

BRASIL 2040

Tabela 3.1 Correlação espacial entre temperaturas máximas, mínimas e precipitação sazonal e dados observados para DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e JJA (Junho, Julho e Agosto) para os três subdomínios no Brasil (AM-Amazônia, NEB-Nordeste do Brasil e CS-Centro Sul).

Temperatura Máxima						
Modelos	DJF			JJA		
	AM	NEB	CS	AM	NEB	CS
ETA/HadGEM2-ES	0,39	0,62	0,86	0,56	0,89	0,93
ETA/MIROC5	0,54	0,82	0,81	0,56	0,85	0,85
Temperatura Mínima						
Modelos	DJF			JJA		
	AM	NEB	CS	AM	NEB	CS
ETA/HadGEM2-ES	0,30	0,69	0,87	0,67	0,84	0,91
ETA/MIROC5	0,55	0,79	0,92	0,88	0,81	0,92
Precipitação						
Modelos	DJF			JJA		
	AM	NEB	CS	AM	NEB	CS
ETA/HadGEM2-ES	0,74	0,82	0,69	0,78	0,62	0,92
ETA/MIROC5	0,71	0,77	0,67	0,96	0,86	0,57

3.2 Clima Futuro

A simulação do modelo ETA aninhado nos dois modelos globais para os cenários de RCP8.5 e RCP4.5 indica como a temperatura e a precipitação podem se comportar no período de 2010 a 2099. Os dados simulados foram avaliados em termos de anomalias médias anuais. Anomalias apresentam as diferenças, absolutas ou relativas, entre os valores simulados pelos modelos para o clima futuro e atual.

3.2.1 Anomalia de Temperatura

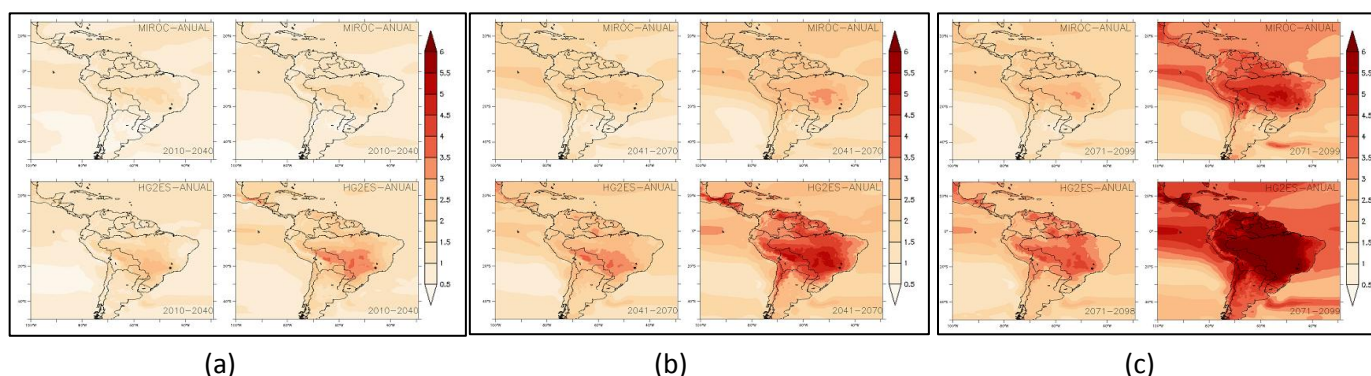
Na Figura 3.2 são mostradas as anomalias de temperatura média (°C) para os períodos 2011-2040 (a), 2041-2070 (b) e 2071-2100 (c), simuladas pelos modelos para os dois cenários RCP4.5 e RCP8.5. Para os três períodos, as simulações mostram o centro-oeste do Brasil com anomalias de temperatura maiores do que as demais regiões do país e, no período de 2011-2040, é possível identificar um acréscimo de temperatura de 2,5°C estimado pelo ETA/HadGEM2-ES (RCP8.5).

Comparando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para os dois modelos, as diferenças de temperatura são mais evidentes no terceiro período, de 2071-2100. Nesse período, ETA/HadGEM2-ES indica anomalias superiores a 6°C para o RCP 8.5 em todo o Brasil e para o cenário RCP4.5 indica em torno 4,5°C. Já o modelo ETA/MIROC5 na mesma situação, indica anomalias em torno de 4,5°C para o RCP 8.5 e em torno de 2°C para o RCP 4.5.

Dessa forma, o modelo ETA forçado pelo modelo global HadGEM2-ES simulou anomalias de temperatura superiores às simuladas quando forçado pelo modelo global MIROC5 nos três períodos. Os resultados gerados nos estudos setoriais com o ETA/HadGEM2-ES refletiram isso, tornando prognósticos deste modelo sempre mais críticos, em especial, para o cenário RCP 8.5 e para o período 2071-2100.

BRASIL 2040

Figura 3.2 Anomalia de temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) para o ETA/MIROC5 e ETA/HadGEM2-ES (cenários RCP4.5 e RCP8.5, da esquerda para direita): (a) período 2010-2040 (b) período 2041-2070 e (c) período 2071-2099.

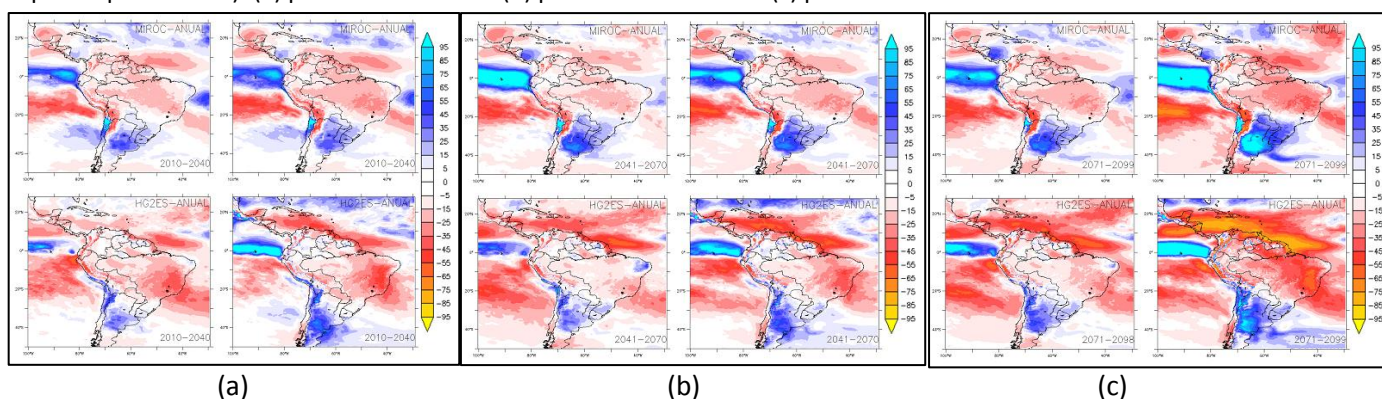


3.2.2 Anomalia de Precipitação

Na Figura 3.3 são mostradas as anomalias de precipitação média anual (%) para os períodos 2011-2040 (a), 2041-2070 (b) e 2071-2100, (c) simuladas pelos modelos para os cenários RCP4.5 e RCP 8.5. Para os três períodos, as simulações mostram o extremo sul do Brasil com anomalias positivas e as demais regiões do país com anomalias negativas.

As simulações do modelo ETA/HadGEM2-ES mostram, principalmente na região litorânea do Brasil, anomalias negativas de precipitações nos três períodos de 30 anos. No período de 2071-2100, as anomalias atingem valores inferiores a 50% em várias regiões para o cenário RCP8.5. Comparando os cenários RCP4.5 e RCP8.5, as simulações indicam que o RCP8.5 apresenta-se mais seco na maior parte do Brasil, principalmente no litoral das regiões Nordeste e Sudeste do país.

Figura 3.3 Anomalia de precipitação média anual (%) para o ETA/MIROC5 e ETA/HadGEM2-ES (cenários RCP4.5 e RCP8.5, da esquerda para direita): (a) período 2010-2040 (b) período 2041-2070 e (c) período 2071-2099.



3.3 Incertezas nos Prognósticos Climáticos

A viabilidade da obtenção de prognósticos climáticos através de simulações computacionais norteou a decisão de utilizar, no BRASIL 2040, apenas dois modelos climáticos globais (HadGEM2-ES e MIROC5), um modelo climático regional (ETA) e dois cenários de forçantes radiativas (RCP4.5 e RCP8.5, ver Figura 1.4 do Capítulo *Bases Conceituais*). É importante localizar o leitor no contexto das incertezas decorrentes dessa decisão, particularmente sobre as estimativas e magnitudes dos impactos setoriais. Por um lado, a opção de adotar dois cenários de forçantes radiativas e não quatro não cobre o leque de cenários possíveis e, portanto, de opções para realização de prognósticos. Por outro, como já foi dito no Capítulo *Bases Conceituais*, a utilização de técnicas de *downscaling* para

redução da escala da grade podem amplificar erros climáticos de larga escala nos modelos climáticos globais devido a sua maior resolução espacial.

Com o objetivo de checar essas condições e possíveis amplificações dos resultados do *downscaling*, a SAE-PR conduziu um estudo específico, limitado a uma variável de impacto, a Energia Natural Afluyente - ENA (ver capítulos *Recursos Hídricos e Energia*). Foram realizados dois níveis de checagem: primeiro, foram utilizados treze modelos climáticos globais com a finalidade de mostrar a variabilidade dos resultados da ENA em se considerando um conjunto maior de modelos. Depois, a ENA foi calculada a partir dos dois modelos globais HadGEM2-ES e MIROC5, mas sem o uso do modelo regional ETA, ou seja, utilizando o *downscaling* estatístico simples, para mostrar a influência do uso do modelo regional enquanto método de *downscaling*. Esses experimentos mantiveram sem alteração todas as outras variáveis e processos fontes de incertezas, de modo que apenas o componente climático pudesse ser analisado.

3.3.1 Variabilidade da ENA entre Modelos Globais

Dentre os modelos globais de diferentes centros climáticos do mundo, foram identificados quais deles melhor representam o clima atual para as diversas regiões do Brasil de modo que apenas esses fossem usados para representar o clima futuro. A avaliação foi constituída por etapas que analisaram os padrões de variação do clima em diferentes escalas temporais: sazonal, interanual e interdecadal. Com essa avaliação, treze modelos globais mostraram melhor desempenho em representar o clima no país, dentre os quais o MIROC5 e o HadGEM2-ES. São eles: bcc-csm1-1 e BNU-ESM (China), CanESM2 (Canadá), CESM1-BGC e GFDL-ESM2M (EUA), CSIRO-Mk3-6-0 (Austrália), HadGEM2-AO, HadGEM2-CC e HadGEM2-ES (Reino Unido), IPSL-CM5A-LR e IPSL-CM5A-MR (França), MIROC5 e MIROC-ESM (Japão).

Os resultados foram avaliados através de gráficos do tipo *box-plot*. A Figura 3.4 apresenta os resultados para três períodos no futuro (2010-2039, 2040-2069 e 2070-2098), para os dois cenários de forçantes radiativas (RCP4.5 e RCP8.5) e para os subsistemas do Sistema Integrado Nacional – SIN (Sul, Sudeste-Centro-Oeste, Nordeste, Norte e total). Percebe-se que:

- Quanto mais adiante no futuro, as amplitudes dos diagramas *box-plot* são maiores, indicando que os treze modelos apresentam resultados mais discordantes, ou seja, o prognóstico torna-se mais incerto.
- Para o cenário RCP8.5 os prognósticos também são mais discordantes, entre os modelos, que para o cenário RCP4.5.
- Para quase todos os subsistemas, períodos no futuro e cenários de forçantes radiativas, há modelos que simularam aumento e modelos que simularam redução da ENA.

Na Figura 3.5 estão as estimativas da ENA, calculadas a partir do modelo regional ETA aninhado nos modelos globais HadGEM2-ES e MIROC5, utilizadas no estudo setorial *Energia*. A comparação entre essas estimativas, usando dois modelos globais, e aquelas da Figura 3.4, resultado de treze modelos globais, mostra o posicionamento dos dois modelos selecionados para o BRASIL 2040 dentre os demais: apresentam a mesma tendência da maioria, apesar das diferenças de magnitude das estimativas.