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

**Relatório 4/8** - Relatório demonstrado a disponibilização dos dados gerados no produto 3, via plataforma PROJETA

Priscila Tavares

Por ordem do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da República Federal da Alemanha
Por meio da giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
INPE
DEFESA CIVIL SANTA CATARINA
Porto de Itajaí AUTORIDADE PORTUÁRIA
Eletrobras Eletrosul
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Elaborado por: **Priscila da Silva Tavares** - priscila.tavares@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

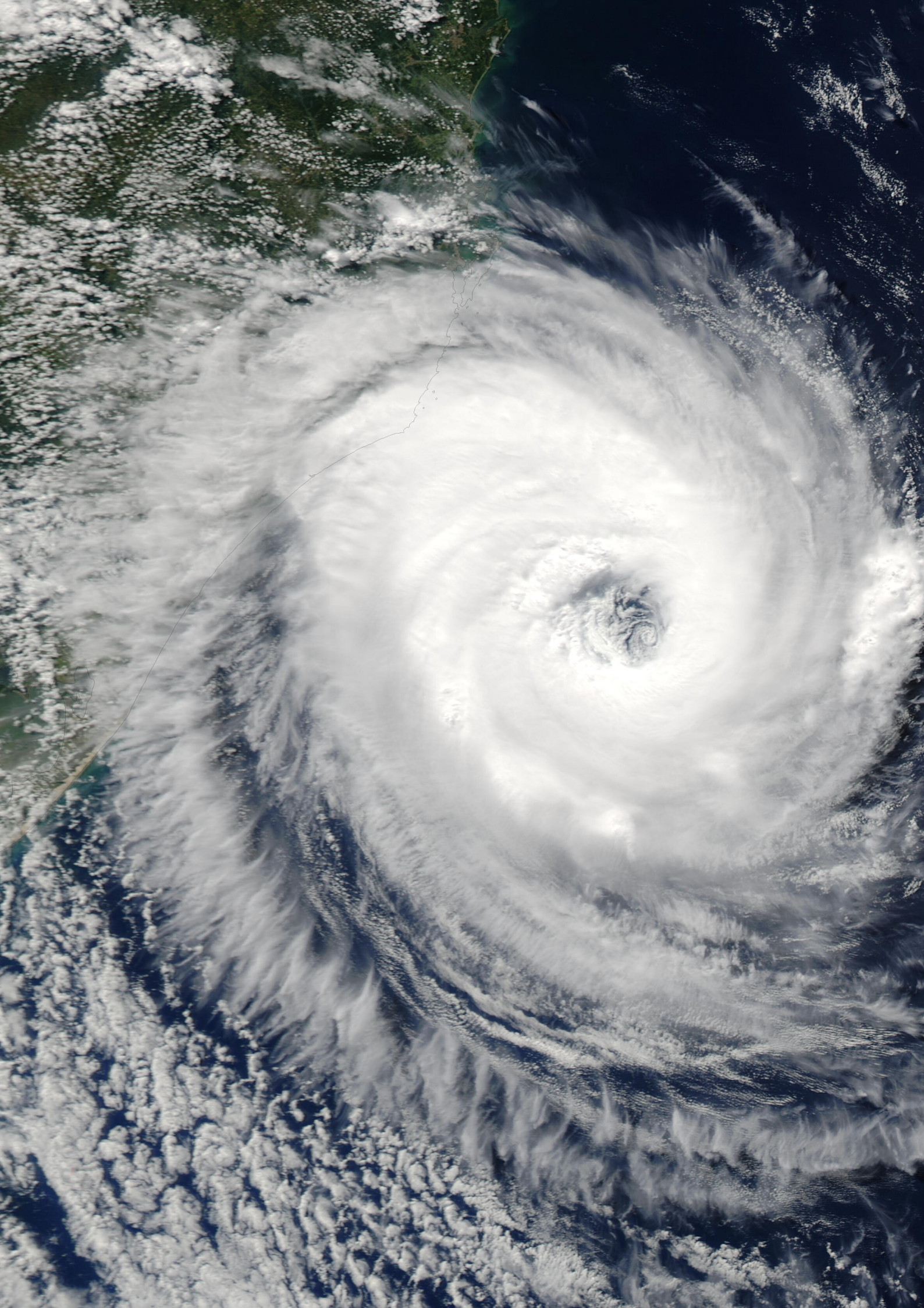
**Ministério do Meio Ambiente**
Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília/DF, CEP
70068-901
Telefone: + 55
61 2028-1206

**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

Brasília, Janeiro de 2020



## Sumário

**Lista de Figuras** iv

**Lista de Tabelas** v

**1. Introdução** 1

1.1 Objetivo 2

**2. Armazenamento no banco de dados** 3

**3. Próximas etapas** 10

**Referências Bibliográficas** 11

## Lista de Figuras

Figura 2.1. Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_16. 5

Figura 2.2. Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_20. 5

Figura 2.3. Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_24. 6

Figura 2.4. Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés – Período *baseline*. 7

Figura 2.5. Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés – Cenário RCP4.5. 8

Figura 2.6. Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés – Cenário RCP8.5. 9

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Lista dos índices de extremos climáticos de vento máximo, pressão a superfície e radiação de onda curta incidente calculados a partir das saídas do modelo Eta-CanESM2 com correção de viés. 3

Tabela 2.2. Tabelas do banco de dados 4

## 1. Introdução

A frequência e intensidade dos eventos de precipitação intensa e secas têm aumentado desde os anos de 1950 (Groisman et al., 2005; Zeng et al., 2008; Marengo et al., 2010; Marengo et al., 2013; Espinoza et al., 2014). Dias e noites frias, além de eventos de geadas têm se tornado cada vez menos frequentes, enquanto dias quentes, noites quentes, e ondas de calor tem aumentado a frequência de ocorrências (Marengo et al. 2010). Tais eventos produzem impactos socioeconômicos severos nas atividades agrícolas, de infraestrutura e de gerenciamento de recursos hídricos e energia, por exemplo.

Vale conceituar que os "eventos extremos" são aqueles que se distanciam das condições médias de uma série histórica. Esses eventos, geram interesse e preocupação na sociedade devido seu potencial em desestruturar o ambiente físico e as atividades de determinado lugar ou região, causando prejuízos às comunidades afetadas e ao poder público. É possível que as mudanças climáticas modifiquem a frequência, intensidade e duração dos eventos extremos em muitas regiões. De acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR5 – *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*) as evidências já são de moderadas (alta confiança) a alta que 1°C adicional na temperatura global contribua para o aumento dos riscos relacionados aos eventos climáticos extremos, tais como ondas de calor, precipitação extrema e inundações costeiras (IPCC,2014). Além do aumento dos riscos dos eventos extremos, há aumenta também dos riscos de eventos singulares de grande escala, ou seja, eventos ainda não experimentados. A menção a eventos extremos denota tanto eventos chuvosos e secos, como quentes e frios. Isto é, uma variabilidade maior do que a conhecida nos dias atuais com eventos adversos ocorrendo sucessivamente. Tais projeções assinalam a necessidade de um planejamento e adequação das infraestruturas, principalmente aquelas associadas aos recursos hídricos (Dias, 2014).

Além dos eventos extremos de chuva e temperatura, há ainda que se considerar a ocorrência de extremos climáticos de vento, pressão e radiação. Apesar de pouco explorados, as estimativas dos extremos climáticos associados a estas variáveis podem ser importantes para avaliação de impacto em setores chaves. No setor de energia, por exemplo, extremos de ventos de grande

intensidade podem impactar diretamente na produção de energia oriunda da fonte eólica, diminuindo o fator de capacidade dos parques eólicos, podendo também causar desgaste prematuro e danos estruturais aos aerogeradores. Por outro lado, ventos extremos fracos podem impactar na distribuição de energia em linhas de transmissão, tendo em vista que a dissipação de calor gerado pelo efeito térmico diminui e, consequentemente, reduz o despacho de energia (Pes, 2015).

Sendo assim, o uso e aplicação de projeções de modelos climáticos, com intuito de entender as mudanças na probabilidade dos extremos sob diferentes cenários de mudanças climáticas, podem contribuir para dar suporte ao planejamento de medidas de adaptação em diversos setores socioeconômicos/ambientais. Projeções climáticas regionalizadas dos cenários de concentração dos gases de efeito estufa e suas forçantes radiativas no clima – IPCC AR5 - foram produzidas por Chou et. al (2014a e 2014b) através do modelo regional Eta. Essas projeções foram utilizadas para elaborar a Terceira Comunicação Nacional do Brasil (MCTI, 2016) e para apoiar o projeto Brasil 2040, além de terem sido usadas para apoiar diversos estudos de impactos. Portanto, as estimativas dos extremos climáticos com correção de viés podem contribuir para estudos de impactos e planejamento em setores chave do Brasil.

## 1.1 Objetivo

Cumprir o quarto 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 de um relatório demonstrando a disponibilização dos dados gerados no produto 3 via plataforma PROJETA.

## 2. Armazenamento no banco de dados

Foram armazenados no banco de dados 12 Índices de extremos climáticos corrigidos, conforme descrição apresentada no Produto 3 – Relatório contendo o cálculo dos indicadores de extremos climáticos a partir das variáveis de vento, pressão e radiação com correção de viés utilizando o modelo Eta 20 km-CanESM2 (*baseline*, RCP4.5 e RCP8.5). A descrição e a unidade dos 12 índices de extemos climáticos seguem na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1. Lista dos índices de extremos climáticos de vento máximo, pressão a superfície e radiação de onda curta incidente calculados a partir das saídas do modelo Eta-CanESM2 com correção de viés.**

| Índice | Descrição | Unidade |
|---|---|---|
| **WXn** | Menor intensidade do vento máximo anual | m/s |
| **WXx** | Maior intensidade do vento máximo anual | m/s |
| **WX10P** | Porcentagem anual de dias em que o vento máximo foi inferior ao percentil 10 | % |
| **WX90p** | Porcentagem anual de dias em que o vento máximo excedeu o percentil 90 | % |
| **PSn** | Menor valor da pressão à superfície anual | hPa |
| **PSx** | Maior valor da pressão à superfície anual | hPa |
| **PS10p** | Porcentagem anual de dias em que a pressão à superfície foi inferior ao percentil 10 | % |
| **PS90p** | Porcentagem anual de dias em que a pressão à superfície excedeu o percentil 90 | % |
| **OCn** | Menor valor da radiação de onda curta incidente anual | $W/m^2$ |
| **OCx** | Maior valor da radiação de onda curta incidente anual | $W/m^2$ |
| **OC10p** | Porcentagem anual de dias em que a radiação de onda curta incidente foi inferior ao percentil 10 | % |
| **OC90p** | Porcentagem anual de dias em que a radiação de onda curta incidente excedeu o percentil 90 | % |

Os índices foram carregados no formato padrão da plataforma PROJETA (https://projeta.cptec.inpe.br/) que consistem de arquivos no formato GEOTIFF em frequência anual do período de 1961 a 2099. As tabelas de armazenamento do banco de dados foram criadas considerando-se 4 atributos, que são:

modelo, cenário, frequência temporal e resolução espacial, conforme padrão da plataforma. A Tabela 2.2 lista as tabelas geradas para o armazenamento das informações. As colunas de 1 a 4 mostram os o conteúdo dos atributos e a coluna 5 o nome da tabela de acesso aos dados armazenados.

**Tabela 2.2. Tabelas do banco de dados**

| MODELO | CENÁRIO | INTERVALO | RESOLUÇÃO | TABELA |
|---|---|---|---|---|
| **CanESM2** | RCP4.5 | ANUAL | 20KM | RASTER_DATA_16 |
| **CanESM2** | RCP8.5 | ANUAL | 20KM | RASTER_DATA_20 |
| **CanESM2** | HISTÓRICO | ANUAL | 20KM | RASTER_DATA_24 |

Para a verificação e consolidação do carregamento do banco de dados, foram feitas consultas SQL (*Structured Query Language*) listando os índices corrigidos do modelo Eta-CanESM2 - raster_data 16, 20 e 24. As consultas foram feitas para um ponto na cidade de São Paulo (latitude: 23.53°S/ longitude: 46.625°W), com o objetivo de checar se os índices foram corretamente armazenados no banco. Os resultados das consultas seguem nas Figura 2.1, 2.2 e 2.3.

Devido à presença na plataforma de outros índices de extremos climáticos calculados a partir de saídas diretas do modelo, ou seja, sem correção de viés, foram agregados ao nome do índice a letra "c" para diferenciar dos demais (vide Figuras 2.4 a 2.6). Os índices de extremos já podem ser acessados e baixados pelos usuários no formato e domínio requerido, conforme disponibilização padrão da plataforma.

```
cptec=# select model_coupled,scenario,interval,variable,st_value(rast, st_setsrid(st_makepoint (-46.625, -23.533), 4236)) from raster_data_16 where date='20990101' and (varia
le='PSnc' or variable='PSxc' or variable='PS10pc' or variable='PS90pc' or variable='OCnc' or variable='OCxc' or variable='OC10pc' or variable='OC90pc' or variable='WXnc' or v
riable='WXxc' or variable='WX10pc' or variable='WX90pc');
 model_coupled | scenario | interval | variable |     st_value
---------------+----------+----------+----------+------------------
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | OC10pc   | 9.30000019073486
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | OC90pc   |                0
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | OCnc     | 62.7000007629395
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | OCxc     | 304.299987792969
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | PS10pc   | 3.59999990463257
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | PS90pc   | 15.6000003814697
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | PSnc     | 919.700012207031
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | PSxc     | 937.200012207031
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | WX10pc   | 12.8999996185303
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | WX90pc   | 7.90000009536743
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | WXnc     |              0.5
 CanESM2       | RCP4.5   | annually | WXxc     | 11.3999996185303
(12 rows)
```

**Figura 2.1.** Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_16.

```
cptec=# select model_coupled,scenario,interval,variable,st_value(rast, st_setsrid(st_makepoint (-46.625, -23.533), 4236)) from raster_data_20 where date='20990101' and (variab
le='PSnc' or variable='PSxc' or variable='PS10pc' or variable='PS90pc' or variable='OCnc' or variable='OCxc' or variable='OC10pc' or variable='OC90pc' or variable='WXnc' or va
riable='WXxc' or variable='WX10pc' or variable='WX90pc');
 model_coupled | scenario | interval | variable |     st_value
---------------+----------+----------+----------+-------------------
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | OC10pc   |  2.70000004768372
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | OC90pc   | 0.800000011920929
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | OCnc     |  74.4000015258789
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | OCxc     |             276.5
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | PS10pc   |  1.89999997615814
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | PS90pc   |  30.1000003814697
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | PSnc     |               921
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | PSxc     |  936.799987792969
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | WX10pc   |  7.69999980926514
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | WX90pc   |  10.6999998092651
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | WXnc     | 0.800000011920929
 CanESM2       | RCP8.5   | annually | WXxc     |  10.1999998092651
(12 rows)
```

**Figura 2.2.** Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_20.

```
cptec=# select model_coupled,scenario,interval,variable,st_value(rast, st_setsrid(st_makepoint (-46.625, -23.533), 4236)) from raster_data_24 where date='20050101' and (variab
le='PSnc' or variable='PSxc' or variable='PS10pc' or variable='PS90pc' or variable='OCnc' or variable='OCxc' or variable='OC10pc' or variable='OC90pc' or variable='WXnc' or va
riable='WXxc' or variable='WX10pc' or variable='WX90pc');
 model_coupled |  scenario  | interval | variable |     st_value
---------------+------------+----------+----------+-------------------
 CanESM2       | Historical | annually | OC10pc   |  5.59999990463257
 CanESM2       | Historical | annually | OC90pc   |  6.59999990463257
 CanESM2       | Historical | annually | OCnc     |              67.5
 CanESM2       | Historical | annually | OCxc     |  301.899993896484
 CanESM2       | Historical | annually | PS10pc   |  10.3999996185303
 CanESM2       | Historical | annually | PS90pc   |  15.6999998092651
 CanESM2       | Historical | annually | PSnc     |             918.5
 CanESM2       | Historical | annually | PSxc     |  933.700012207031
 CanESM2       | Historical | annually | WX10pc   |  10.8000001907349
 CanESM2       | Historical | annually | WX90pc   |  9.60000038146973
 CanESM2       | Historical | annually | WXnc     | 0.800000011920929
 CanESM2       | Historical | annually | WXxc     |  9.89999961853027
(12 rows)
```

**Figura 2.3.** Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_24.

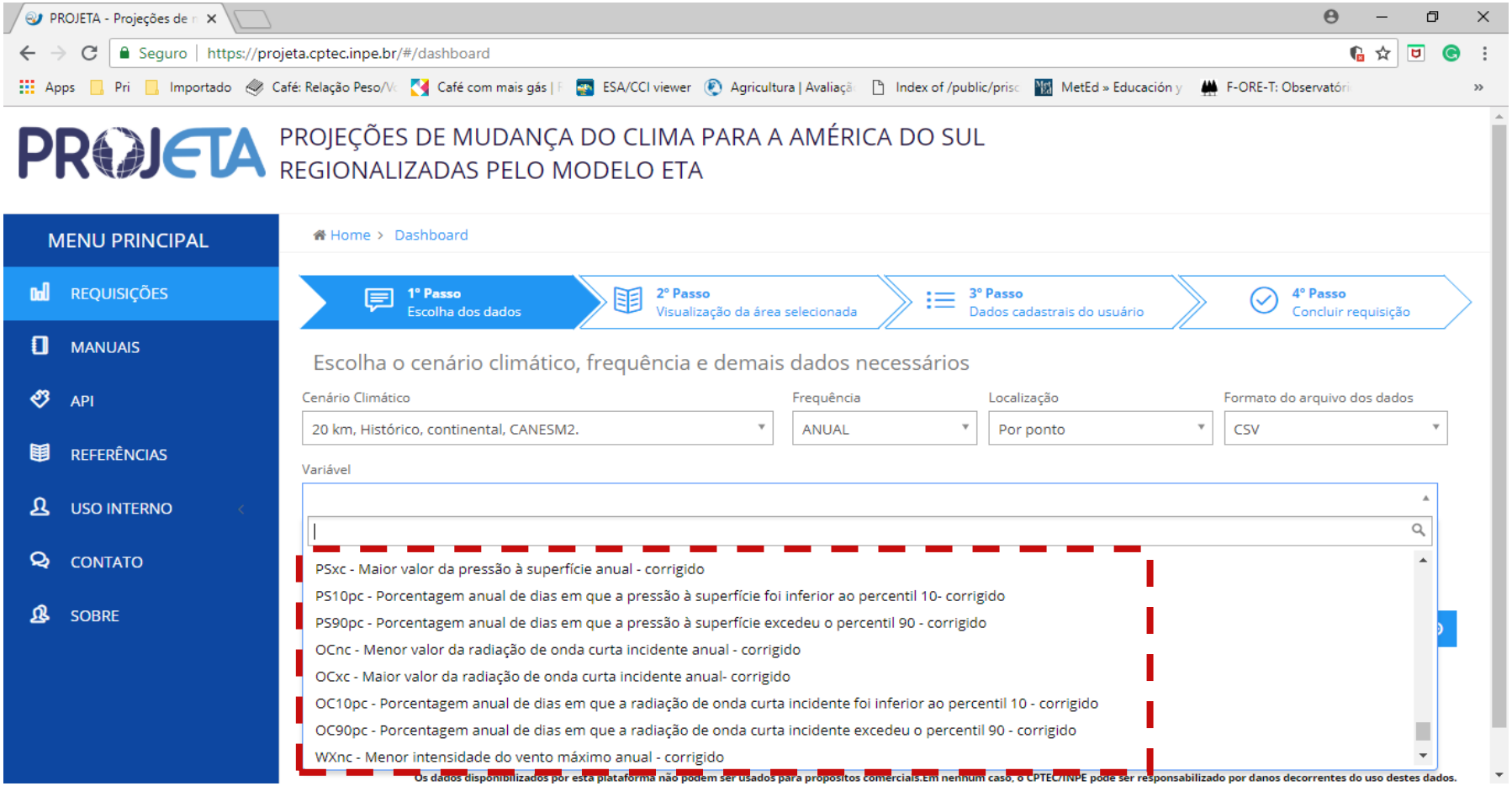



**Figura 2.4**. Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés – Período *baseline*.

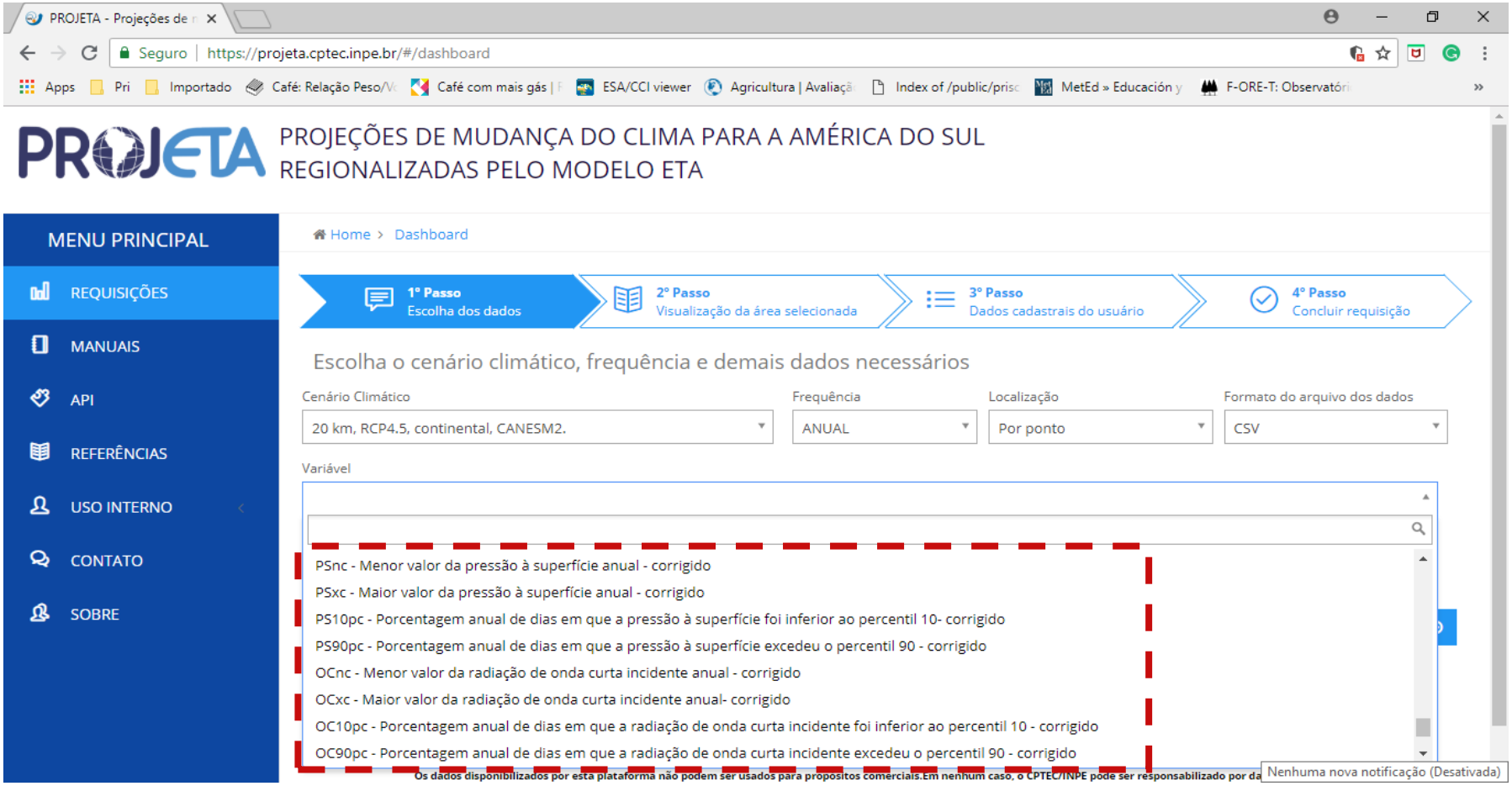



**Figura 2.5.** Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés – Cenário RCP4.5.

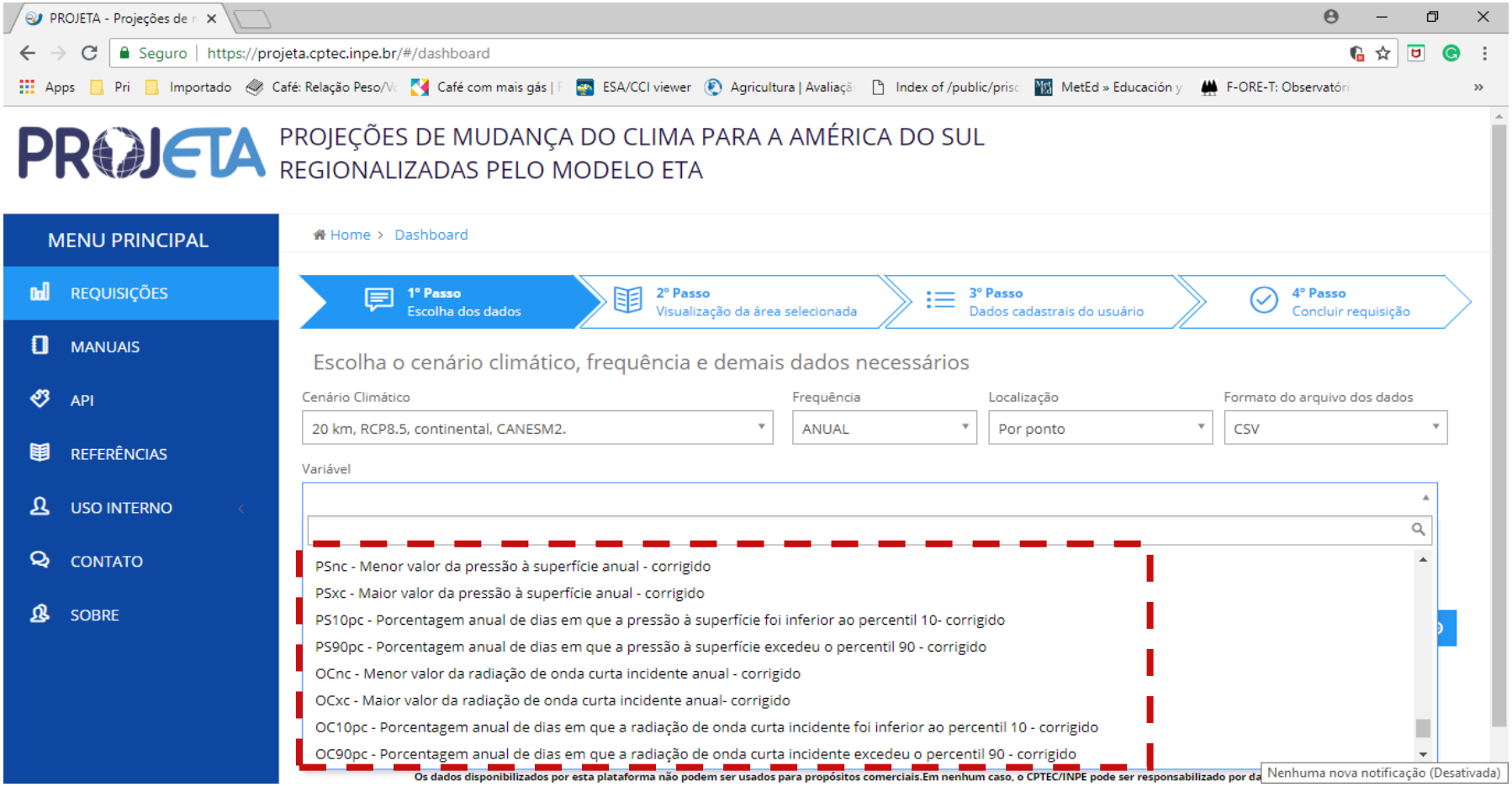



**Figura 2.6**. Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés – Cenário RCP8.5.

## 3. Próximas etapas

Na próxima etapa será apresentado o plano de trabalho da metodologia e do serviço climático a ser fornecido para analisar o perigo selecionado no setor e na região de interesse. O plano de trabalho conterá um cronograma para realização das atividades.

## Referências Bibliográficas

CHOU, S. C.; LYRA, A. A.; MOURÃO, C.; DERECZYNSKI, 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.; DERECZYNSKI, 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

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**. P**art 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. 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.

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

PES, M. P. **Impactos das variações e mudanças climáticas sobre os ventos extremos e seus efeitos no setor elétrico brasileiro**. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2015.

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.