

# INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS CUSTOMIZADAS PARA OS EIXOS DE AÇÃO DO PROADAPTA

**Produto 6** — Fornecimento de Dados Climáticos para a Plataforma  
“Projeções Climáticas” do INPE

Felipe Ferreira Alexandre

Elaborado por:  
**Felipe Ferreira Alexandre**

Este documento foi produzido por consultores independentes no âmbito da implementação do Projeto Apoio ao Brasil na Implementação da sua Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (ProAdapta).

O ProAdapta é fruto da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA) e o Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU, sigla em alemão), no contexto da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão) e implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Contribui para o alcance dos objetivos deste projeto e para a coordenação técnica, em parceria com a GIZ, do processo de origem deste documento, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST)

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

**MMA**  
Secretaria de Clima e Relações Internacionais  
Departamento de Clima

**GIZ**  
Ana Carolina Câmara (Coordenação)  
Eduarda Freitas  
Pablo Borges

**INPE**  
Gean Pierre Henry Balbaud Ometo  
Lincoln Muniz Alves

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

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**  
Av. dos Astronautas, 1758 Jardim da Granja São José dos Campos-SP, CEP 12227-010  
Telefone: +55 (12) 3208-7776

**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)

Brasília, abril de 2021

**Projeto:** Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do  
Clima - PROADAPTA  
**PN:** 15.9060.3-001.00

Termo de Referência  
Informações Climáticas Customizadas para os eixos de ação do ProAdapta

## **Produto 6: Fornecimento de Dados climáticos para a plataforma Projeções Climáticas do INPE**

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável – GIZ no Brasil  
Abril – 2021  
Versão 01.0

**Consultor:** Felipe Ferreira Alexandre

## **RESUMO**

Para essa etapa de trabalho o intuito foi fornecer informações para a plataforma de projeções climática do INPE, as demandas feitas foram: (1) calcular médias mensais, anuais e sazonais, (2) cenários de mudança do clima (3) anomalia relacionando período futuro e período histórico (4) geração de figuras de alta resolução e georeferenciadas. Para isto, foram utilizados dados climáticos de precipitação e temperatura do estado-da-arte de modelos climáticos globais do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) - Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6), modelos climáticos regionais participantes do Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX). Os resultados foram disponibilizados na plataforma de projeções climáticas do INPE.

# Sumário

1.	Introdução .....	1
2.	Objetivo .....	2
3.	Plataforma de Projeções Climáticas.....	2
3.1	Materiais e métodos .....	2
3.1.1.	Demanda .....	2
3.1.2.	Base de dados .....	3
3.2.	Resultados .....	3
3.2.1.	Banco de dados do CORDEX disponível na Plataforma de Projeções Climáticas.....	3
3.2.2.	Banco de dados do CMIP6 disponível na Plataforma de Projeções Climáticas.....	5
4.	Considerações finais .....	7
5.	Referências .....	<u>8</u>

## 1. Introdução

Existe uma tendência mundial do crescimento de desastres naturais com o processo de mudanças ambientais e climáticas globais (IPCC, 2013). No Brasil, atualmente existe um esforço em fornecer informações amplas sobre os impactos das mudanças climáticas nos sistemas naturais e sociais, especialmente relevantes para o planejamento político, econômico e para a tomada de decisão. É neste contexto em que a Plataforma Projeções Climáticas no Brasil ([www.pclima.inpe.br](http://www.pclima.inpe.br)) desenvolvida pelo INPE tem como premissa automatizar o processo de visualização amigável e a fácil extração dos dados de Projeções Climáticas para o século XXI a partir de diferentes modelos climáticos globais e regionais com cenários diferenciados de emissões de gases de efeito estufa.

O aumento nos GEEs está associado às mudanças climáticas, de modo que contribui para uma maior frequência e intensidade de eventos extremos localizados. Eventos extremos são caracterizados por aumento ou diminuição significativos de um determinado estado climático, de acordo com valores, frequência e associações temporais das observações, como chuvas, secas e ondas de calor intenso.

Segundo o último relatório publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), a temperatura global deverá aumentar pelo menos 4°C até 2100 na comparação com o nível da era pré-industrial, intensificando os eventos extremos e gerando significativos impactos ambientais e sociais, como escassez de recursos naturais, desastres ambientais, fome e migrações das populações mais afetadas (IPCC, 2014).

Entender a variabilidade das variáveis climáticas, tais como precipitação e temperatura no espaço e no tempo é o maior desafio dos cientistas que tentam modelá-la para conhecer o seu comportamento futuro.

A importância e contribuição do presente trabalho residem no detalhamento da informação que será incluída na Plataforma, e que poderá auxiliar aos tomadores de decisões.

## **2. Objetivo**

O objetivo desse trabalho foi fornecer informações climáticas customizadas para a plataforma de projeções climáticas do INPE.

## **3. Plataforma de Projeções Climáticas**

O portal Projeções Climáticas é uma plataforma on-line em que é possível visualizar cenários de mudança do clima para todo o território nacional. A ferramenta inédita no país foi construída para disponibilizar de maneira acessível projeções climáticas, derivadas de modelos globais e regionais. Por meio da plataforma, é possível visualizar o aumento de temperatura, a redução ou aumento de chuvas, a variação no número de dias quentes consecutivos, entre outros aspectos relacionados à mudança do clima. As consultas podem ser feitas por meio da seleção de filtros que envolvem cenários projetados por horizonte temporal, para os próximos anos ou décadas, ou cenários por nível de aquecimento, ou seja, o que deve ocorrer em determinada região se a temperatura média global aumentar 1,5 °C, 2 °C ou 4°C. O portal Projeções Climáticas foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). A iniciativa conta com o suporte do projeto de cooperação internacional Quarta Comunicação Nacional e Relatórios de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês).

Os dados disponíveis podem ser extraídos por meio de download de dados brutos, que necessitam de análise e interpretação de especialistas, e podem ser visualizados em mapas interativos. Essas possibilidades foram pensadas para atender às demandas de dois perfis de público: um mais técnico, como pesquisadores do assunto que buscam dados muito específicos, e um não técnico.

As informações podem auxiliar estudos em diversos setores socioeconômicos e em temas como agricultura, energia, saúde, recursos hídricos, ecossistemas, cidades, entre outros.

### **3.1 Materiais e métodos**

#### **3.1.1. Demanda**

O portal de informações climáticas do INPE possui as seguintes demandas: (i) a climatologia mensal, anual e sazonal (ii) cenários de mudança do clima na escala mensal, anual e sazonal (iii) Figuras de alta resolução e georreferenciadas para cada arquivo gerado.

### **3.1.2. Base de dados**

Os dados dos cenários de mudança do clima selecionados para disponibilizar na plataforma nacional de projeções climáticas foram da iniciativa Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) que tem por objetivo coordenar os esforços globais em modelagem de clima entorno de um protocolo de experimentos que permite a comparação entre os resultados dos modelos e seu uso em conjunto (multi-model ensemble). No que tange as projeções climáticas do CMIP6 os cenários selecionados foram o Shared Socioeconomic Pathways (SSPs, sigla em inglês) – SSP1.26, SSP3.70 E SSP5.85 desenvolvidos em preparação ao próximo relatório do IPCC e representam possíveis mundos futuros que diferem em sua população, crescimento econômico, demanda de energia, igualdade e outros fatores. A escala espacial foi definida como nacional, o que contempla todo o território brasileiro.

Similar ao CMIP, o CORDEX coordena experimentos com modelos regionais de clima permitindo assim resultados com resolução mais detalhada, ampliando a usabilidade do portal. Para as projeções climáticas do CORDEX os cenários selecionados foram o Representative Concentration Pathways (RCPs, sigla em inglês) – RCP4.5 e RCP8.5 desenvolvidos pelo IPCC trazendo uma trajetória na concentração de gases do efeito estufa. O RCP 4.5 é um cenário intermediário em que o forçamento radiativo está estabilizado a aproximadamente  $4,5\text{Wm}^2$  e o RCP 8.5 é um patamar elevado para forçamento radiativo superior a  $8,5\text{Wm}^2$ .

## **3.2. Resultados**

### **3.2.1. Banco de dados do CORDEX disponível na Plataforma de Projeções Climáticas.**

Foram gerados diversos arquivos em netCDF que fornecerão informações para os usuários da plataforma de projeções climáticas, a seguir a descrição detalhada da quantidade de dados processados para os modelos do CORDEX:

- a. Foram selecionados 3 cenários (Histórico, RCP4.5 e RCP8.5)
- b. Foram selecionadas 3 variáveis (precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima).
- c. Foram selecionados 4 períodos ('histórico' de 1986 a 2015, 'próximo' de 2011 a 2040, 'médio' de 2031 a 2060 e 'distante' de 2071 a 2100)
- d. Para cada cenário e cada variável, foram gerados 12 arquivos mensais, 4



arquivos sazonais e 1 arquivo anual.

- e. Relacionando RCP4.5 com Histórico e depois RCP8.5 com Histórico, foram gerados 12 arquivos de anomalia mensal, 4 arquivos de anomalia sazonal e 1 arquivo de anomalia anual para cada cenário futuro.

No total, cada modelo do projeto CORDEX disponibilizado no portal, foram necessários 867 arquivos em netCDF para cada modelo. Além dos arquivos em netCDF, foi preciso gerar imagens em alta resolução e georreferenciadas de cada arquivo netCDF para serem utilizadas na Plataforma que serviram de interface para o usuário identificar com mais facilidade os dados. Alguns exemplos dessas imagens em alta resolução podem ser observadas nas figuras a seguir.

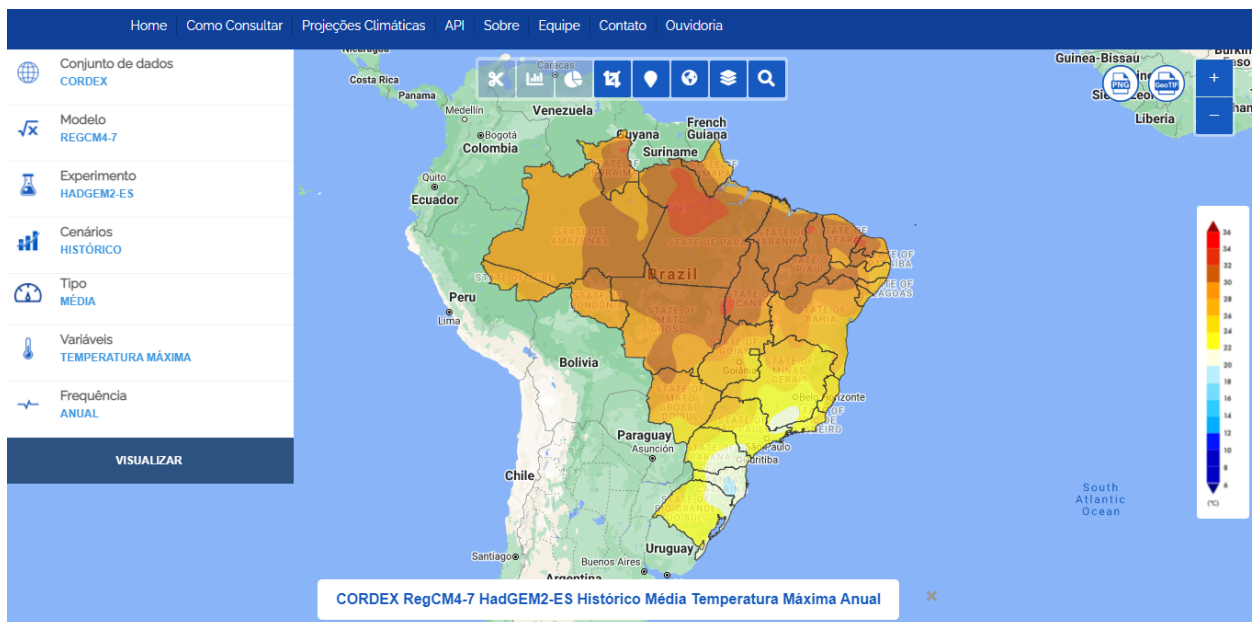


Figura 1. Imagem da temperatura máxima anual do CORDEX com RegCM4-7 e HadGEM2-ES. Disponível no site [pclima.inpe.br/analise](http://pclima.inpe.br/analise).

A Figura acima representa a média da temperatura máxima anual calculada para o período histórico de 1986 a 2015 de uma simulação do projeto CORDEX, em que foi utilizado o modelo regional RegCM4-7 para gerar esses resultados e as condições iniciais dessa simulação foram retiradas de outra simulação do modelo global HadGEM2-ES.

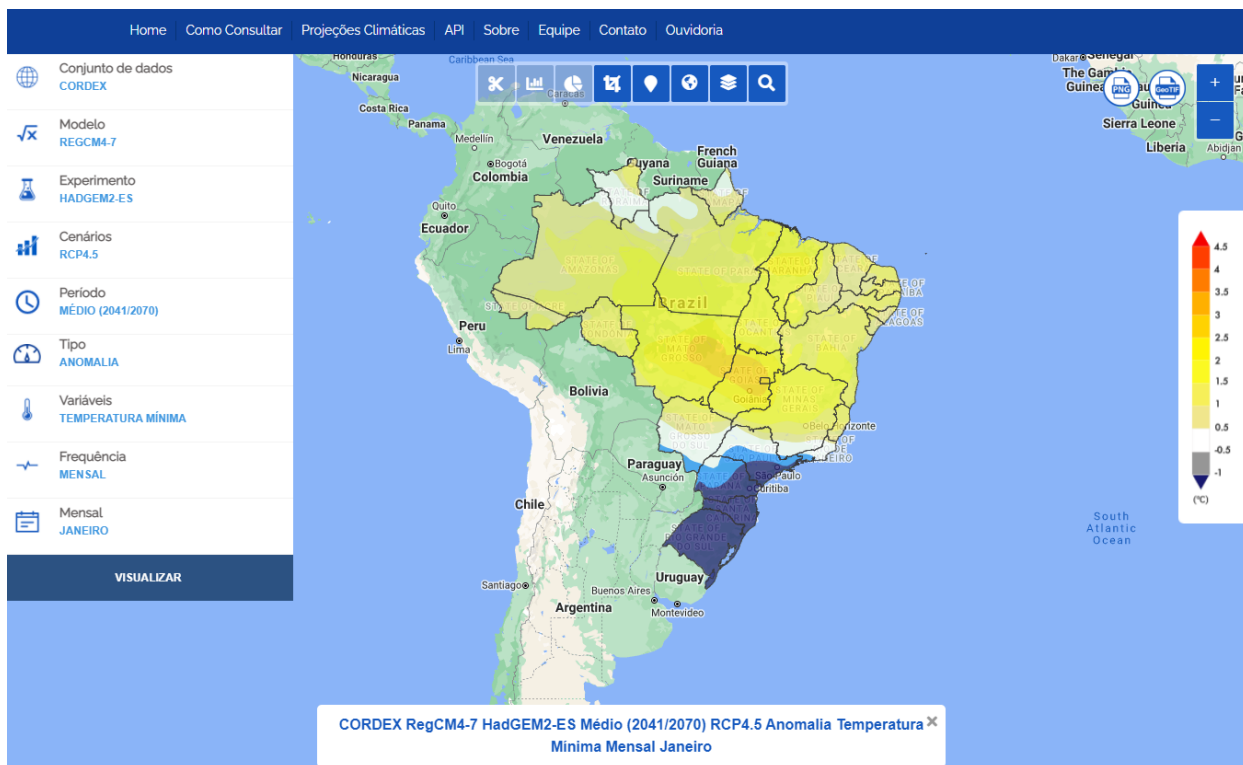


Figura 2. Imagem da anomalia de temperatura mínima do mês de janeiro do CORDEX com RegCM4-7 e HadGEM2-ES. Disponível no site [pclima.inpe.br/analise](http://pclima.inpe.br/analise).

A Figura acima representa a anomalia, ou seja, a diferença entre a média da temperatura mínima de janeiro entre os anos de 2041 a 2070 e a média da temperatura mínima de janeiro entre os anos de 1986 a 2005. Os dados foram retirados de uma simulação do projeto CORDEX, na simulação do modelo regional RegCM4-7 utilizando condições iniciais do modelo global HadGEM2-ES.

### 3.2.2. Banco de dados do CMIP6 disponível na Plataforma de Projeções Climáticas.

Da mesma forma que foi feita para o CORDEX, foram gerados diversos arquivos em netCDF utilizando os modelos do CMIP6 para que os usuários da plataforma de projeções climáticas possam extrair informações e realizar suas análises com mais facilidade. Segue a descrição quantitativa dos dados processados para os modelos do CMIP6:

- a. Foram selecionados 3 cenários (Histórico, SSP1.26 e SSP5.85)
- b. Foram selecionadas 3 variáveis (precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima)

- c. Foram selecionados 4 períodos ('histórico' de 1986 a 2015, 'próximo' de 2011 a 2040, 'médio' de 2031 a 2060 e 'distante' de 2071 a 2100)
- d. Para cada cenário e cada variável, foram gerados 12 arquivos mensais, 4 arquivos sazonais e 1 arquivo anual.
- e. Relacionando RCP4.5 com Histórico e depois RCP8.5 com Histórico, foram gerados 12 arquivos de anomalia mensal, 4 arquivos de anomalia sazonal e 1 arquivo de anomalia anual para cada cenário futuro.

No total, cada modelo do projeto CMIP6 disponibilizado no portal, foram necessários 867 arquivos diferentes em netCDF e a mesma quantidade foi gerada de imagens em alta resolução e georreferenciadas que fornecem uma interface amigável para que os usuários tenham mais facilidade para extrair os dados desejados. A seguir foram demonstrados algumas figuras que foram pesquisadas diretamente da Plataforma de Projeções Climáticas.

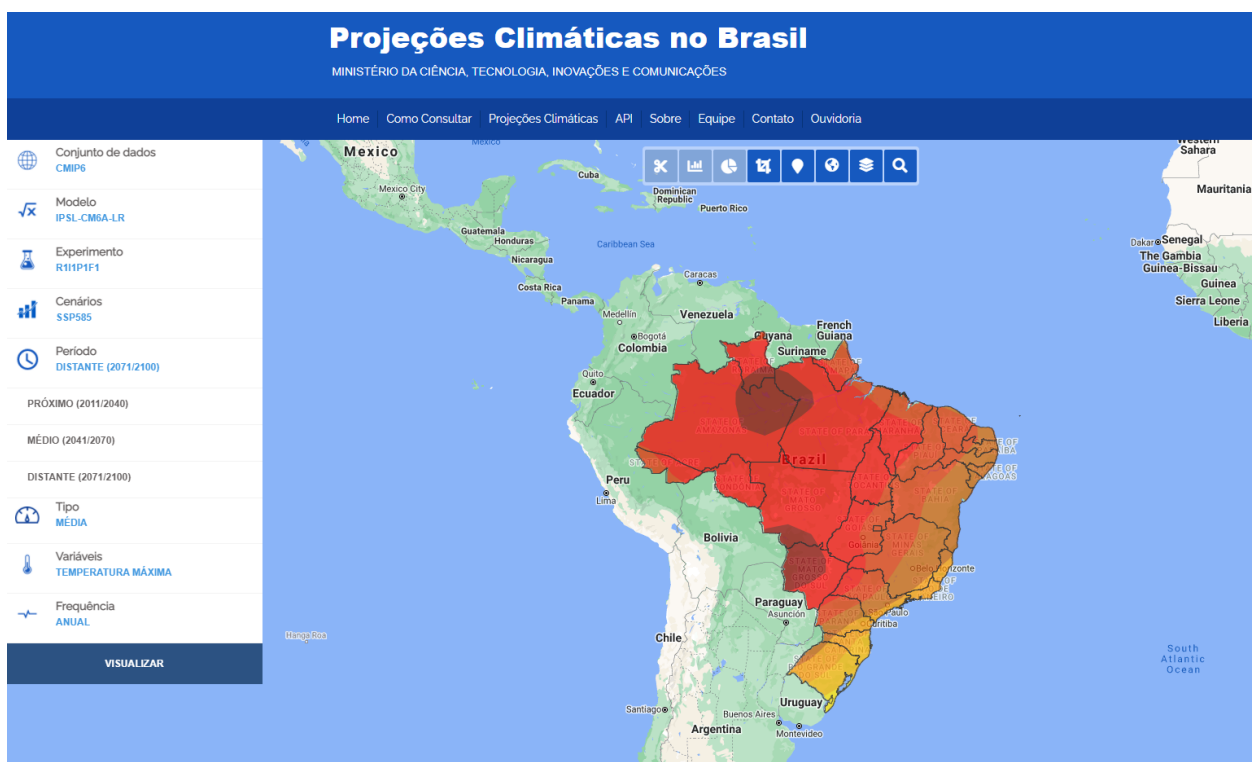


Figura 3. Imagem da temperatura máxima anual do modelo IPSL-CM6A-LR para o período de 2071 a 2100. Disponível no site [pclima.inpe.br/analise](http://pclima.inpe.br/analise).

A Figura acima representa a média da temperatura máxima anual calculada para o período distante de 2071 a 2100 de uma simulação do modelo IPSL-CM6A-LR para o cenário SSP5.85 do projeto CMIP6.

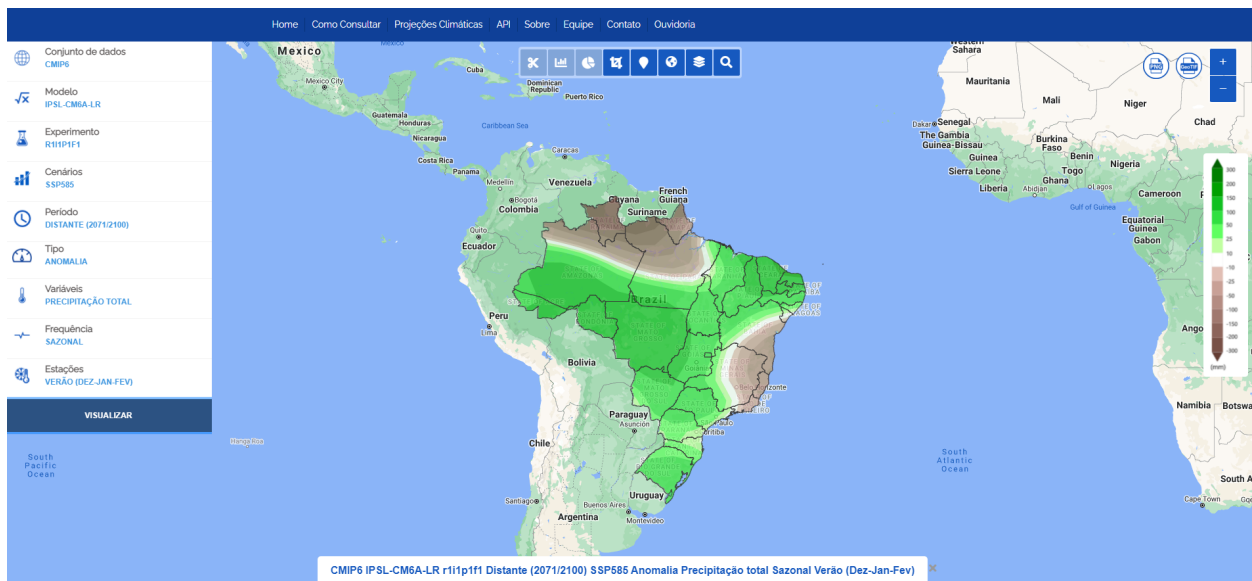


Figura 4. Imagem da anomalia de precipitação do modelo IPSL-CM6A-LR para o período de 2071 a 2100. Disponível no site [pclima.inpe.br/analise](http://pclima.inpe.br/analise).

A Figura acima representa a anomalia entre a média da precipitação no verão entre os anos de 2071 a 2100 para o cenário SSP5.85 e a média da precipitação no verão entre os anos de 1986 a 2015. Os dados foram obtidos da simulação do modelo IPSL-CM6A-LR para o projeto CMIP6.

#### 4. Considerações finais

Essa etapa do trabalho atendeu a Plataforma de Projeções Climáticas no Brasil do INPE. A quantidade de informação gerada foi muito grande e está sendo disponibilizada gradativamente na plataforma, devido a diversos fatores como: a necessidade de alinhar a nomenclatura dos arquivos, realização de testes e falhas e checagem das informações. A plataforma ampliará significativamente o número de projeções climáticas disponíveis com o trabalho desenvolvido durante esse período.

## 5. Referências

Os dados e mapas foram extraídos no Portal de Mudanças Climáticas no Brasil do INPE/MCTI, disponível em [www.pclima.inpe.br](http://www.pclima.inpe.br).

O'Neill et al., 2016 B.C. O'Neill, C. Tebaldi, D.P. Van Vuuren, et al. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6 Geosci. Model Dev., 9 (2016), pp. 3461-3482

Mearns, L.O., et al., 2017: The NA-CORDEX dataset, version 1.0. NCAR Climate Data Gateway, Boulder CO, accessed [date], <https://doi.org/10.5065/D6SJ1JCH>