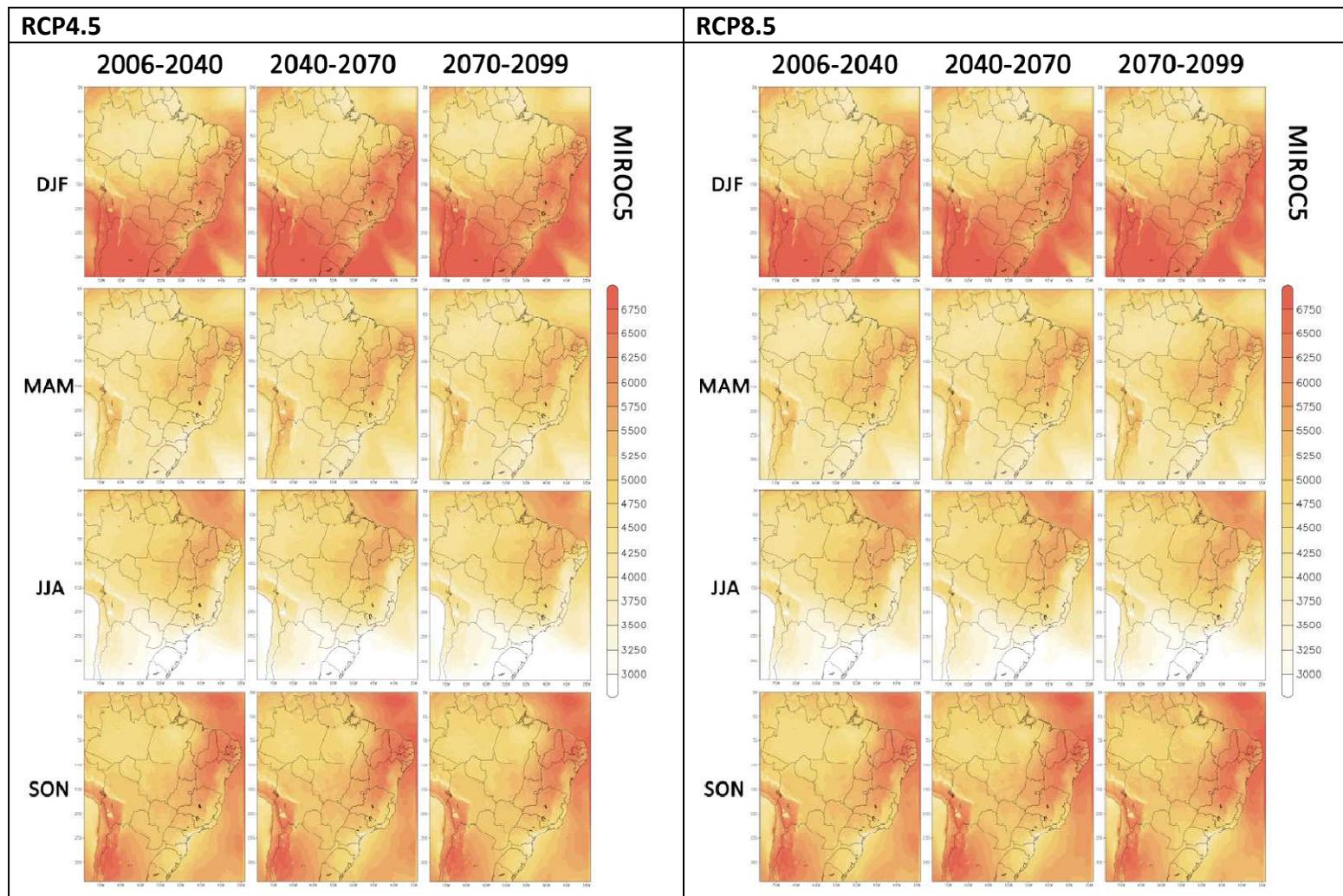
Fontes: Costa, 2020 e Costa *et al.*, 2020.

Figura 4: Projeções para média sazonal do total diário da irradiação global horizontal (Wh/m^2) simuladas pelo modelo climático Eta-HadGEM2-ES nos cenários RCP4.5 (primeira coluna) e RCP8.5 (segunda coluna) para os períodos futuros 2006-2040, 2040-2070 e 2070-2099.



Fontes: Costa, 2020 e Costa *et al.*, 2020.

Figura 5: Projeções para média sazonal do total diário da irradiação global horizontal (Wh/m^2) simuladas pelo modelo climático Eta-MIROC5 nos cenários RCP4.5 (primeira coluna) e RCP8.5 (segunda coluna) para os períodos futuros 2006-2040, 2040-2070 e 2070-2099.



Fontes: Costa, 2020 e Costa *et al.*, 2020.

Referências bibliográficas

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC/INPE). Projeções Climáticas no Brasil. Disponível em: <<http://pclima.inpe.br/analise/index.html>>. Acesso em: 19/12/2021.

COSTA, G. L. Quantificação da Disponibilidade Futura do Recurso Solar no Brasil – Análises e Resultados. Relatório do produto 6 da consultoria prestada ao CSI/GIZ. São José dos Campos, SP, 2020, 41 p.

COSTA, R. S.; COSTA, G. L.; LIMA, F. J. L.; GONÇALVES, A. R.; MARTINS, R. F.; PEREIRA, E. B.; CASAGRANDE, M. S. G. Impactos das Mudanças Climáticas na Disponibilidade do Recurso Energético Solar. **Sociedade Brasileira de Planejamento Energético (SBPE)**, v. 26, n. 4, p. 39-50, 2020.

GLOBAL CARBON PROJECT. **Global Carbon Budget 2021**. 2021. 86 p. Disponível em: <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/21/files/GCP_CarbonBudget_2021.pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2021: Ano base 2020**. Rio de Janeiro, RJ, 2021. 292 p. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>>

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2021.

JONG, P.; BARRETO, T. B.; TANAJURA, C. A. S.; KOULOUKOU, D.; OLIVEIRA-ESQUERRE, K. P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Estimating the impact of climate change on wind and solar energy in Brazil using a South American regional climate model. **Renewable Energy**, v. 141, p. 390 - 401, 2019.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R. **Capítulo I: Energia Solar – O Potencial Brasileiro**. NOVEMP, Fascículo Renováveis, p. 42-49, 2018.

RITCHIE, H. **Sector by Sector: Where do Global Greenhouse Gas Emissions come from?** In: *Our World in Data*, September 18, 2020. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>>. Acesso em 10/12/2021.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil – 1970-2020**. 2021. 55 p. Disponível em: <https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf>.