

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

Relatório 6/8 - Relatório descrevendo o processo de configuração do modelo Eta5km para o estado de Santa Catarina, com mapas de alta resolução revisitados. Implementação da versão do modelo Eta5km-SC

Gustavo Medeiros

Elaborado por: **Gustavo Sueiro Medeiros** - [gustavo.sueiro@cptec.inpe.br](mailto:gustavo.sueiro@cptec.inpe.br)

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](mailto:giz-brasilien@giz.de)  
[www.giz.de/brasil](http://www.giz.de/brasil)

A encargo de:

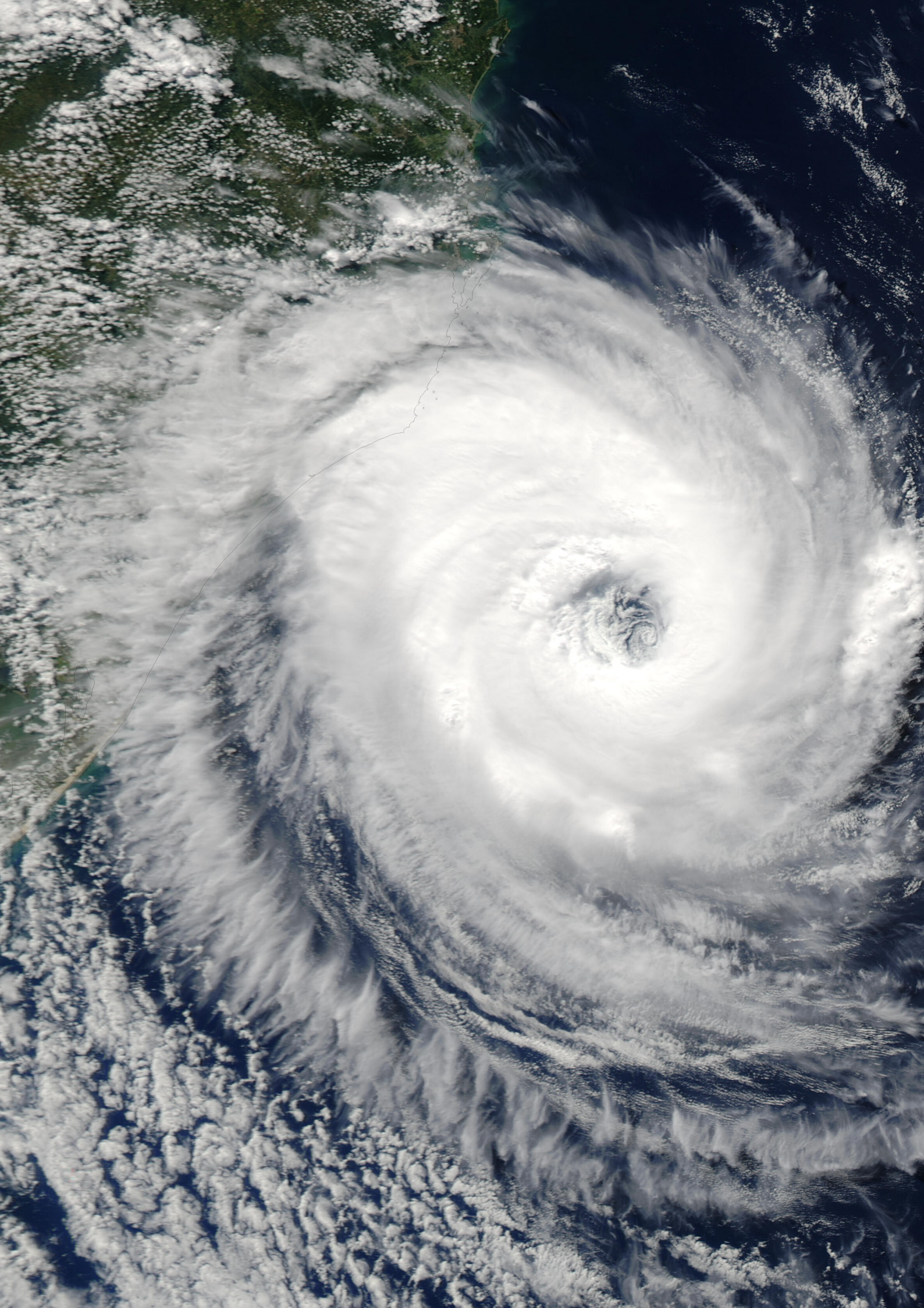
**Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha**

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](mailto:ana-carolina.camara@giz.de)







## Sumário

Lista de Figuras	2
Lista de Tabelas	2
1 Introdução	3
1.1 Objetivo	4
2 Downscaling a partir do Modelo Eta	4
2.1 Descrição do modelo Eta em alta resolução	5
2.2 Temperatura da Superfície do Mar	7
2.3 CO2 equivalente (CO2-eq)	7
2.4 Vegetação do modelo	8
2.5 Tipos de textura do solo	8
2.6 Condição Inicial e Condições de Contorno	9
2.7 Variáveis de saída do modelo Eta5km-SC	10
2.8 Considerações Finais	12
Referências Bibliográficas	13

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> Comparação entre as coordenadas $\sigma(a)$ e $\eta(b)$ . A derivada horizontal entre as temperaturas $T1$ e $T2$ é feita entre os valores em diferentes alturas em coordenadas $\sigma(a)$ e aproximadamente a mesma altura na coordenada $\eta(b)$ ...	3
<b>Figura 2</b> Mapas topográficos (m) na resolução de 20 km e 5 km, em 5km mostra as características topográficas locais como áreas de serras-vale como notado na região do Vale do Paraíba, localizado entre as Serras do Mar e Mantiqueira. ....	4
<b>Figura 3</b> Domínio do modelo Eta5km que será integrado para a região de Santa Catarina.....	7
<b>Figura 5</b> Tipos de vegetação predominantes no domínio Eta5km-SC: Árvores latifoliadas perenes; .....	8
<b>Figura 6</b> Tipos de solo predominantes no domínio Eta5km-SC: Argila argilosa; Barro de argila;.....	9

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> Configuração do Modelo Eta5km-SC .....	6
<b>Tabela 2</b> Lista de variáveis 2D do modelo Eta20km-HadGEM2-ES utilizadas para alimentar o modelo Eta5km .....	10
<b>Tabela 3</b> Lista das variáveis 3D do modelo Eta20km-HadGEM2-ES utilizadas para alimenta o modelo Eta5km .....	10
<b>Tabela 4</b> Lista de variáveis 2D de saída da simulação numérica .....	11
<b>Tabela 5</b> Lista das variáveis 3D de saída da simulação numérica.....	12

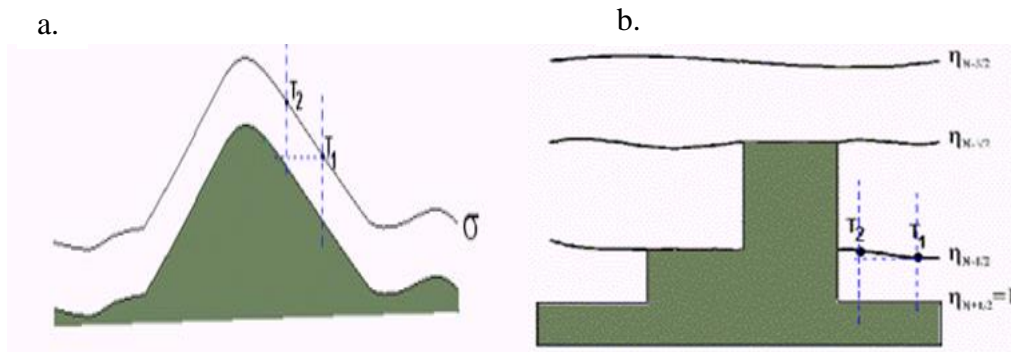
## 1 Introdução

O Eta é um modelo atmosférico de área limitada desenvolvido na Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia (Mesinger et al., 1988; Janjic, 1990) e se tornou operacional no National Centers for Environmental Prediction (NCEP). O modelo foi inicialmente desenvolvido com a mínima física na coordenada vertical de terrain-following, a chamada coordenada sigma (Phillips, 1957) Figura 1(a), e logo depois foi substituída pela coordenada step-mountain, a chamada coordenada eta (Mesinger, 1984) Figura 1(b). A partir deste momento o modelo passou a ser chamado pelo nome da sua coordenada vertical a letra grega  $\eta$  (Chou, 2011), a sua definição é dada pela Equação 1. O modelo foi instalado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) em 1996 (Chou, 1996) com o propósito de complementar a previsão numérica de tempo que vem sendo realizada desde o início de 1995 com o modelo de circulação atmosférica, o modelo global CPTEC/COLA.

$$h = \left( \frac{p - p_T}{p_{sfc} - p_T} \right) \left[ \frac{p_{ref}(Z_{sfc}) - p_T}{p_{ref}(0) - p_T} \right] \text{ Equ. 1}$$

Onde  $p, p_T, p_{sfc}, p_{ref}$  são as pressões em um determinado nível, no topo do modelo e na superfície e de uma atmosfera de referencia, respectivamente.  $Z_{sfc}$  é altura na superfície.

**Figura 1** Comparação entre as coordenadas sigma(a) e eta(b). A derivada horizontal entre as temperaturas T1 e T2 é feita entre os valores em diferentes alturas em coordenadas sigma(a) e aproximadamente a mesma altura na coordenada eta(b)



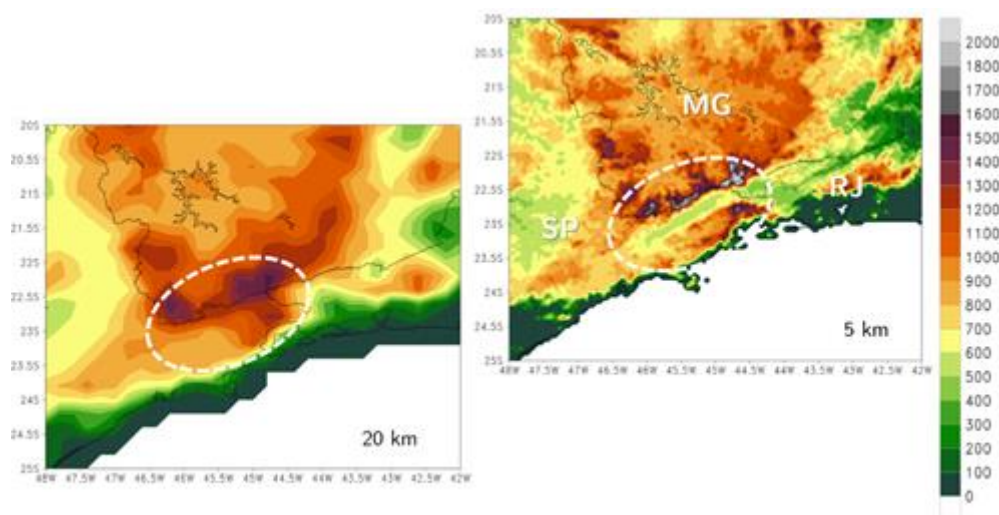
## 1.1 Objetivo

Cumprir o sexto 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 do downscaling do modelo Eta em altíssima resolução horizontal, para subsidiar estudos em planejamento de investimentos para infraestruturas. O produto consiste de um Relatório descrevendo o processo de configuração do modelo Eta5km para o estado de Santa Catarina, com mapas de alta resolução revisitados. Implementação da versão do modelo Eta5km-SC.

## 2 Downscaling a partir do Modelo Eta

Técnicas de regionalização dinâmica (*downscaling* dinâmico) através do uso dos modelos climáticos globais do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel On Climate Changes* - IPCC) têm se mostrado como ferramentas importantes quando se pretende avaliar os impactos das mudanças climáticas em escala regional. Lyra et al (2017) Modelos regionais admitem resoluções horizontais da ordem de dezenas de quilômetro e, conseqüentemente, permitem simulações explícitas dos processos de mesoescala, com melhor representação das características locais, como por exemplo, regiões de vale-montanha, linhas costeiras, áreas urbanas, podendo assim fornecer resultados mais refinados. Um exemplo do ganho do detalhamento da superfície quando se admite resoluções mais altas pode ser notado na Figura 2. Em mais alta resolução horizontal, o mapa topográfico mostra distinção de regiões de serra e vale como na Região do Vale do Paraíba localizado entre o estado de São Paulo e Rio de Janeiro.

**Figura 2** Mapas topográficos (m) na resolução de 20 km e 5 km, em 5km mostra as características topográficas locais como áreas de serras-vale como notado na região do Vale do Paraíba, localizado entre as Serras do Mar e Mantiqueira.



Na elaboração da Terceira Comunicação Brasileira da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCTI 2016) foram usadas simulações multidecenais, na grade regular horizontal de 20 km x 20 km, a partir do aninhamento do Modelo Regional Eta em três modelos climáticos globais do CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*) (Chou et al., 2014a e 2014b). Lyra et al. (2017) realizou um segundo aninhamento do Eta na grade regular horizontal de 5 km x 5 km, sobre o sudeste do Brasil, a partir das simulações geradas por Chou et al. (2014a, 2014b), este estudo mostrou vantagens em utilizar o modelo Eta sobre o modelo driver na reprodução da temperatura média, no entanto a precipitação foi sistematicamente superestimada no domínio. De fato, para avaliar os impactos das mudanças climáticas em nível local, é necessário aplicar projeções de mudanças climáticas de maior resolução.

## 2.1 Descrição do modelo Eta em alta resolução

O domínio do segundo aninhamento do modelo regional Eta com resolução horizontal de 5 km para a região Sul do Brasil, será centrado no estado de Santa Catarina, conforme mostrado na Figura 3. A versão do modelo Eta configurado para Santa Catarina será de agora em diante denominada Eta5km-SC. A rodada será realizada a partir de um segundo aninhamento no modelo HadGEM2-ES. A configuração detalhada da versão Eta5km-SC podemos visualizar na tabela 1.

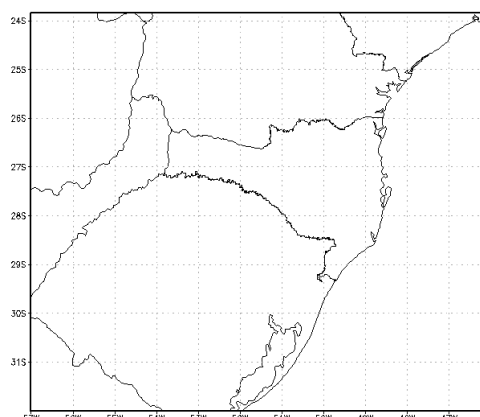


**Tabela 1** Configuração do Modelo Eta5km-SC

Grade do modelo (im x jm)	181 x 291
Ponto central	28.0 °s 51.5°w
Passo de tempo	10s
Quantidade de tipos de solo	15
Grade horizontal	Grade E de Arakawa
Coordenada vertical	eta (Mesinger, 1984)
Resolução	5km
Topo do modelo	50hPa
Níveis verticais	38
Parametrização de Convecção	Esquema de Betts-Miller-Janjic (Betts Miller, 1986; Janjic, 1994)
Microfísica de nuvens	Esquema de Zhao ( Zhao et al., 1997)
Turbulência	Esquema de Mellor-Yamada nível 2.5 (Mellor e Yamada, 1974)
Radiação	Desenvolvido pelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. Onda longa (Fels e Schwarzkopf, 1975), Onda curta (Lancis e Hansen, 1974)
Esquema de Superfície	NOAH com 4 camadas no solo (Ek et al., 2003)

Estes parâmetros são configurados em um arquivo do modelo Eta chamado `set_parmeta`, para com isso o modelo ser compilado e assim criar os arquivos executáveis necessários para a realização da simulação. Para essa resolução é utilizado um passo de tempo igual a 10 segundos e a simulação será iniciada às 00Z do dia 01 de janeiro de 1975 finalizando em 00Z do dia 01 janeiro de 2011. A simulação será executada no Supercomputador Cray XE6("Tupã") com 1296 processadores.

**Figura 3** Domínio do modelo Eta5km que será integrado para a região de Santa Catarina



O aumento da resolução requer a preparação de arquivos com maior detalhamento sobre a região. Além disso, são necessárias as configurações adequadas aos cenários de emissão RCP4.5 e RCP8.5.

Os dados preparados para estas rodadas são descritos a seguir.

## 2.2 Temperatura da Superfície do Mar

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do modelo climático global é a condição de contorno inferior da rodada. A TSM é atualizada diariamente no modelo Eta. Os valores de TSM são interpolados para a grade de  $1^\circ \times 1^\circ$  a ser lida pelo modelo Eta. As rotinas que realizam esta atualização fazem parte do pré-processamento do modelo: GRIBST.f e SSTHIRES.f e também as rotinas que fazem parte da previsão do modelo: INIT.F, EBU.F, READ\_SST12M.F, SSTCH.F.

Portanto a TSM da rodada do modelo Eta é sincronizada com a TSM do modelo global.

## 2.3 CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-eq)

O valor da concentração de CO<sub>2</sub>-eq na atmosfera é atualizado para essa simulação anualmente, mantendo conformidade com os cenários RCP4.5 e RCP8.5. A rotina READ\_CO2.F foi incluída no conjunto de rotinas do modelo, para realizar tal atualização no esquema de radiação de onda curta. Também as rotinas RADFS.F, RADTN.F e GRADFS.F foram alteradas para a leitura do coeficiente de transmissividade do CO<sub>2</sub>-eq.

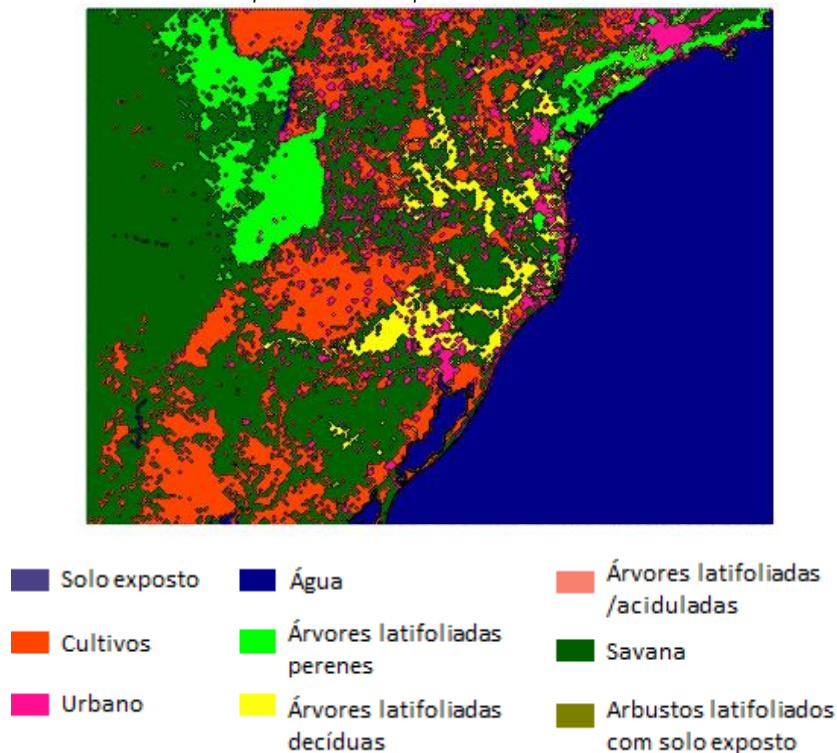
Os coeficientes de transmissividade do CO<sub>2</sub> foram gerados para todo o período da simulação em intervalos de 3 anos, através de interpolações dos mesmos para as concentrações 1xCO<sub>2</sub>, 2xCO<sub>2</sub> e 4xCO<sub>2</sub>. Desta forma, foi produzido o arquivo com esses

coeficientes de modo a ser lido pelo modelo ao longo da simulação para o período de 1981 a 2010, ou seja, criando-se um arquivo com 10 registros de coeficientes de transmissividade, a serem atualizados pelo modelo nos anos de 1981, 1984, 1987, 1990, 1993, 1996, 1999, 2002, 2005, 2008. Esses coeficientes estão relacionados com a absorção dos gases de efeito estufa na atmosfera representados pela concentração de CO<sub>2</sub>-eq. Os coeficientes são usados pelo esquema de radiação de onda longa para modificar o perfil de temperatura do modelo. As rotinas CONRAD2.F e RADFS.F realizam a atualização dos coeficientes de transmissividade do modelo Eta.

## 2.4 Vegetação do modelo

Nesta simulação será inserido um novo mapa de cobertura e uso da terra, que inclui áreas urbanas, Figura 5. Foram inseridas modificações na rotina que gera a vegetação do modelo, vegmsk.f, na parte do pré-processamento do modelo e também na rotina SFLX.F na parte da previsão do modelo. É um mapa atualizado pelo IBGE (IBGE, 2015).

**Figura 4** Tipos de vegetação predominantes no domínio Eta5km-SC: Árvores latifoliadas perenes; Árvores latifoliadas decíduas; Árvores latifoliadas aciduladas; Savana; Arbustos latifoliados com solo exposto; Solo exposto; Cultivos; Urbano

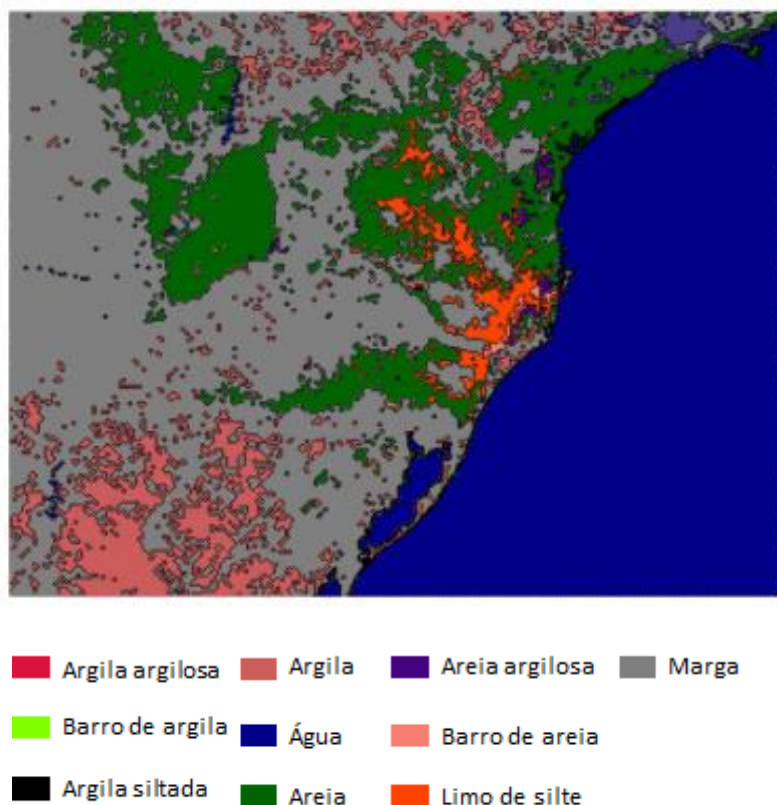




## 2.5 Tipos de textura do solo

Foi preparado um mapa de texturas do solo híbrido da Food and Agriculture Organization (FAO), Figura 6. Foram inseridas modificações nas rotinas que geram o mapa de solo, newsoil.f e const.f, na parte do pré-processamento do modelo e também na rotina SFLX.F na parte da execução do modelo, para adequar as novas classes de textura do solo.

**Figura 5** Tipos de solo predominantes no domínio Eta5km-SC: Argila argilosa; Barro de argila; Argila siltada; Argila; Água; Areia; Areia argilosa; Barro de areia; Limo de silte; Marga



## 2.6 Condição Inicial e Condições de Contorno

As condições iniciais e de contorno a serem fornecidas como dados de entrada para o modelo Eta5km são provenientes do próprio modelo Eta usando condições iniciais e de contorno do modelo Eta20km-HadGEM2-ES Historical. O domínio dos dados abrange latitudes entre 50.00° S e 27.80° N e longitudes entre 100.00° W e 29.20° W. Para a simulação numérica o modelo Eta5km utiliza dados de entrada em formato Binário em níveis isobáricos. Estes dados são vento zonal e meridional, altura geopotencial, pressão da superfície, pressão ao nível médio do mar, umidade específica, temperatura absoluta, temperatura do solo e umidade do solo,

como podemos verificar nas tabelas 1 e 2. Nesta etapa serão preparados os arquivos da temperatura da superfície do mar e concentração de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq).

**Tabela 2** Lista de variáveis 2D do modelo *Eta20km-HadGEM2-ES* utilizadas para alimentar o modelo *Eta5km*

Variável	Unidade
Pressão ao Nível Médio do Mar	hPa
Pressão da Superfície	hPa
Temperatura do Solo 0.1 m	K
Temperatura do Solo 0.4 m	K
Umidade do Solo 0.1 m	0-1
Umidade do Solo 0.4 m	0-1

**Tabela 3** Lista das variáveis 3D do modelo *Eta20km-HadGEM2-ES* utilizadas para alimentar o modelo *Eta5km*

Variável	Unidade
Vento Zonal	m/s
Vento Meridional	m/s
Temperatura Absoluta	K
Altura Geopotencial	m
Umidade Específica	kg/kg
Umidade Relativa	%

## 2.7 Variáveis de saída do modelo Eta5km-SC

As variáveis fornecidas pelo modelo Eta estão listadas nas Tabelas 3 e 4, sendo 38 variáveis bidimensionais que chamamos também de variáveis 2D, e 7 variáveis tridimensionais que chamamos de variáveis 3D distribuídos em 10 níveis: 1000, 925, 850, 750, 650, 500, 350, 300, 250 e 200 hPa. Nos arquivos de variáveis 2D, estão presentes as variáveis de temperatura máxima e mínima a 2 m, chamadas mxt<sub>p</sub> e mn<sub>t</sub><sub>p</sub>, respectivamente, e as componentes meridional e zonal do vento a 100 m de altura, chamadas V100 e U100 respectivamente. As variáveis 2D são armazenadas na frequência de 3/3hs, a nomenclatura padrão **Eta\_Hadgem2-ES\_5km1975010100+yyyymmddhh\_2D** contendo 38 variáveis, totalizando 201.602 arquivos binários e arquivos descritores. As variáveis 3D são armazenadas na frequência de 6/6hs, nomenclatura padrão **Eta\_Hadgem2-ES\_5km1975010100+yyyymmddhh\_3D**, contendo 7 variáveis em 10 níveis de pressão vertical, totalizando 100.802 arquivos binários e arquivos descritores. Esta separação

em variáveis 2D e 3D foi necessária pois o volume de arquivos gerados no mesmo diretório e o espaço para armazenamento era muito grande.

**Tabela 4** Lista de variáveis 2D de saída da simulação numérica

<b>Variável</b>	<b>Unidade</b>
Pressão ao Nível Médio do Mar	hPa
Pressão da Superfície	hPa
Shelter Temperature	K
Temperatura Máxima	K
Temperatura Mínima	K
Shelter Dew Temperature	K
Vento Meridional a 10 m	m/s
Vento Zonal a 10 m	m/s
Vento Meridional a 100 m	m/s
Vento Zonal a 100 m	m/s
Precipitação Total 3h	m
Precipitação Convectiva 3 h	m
Precipitação Grande Scala 3 h	m
Snowfall 3 h	m
Time Average Surface Latent Heat Flux	W/m <sup>2</sup>
Time Average Surface Sensitive Heat Flux	W/m <sup>2</sup>
Time Average Ground Heat Flux	W/m <sup>2</sup>
Surface (skin) Temperature	K
Temperatura do Solo 0.1 m	K
Temperatura do Solo 0.4 m	K
Umidade do Solo 0.1 m	0-1
Umidade do Solo 0.4 m	0-1
Umidade do Solo Disponível	0-1
Storm Surface Runoff 3h	kg/m <sup>2</sup> /s
Storm Surface Runoff SG 3h	kg/m <sup>2</sup> /s
Potential Surface Evaporation	m
Fração de Cobertura de Nuvens Baixas	0-1
Fração de Cobertura de Nuvens Médias	0-1
Fração de Cobertura de Nuvens Altas	0-1
Average Incoming Surface SW Rad	W/m <sup>2</sup>
Average Incoming Surface LW Rad	W/m <sup>2</sup>
Average Outgoing Surface SW Rad	W/m <sup>2</sup>
Average Outgoing Surface LW Rad	W/m <sup>2</sup>
Average Outgoing TOA SW Rad	W/m <sup>2</sup>
Average Outgoing TOA LW Rad	W/m <sup>2</sup>
Albedo de Superfície	0-1
CAPE	J/kg
Agua Precipitavel	mm



**Tabela 5** Lista das variáveis 3D de saída da simulação numérica

Variável	Unidade
Altura Geopotencial	m
Vento Zonal	m/s
Vento Meridional	m/s
Temperature Absoluta	K
Umidade Relativa	%
Omega	hPa/s
Umidade Especifica	kg/kg

## 2.8 Considerações Finais

Alguns testes foram realizados para um período de 5 anos para verificar se os novos arquivos de solo, vegetação, etc, estavam adequados e lidos corretamente.

A próxima etapa consiste na apresentação de relatório referente ao produto 7 o qual consiste em um relatório contendo a descrição da integração do modelo Eta5km-SC forçado pelo modelo Eta20km-HadGEM2-ES baseline para o período de 1981 a 2010 com figuras ilustrando a distribuição espacial de temperatura e precipitação a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010.

## Referências Bibliográficas

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

CHOU, S.C. Eta model description, giving emphasis on model turbulence and land surface scheme and soil, vegetation and topography maps defined as revision of the model. Deliverable n.1. 2011

DIAS, M. A. F. S. Eventos climáticos extremos. *Revista USP*, n. 103, p. 33-40, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; RONCHAIL, J., CARPIO, J. M., FLORES, L. N.; GUYOT, J. L. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 12, p. 124007, 2014. DOI:10.1088/1748-9326/9/12/124007.

GROISMAN, P. Y.; KNIGHT, R. W.; EASTERLING, D. R.; KARL, T. R.; HEGERL, G. C.; RAZUVAEV, V. N. Trends in intense precipitation in the climate record. *Journal of Climate*, V. 18, n. 9, p. 1326-1350, 2005. DOI: 10.1175/JCLI3339.1.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S.

Lyra, A., Tavares, P., Chou, S. C., Sueiro, G., Dereczynski, C. P., Sondermann, M., Silva, A., Marengo, J., and Giarolla, A.: Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution, *Theor. Appl. Climatol*, <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2067-z>, 2017

MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. *Climatic Change*, v. 98, n. 3-4, p. 509-529, 2010. DOI 10.1007/s10584-009-9743-7.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.; RIVEROS, M. P.; PABLÓ, A. D. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast

Brazil. Journal of climate, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00642.1.

MESINGER, F 1984 A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models Riv. Meteorol. Aeronautica 44 195–202

MCTI. Terceira Comunicação Nacional do Brasil para a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as mudanças climáticas – Volume II. Brasília, Brasil, 2016.

MILLER, D. A., e WHITE, R. A.: A conterminous United States multilayer soil characteristics data set for regional climate and hydrology modeling, Earth Interactions, Vol. 2, Paper No. 2, 1998.

PHILLIPS, NA, 1957: A Coordinate System Having Some Special Advantages for Numerical Forecasting. Journal of Atmospheric Sciences, vol. 14, Issue 2, pp.184-185

ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J. A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. Environmental Research Letters, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008. DOI:10.1088/1748-9326/3/1/014002.