



Eventos extremos de precipitação em novembro de 2012 associados a episódios de ZCAS: um estudo de caso sobre o município de Teófilo Otoni - MG

Irving Rodrigues de Souza^a, Luana Albertani Pampuch^b

^a Bolsista do Programa de Capacitação Institucional do MCTI/CNPq, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Previsão de Tempo e Clima (DIPTC/INPE), Rodovia Presidente Dutra, km 40, CEP 12630-000, Cachoeira Paulista, São Paulo. irvingrods@gmail.com. (autor correspondente).

^b Docente do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental/Curso de Pós-Graduação em Desastres Naturais, Departamento de Engenharia Ambiental/Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), Universidade Estadual Paulista (UNESP). luana.pampuch@unesp.br.

Resumo – O presente trabalho é um estudo de caso sobre os extremos de precipitações ocorridos no município de Teófilo Otoni (MG) em novembro de 2012. Foram utilizados dados da Normal Climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do período de 1991 a 2020, e informações da Estação Meteorológica de Superfície (EMS) do município, também do INMET, do período de 2006 a 2022. Os resultados apontaram que no período analisado choveu 511,8 mm de acumulado mensal em novembro de 2012, sendo 114,2 mm apenas no dia 28 de novembro. Este montante caracterizou-se como o maior registro de acumulado mensal em um mês de novembro dentre todo o período analisado. Em Teófilo Otoni, 57,1% da incidência de precipitação acumulada mensal é da ordem de até 50,0 mm, enquanto precipitações maiores ou iguais a 500,0 mm representam apenas 1,5% da ocorrência. As anomalias positivas se concentraram em novembro, janeiro e março da estação chuvosa de 2012/2013. Estes eventos foram associados à ocorrência de 03 (três) episódios de ZCAS no mês, sendo a de maior intensidade entre os dias 25 e 28 de novembro. Os resultados observados salientam a importância do constante monitoramento de extremos climáticos e seus impactos.

Abstract – The present work is a case study on the extremes of precipitation that occurred in the municipality of Teófilo Otoni (MG) in November 2012. Data from the Climatological Normal of the National Institute of Meteorology (INMET) from the period 1991 to 2020 were used, and information from the Surface Meteorological Station (EMS) from the municipality, also from INMET, from the period 2006 to 2022. The results showed that in the analyzed period it rained 511.8 mm of monthly accumulated, with 114.2 mm only on November 28. This amount was characterized as the highest record of monthly accumulated in a month of November among the entire period analyzed. In Teófilo Otoni, 57.1% of the incidence of monthly accumulated precipitation is up to 50.0 mm, while precipitations greater than or equal to 500.0 mm represent only 1.5% of the occurrence. Positive anomalies were concentrated in November, January, and March of the 2012/2013 rainy season. These events were associated with the occurrence of 03 (three) episodes of SACZ in the month, with the highest intensity being between November 25th and 28th. The observed results highlight the importance of constant monitoring of climate extremes and their impacts.



1. Introdução

Os dados meteorológicos são essenciais para avaliar os impactos da variabilidade espaço-temporal das forçantes do clima no sistema terrestre (XAVIER; KING; SCANLON, 2016). Estudos relacionados à pluviosidade são fundamentais no entendimento de sua dinâmica, distribuição e comportamento na aplicação ao planejamento territorial e à gestão dos recursos hídricos, mitigando impactos de ordem hídrica (TÔRRES; CARVALHO, 2022).

O Estado de Minas Gerais (MG) é suscetível à ocorrência de eventos extremos de precipitação devido à influência do regime de Monção Sul-Americana (MSA), sobretudo entre o final de novembro e de fevereiro (SILVA E REBOITA, 2013). A junção destes sistemas com a convecção típica do período quente contribui para a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), uma banda persistente de nebulosidade e precipitação que se estende da Amazônia, passa pelo sudeste do Brasil e chega ao oceano Atlântico Sudoeste (KOUSKY, 1988; CARVALHO et al., 2004). As ZCAS são responsáveis por sucessivos dias com eventos extremos de precipitação e que podem acarretar desastres naturais (REBOITA et al., 2017).

No município de Teófilo Otoni, no estado de MG, ressaltam-se eventos extremos de precipitação que ocorreram nos anos 2002, 2012, 2013 e 2016. Nestes anos foram registradas precipitações acumuladas maiores do que 100 mm em períodos iguais ou superiores a 24 horas, desencadeando alagamentos e inundações em todo o município (FERRAZ, 2019). Diante deste contexto, este trabalho visa realizar um estudo sobre os eventos extremos de precipitação que impactaram o município de Teófilo Otoni em novembro de 2012, comparando dados de estação meteorológica de superfície com normais climatológicas.

2. Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Teófilo Otoni situa-se na região Nordeste do Estado de Minas Gerais, no Vale do Mucuri, e está compreendido entre as longitudes 41°0'0" O e 41°45'0" O, e as latitudes 17°15'0" S e 18°15'0" S (TEÓFILO OTONI, 2022), conforme Figura 1.

**IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS**

05 a 07 de Junho

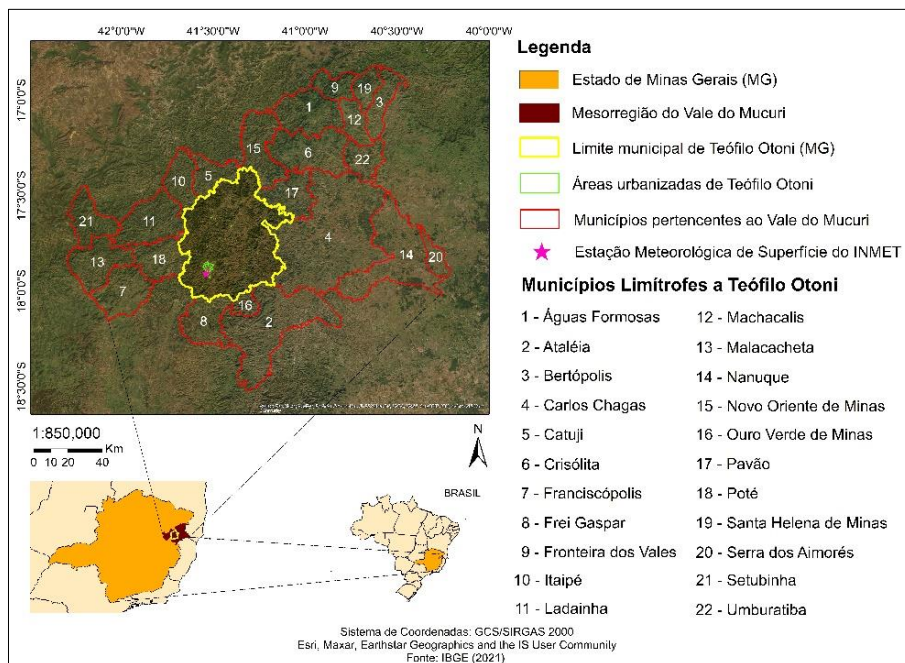


Figura 1 - Localização geográfica do Vale do Mucuri e do município de Teófilo Otoni.

Quanto à hidrografia, o município de Teófilo Otoni está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, que possui 14.569,16 km² (IGAM, 2010). O clima regional do município, sobretudo na parte pertencente à bacia, é o tropical úmido com verão e inverno bem demarcados (MARTINS, 2010). Possui temperaturas médias superiores a 18°C e índice pluviométrico médio de 1.009,0 mm ao ano, concentrado na estação chuvosa entre outubro e março, e equivalendo a cerca de 80% da precipitação total anual (REBOITA et al., 2015; ALMEIDA, 2016; FERRAZ et al., 2016b). A Figura 2 apresenta o climograma do município, com dados extraídos da Estação Meteorológica de Superfície (EMS) do INMET, de 2006 até 2022.

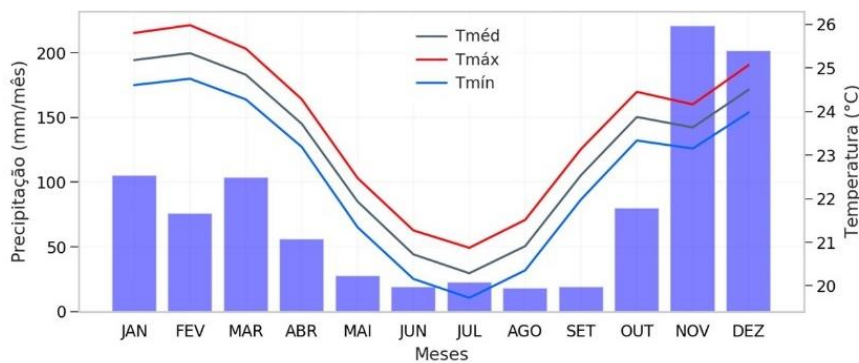


Figura 2 - Climograma do município de Teófilo Otoni (2006-2022).



2.2 Metodologia

Utilizou-se para o presente estudo a linguagem de programação Python, na versão 3.11.0 (PYTHON, 2022), com dados do pacote Hydrobr (CARVALHO, 2021). O HydroBr é um pacote que permite o tratamento e manipulação de séries temporais hidrometeorológicas das estações da Agência Nacional de Águas (ANA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A EMS utilizada foi a do próprio município, pertencente ao INMET, e que apresenta dados de 01 agosto de 2006 até a atualidade, localizada na latitude $17^{\circ}53'34.22''$ S e longitude $41^{\circ}30'55.52''$ O. Além dos dados diários e acumulados mensais, foram tratados também dados da Normal Climatológica do INMET, do período de 1991 a 2020, para a obtenção das anomalias de precipitação. Cabe salientar que devido à falta de alguns dados da EMS, optou-se por trabalhar com a estação chuvosa de 2012/2013, compreendida entre outubro e março para melhor assertividade dos resultados.

Para analisar estatisticamente a distribuição regional e a variabilidade pluviométrica, trabalhou-se com a manipulação de *boxplots* de precipitação mensal. Por meio desta tipologia de gráfico é possível analisar a medida de suas dispersões ao entorno da média por meio do desvio padrão; a sua mediana; sua assimetria; a presença de pontos discrepantes ou *outliers* e extremos; e valores de máximo e mínimo (LEM et al., 2013; SCHNEIDER e SILVA, 2014).

Foi realizada uma análise de anomalia de precipitação mensal a partir da diferença entre os dados pluviométricos observados entre os meses de outubro e março de 2012/2013 (estação chuvosa) da EMS do município, e os valores médios da Normal Climatológica de 1991 a 2020 do INMET, avaliando, assim, um cenário recente em relação à série histórica. Para identificar os sistemas atmosféricos que atuaram na região no período dos eventos, utilizou-se o Boletim Climanálise do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (BRASIL, 2012).

3. Resultados e discussões

Inicialmente levantou-se dados da EMS do INMET referentes à precipitação diária no ano de 2012 para o município de Teófilo Otoni. Analisando, sobretudo, o mês de novembro na série histórica do período de 2006 a 2022, observou-se que os eventos de novembro de 2012

apresentaram os maiores acumulados mensais já registrados no município para este mês. Os resultados são apresentados no formato de *boxplot* da precipitação mensal do citado período, e da precipitação mensal observada em 2012 (linha tracejada), segundo Figura 3.

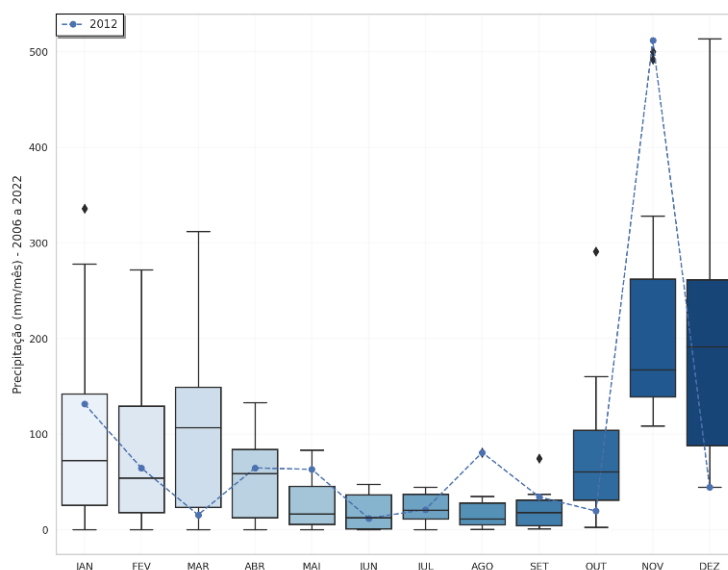


Figura 3 - Acumulado mensal para Teófilo Otoni, 2006 a 2022 (*boxplot*) e acumulado mensal, 2012 (tracejado)

Pela Figura 3 observa-se que os limites de precipitação para o mês de novembro são: inferior com 110,0 mm e superior com 327,0 mm. O primeiro quartil (Q1) representa o valor de 150,0 mm; o segundo quartil (Q2), 180,0 mm; e o terceiro quartil (Q3), 260,0 mm. Assim, o *boxplot* infere que no período de 2006 a 2022, 50% dos valores observados (mediana) estão acima e abaixo de 180,00 mm, sendo assimetricamente positivos. Por fim, foram observados para o período de 2006 a 2022 dois *outliers* de aproximadamente 500,0 mm, sendo o do próprio ano de 2012 e outro em 2008. Isto é confirmado pela linha tracejada, que representa a precipitação acumulada mensal do ano de 2012, que corresponde ao valor de 511,8 mm, enquanto o outlier de 2008 é da magnitude de 491,8 mm, confirmando assim que a chuva ocorrida em 2012 foi a maior observada nos meses de novembro dentre o período investigado.

Foram extraídos também dados de precipitação diária para o mês de novembro de 2012. Os resultados apontaram que apenas no dia 28 de novembro choveu 114,20 mm, sendo o maior registro diário daquele mês. A Prefeitura do município e a Defesa Civil relataram que o montante de 114,20 mm ocorreu em um período de apenas 02 (duas) horas e meia,



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS

05 a 07 de Junho



desencadeando enchentes em diversos bairros do município e sendo decretado estado de emergência (ESTADO DE MINAS, 2012).

Organizando os dados de precipitação acumulada mensal de 2006 a 2022 da EMS em porcentagem de incidência (%), identificou-se que no município de Teófilo Otoni, 57,1% das precipitações observadas foram da ordem de até 50,0 mm. Por sua vez, precipitações da intensidade de 500,0 mm ou maior representam apenas 1,5%, indicando uma baixa ocorrência.

Por fim, foi realizada a análise das anomalias de precipitação entre os dados observados da EMS de Teófilo Otoni em sua estação chuvosa de 2012/2013, com as informações extraídas da Normal Climatológica do INMET, do período de 1991 a 2020, conforme Figura 4 a seguir.

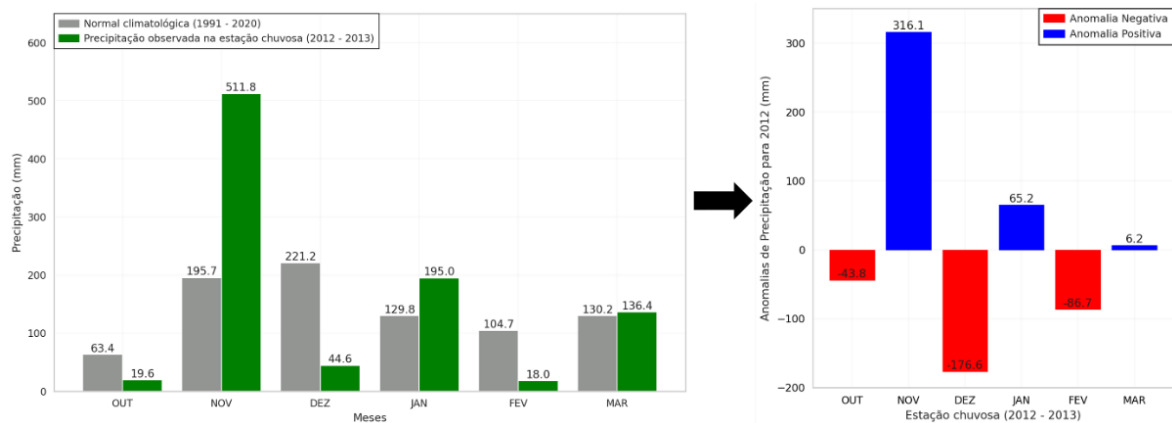


Figura 4 - Comparativo entre precipitação observada e Normal Climatológica (anomalias).

Com relação as anomalias mensais, foram encontrados valores negativos em 03 (três) dos 06 (seis) meses de estação chuvosa, sendo: outubro, dezembro e fevereiro, com destaque para dezembro, que choveu bem menos (-176,6 mm) do que o esperado. Entretanto, nos demais meses da estação chuvosa (novembro, janeiro e março) houve excesso de chuva, sobretudo no mês de novembro, registrando 316,1 mm a mais do que o esperado para o mês, deflagrando os referidos casos de alagamentos, deslizamentos de terra e inundações no município.

As causas destes registros em novembro são justificadas pelo Boletim Climanalise do INPE (BRASIL, 2012), onde no mês de novembro de 2012 houve um aumento da atividade convectiva. Naquele mês, ZCAS atuaram sobre o Brasil em 03 (três) episódios. Em todos, a banda de precipitação se concentrou sobre o norte da Região Sudeste e sul da Região Nordeste,



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS

05 a 07 de Junho



atingindo até a Região Norte do Brasil. Para este estudo, o episódio que ocasionou os extremos diários de maior intensidade ocorreu entre 25 e 28 de novembro, onde os máximos de precipitação foram também registrados no Rio de Janeiro, Espírito Santo, e no sudoeste da Bahia (BRASIL, 2012). Assim, a ocorrência destes volumes de precipitação alerta para um monitoramento adequado na prevenção de novos desastres naturais nestas áreas do país.

4. Conclusões

Os resultados obtidos foram advindos da comparação entre os dados diários e acumulados mensais da EMS do INMET do período de 2006 a 2022, com a Normal Climatológica também do INMET do período de 1991 a 2020. As análises apontaram que no mês de novembro de 2012 no município de Teófilo Otoni choveu um acumulado de 511,8 mm, onde deste total, 114,2 mm foram apenas no dia 28 de novembro. Com relação às anomalias, houve um predomínio de positivas nos meses de novembro, janeiro e março da estação chuvosa de 2012/2013 no município. Por fim, os resultados analisados foram confirmados pela ocorrência de ZCAS que atingiram sobretudo, o norte de Minas Gerais entre os dias 25 e 28 de novembro, deflagrando diversos eventos extremos e consequentes desastres naturais na região.

Desta forma, salienta-se a importância do adequado monitoramento climático para a detecção e alerta de risco de eventos extremos de chuvas nos municípios do Brasil, como importantes mecanismos na gestão e mitigação de desastres naturais em todo o país

Referências

ALMEIDA, R. A. **Modelagem hidrológica na Bacia do Rio Mucuri com a utilização do modelo SWAT**. 2016. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Acesso em: 07 mai. 2023.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. **Boletim Climanálise: novembro de 2012**. 2012. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index1212.shtml>. Acesso em: 07 mai. 2023.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: persistence, intensity, form, extreme precipitation and relationships with intraseasonal activity. **Journal of Climate**, v. 17, p. 88-108. 2004.

CARVALHO, W. **Hydrobr**. Disponível em: <https://github.com/wallissoncarvalho/hydrobr>. Acesso em: 07 mai. 2023.



IX SEMINÁRIO DE RECURSOS NATURAIS
XVII SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE E ENERGIAS RENOVÁVEIS

05 a 07 de Junho



- ESTADO DE MINAS. **Prefeitura de Teófilo Otoni decreta estado de emergência após enchente, 2012.** Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/11/29/interna_gerais,333248/prefeitura-de-teofilo-otoni-decreta-estado-de-emergencia-apos-enchente.shtml. Acesso em: 07 mai. 2023.
- FERRAZ, C. M. L.; ANDRADE, J. R.; COSTA, A. S. V. A previsibilidade climática e o planejamento hídrico: Análise preliminar sobre a pluviosidade em Teófilo Otoni/MG. In: **Workshop Internacional De Biorremediação De Áreas Contaminadas**, 1, SESMA, 11, 2016, Vila Velha. Anais... Vila Velha: [s.n.], 2016b.
- FERRAZ, C. M. L. **Inundações E Escorregamentos Em Teófilo Otoni, Minas Gerais: Uma Situação De Risco Ambiental Em Continuada Construção, Segundo Indicadores Geomorfológicos.** 2019. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2019.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM. **Portal dos Comitês: Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (MU1).** 2010. Acesso em: 07 mai. 2023.
- KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia.**, v.3, p.217-231,1988.
- LEM, S. et al. **The heuristic interpretation of box plots.** Learning and Instruction, v. 26, p. 22-35, 2013.
- MARTINS, M. L. Ocupação e desflorestamento numa área de fronteira: Vale do Mucuri, MG - 1890 a 1950. **Revista de História Regional**, Ponta Grossa, v. 15, n.1, p. 40-77, 2010. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/rhr/article/view/2361>>. Acesso em: 07 mai. 2023.
- PYTHON. **A Referência da Linguagem Python.** Disponível em: <https://docs.python.org/pt-br/3/reference/index.html>. Acesso em: 07 mai. 2023.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 17, p. 206-226, 2015. Acesso em: 07 mai. 2023.
- REBOITA, M. S.; MARIETTO, D.M.G.; SOUZA, A.; BARBOSA, M. Caracterização Atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia.** [S.l.], v. 21, ago. 2017.
- SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A. da. O uso do modelo box plot na identificação de anos padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014.
- SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais - MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 120-136, 2013.
- TEÓFILO OTONI (Município). **Teófilo Otoni: Sobre.** Teófilo Otoni, MG: Prefeitura Municipal de Teófilo Otoni, 2022. Disponível em: <https://teofilootoni.mg.gov.br/conheca-teofilo-otoni/>. Acesso em: 07 mai. 2023.
- TÔRRES, L. M. G.; CARVALHO, A. T. F. Variabilidades e regionalização dos totais pluviométricos anuais no Rio Grande do Norte entre os anos de 2000 e 2019. 2022. **Revista Brasileira De Climatologia**, 31(18), 73–97. <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15853>.
- XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v.36, n.6, p.2644-2659, 2016. <https://doi.org/10.1002/joc.4518>.