

EtaModelCC: um pacote R para visualização de dados de mudanças climáticas geradas pelo CPTEC/INPE

Vinicius Santini de Lima

Curso de Ciência da Computação, UPF

Campus 1 - BR 285 - Passo Fundo (RS) - Brasil

110030@upf.br

***Abstract.** EtaModelCC is an R package with the objective of facilitating access and visualization of climate change data generated by CPTEC / INPE. Some related works are presented that have similar purpose to EtaModelCC, they were used as a basis for the development of the package. EtaModelCC has functions for access to climate change data, as well as visualization functions that return graphs and maps to the user. The EtaModelCC functions provide an easy-to-use way to access and visualize the data provided by CPTEC / INPE, making it easier to manipulate the data in other systems..*

***Resumo.** O EtaModelCC é um pacote R com o objetivo de facilitar o acesso e visualização de dados de mudanças climáticas geradas pelo CPTEC/INPE. São apresentados alguns trabalhos relacionados que possuem finalidade similar ao EtaModelCC, eles foram utilizados como base ao desenvolvimento do pacote. O EtaModelCC possui funções para acesso a dados de mudanças climáticas, assim como funções de visualização que retornam gráficos e mapas ao usuário. As funções do EtaModelCC disponibilizam uma maneira de fácil utilização para acessar e visualizar os dados disponibilizados pelo CPTEC/INPE, facilitando a manipulação dos dados em outros sistemas.*

1. Introdução

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), possibilita a utilização de modelos numéricos de alta complexidade para simulação de tempo e clima, integrando informações atmosféricas e oceânicas, além de fornecer previsões climáticas de alta precisão de curto e médio prazo desde o início de 1995.

O CPTEC/INPE usa o modelo Eta [Lyra et al. 2017] para gerar previsões do tempo para a América do Sul desde 1996. Em 2002 o modelo começou a produzir previsões do tempo sazonais. Em 2012 [Marengo et al. 2012] passou a suportar a segunda comunicação nacional para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climáticas. O modelo vem sendo modificado e melhorado ao passar dos anos [MCT 2010, MCT 2012].

Visando automatizar o processo de requisição e disponibilização dos dados de simulações regionalizadas das projeções climáticas para o Brasil gerados pelo modelo Eta, a plataforma PROJETA (Projeções de mudança do clima para a América do Sul regionalizadas pelo modelo ETA) foi criada. O PROJETA [Holbig et al. 2018] disponibiliza o ‘downscaling’ de quatro modelos climáticos globais: o modelo britânico HadGEM2-ES; o modelo japonês MIROC5; o modelo canadense CanESM2; e o modelo brasileiro BESM.

O modelo Eta usado atualmente na plataforma PROJETA [Chou 2012, Chou 2014a, Chou 2014b] foi configurado com uma resolução de 20km e o seu domínio cobre toda a América do Sul e América Central, possuindo também uma resolução de 5km usada especialmente para a região sudeste do Brasil.

Os dados referentes aos anos 1961 a 2005 são chamados de históricos ou período de referência, já os dados referentes ao período entre 2006 e 2100 são projeções usando 2 cenários de emissão de gases de efeito estufa. O RCP4.5 é um cenário relativamente otimista com níveis de forçantes radiativas de 4.5 W/m², enquanto o RCP8.5 é o cenário mais pessimista com níveis de forçantes radiativas de 8.5W/m².

O pacote EtaModelCC tem como objetivo facilitar o acesso e visualização dos dados de simulações regionalizadas de projeções climáticas do modelo Eta, disponibilizados pelo CPTEC/INPE através da plataforma PROJETA.

Na seção 2 serão apresentados alguns pacotes em R que possuem finalidade similar ao do EtaModelCC. Na seção 3 uma descrição do EtaModelCC é apresentada, destacando suas características, funcionalidades e resultados obtidos. Por fim, na seção 4, são abordadas as conclusões finais desta pesquisa bem como possibilidades de trabalhos futuros.

2. Trabalhos relacionados

Visando dar embasamento ao projeto, foram estudados alguns pacotes em R [Wickham 2015] que possuem finalidade similar ao EtaModelCC. Foram observados o modo como os dados são obtidos, os modelos climáticos utilizados, os tipos de funções desenvolvidas e seus objetivos.

- a) **rNOMADS - *an interface to the NOAA Operational Model Archive and Distribution System*** [Bowman and Lees 2015]: permite aos usuários do R baixar rapidamente e eficientemente dados de modelos climáticos globais e regionais para processamento. O rNOMADS atualmente suporta modelos que variam de dados climáticos globais de uma altitude de mais de 40km, a modelos climáticos regionais de alta resolução, a modelos de onda e gelo marinho. É possível também recuperar modelos NOMADS arquivados. O Pacote rNOMADS pode recuperar dados binários no formato grib, assim como importar dados ascii diretamente para o R com o sistema GrADS-DODS.
- b) **RNOAA - *'NOAA' Weather Data from R*** [Chamberlain 2019]: focados em interfaces de fácil uso para adquirir dados e devolver em formatos acessíveis, o

RNOAA possibilita acesso a várias fontes de dados ‘NOAA’, incluindo a API ‘NCDC’. Essa API possui funções para dados e suas categorias, conjuntos de dados, tipos de dados, localizações e suas categorias e estações. Além disso, possui uma interface para acesso de dados de gelo marinho, tempo severo, tempestades, tornados entre outros do ‘NOAA’. Uma chave de acesso é necessária para usar todas as funções da API ‘NCDC’.

- c) **weatherData - an R package that fetches Weather data from websites** [Narasimhan 2017]: possui funções para buscar dados climáticos como temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade do vento, entre outras da internet e retornar um dataframe. O pacote deixou de ser atualizado a 2 anos e foi removido do CRAN, estando disponível apenas em seus arquivos.
- d) **RNCEP - Obtain, Organize, and Visualize NCEP Weather Data** [Kemp et al. 2012]: possui funções para obter, organizar e visualizar dados meteorológicos dos conjuntos de dados NCEP/NCAR Reanalysis e NCEP/DOE Reanalysis II. Os dados são consultados pela internet e podem ser obtidos por ponto no tempo e espaço ou filtrados por espaço e tempo específicos. O pacote possui também funções para visualizar esses dados em um mapa, assim como funções para simular trajetórias de voos de acordo com o comportamento especificado usando dados de ventos do NCEP ou dados especificados pelo usuário.
- e) **RWUNDERGROUND - R Interface to Weather Underground API** [Shum 2019]: é uma interface R para a API do Weather Underground que possui ferramentas para obter informações climáticas históricas e previsões meteorológicas que incluem, mas não estão limitadas, a temperatura, umidade relativa do ar, sensação térmica, velocidade do vento, ponto de orvalho e índice de calor. Possuem também informações sobre o nascer do sol, pôr do sol, condições da maré, imagem de satélite, alertas meteorológicos e de furações e temperaturas altas/baixas históricas. Para usar esse pacote é necessário se registrar para conseguir uma chave de acesso para API.
- f) **clifro - Easily Download and Visualize Climate Data from CliFro** [Seers 2019]: foi projetado para minimizar as inconveniências ao baixar dados do CliFro. CliFro é um portal na internet para o banco de dados climáticos nacional da Nova Zelândia. Possui funções que permitem ao usuário entrar e escolher facilmente os tipos de dados e estações apropriadas e então consultar o banco de dados. Assim que os dados forem baixados, eles podem ser facilmente visualizados e manipulados. É necessário uma assinatura do CliFro para acessar os dados de todas as estações.

3. O pacote EtaModelCC

O pacote EtaModelCC foi desenvolvido visando a disponibilização e visualização de dados referentes a mudanças climáticas geradas pelo CPTEC/INPE. Foram criadas funções que retornam ao usuário pontualmente as informações desejadas,

assim como funções que permitem a visualização desses dados em forma de gráficos e mapas, a partir da passagem de parâmetros. O pacote `EtaModelCC` permite a desenvolvedores e usuários da linguagem R, que utilizem suas funções para acessar os dados de mudanças climáticas, sem a necessidade de novas implementações.

Para atingir esses objetivos, o pacote inclui nove funções:

- a) `checkCoordinates()`: verifica se as coordenadas utilizadas estão dentro das coordenadas disponíveis;
- b) `getInfoClimate()`: disponibiliza as informações necessárias para o uso das funções restantes do pacote;
- c) `getClimateData()`: retorna os dados de mudanças climáticas de uma determinada coordenada;
- d) `getClimateDataBR()`: retorna os dados de mudanças climáticas anuais do Brasil e seus arredores;
- e) `getClimateDataPontos()`: retorna os dados de mudanças climáticas anuais de uma área retangular criada a partir das coordenadas inseridas;
- f) `plotGrafData()`: gera um gráfico de uma das variáveis disponíveis;
- g) `plotMapBR()`: gera um mapa com os dados de mudanças climáticas do Brasil;
- h) `plotMapPontos()`: gera um mapa com os dados da função `getClimateDataPontos()`;
- i) `plotMapShape()`: permite ao usuário usar um shapefile próprio para gerar um mapa com os dados de mudanças climáticas disponíveis.

As funções de acesso aos dados climáticos têm como saída uma lista. Essa lista fornece informações sobre o retorno obtido como: modelos, cenário de emissão de gases de efeito estufa, resolução, frequência, entre outros. Por último o dataframe `$Dados` que contém as informações requisitadas pelo usuário.

As funções de visualização utilizam os dados obtidos por meio das funções de acesso aos dados climáticos para permitir ao usuário uma visão mais ampla dos dados com que estão trabalhando. As funções de visualização possuem dois tipos de saídas, sendo a primeira delas um gráfico, enquanto a segunda um mapa. Os mapas permitem ao usuário verificar as coordenadas e os valores da variável escolhida de determinado ponto ao passar o mouse sobre ele, facilitando assim a visualização dos dados.

Atualmente, o `EtaModelCC` está disponível na plataforma de hospedagem de código fonte GitHub, podendo ser encontrado no endereço: <https://github.com/holbig/EtaModelCC>. Para executar a instalação a partir do R, é necessário usar o pacote `devtools` R e a função `install_github(): install_github("holbig/EtamodelCC")`. Apesar do pacote `EtaModelCC` não estar atualmente disponível no CRAN (Comprehensive R Archive Network) ele segue as políticas de repositório do CRAN, facilitando uma possível futura inclusão.

Todas as funções a seguir, com exceção da função `checkCoordinates()`, acessam a uma API da plataforma PROJETA para adquirir os dados requisitados. Nas

funções que necessitam de coordenadas a API é responsável por fazer a transformação das coordenadas informadas para o ponto de abrangência mais próximo. As coordenadas devem ser informadas no formato geodésico decimal, com graus inteiros e os minutos convertidos para fração de graus.

3.1 Obtendo informações sobre os modelos climáticos e de previsão do tempo

Informações sobre os modelos climáticos, disponíveis no EtaModelCC, podem ser obtidas usando a seguinte função:

`getInfoClimate()`: Função responsável por fornecer as informações necessárias para a correta utilização do restante das funções disponíveis. No retorno da função são relacionados os modelos disponíveis com suas ids, descrições, modelo utilizado, cenários de emissão de gases de efeito estufa, resolução e o ano inicial e final do período disponível. São listados também as frequências e variáveis disponíveis para consulta (Figura 1).

```
> getInfoClimate()
Available Models: o modelo (modelID) deve ser acessado pelo valor
do campo <id>. Verifique o respectivo período de abrangência do modelo:
data inicial (iMonth, iYear) e data final (fMonth, fYear)

  id name                                     model couple   scenario resolution start_year end_year
1  20 km, RCP4.5, continental, MIROC5.      ETA MIROC5     RCP4.5      20      2006      2099
2  20 km, RCP8.5, continental, MIROC5.      ETA MIROC5     RCP8.5      20      2006      2099
15 20 km, Histórico, continental, MIROC5.   ETA MIROC5     Historical 20      1961      2005
4  05 km, RCP4.5, sudeste-BR, HADGEM2-ES.   ETA HADGEM2-ES RCP4.5      5       2006      2099
6  05 km, RCP8.5, sudeste-BR, HADGEM2-ES.   ETA HADGEM2-ES RCP8.5      5       2006      2099
16 05 km, Histórico, sudeste-BR, HADGEM2-ES. ETA HADGEM2-ES Historical 5       1961      2005
3  20 km, RCP4.5, continental, HADGEM2-ES.   ETA HADGEM2-ES RCP4.5      20      2006      2099
5  20 km, RCP8.5, continental, HADGEM2-ES.   ETA HADGEM2-ES RCP8.5      20      2006      2099
14 20 km, Histórico, continental, HADGEM2-ES. ETA HADGEM2-ES Historical 20      1961      2005
7  20 km, RCP4.5, continental, CANESM2.      ETA CANESM2    RCP4.5      20      2006      2099
8  20 km, RCP8.5, continental, CANESM2.      ETA CANESM2    RCP8.5      20      2006      2099
13 20 km, Histórico, continental, CANESM2.   ETA CANESM2    Historical 20      1961      2005
20 20 km, RCP4.5, continental, BESM.          ETA BESM       RCP4.5      20      2041      2099
19 20 km, RCP8.5, continental, BESM.          ETA BESM       RCP8.5      20      2006      2099
17 20 km, Histórico, continental, BESM.      ETA BESM       Historical 20      1961      2005
21 05 km, Histórico, sudeste2-BR, HADGEM2-ES. ETA HADGEM2-ES Historical 5       1961      2005

modelFrequency - Available frequencies:
HOURLY : horaria de 3 em 3 horas
DAILY  : diaria
MONTHLY: mensal
YEARLY : anual

Available variables - a variavel (modelvar) deve ser acessada
pelo seu short name <variable>
variable description
PREC  Precipitação Total
TP2M  Temperatura do ar a 2 m
CAPE  Energia Potencial Disponível para Convecção
EVTP  Evaporação
CLSFL Fluxo de Calor Latente à Superfície
GHFL  Fluxo de Calor no solo
CSSFL Fluxo de calor Sensível à superfície
HINV  Nebulosidade - Fração de cobertura de nuvens altas
LWNV  Nebulosidade - Fração de cobertura de nuvens baixas
MDNV  Nebulosidade - Fração de cobertura de nuvens médias
NEVE  Neve
PSLC  Pressão à Superfície
PSLM  Pressão ao Nível Médio do Mar
OCIS  Radiação de Onda Curta Incidente à Superfície
OCES  Radiação de Onda Curta Refletida à Superfície
OLIS  Radiação de Onda Longa Refletida à Superfície
OLIS  Radiação de Onda Longa Incidente à Superfície
-----
```

Figura 1: Chamada e retorno da função `getInfoClimate()`.

3.2 Acessando dados dos modelos

As funções a seguir são responsáveis por disponibilizar os dados de mudanças climáticas, conforme as requisições do usuário:

- a) `checkCoordinates()`: essa função verifica se as coordenadas utilizadas pelo usuário estão dentro das coordenadas disponíveis no modelo selecionado;
- b) `getClimateData()`: essa função retorna os dados de mudanças climáticas de uma coordenada, conforme os parâmetros informados na função, sendo eles: id do modelo, frequência, variável, latitude, longitude e os anos inicial e final (Figura 2). Para uma melhor utilização dessa função o usuário pode verificar a disponibilidade dos parâmetros com a função `getInfoClimate()`, conforme ilustrado na Figura 1.

```
> getClimateData('1', 'YEARLY', 'TP2M', '-28.35', '-52.34', iYear = 2006, fYear = 2010)
$model
[1] "Eta"

$Couple
[1] "MIROC5"

$Scenario
[1] "RCP4.5"

$Resolution
[1] "20"

$Frequency
[1] "YEARLY"

$variable_name
[1] "TP2M"

$variable_description
[1] "Temperatura do ar a 2 m"

$Latitude
[1] "-28.35"

$Longitude
[1] "-52.34"

$Data
  Year      Value
1 2006 15.1026306152344
2 2007 15.7372426986694
3 2008 15.5500679016113
4 2009 16.1214752197266
5 2010 15.5250234603882
```

Figura 2: Chamada e retorno da função `getClimateData()`.

c) `getClimateDataBR()`: essa função retorna os dados de mudanças climáticas do Brasil e parte da América do Sul de uma determinada variável escolhida. São retornados os detalhes do modelo e variável escolhidos, assim como as coordenadas de latitude e longitude de cada ponto, com o seu ano de referência e valor. Os parâmetros necessários são modelo, frequência, variável e os anos inicial e final (Figura 3). Devido à grande quantidade de dados envolvidos, essa função está disponível apenas na frequência anual.

```
> getClimateDataBR('1', 'YEARLY', 'TP2M', 2006, 2006)
$model
[1] "Eta"

$couple
[1] "MIROC5"

$scenario
[1] "RCP4.5"

$resolution
[1] "20"

$frequency
[1] "YEARLY"

$variable_name
[1] "TP2M"

$variable_description
[1] "Temperatura do ar a 2 m"

$data
  Latitude Longitude Year      Value
1      7.1      -76.7 2006 21.3575344085693
2      7.1      -76.5 2006 18.1471061706543
3      7.1      -76.3 2006 13.4666709899902
4      7.1      -76.1 2006 10.6599607467651
5      7.1      -75.9 2006 10.8715944290161
6      7.1      -75.7 2006 11.1071748733521
7      7.1      -75.5 2006 13.1622438430786
8      7.1      -75.3 2006 15.6062211990356
9      7.1      -75.1 2006 17.6656627655029
10     7.1      -74.9 2006 19.5485916137695
11     7.1      -74.7 2006 21.4507598876953
12     7.1      -74.5 2006 22.9354782104492
13     7.1      -74.3 2006 23.8240528106689
14     7.1      -74.1 2006 23.994686126709
15     7.1      -73.9 2006 23.9425487518311
16     7.1      -73.7 2006 23.093879699707
17     7.1      -73.5 2006 19.7854843139648
18     7.1      -73.3 2006 17.4507637023926
19     7.1      -73.1 2006 14.1819458007812
20     7.1      -72.9 2006 7.12023305892944
21     7.1      -72.7 2006 6.58941411972046
22     7.1      -72.5 2006 11.7042856216431
23     7.1      -72.3 2006 17.4124221801758
24     7.1      -72.1 2006 22.4559421539307
25     7.1      -71.9 2006 24.045768737793
26     7.1      -71.7 2006 24.1647491455078
27     7.1      -71.5 2006 24.1657218933105
28     7.1      -71.3 2006 24.1392478942871
```

Figura 3: Chamada e retorno da função `getClimateDataBR()`.

d) `getClimateDataPontos()`: essa função retorna os dados de mudanças climáticas de uma área retangular de uma variável escolhida, são necessários modelo, variável, latitude e longitude de 2 pontos, visto que essa área tem esses pontos como seus extremos, assim como o ano (Figura 4). Devido à grande quantidade de dados envolvidos, essa função está disponível apenas na frequência anual.

```
> getClimateDataPontos('2', 'PREC', '-27.26', '-57.10', '-33.67', '-48.85', year = 2006)
$model
[1] "Eta"

$couple
[1] "MIROC5"

$scenario
[1] "RCP8.5"

$resolution
[1] "20"

$frequency
[1] "YEARLY"

$variable_name
[1] "PREC"

$variable_description
[1] "Precipitação Total"

$Data
  Latitude Longitude Year      Value
1   -27.4      -57 2006 774.920104980469
2   -27.4     -56.8 2006 791.800415039062
3   -27.4     -56.6 2006 814.222717285156
4   -27.4     -56.4 2006 832.037048339844
5   -27.4     -56.2 2006 863.17236328125
6   -27.4      -56 2006 901.184143066406
7   -27.4     -55.8 2006 956.3681640625
8   -27.4     -55.6 2006 1000.01519775391
9   -27.4     -55.4 2006 1042.16369628906
10  -27.4     -55.2 2006 1055.29162597656
11  -27.4      -55 2006 1081.5068359375
12  -27.4     -54.8 2006 1134.38659667969
13  -27.4     -54.6 2006 1162.34240722656
14  -27.4     -54.4 2006 1221.19750976562
15  -27.4     -54.2 2006 1248.93383789062
16  -27.4      -54 2006 1284.6357421875
17  -27.4     -53.8 2006 1327.62927246094
18  -27.4     -53.6 2006 1370.71240234375
19  -27.4     -53.4 2006 1417.47277832031
20  -27.4     -53.2 2006 1473.14794921875
21  -27.4      -53 2006 1488.099609375
22  -27.4     -52.8 2006 1497.44934082031
23  -27.4     -52.6 2006 1497.85327148438
24  -27.4     -52.4 2006 1569.27795410156
25  -27.4     -52.2 2006 1496.51721191406
26  -27.4      -52 2006 1537.60998535156
27  -27.4     -51.8 2006 1586.70190429688
28  -27.4     -51.6 2006 1671.98278808594
--  --  .
```

Figura 4: Chamada e retorno da função `getClimateDataPontos()`

3.3 Funções de visualização

O pacote conta com quatro funções para auxiliar o usuário na visualização dos dados que virá a utilizar, sendo eles um gráfico e três mapas.

- a) `plotGrafData()`: gera um gráfico de uma variável de mudanças climáticas. Os dados recebidos pela função são modelo, frequência, variável, coordenadas de latitude e longitude e os anos inicial e final. Na Figura 5 é representado o gráfico de mudança climática, chamado da seguinte forma: `plotGrafData('1', 'MONTHLY', 'TP2M', '-28.35', '-52.34', iYear = 2006, fYear = 2010)`

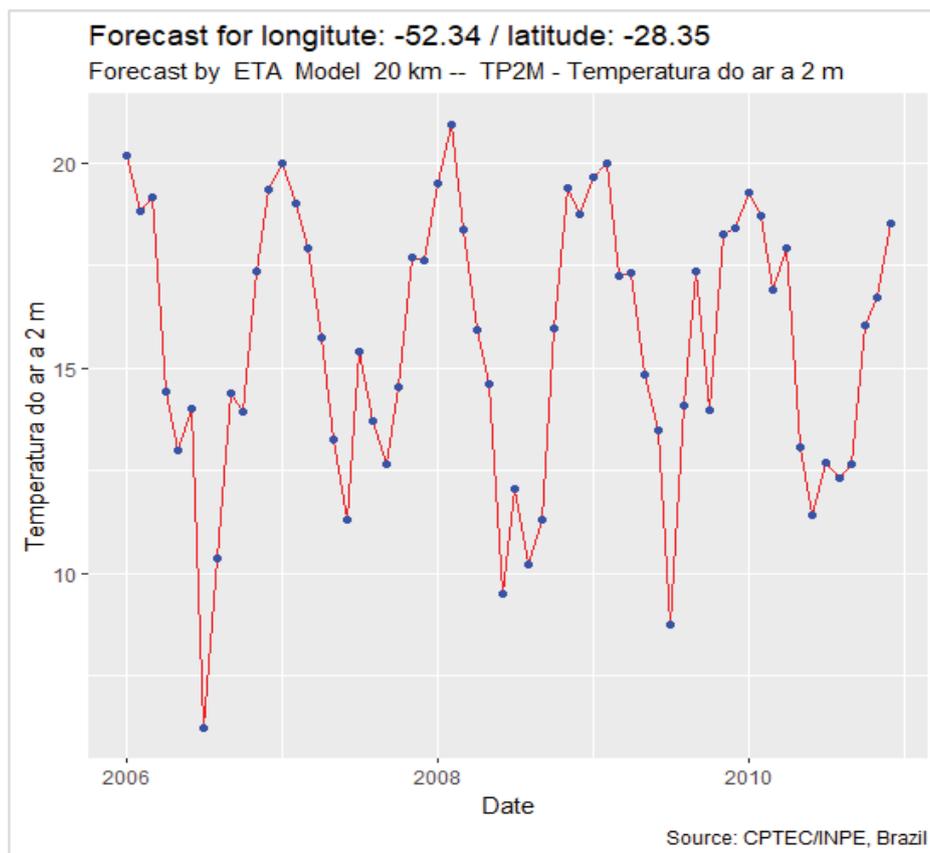


Figura 5: Gráfico resultado da função `plotGrafData()`

- b) `plotMapBR()`: gera um mapa e preenche a área do Brasil com os dados de uma variável de mudanças climáticas. Os dados recebidos pela função são modelo, variável e ano. Na Figura 6 é representado o mapa e a área do Brasil preenchida com os dados de mudanças climáticas, chamado da seguinte forma: `plotMapBR ('1', 'TP2M', 2006)`

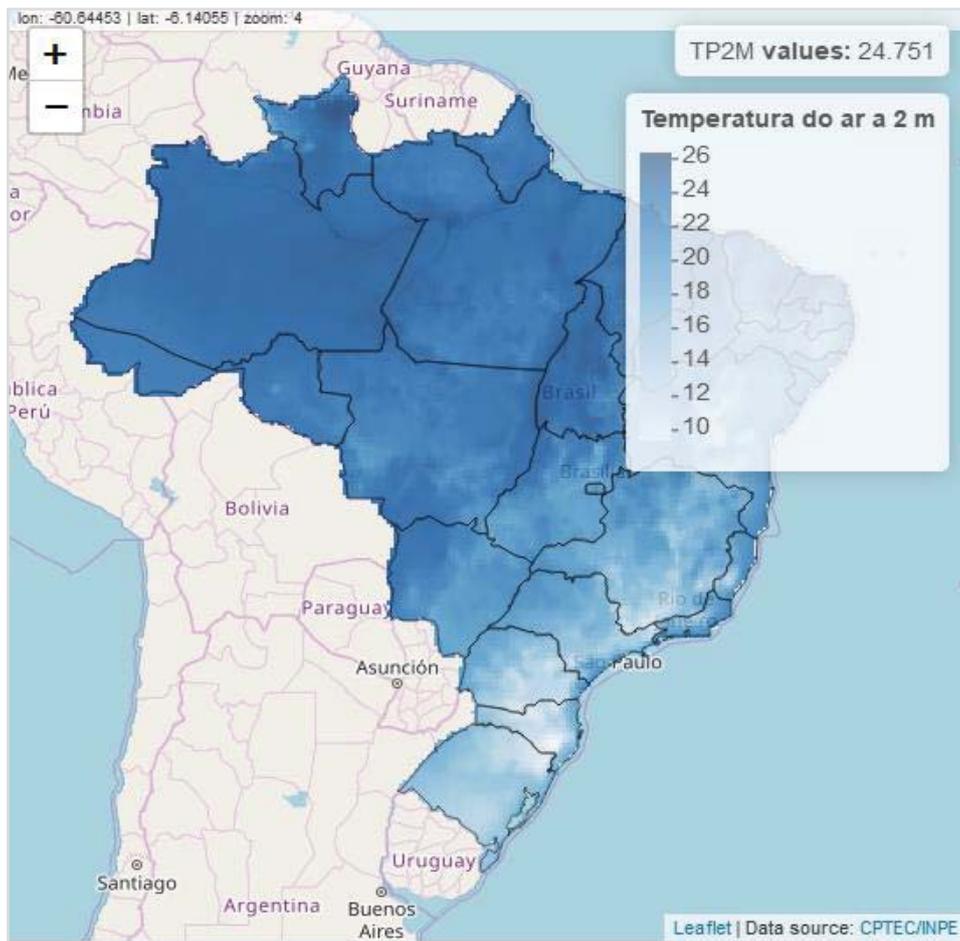


Figura 6: Mapa resultado da função plotMapBR().

- c) `plotMapPontos()`: gera um mapa e preenche uma área retangular, usando dois pontos como extremos, com os dados de uma variável de mudanças climáticas. Os dados recebidos pela função são modelo, variável, latitude e longitude de 2 pontos e o ano. Na Figura 7 é representado o mapa e a área retangular preenchida com os dados de mudanças climáticas, chamado da seguinte forma: `plotMapPontos('2', 'PREC', '-27.26', '-57.10', '-33.67', '-48.85', year = 2006)`

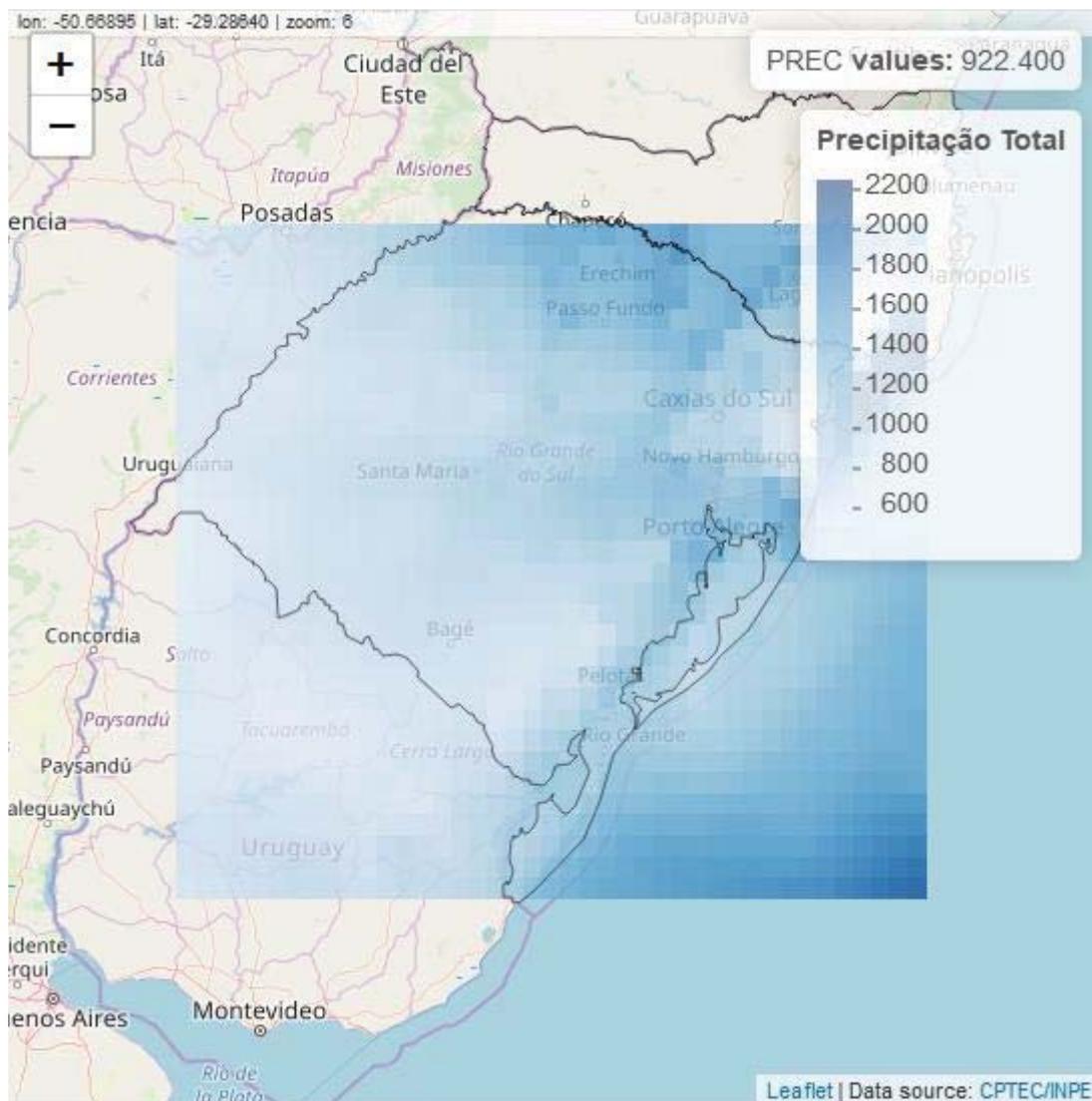


Figura 7: Mapa resultado da função plotMapPontos().

d) `plotMapShape()`: gera um mapa e preenche a área de um shapefile informado pelo usuário com os dados de uma variável de mudanças climáticas. Os dados recebidos pela função são modelo, variável, ano, endereço onde o shapefile se encontra no computador, nome do arquivo sem extensão, nome de uma possível subdivisão do shapefile e o seu valor. Os dois últimos parâmetros não são necessários para a execução da função, mas caso o usuário queira utilizá-los, ambos devem ser informados. Na Figura 8 é representado o mapa sem a utilização dos 2 últimos parâmetros, chamado da seguinte forma: `plotMapShape('1', 'PREC', 2006, "C://Users/Usuario/Desktop/Pasta", "municipiors")`. Já na Figura 9 é representado o mapa utilizando os 2 últimos parâmetros, chamado da seguinte forma: `plotMapShape('1', 'PREC', 2006, "C://Users/Usuario/Desktop/Pasta", "municipiors", "CODCOREDE", "2")`

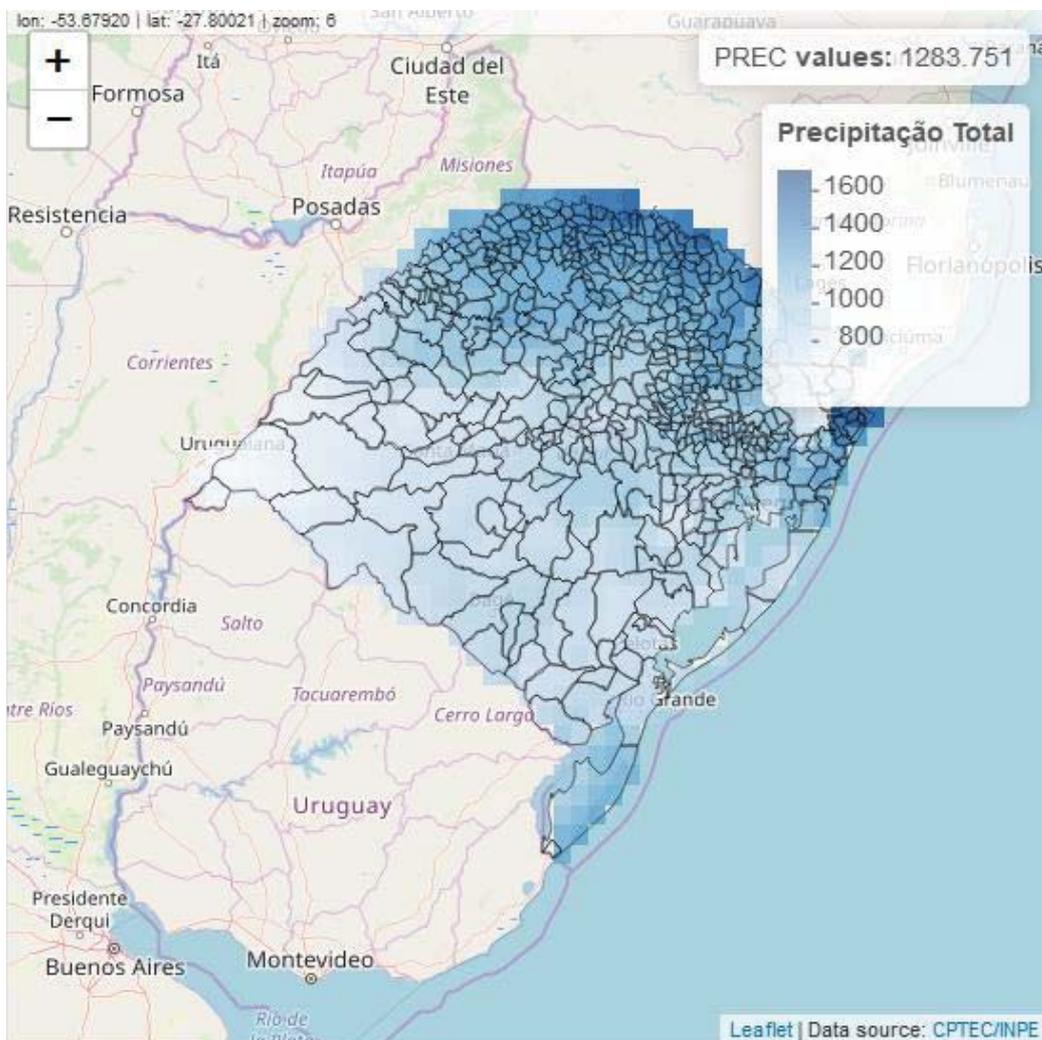


Figura 8: Mapa resultado da função `plotMapShape()` com a aplicação de um shape com os municípios do Rio Grande do Sul

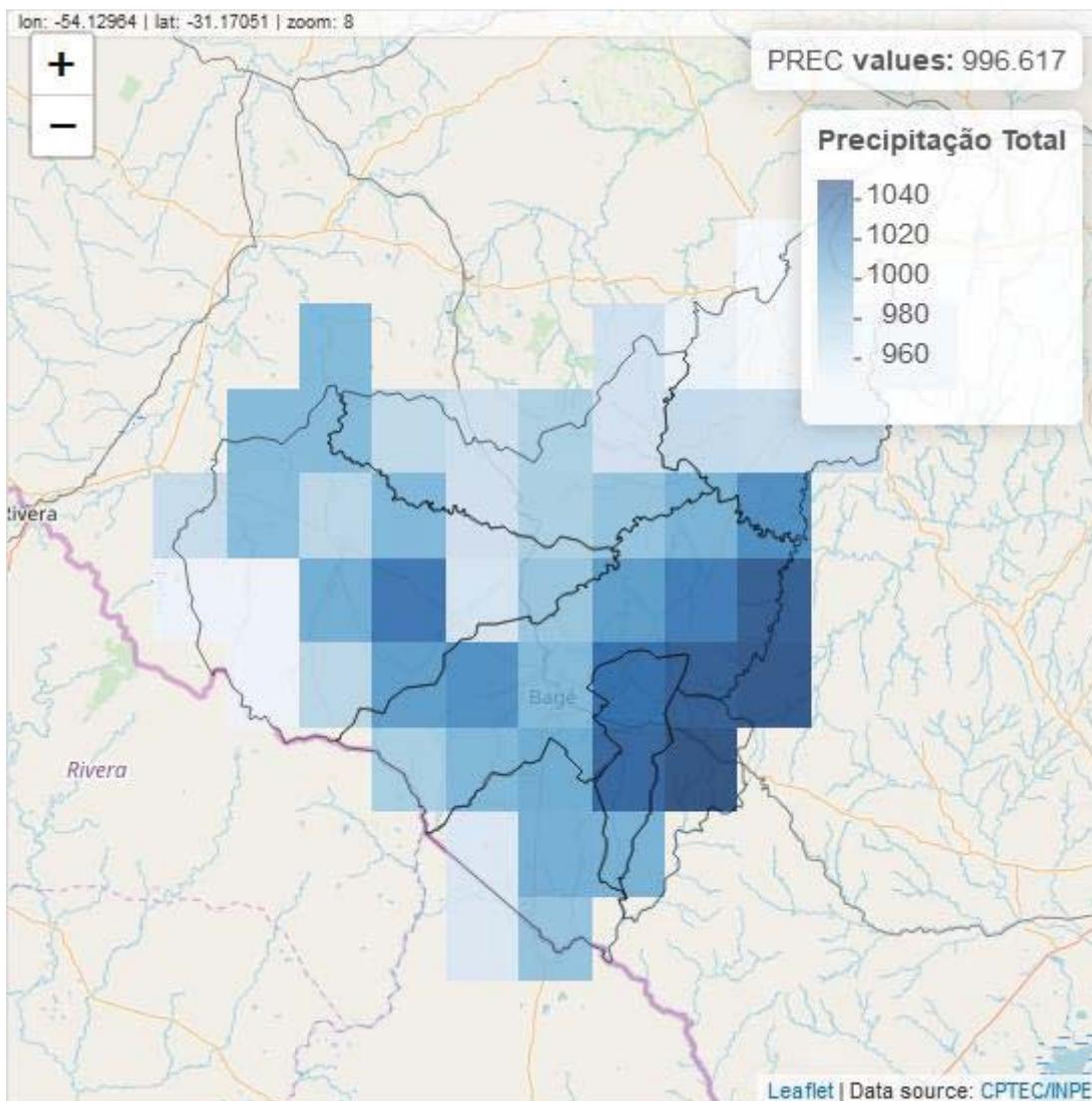


Figura 9: Mapa resultado da função plotMapShape() com todos os parâmetros.

4. Conclusões e trabalhos futuros

O pacote EtaModelICC oferece uma opção de fácil utilização para acessar os dados de mudanças climáticas do modelo Eta, disponibilizados pelo CPTEC/INPE, por meio da plataforma PROJETA. Oferece também, funções que permitem ao usuário visualizar os dados requisitados em formas de gráficos ou mapas, para um melhor entendimento dos dados a serem utilizados.

Desenvolvedores e usuários da linguagem R tem por meio das funções do pacote EtaModelICC, uma maneira simples de acessar e visualizar os dados disponibilizados na plataforma Projeta do CPTEC/INPE, facilitando a manipulação dos dados de mudanças climáticas em seus sistemas e simulações.

Com o desenvolvimento do pacote EtaModelCC é possível utilizá-lo como base para o desenvolvimento de um conjunto de rotinas de visualização de dados que será incorporado à plataforma Projeta futuramente, permitindo, com isso, oferecer aos usuários da plataforma opções de visualizações dos dados de mudanças climáticas por ela disponibilizados.

Referências

- Bowman, D. and Lees, J. (2015). “Near real time weather and ocean model data access with rNOMADS.” *Computers & Geosciences*, *78*, pp. 88-95. doi: 10.1016/j.cageo.2015.02.013. Disponível em <<http://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.02.013>>.
- Chamberlain, S. (2019). rnoaa: 'NOAA' Weather Data from R. R package version 0.8.4. <https://CRAN.R-project.org/package=rnoaa>.
- Chou, S.C.; Marengo, J.A.; Lyra, A.; Sueiro, G.; Pesquero, J.; Alves, L.M.; et al. 2012 Downscaling of South America Present Climate Driven by 4-Member HadCM3 Runs. *Climate Dynamics*, 38: 635-653.
- Chou, S.C.; Lyra, A.A.; Mourão, C.; Dereczynski, C.; Pilotto, I.; Gomes, J.; et al. 2014a. Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. *American Journal of Climate Change*, 3: 438-454.
- Chou, S.C.; Lyra, A.A.; Mourão, C.; Dereczynski, C.; Pilotto, I.; Gomes, J.; et al. 2014b. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. *American Journal of Climate Change*, 3: 512-527.
- Hölbig, C. A.; Mazzonetto, A.; Borella, F.; Pavan, W.; Fernandes, J. M. C.; Chagas, D. J.; Gomes, J. L.; Chou, S. C. PROJETA platform: accessing high resolution climate change projections over Central and South America using the Eta model. *Agrometeoros*, v. 26, p. 71-81, 2018.
- Kemp, M. U., Van Loon, E.E., Shamoun B. J., and Bouten, W. 2012. RNCEP: global weather and climate data at your fingertips. *Methods in Ecology and Evolution* (3), 65-70., R package version 1.0.8.
- Lyra, A., Tavares, P., Chou, S.C., Sueiro, G., Dereczynski, C.P., Sondermann, M., Silva, A., Marengo, J., Giarolla, A. 2017. 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*. doi:10.1007/s00704-017-2067-z. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-017-2067-z>
- Marengo, J.A.; Chou, S.C.; Kay, G.; Alves, L.M.; Pesquero, J.F.; Soares, W.R.; et al. 2012. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and

- regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins. *Climate Dynamics*, 38: 1829-1848.
- MCT. 2010. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, DF. Brasil.
- Narasimhan, R. (2017). *weatherData: Get Weather Data from the Web*. R package version 0.5.0. <https://CRAN.R-project.org/package=weatherData>.
- Pesquero, J.F.; Chou, S.C.; Nobre, C.A.; Marengo, J.A. 2010. Climate downscaling over South America for 1961-1970 using the Eta Model. *Theoretical and Applied Climatology*, 99: 75-93.
- Seers, B. (2019). *clifro: Easily Download and Visualise Climate Data from CliFlo*. R package version 3.2-2. <https://CRAN.R-project.org/package=clifro>.
- Shum A (2018). *rwunderground: R Interface to Weather Underground API*. R package version 0.1.8. <https://CRAN.R-project.org/package=rwunderground>.
- Wickham H. *R Packages*. O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472 , 2015.