



GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA SUBSIDIAR ESTUDOS EM PLANEJAMENTO DE INVESTIMENTOS PARA INFRAESTRUTURAS A PARTIR DOS DADOS DE PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Relatório 7/8 - Descrição da integração do modelo Eta5km-SC
forçado pelo modelo Eta20km-HadGEM2-ES RCP8.5 para o período de
2011 a 2040.

Priscila Tavares

Elaborado por: Priscila da Silva Tavares - priscilatavares@gmail.com

Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio do projeto Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI).

Este projeto foi pactuado no âmbito da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU, sigla em alemão).

Participaram desse processo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Empresa Eletrosul/ Eletrobrás e a Defesa Civil de Santa Catarina.

Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ e do MMA. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

EQUIPE TÉCNICA - MMA

Hugo do Valle Mendes (coordenação)
Adriana Brito da Silva
Jaqueline Leal Madruga

EQUIPE TÉCNICA - GIZ

Ana Carolina Câmara (coordenação)
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas
Pablo Borges de Amorim

EQUIPE TÉCNICA - DEFESA CIVIL/ SANTA CATARINA

Flavio Rene Brea Victoria
Frederico Moraes Rudorff

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Chou Sin Chan

Ministério do Meio Ambiente

Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília/DF, CEP
70068-901
Telefone: + 55
61 2028-1206

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center - 70.711-902 Brasília/DF
T + 55-61-2101-2170
E giz-brasilien@giz.de
www.giz.de/brasil

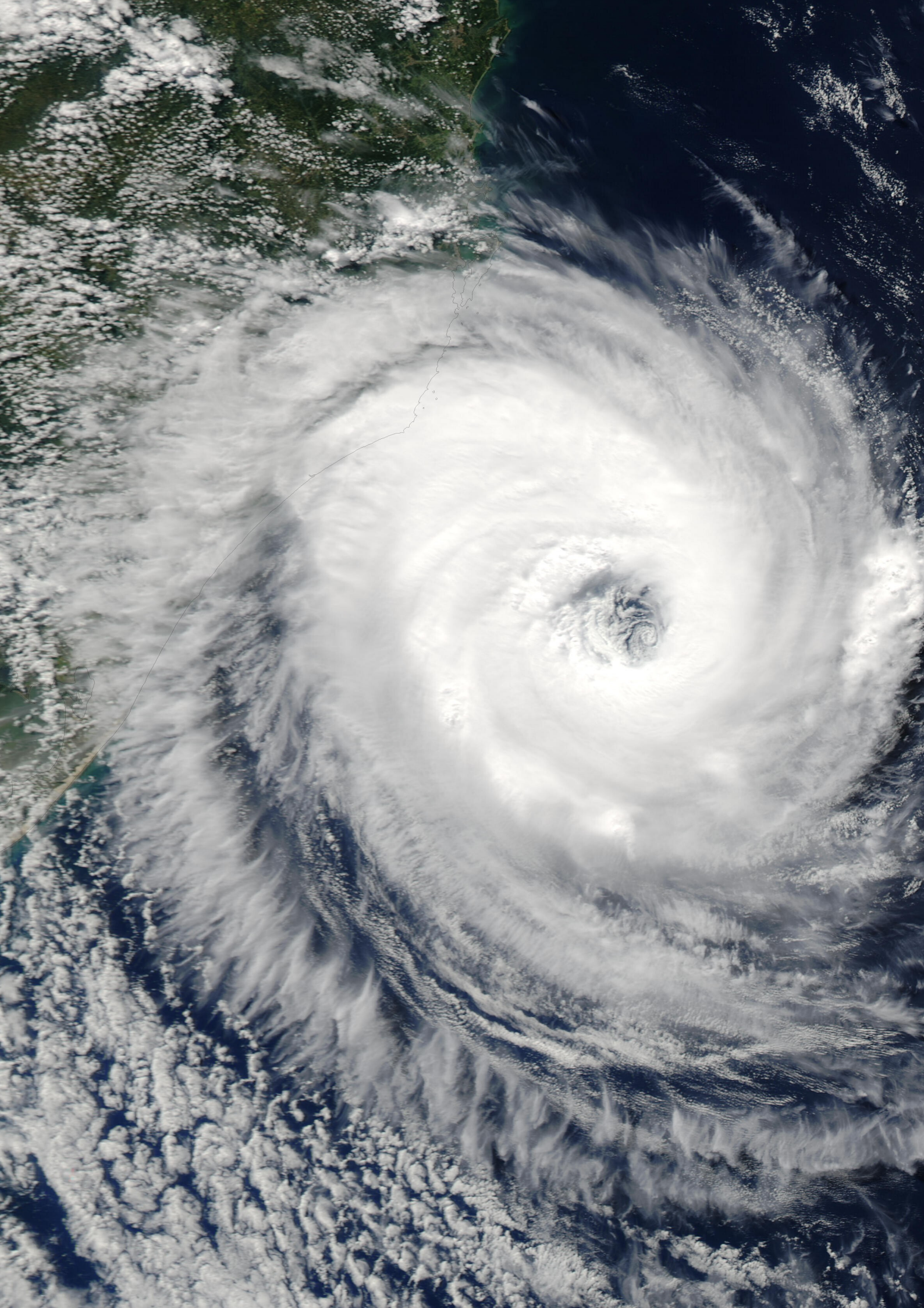
A encargo de:

Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha

BMU Bonn:
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn, Alemanha
T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projeto:

Ana Carolina Câmara
T +55 61 9 99 89 71 71
T +55 61 2101 2098
E ana-carolina.camara@giz.de



Sumário

LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	5
1. CONTEXTO	6
1.1 Objetivo.....	8
2. DOWNSCALING A PARTIR DO MODELO ETA	8
3. RESULTADOS DO DOWNSCALING	13
4. SÍNTESE E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
5. PRÓXIMAS ETAPAS	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapas topográficos (m) na resolução de 20 km e 5 km, com destaque para a região do Vale do Itajaí_____6

Figura 2.1. a) Domínio do modelo Eta-HadGEM2-ES 20 km e b) Domínio usado para *downscaling* dinâmico do modelo na resolução de 5 km_____8

Figura 2.2. Caminhos de concentração do CO₂ atmosférico nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 (IPCC, 2014). As concentrações de CO₂ equivalente compreendem o efeito líquido de todas as forçantes antrópicas, incluindo todos os gases do efeito estufa (CO₂, C, N₂O, CF₄, C₂F₆, HFC32 etc.), aerossóis e ozônio troposférico (MEINSHAUSEN et al., 2011)_____9

Figura 2.3. Mapa de uso e cobertura da terra do IBGE (2014); Reclassificação de acordo com as classes do esquema de superfície NOAH (Dorman e Sellers, 1989)_____10

Figura 2.4. Mapa de textura do solo da FAO/STATSGO. Fonte: Adaptado de FAO/STATSGO (2015)_____11

Figura 3.1. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de DJF para os períodos de 2011-2015, 2016- 2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____13

Figura 3.2. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de MAM para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____14

Figura 3.3. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de JJA para os períodos de 2011-2015, 2016- 2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____15

Figura 3.4. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de SON para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____16

Figura 3.5. Projeções da precipitação média (mm/dia) de DJF para os períodos de 2011-2015, 2016- 2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____17

Figura 3.6. Projeções da precipitação média (mm/dia) de MAM para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____18

Figura 3.7. Projeções da precipitação média (mm/dia) de JJA para os períodos de 2011-2015, 2016- 2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____19

Figura 3.8. Projeções da precipitação média (mm/dia) de SON para os períodos de 2011-2015, 2016- 2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036- 2040, considerando o cenário RCP8.5_____20

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Configuração e características utilizadas na integração do modelo Eta5km-SC_____ 11

Tabela 2.2. Variáveis de saída do modelo Eta5km-SC_____ 12

1.CONTEXTO

Projeções climáticas geradas pelos Modelos Climáticos Globais (MCGs) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) possuem resoluções horizontais de aproximadamente centenas de quilômetros. Tais resoluções horizontais por serem grosseiras limitam a avaliação dos impactos das mudanças climáticas em escalas espaciais mais reduzidas. Como modo de contornar esta limitação, tem sido utilizada a técnica de regionalização dinâmica dos cenários climáticos do IPCC, através do uso de Modelos Climáticos Regionais (MCRs) aninhados as saídas dos MCGs. Os MCRs por admitirem resolução horizontal da ordem de dezenas de quilômetros ou até menos, permitem melhor representação das características da paisagem, tais como regiões de vale- montanha, linhas costeiras, zonas urbanas, etc, podendo assim fornecer simulações mais realistas do clima local/regional (Ambrizzi et al., 2018). Como forma de exemplificar, segue na Figura 1.1 o mapa topográfico do estado de Santa Catarina nas resoluções de 20 km e 5 km. Nota-se que em mais alta resolução horizontal (5 km) a região do Vale do Itajaí (demarcada na figura) mostra melhor distinção das áreas de serra-vale.

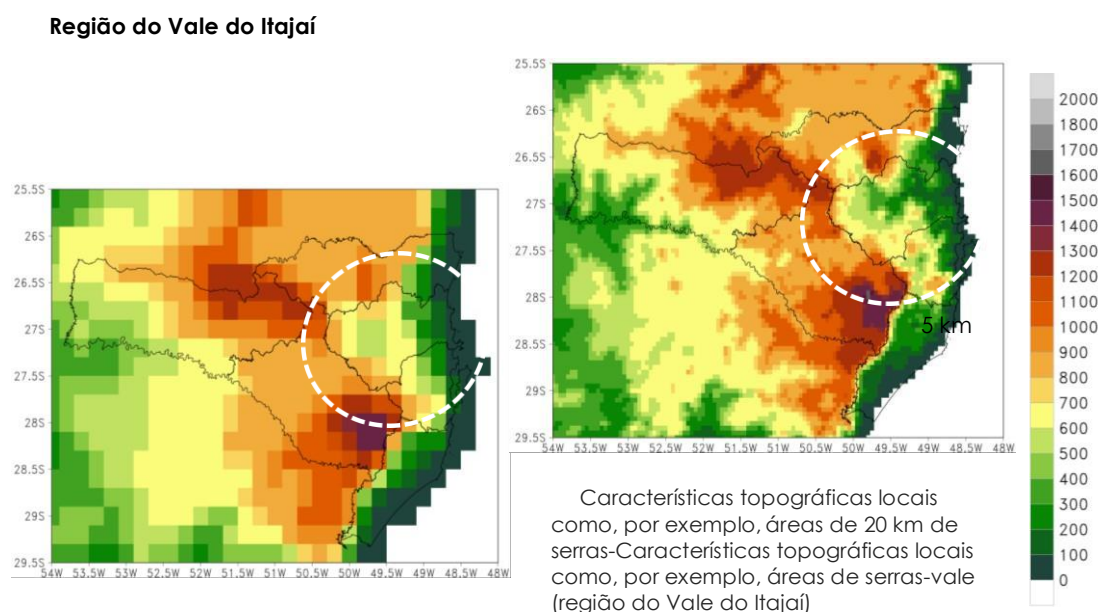


Figura 1.1. Mapas topográficos (m) na resolução de 20 km e 5 km, com destaque para a região do Vale do Itajaí

No Brasil, o modelo regional Eta tem sido utilizado como uma ferramenta para regionalização dos cenários climáticos do IPCC. O modelo foi utilizado para gerar as projeções utilizadas na Segunda e na Terceira Comunicação Brasileira da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, SCN e TCN (MCT, 2010; MCTI, 2016). Para a TCN foram geradas projeções multidecenais na grade regular horizontal de 20 km x 20 km, a partir do aninhamento do Eta em três modelos climáticos globais do CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) (Chou et al., 2014a e 2014b). Um segundo downscaling dinâmico destas projeções na regular horizontal de 5 km x 5 km, sobre a região sudeste do Brasil, foi produzido por Lyra et al. (2017).

O aumento da resolução espacial contribuiu para uma melhor simulação do clima presente e dos eventos extremos de chuva e temperatura. Por apresentarem resoluções mais altas, estas simulações são as mais indicadas para uso em estudos de impactos das mudanças climáticas tais como abordados pelo Projeto CSI, que tem como foco avaliação dos impactos no Porto de Itajaí-SC. Além do mais, grande parte dos extremos de chuva que ocorrem no Vale do Itajaí (localidade do Porto) estão associados a passagens de Sistemas Frontais (Severo, 1994) os quais são intensificados devido a topografia da região. Sendo assim, integrações do modelo em mais alta resolução horizontal propiciará resultados mais refinados para região de estudo.

Portanto, foi realizado o segundo downscaling dinâmico do modelo Eta em altíssima resolução a partir das condições de contorno lateral do modelo Eta-HadGEM2-ES. As simulações do modelo global do sistema terrestre do Hadley Centre UK Met Office, versão 2 - HadGEM2-ES, tem sido usado para downscaling através do modelo Eta, por mostrar boa representação do clima presente e dos sistemas atmosféricos atuantes no Brasil e adjacências. O modelo Eta, versão Projeto CSI, foi configurado para cobrir todo estado de Santa Catarina e grande parte dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul.

Detalhamentos da configuração do modelo, bem como demonstração dos resultados das rodadas são apresentadas nas seções a seguir.

1.1 Objetivo

Cumprir o sétimo produto do Projeto CSI – Ampliação dos Serviços Climáticos em investimentos de Infraestruturas /PN: 16.9025.4-003.00, termo de referência: Geração de informações, a partir dos dados de projeções de mudanças climáticas, para subsidiar estudos em planejamento de investimentos para infraestruturas. O produto consiste em um relatório contendo a descrição da integração do modelo Eta5km-SC forçado pelo modelo Eta20km- HadGEM2-ES RCP8.5 para o período de 2011 a 2040 e figuras ilustrando distribuição espacial de temperatura e precipitação a cada 5 anos para o período de 2011 a 2040.

2. DOWNSCALING A PARTIR DO MODELO ETA

Foi realizado o segundo downscaling dinâmico, com resolução horizontal de 5 km, a partir das condições de contorno lateral do Modelo Eta-HadGEM2-ES 20 km, nomeado a partir de agora como Eta5km-SC. Detalhamentos da versão em 20 km podem ser encontrados em Chou et al. (2014a e 2014b). O modelo (versão 5 km) foi configurado em modo não-hidrostático, com 38 níveis na vertical e com o topo em 25 hPa. A grade total pós-processada foi de 220 x 164 pontos na horizontal e 10 níveis na vertical, com o domínio centrado sobre o estado de Santa Catarina (Figura 2.1). Na Figura 2.1 está apresentado o domínio do Eta usado como condição de contorno lateral (a) e o domínio usado para as rodadas em 5 km (b).

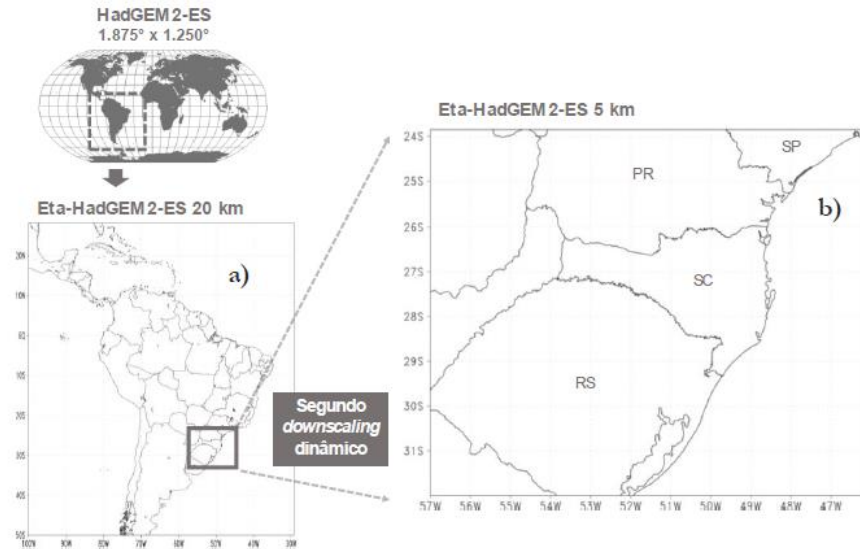


Figura 2.1 a) Domínio do modelo Eta-HadGEM2-ES 20 km e b) Domínio usado para downscaling dinâmico do modelo na resolução de 5 km

Utilizou-se como condição de contorno inferior a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) oriunda do modelo climático global, com resolução horizontal de $1^\circ \times 1^\circ$, atualizada diariamente através de interpolação linear; e umidade do solo. Foram realizadas projeções do clima futuro para o período de 2010 a 2040 com base nos cenários de concentrações dos gases do efeito estufa e suas forçantes radiativas no clima, chamados de *Representative Concentration Pathway* (RCP) (IPCC, 2013; Moss et al., 2010). O primeiro ano da integração foi descartado das avaliações por ser usado como período de estabilização do modelo ("*spin-up*"), especialmente em relação a umidade do solo. Considerou-se o cenário RCP8.5, onde é pressuposto que o sistema terrestre armazenará 8.5 W.m^{-2} adicionais, com concentração de CO_2 equivalente superior a 1000 ppm até o final do século XXI (Figura 2.2).

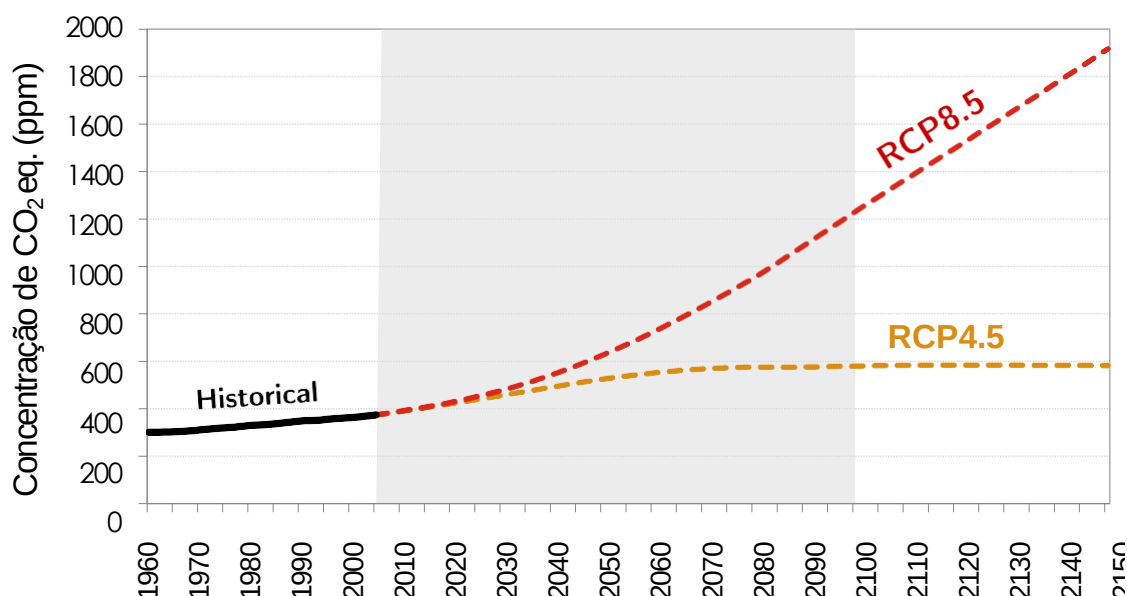


Figura 2.2. Caminhos de concentração do CO₂ atmosférico nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 (IPCC, 2014). As concentrações de CO₂ equivalente compreendem o efeito líquido de todas as forçantes antrópicas, incluindo todos os gases do efeito estufa (CO₂, C, N₂O, CF₄, C₂F₆, HFC32 etc.), aerossóis e ozônio troposférico (MEINSHAUSEN et al., 2011).

A inclusão de CO₂ no modelo Eta foi realizada através de perfis verticais de transferência radiativa (coeficientes de absorção, transmissão, emissão) compatíveis com aumento na concentração de CO₂. Os coeficientes de transmissividade foram gerados para todo o período da simulação em intervalos de 3 anos, através de interpolações para as concentrações 1xCO₂, 2xCO₂ e 4xCO₂. O arquivo com os coeficientes foi lido pelo modelo ao longo da simulação para o período de 2010 a 2040, sendo os valores atualizados nos anos de 2010, 2013, 2016, 2019, 2022, 2025, 2028, 2031, 2034, 2037 e 2040. Esses coeficientes estão relacionados com a absorção dos gases de efeito estufa na atmosfera representados pela concentração de CO₂-eq. Os coeficientes são usados pelo esquema de radiação de onda longa para modificar o perfil de temperatura do modelo.

Foram utilizados mapas mais atuais de uso e cobertura da terra e de textura do solo. O mapa de uso da terra é proveniente do último levantamento do IBGE referente ao ano de 2014 (IBGE, 2014) com resolução espacial de aproximadamente 1 km, reclassificado para atender as classes de vegetação utilizadas pelo esquema de superfície NOAH do modelo Eta. Este mapa possui 14 tipos, incluindo áreas urbanas Figura 2.3.

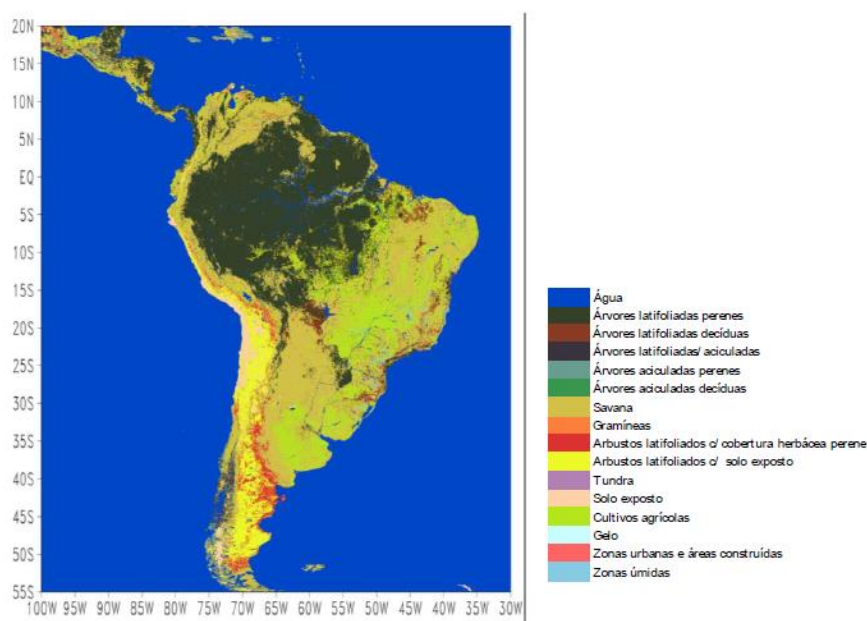


Figura 2.3. Mapa de uso e cobertura da terra do IBGE (2014); Reclassificação de acordo com as classes do esquema de superfície NOAH (Dorman e Sellers, 1989).

O mapa de textura do solo utilizado nas projeções é proveniente do projeto STASTGO/FAO com distinção de 15 tipos e com resolução horizontal de aproximadamente 1 km (Figura 2.4). Este mapa foi obtido através do site do projeto do esquema de superfície NOAH e adequado para leitura do modelo Eta por Rodrigues (2018).

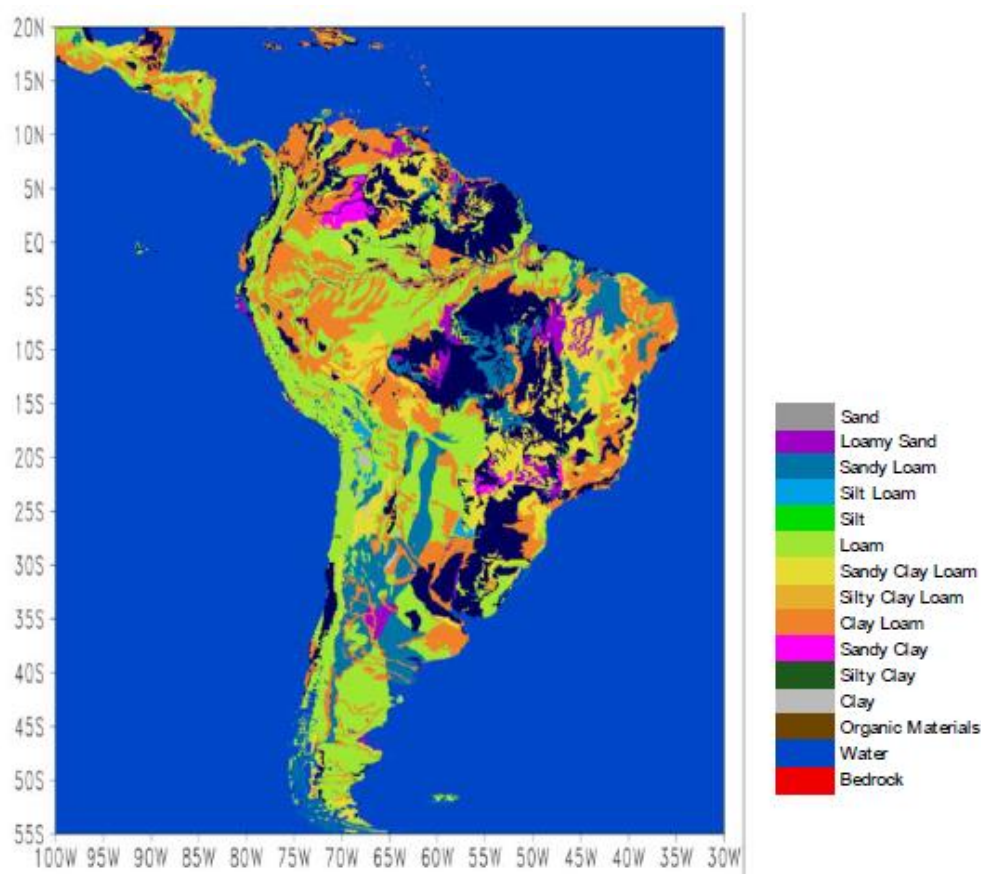


Figura 2.3. Mapa de textura do solo da FAO/STATSGO. Fonte: Adaptado de FAO/STATSGO (2015).

Um resumo da configuração e das características utilizadas na integração do modelo Eta5km-SC segue na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Configuração e características utilizadas na integração do modelo Eta5km-SC.

Características/Configuração	Descrição
Passo de tempo do modelo	10 segundos
Mapa de solo	FAO/STATSGO - 15 tipos
Mapa de uso e cobertura da terra	IBGE (2014) - 14 tipos
Topografia	USGS 1 km
Grade do modelo (im x jm x lm)	181x291x38
Grade pós-processada	220x164x10
Ponto central	51,7°W; 28°S
Resolução horizontal	5 km
Topo do Modelo	50 hPa
Tipo de grade horizontal	Grade-E
Tipo de grade vertical	Grade-Lorenz
Condições de contorno	Modelo Eta-HadGEM2-ES 20 km
Esquema de Convecção:	Betts-Miller-Janjic (Betts e Miller, 1986; Janjic, 1994)
Esquema de microfísica	Zhao (Zhao et al., 1997)

Turbulência	Mellor-Yamada nível 2.5 (Mellor e Yamada, 1974)
Radiação	GFDL/ondas curtas (Lacis e Hansen, 1974) e ondas longas (Fels e Schwarzkopf, 1975)
Esquema de superfície	NOAH – 4 camadas
Período de integração	2011 -2040
Cenário	RCP8.5

A lista das variáveis disponibilizadas pelas integrações do modelo Eta5km-SC segue na Tabela 2.2. Foram fornecidas 45 variáveis, sendo 7 disponibilizadas em 10 níveis de pressão (variáveis tridimensionais) com frequência temporal de 6 e 6 horas. Os níveis de pressão pós-processados foram: 1000, 925, 850, 750, 650, 500, 350, 300, 250 e 200 hPa. As variáveis de superfície (bidimensionais) foram disponibilizadas na frequência temporal de 3 em 3 horas.

3. RESULTADOS DO DOWNSCALING

As figuras a seguir mostram as médias das variáveis temperatura a 2 metros (°C) e precipitação (mm/dia) dos trimestres de Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF), Março-Abril- Maio (MAM), Junho-Julho-Agosto (JJA) e Setembro-Outubro-Novembro (SON), considerando intervalos de 5 anos para o período de 2011 a 2040. Os campos são referentes as projeções do modelo Eta5km-SC, cenário RCP8.5.

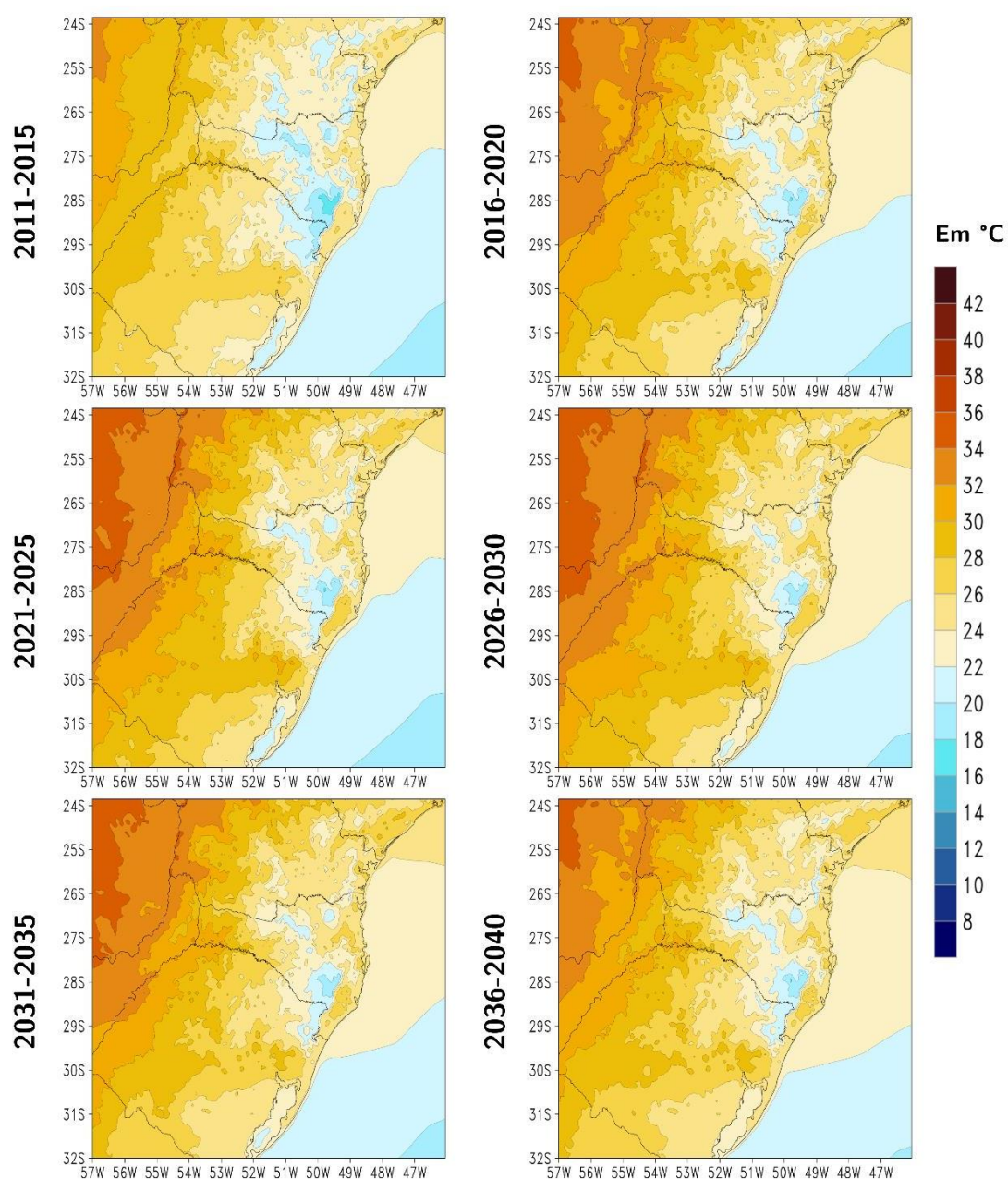


Figura 3.1. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de DJF para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

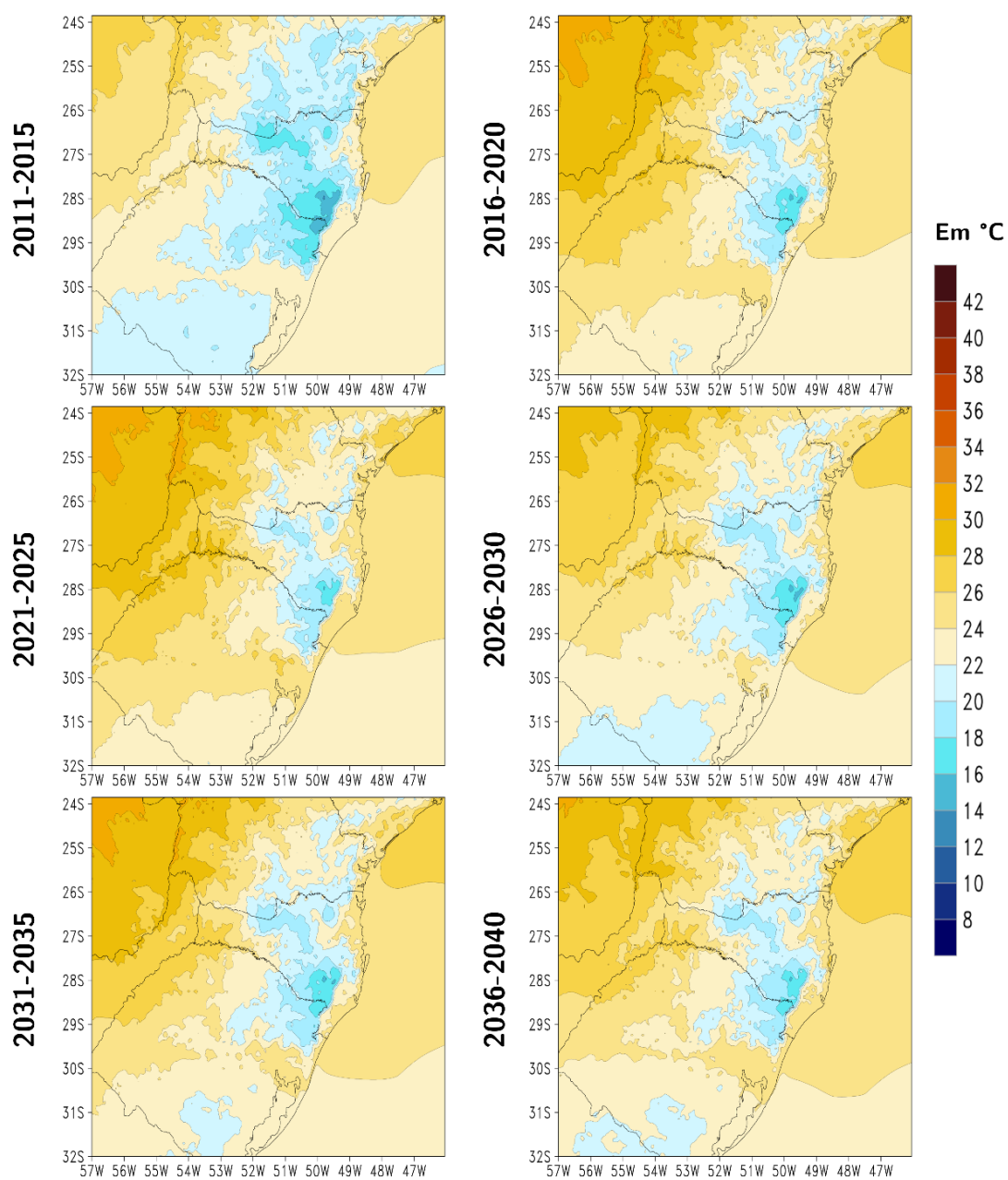


Figura 3.2. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de MAM para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

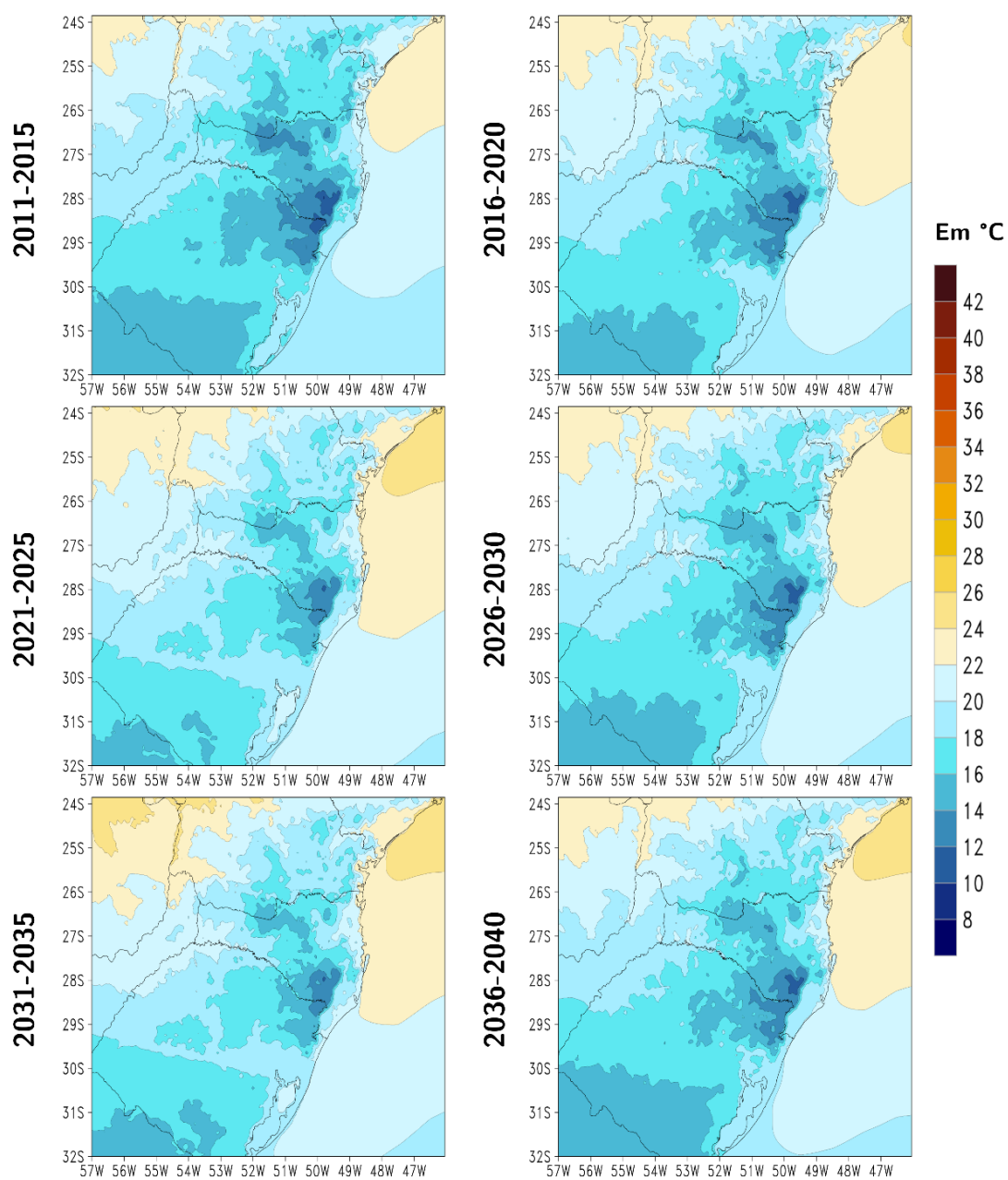


Figura 3.3. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de JJA para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

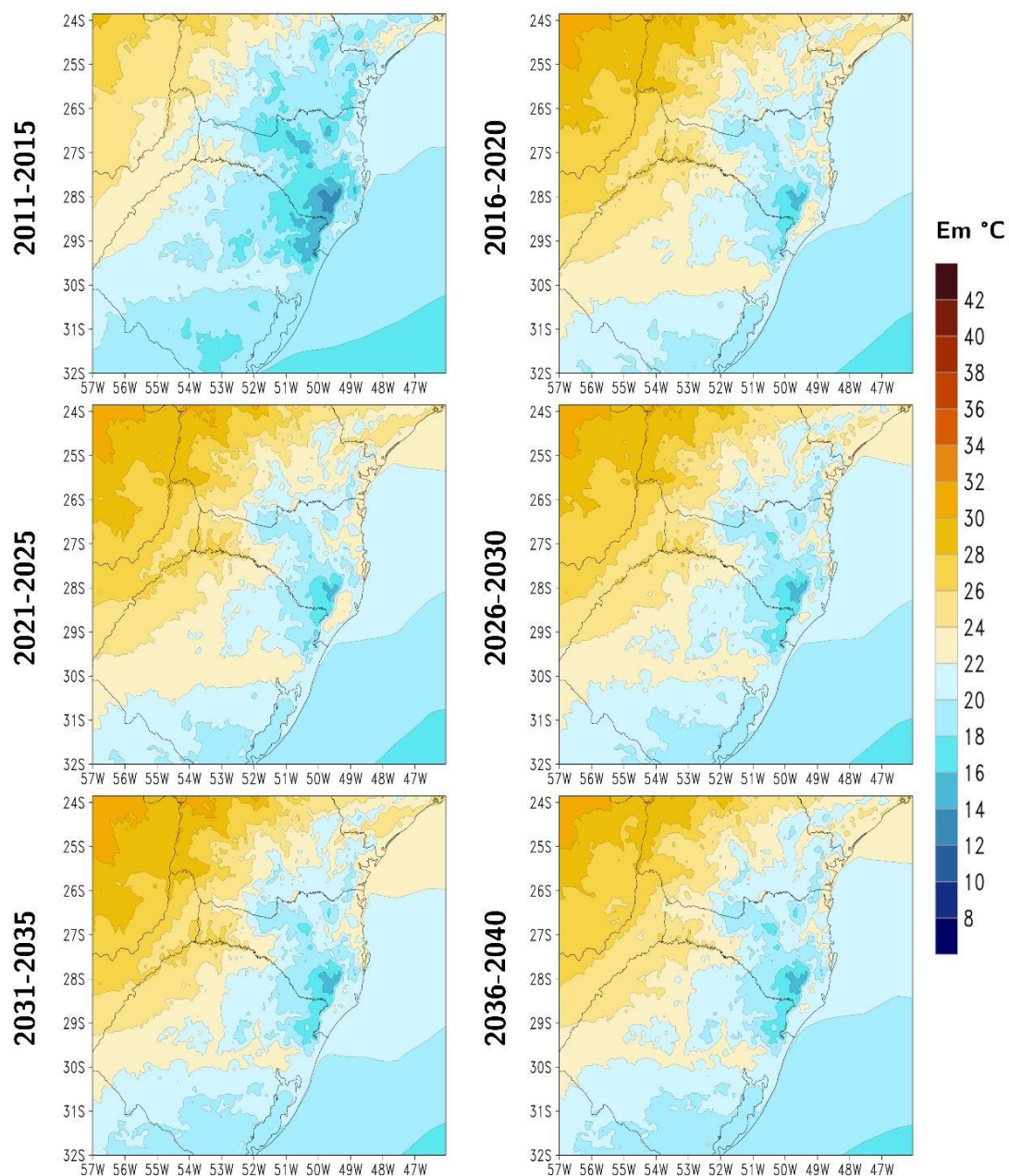


Figura 3.4. Projeções da temperatura média a 2 m (°C) de SON para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

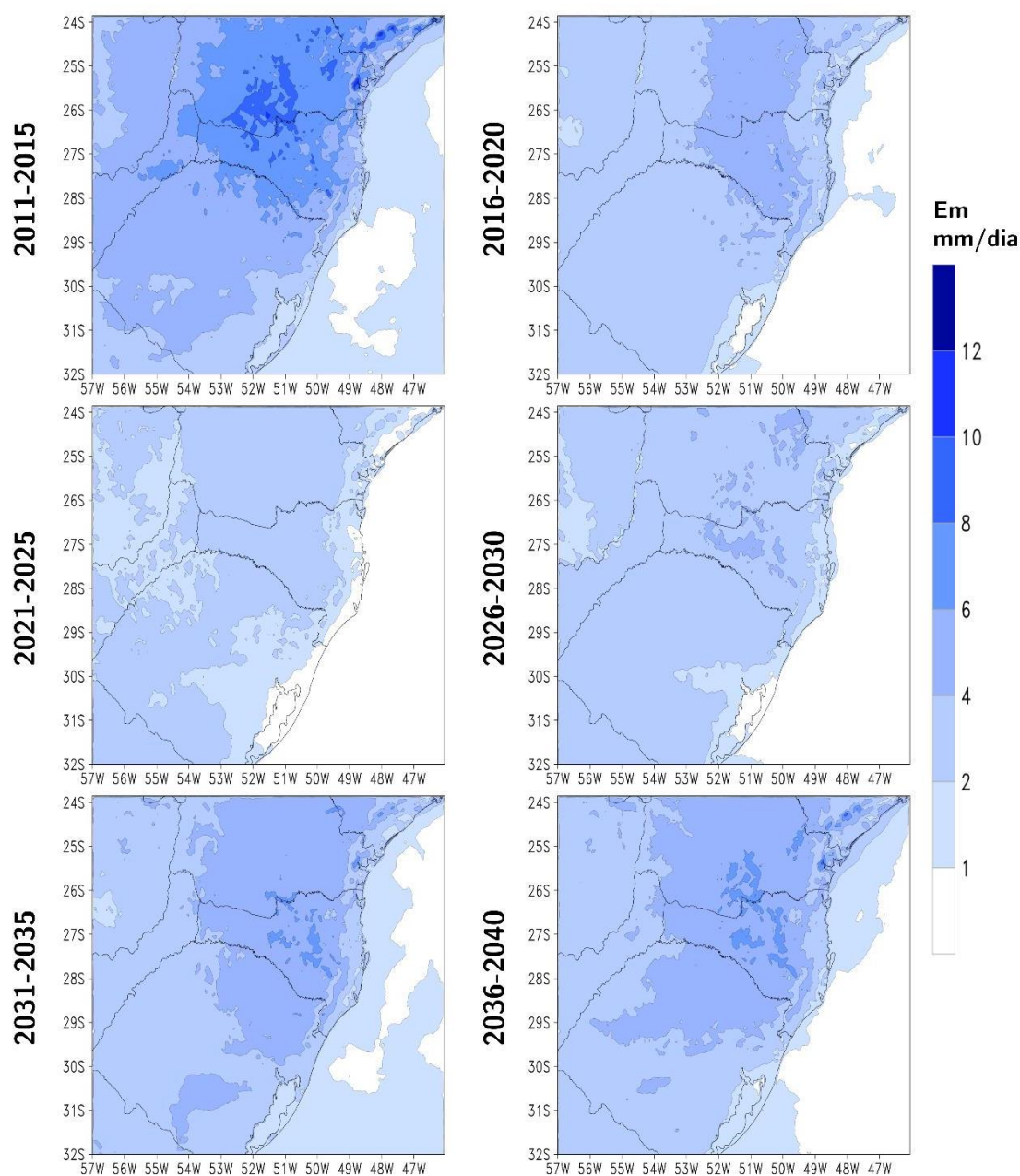


Figura 3.5. Projeções da precipitação média (mm/dia) de DJF para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

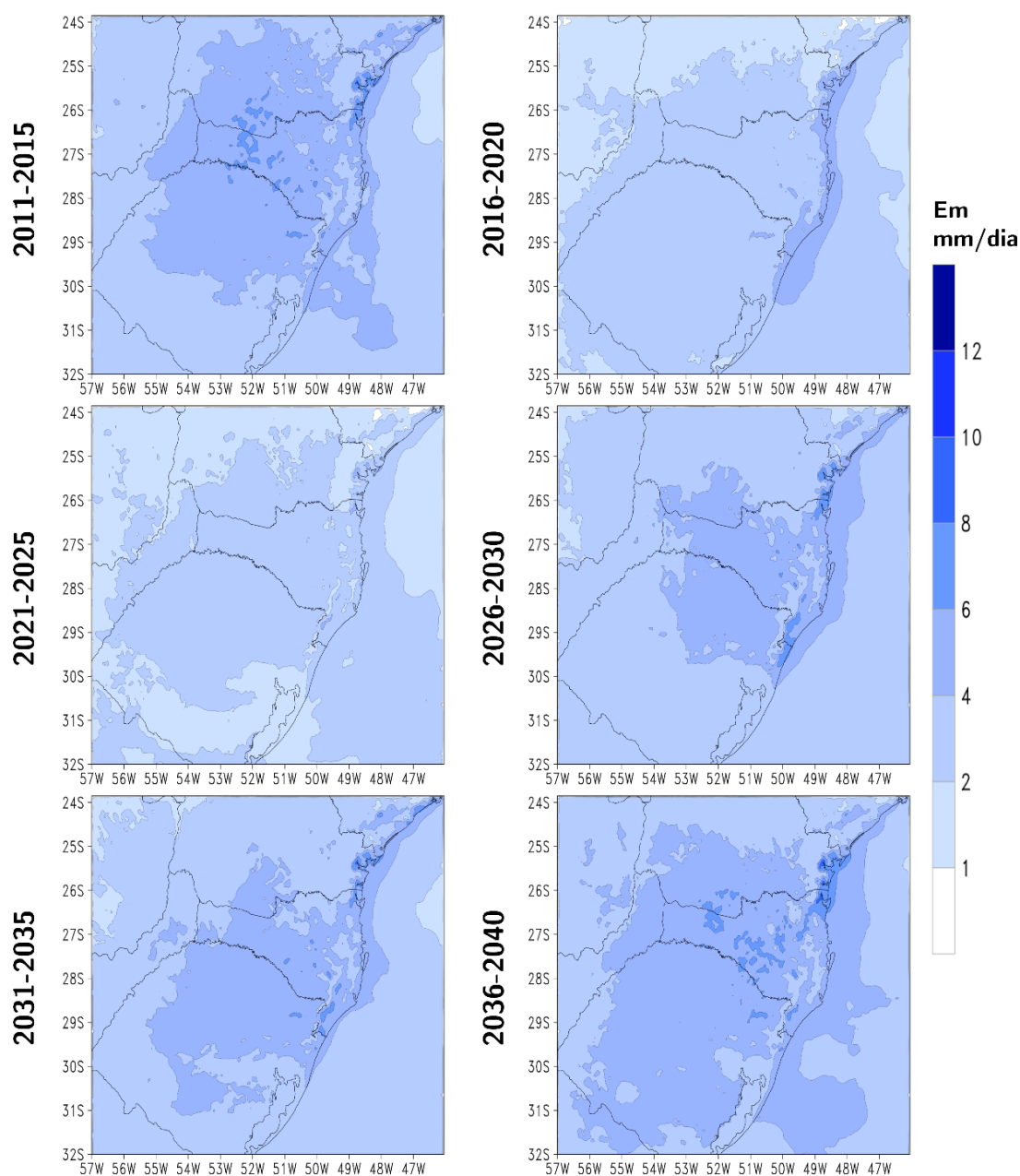


Figura 3.6. Projeções da precipitação média (mm/dia) de MAM para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

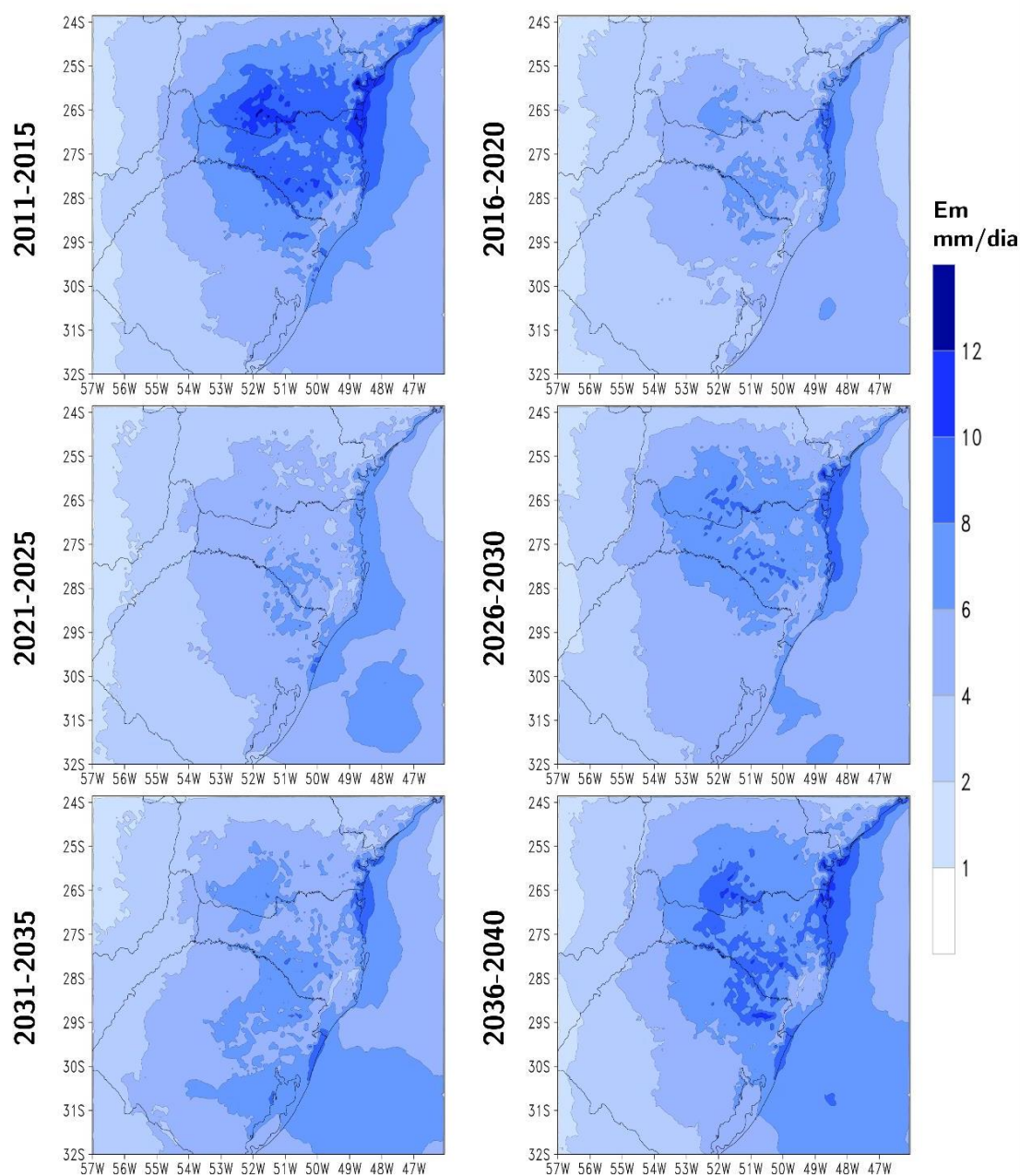


Figura 3.7. Projeções da precipitação média (mm/dia) de JJA para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

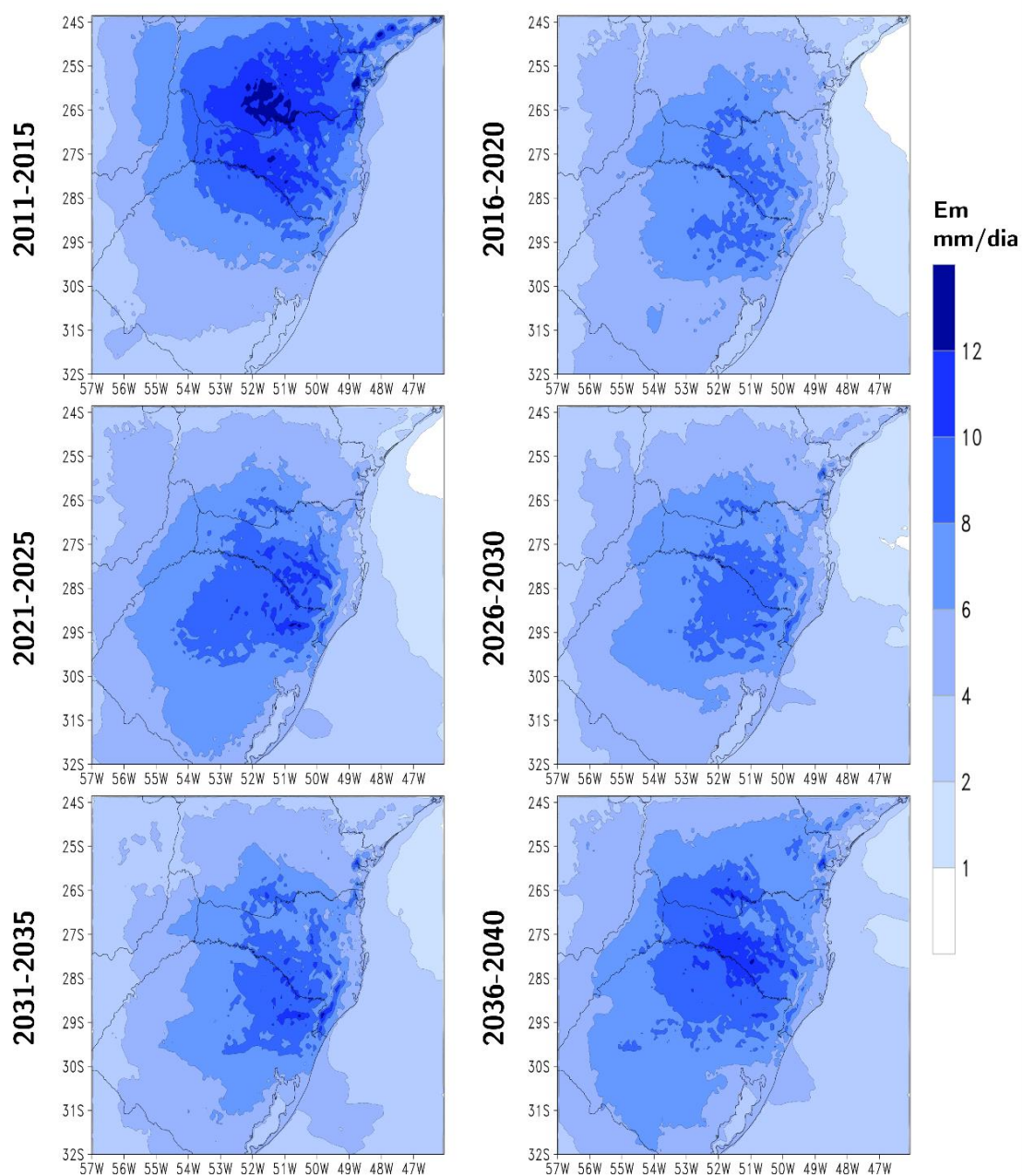


Figura 3.8. Projeções da precipitação média (mm/dia) de SON para os períodos de 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035 e 2036-2040, considerando o cenário RCP8.5.

4. SÍNTESE E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizado o segundo downscaling dinâmico do modelo Eta na resolução horizontal de 5 km a partir das condições de contorno do modelo Eta-HadGEM2-ES 20 km, cenário RCP8.5. O modelo foi configurado para cobrir todo estado de Santa Catarina e grande parte dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Tais projeções, devido sua alta resolução horizontal, contribuirão para realização de estudos mais detalhados dos impactos das mudanças climáticas em escalas locais, como, por exemplo, na região do Porto de Itajaí, foco do Projeto CSI.

5. PRÓXIMAS ETAPAS

A próxima etapa consiste na entrega do relatório referente ao Produto 8, o qual conterà a análise dos índices de instabilidade (frentes frias e passagens pré-frontais) para as principais áreas de interesse em Santa Catarina a partir dos resultados do Eta-20km forçado pelos modelos HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM, e do Eta-5km forçado pelo HadGEM2-ES, ambos considerando o baseline, RCP4.5 e RCP8.5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BETTS, A. K.; MILLER, M. J. A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX and arctic air-mass data sets. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 112, n. 473, p. 693-709, 1986. doi: 10.1002/qj.49711247308

CHOU, S. C.; LYRA, A. A.; MOURÃO, C.; DEREZYNski, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; et al. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, p. 512-527, 2014a. DOI: 10.4236/ajcc.2014.35043

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNski, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P.; MARENGO, J. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 05, p. 438, 2014b. doi: 10.4236/ajcc.2014.35039

DORMAN, J. L.; SELLERS, P. J. A global climatology of albedo, roughness length and stomatal resistance for atmospheric general circulation, models as represented by the Simple Biosphere Model (SiB). **Journal of Applied Meteorology**. v.28, p.833-855,1989.

FELS, S. B.; SCHWARZKOPF, M. D. The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 32, n. 7, p. 1475-1488, 1975. doi: 10.1175/1520-0469(1975)032<1475:TSEAAN>2.0.CO;2

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mudanças na cobertura e uso da terra 2000-2010-2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Twelfth Session of Working Group I. **Summary for Policymakers, 2013**. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

JANJIC, Z.I. The step-mountain eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. **Monthly Weather Review**, v.122, n-5, p.927-945, 1994 .DOI:10.1175/1520-0493.

LACIS, A. A.; HANSEN, J. E. A parameterization for the absorption of solar radiation in the earth's atmosphere. **Journal of the atmospheric sciences**, v. 31, n. 1, p. 118-133, 1974. DOI: 10.1175/1520-0469(1974)031<0118:APFTAO>2.0.CO;2

LYRA, A. A.; TAVARES, P. S.; CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; DEREZYNski, C.; SONDERMAN, M.; SILVA, A.; MARENGO, J.; GIAROLLA, A. Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-20, 2017. doi: 10.1007/s00704-017-2067-z

MEINSHAUSEN, M.; SMITH, S. J.; CALVIN, K.; DANIEL, J. S.; KAINUMA, M. L. T.; LAMARQUE, J-F.; MATSUMOTO, K.; MONTZJA, S. A.; RAPER, S. C. B.; RIAHI, K.; THOMSON, A.; VELDER, G. J. M.; VAN VUUREN, D. P. P. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. **Climatic Change**, v. 109, n. 1-2, p. 213, 2011. doi 10.1007/s10584-011-0156-z

MELLOR, G.L.; YAMADA, T. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. **Reviews of Geophysics**, v. 20, n. 4, p. 851-875, 1982. doi: 10.1029/RG020i004p00851

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA (MCT). **Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-Quadro das nações unidas sobre Mudança do clima**. Mct, Brasília, DF, Brasil, v. 2, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília- Brasil, 2016. v. 2.

MOSS, R. H.; EDMONDS, J. A.; HIBBARD, K. A.; MANNING, M. R.; ROSE, S. K.; VAN VUUREN, D. P.; CARTER, T. R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; MEEHL, G. A.; MITCHELL, J. F. B.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; SMITH, S. J.; STOUFFER, R. J.; THOMSON, A. M; WEYANT, J. P.; WILBANKS, T. J. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v. 463, n. 7282, p. 747-756, 2010. doi:10.1038/nature08823.

RODRIGUES, D. C. **Estudo dos processos de interação superfície terrestre-atmosfera com o modelo ETA em alta resolução**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018

SEVERO, D. L. **Estudo de casos de chuvas intensas no estado de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

ZHAO, Q.; BLACK, T. L.; BALDWIN, M. E. Implementation of the cloud prediction scheme in the Eta model at NCEP. **Weather and forecasting**, v. 12, n. 3, p. 697-712, 1997. DOI: 10.1175/1520-0434(1997)012<0697:IOTCPS>2.0.CO;2