



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Escoamento em baixos níveis associado ao déficit de precipitação do verão 2019/2020 do município de Pelotas - RS

Maicon Moraes Santiago¹, Iulli Pitone Cardoso² e André Becker Nunes³

¹Mestrando em em Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológicos, Universidade Federal de Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, CEP 96010-610, ecom.macro@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7567-0688> (autor correspondente); ²Doutoranda em Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológicos, Universidade Federal de Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, CEP: 96010-610, Pelotas - RS, iulli.pitone@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-6492-5465>; ³Dr. em Meteorologia, Professor Associado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, CEP: 96010-610, Pelotas - RS, beckernunes@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4881-5810>.

Artigo submetido em 23/02/2021 e aceite em 29/07/2021

RESUMO

A ocorrência de déficit de precipitação pode provocar estiagem, acarretando prejuízos econômicos e desabastecimento para uma determinada região ou município. O estado do Rio Grande do Sul (RS) é atingido por diversos sistemas meteorológicos que influenciam em seus regimes de precipitação. No verão 2019/2020 foi observado uma brusca redução nos acumulados mensais de precipitação no município de Pelotas - RS, ocasionando problemas para seu abastecimento urbano, bem como impactando diretamente nas safras agrícolas. O principal transporte de umidade em grande escala é realizado pelo escoamento do vento em baixos níveis (850 hPa). Assim, este trabalho analisou, por meio de dados de reanálise do ERA5, se durante o período de dezembro de 2019 à março de 2020 ocorreu alguma alteração no escoamento climatológico que explique, mesmo que parcialmente, a anomalia negativa de precipitação. Observou-se que os quatro meses em estudo apresentaram alterações no escoamento em baixos níveis, na qual teve diminuída ou eliminada a sua componente de norte, indicando a diminuição da contribuição de umidade vinda da Amazônia, colaborando para valores de umidade e água precipitável menores que o normal.

Palavras-chave: Estiagem, ERA5, Anomalia de precipitação.

Flow at levels associated with the 2019/2020 summer precipitation deficit in the municipality of Pelotas - RS

ABSTRACT

The occurrence of rainfall deficit can cause drought, leading to economic losses and shortages for a given region or city. The State of Rio Grande do Sul (RS), Brazil, is reached by several meteorological systems that influence its precipitation rates. In the summer of 2019/2020 a sharp reduction of monthly precipitation rates in the municipality of Pelotas - RS was observed, causing problems for its urban water supply, as well as directly impacting agricultural crops. The main large scale transport of moisture is carried out by the low levels (850 hPa) wind flow. Thus, this study analyzed, using ERA5 reanalysis data, whether during the period from December 2019 to March 2020 there was any change in the climatological flow that explains, even partially, the negative precipitation anomaly. It was observed that these four months showed changes at low levels flow, presenting its northern component decreased or eliminated, leading to a decrease of the contribution of amazonian moisture, which resulted in lower than normal values of humidity and total column rain water.

Keywords: Drought, ERA5, Rainfall Anomaly.

Introdução

O estudo das oscilações climáticas é de suma importância para a economia de uma região, já que influencia diretamente em conflitos econômicos, culturais e políticos (Limberger e Silva, 2016; Cordeiro et al, 2019; Mendonça, 2021), podendo interferir diretamente nas atividades que ali são desenvolvidas principalmente porque geralmente há alterações nos regimes de precipitação. Com isso, devido a esta grande importância, estudos que envolvem as condições climáticas e suas alterações nos últimos anos são fundamentais para compreender sua dinâmica e possíveis impactos que possam vir a ocorrer (Cera e Ferraz, 2015). A precipitação é considerada uma variável de suma importância em termos de estudos climáticos (Santos et al., 2021), já que implica diretamente na qualidade ambiental, e suas oscilações são fundamentais em termos de quantificação e monitoramento do ciclo hidrológico (Britto et al., 2008), além de condicionar os ciclos agrícolas (Junges, 2018) e outras atividades humanas (Gonçalves e Back, 2018). Além disso, eventos severos de precipitação podem acarretar em prejuízos econômicos e sociais, como por exemplo, na agricultura (Braz et al., 2017).

Devido a sua grande extensão o Brasil apresenta diferentes regimes de precipitação. No geral, na região sul do Brasil a precipitação não possui grande variação entre as estações (Almeida et al., 2015), porém é caracterizada pela grande quantidade de sistemas meteorológicos que atuam nesta região, o que culmina em condições adversas de tempo (Cardoso et al., 2020b). O estado do Rio Grande do Sul (RS) apresenta heterogeneidade espacial, com a metade norte apresentando acumulados maiores que a metade sul. Entre os fatores que concernem a precipitação no RS estão: 1) sistemas frontais que se deslocam do Pacífico; 2) ciclones e frentes frias que se desenvolvem sobre o sul do Brasil, sul do Paraguai e Uruguai; 3) complexos convectivos de mesoescala (CCMs); 4) sistemas ciclônicos em níveis médios (vórtice invertida); e 5) bloqueios atmosféricos, brisas e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sendo este último de maneira indireta (Reboita et al., 2010). O fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) influencia no regime de precipitação do RS, com chuva acima da média em anos de El Niño

e abaixo da média em anos de La Niña (Grimm et al, 1998; Britto et al., 2008;). Tal relação também se observa, embora com menos clareza, com relação a eventos extremos de precipitação, ou seja, em anos de El Niño se espera, no geral, um aumento de casos de eventos extremos no sul do país (Nunes e Da Silva, 2013; Pereira e Nunes, 2018).

Períodos de seca geralmente culminam em impactos negativos no âmbito ambiental, agrícola e econômico (Nascimento et al., 2021). A ocorrência de eventos de estiagem no estado do RS gera bastante preocupação para os produtores agrícolas, já que a precipitação é uma variável climática que afeta diretamente a agricultura, um dos setores que impulsionam a economia do estado junto com a pecuária (Rio Grande do Sul, 2020). A queda da produtividade no RS da soja, por exemplo, está intimamente relacionada com os regimes irregulares de precipitação, tendo relação direta com o fenômeno ENOS (Arsego et al., 2018). De acordo com Cardoso et al. (2020a), as estiagens que mais impactaram o RS em termos agrícolas foram as que ocorrem nas safras de 2004/2005, 2011/2012 e 2019/2020, sendo que essa última trouxe prejuízos de 36,1 bilhões para a economia do estado (Barbosa, 2020). De acordo com Black (2020) e Franz et al. (2021) na primeira metade de 2020, a economia gaúcha sofreu não só com os impactos da estiagem, como também pela pandemia causada pela Covid-19.

Além dos impactos na agricultura, a estiagem pode impactar diretamente na disponibilidade hídrica para abastecimento público. Em 2020, a Barragem Santa Bárbara, responsável por boa parte do abastecimento de Pelotas, no sul do estado, atingiu o recorde de 3,76 metros abaixo do nível esperado para captação, sendo esta considerada a maior seca desde a construção da barragem (Diário Popular, 2020). Sendo assim, foi decretada situação de emergência no município tendo em vista tamanhos impactos ocasionados por esta estiagem (Mengue, 2020) Outro fator sempre inerente aos períodos de seca é o favorecimento de focos de queimadas, conforme apresentado, por exemplo, em Rodrigues et al. (2018).

Considerando os impactos causados pela estiagem durante o verão de 2019/2020, o presente estudo teve como objetivo analisar as mudanças do escoamento de grande escala em baixos níveis

associadas ao verão seco de 2019/2020 no município de Pelotas, e verificar se estas mudanças, como o transporte de umidade e calor vindo da Amazônia para região sul e sudeste brasileiro, contribuíram ou não para a manifestação do verão seco.

Material e métodos

O sudeste do estado do Rio Grande do Sul (RS) possui 24 municípios (FEE, 2017), dentre eles Pelotas (Figura 1), que está localizado nas coordenadas 31° 20'S a 31° 48'S e 52° 00'O a 52° 36'O. Pelotas está inserido no bioma Pampa (IBGE, 2020), e de acordo com classificação climática de Köppen, o clima do município é do tipo "Cfa", temperado úmido com verões quentes (Boeira et al., 2020).

Foram utilizados dados de precipitação (acumulados mensais) da estação agroclimatológica do convênio entre a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e a UFPEL (Universidade Federal de Pelotas) (31°52'00"S; 52°21'24"O), cujo dados estão disponíveis no site do INMET (Instituto Nacional

de Meteorologia). A análise da provável anomalia de precipitação foi feita com base na normal climatológica de 1981-2010, em que considerou-se como anomalia os dados de precipitação maiores (em módulo) que o desvio padrão.

Constatadas as anomalias, foram analisados os seguintes campos meteorológicos mensais: escoamento em linhas de corrente (LC), umidade relativa do ar (UR), água precipitável (AP) e anomalia de divergência da umidade integrada na vertical (ADIUMIV). Os campos foram obtidos dos dados de reanálise do ERA5 (HERSBACH et al., 2020) do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) com resolução espacial de 0.25°, resolução temporal de 1 hora e 137 níveis verticais. Os campos nomeados por anomalia se referem a diferença entre o campo dos meses em estudo e suas respectivas normais climatológicas. Haja vista que boa parte do transporte de calor e umidade ocorre em baixos níveis, os campos de anomalia de escoamento em 850 hPa tendem a ser muito úteis para a análise de eventos extremos (Bezerra e Nunes, 2017; Jacondino et al. 2019).

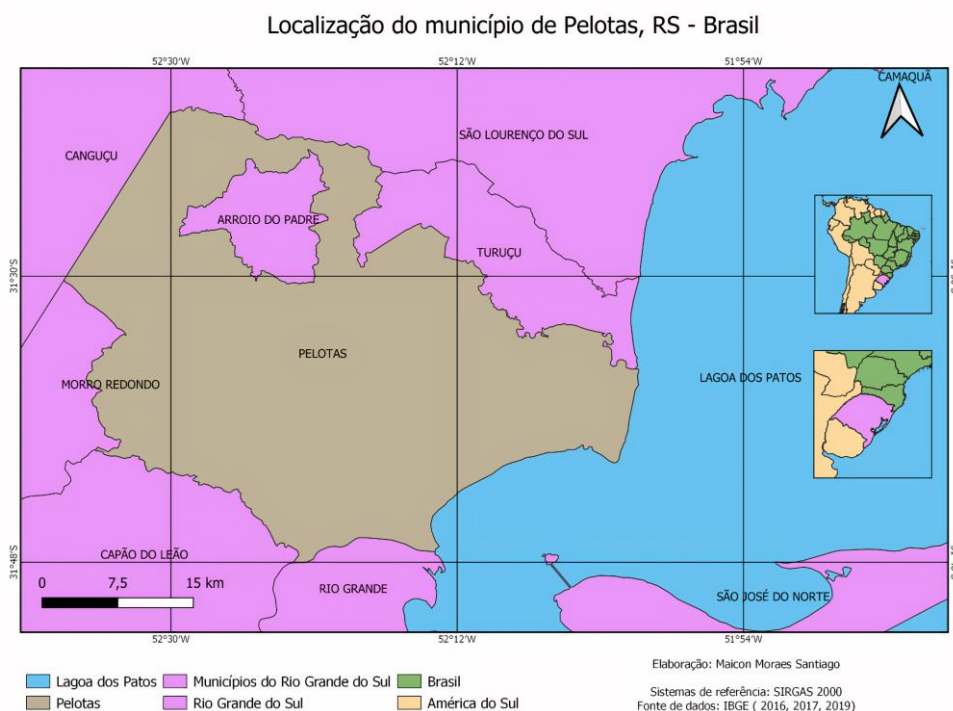


Figura 1. Localização do município de Pelotas, RS – Brasil.

Resultados e discussão

Na Figura 2 é analisada a precipitação acumulada dos meses de abril de 2019 até março de 2020 do município de Pelotas em relação a sua normal climatológica, com base nos dados da estação Embrapa/UFPEL. É notado na Figura 2 que nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março houve menor precipitação do que o normal, equivalente a 71,23% a menos de precipitação para o mesmo período quando comparado com sua normal climatológica. Com uma precipitação de 147,8 mm na totalidade deste período, há evidências de que estes meses tiveram deficit de precipitação, podendo ser considerado como um período de seca, já que a precipitação esteve constantemente inferior a precipitação média ocorrida no período, durante um intervalo de tempo maior que um mês (Noronha, 2016).

Através da comparação entre os deficits de precipitação dos meses do verão 2019-2020 e seus respectivos desvios padrão verificou-se que todos os meses foram anômalos (Tabela 1). Os meses de janeiro e fevereiro foram os mais deficitários, situação esta que converge com os resultados obtidos por Cardoso et al. (2020a), onde o mês de fevereiro se apresentou como um dos meses com maior ocorrência de desvio negativo de precipitação nas safras de 2004/2005, 2011/2012 e 2019/2020 do RS. Os resultados também concordam com os obtidos por Fernandes et al. (2021), que também observou um evento de seca para o sul do Brasil no período de 2019/2020, sendo o primeiro trimestre de 2020 considerado o mais crítico.

Gross e Cassol (2015) identificaram que a maior ocorrência de anomalias negativas de precipitação, no período de 2002 a 2012 no RS, podem estar associadas a La Niña. Entretanto, de acordo com Aguiar (2005), não é somente em anos de La Niña que o RS apresenta estiagens. Em anos neutros, ou seja, quando não se manifesta o fenômeno ENOS, o RS já sofreu perdas nas safras devido ao déficit de precipitação. No caso do presente estudo, este se enquadra nesta situação de neutralidade (NOAA, 2019).

Nas safras do RS de 2004/2005 e 2011/2012, estudadas por Cardoso et al. (2020a), Pelotas esteve também com deficit de precipitação em seu verão. Referente ao verão 2019/2020 no mês de novembro de 2019, a precipitação ficou aproximada dos valores da normal climatológica em praticamente todo o RS

(Cardoso et al., 2020a). Na safra 2004/2005, o deficit esteve entre 250 mm a 200 mm e, na safra 2011/2012, variando em torno de 200 mm. Sendo assim, os 366 mm de deficit de precipitação acumulados de dezembro de 2019 a março de 2020 (Tabela 1) foram mais agravantes do que quando comparado com os períodos anteriormente citados.

No âmbito climatológico, o mês de dezembro é caracterizado por possuir sobre a região de Pelotas um escoamento de sudoeste em baixos níveis, entre um anticiclone e um cavado sobre o oceano Atlântico de acordo com a normal climatológica de LC em 850 hPa (Figura 3A). Porém, em 2019, o escoamento foi de oeste, sendo mais zonal e intenso (Figura 3B), sem a presença do anticiclone sobre o Uruguai, e diminuição de umidade em todo o RS (Figura 4A). É observada leve queda de água precipitável neste mês (Figura 4B) e observou-se maior divergência de umidade no campo de ADIUMIV (Figura 4C) o que concorda com a diminuição de UR em Pelotas e no RS.

No mês de janeiro de 2020 o escoamento ocorreu de sudoeste (Figura 5B), enquanto a normal indica vento de norte em 850 hPa (Figura 5A). Esta mudança pode ter causado a redução da UR, pois fluxos de norte são associados a transporte de calor e umidade da Amazônia para região sul/sudeste da América do Sul (Marengo et al., 2004), no qual o território do RS se encontra. Essa contribuição de umidade é promovida pela intensa evapotranspiração da Amazônia (Marengo et al., 2004) e frequentemente está associada à precipitação intensa sobre o RS (Caballero et al. 2018; Dorneles et al. 2020). Em oposição a queda de UR (Figura 6A) não houve anomalia de AP (Figura 6B), mas observou-se grande aumento de divergência de umidade (Figura 6C). Assim, como ocorrido no estudo de Zolina et al. (2017), essa diferença de comportamento entre AP e ADIUMIV pode ser um indício que a umidade sobre o RS se deslocou para outra região.

Em fevereiro de 2020 o escoamento em baixos níveis se manteve de norte (Figura 7B) assim como indica a normal climatológica da LC deste mês (Figura 7A) sobre o RS. Entretanto, o escoamento se torna de leste sobre Pelotas e sua origem não é da região amazônica, mas sim de um anticiclone sobre a costa de Santa Catarina. Em oposição ao deficit de precipitação deste mês, houve leve anomalia positiva de UR em 850 hPa (Figura 8A) mas a AP sofreu redução (Figura 8B) e ADIUMIV possuiu alta

divergência (Figura 8C), corroborando assim com a diminuição da precipitação. Desta forma, como a AP é, para fins práticos, o potencial de vapor d'água disponível para precipitação (Benwell, 1965 apud

Marques et al., 1979) conjectura-se que o anticiclone tenha provocado a redução de AP.

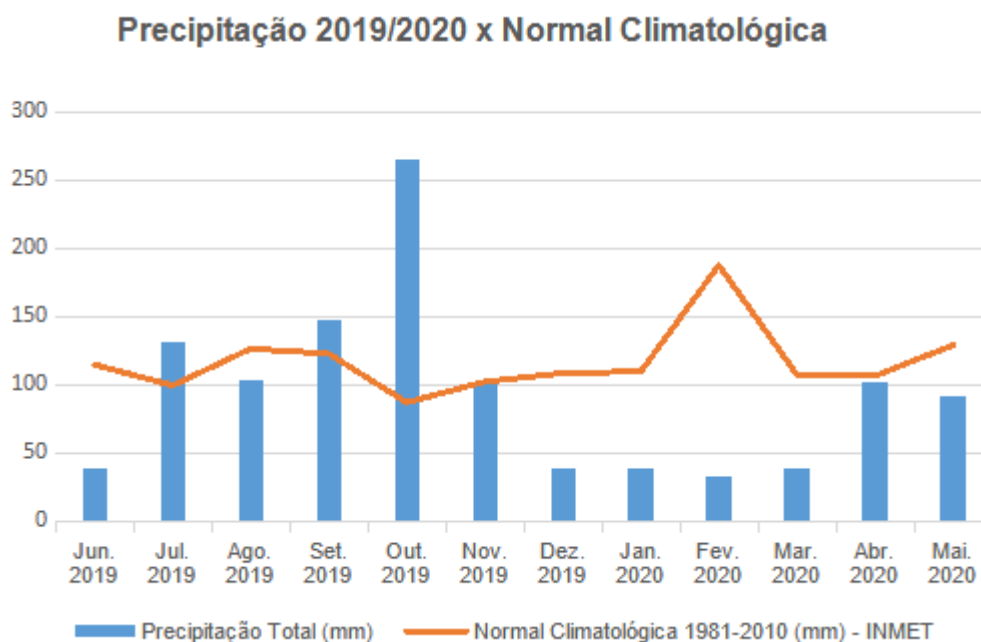


Figura 2. Precipitação no município de Pelotas de junho de 2019 a maio de 2020 (barras) e a normal climatológica (linha).

Tabela 1. Meses anômalos do verão 2019/2020 de Pelotas - RS

Mês/Ano	Deficit de precipitação (mm)	Desvio padrão (mm)
Nov. 2019	0,6	75,83
Dez. 2019	70,3	68,89
Jan. 2020	71,3	66,57
Fev. 2020	155,6	101,28
Mar. 2020	68,8	66,97

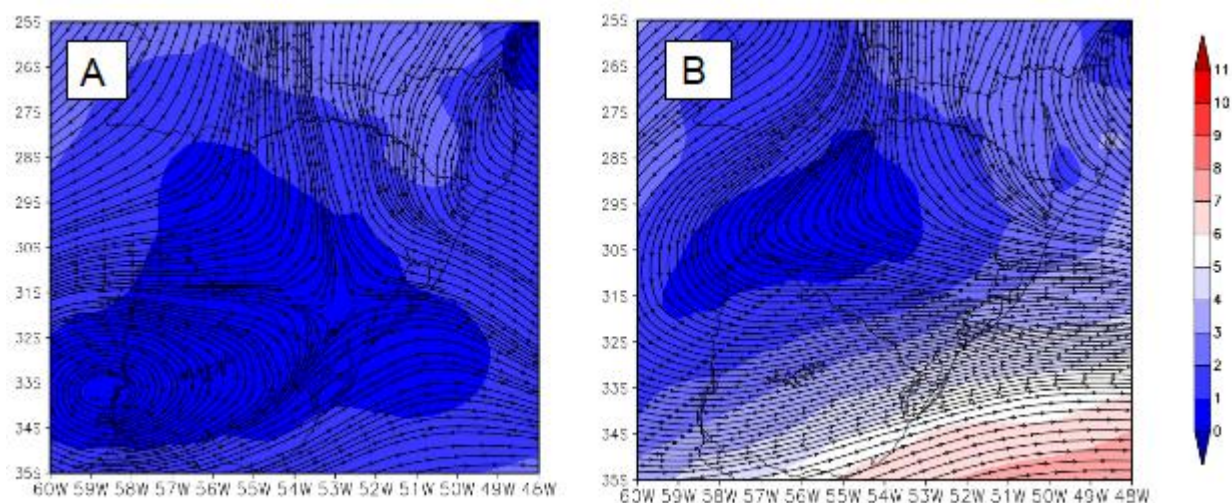


Figura 3. a) Normal climatológica (1981-2010) de LC em 850hPa em dez, b) LC em 850hPa em dez de 2019.

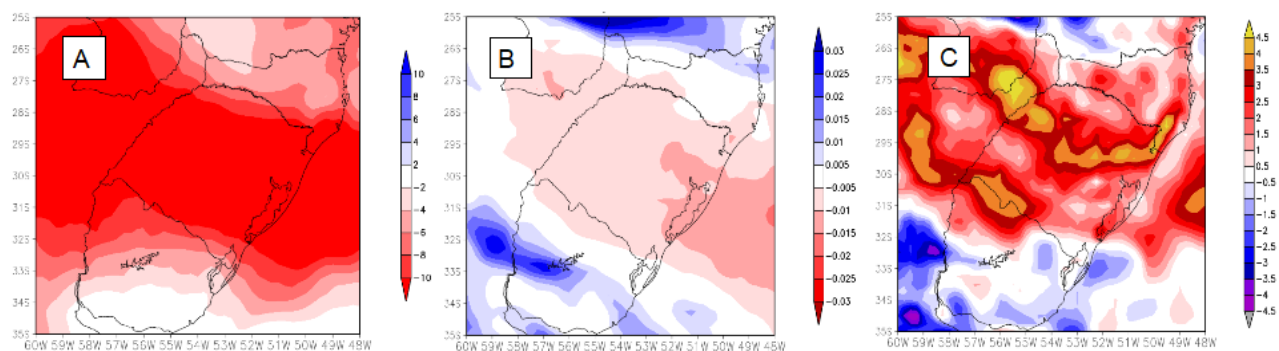


Figura 4. a) Anomalia de UR em 850hPa em dez de 2019. b) Anomalia de AP em dez de 2019. c) ADIUMIV em dez de 2019.

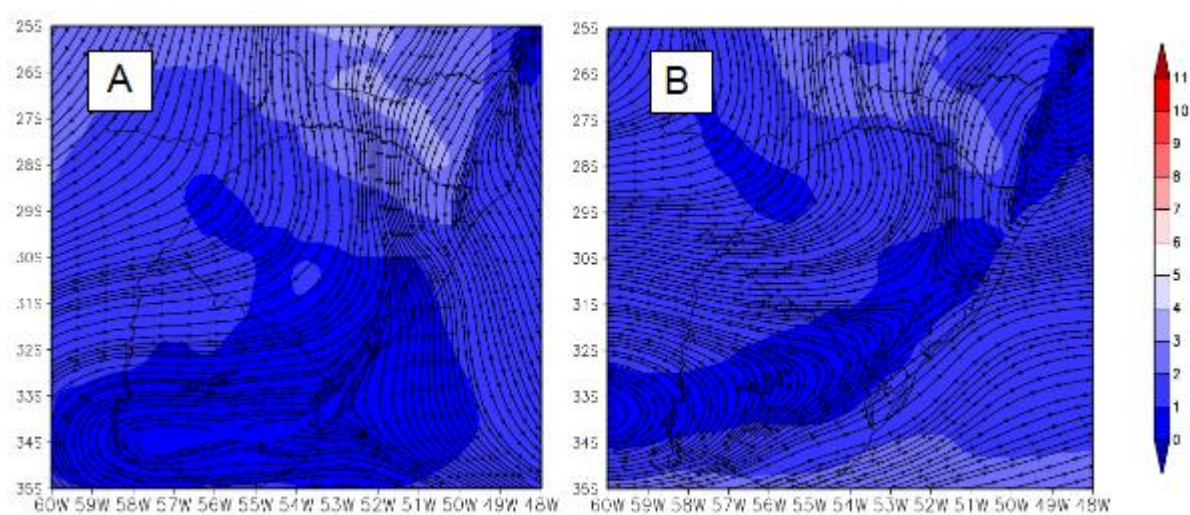


Figura 5. a) Normal climatológica (1981-2010) de LC em 850hPa de jan, b) LC em 850hPa em jan de 2020.

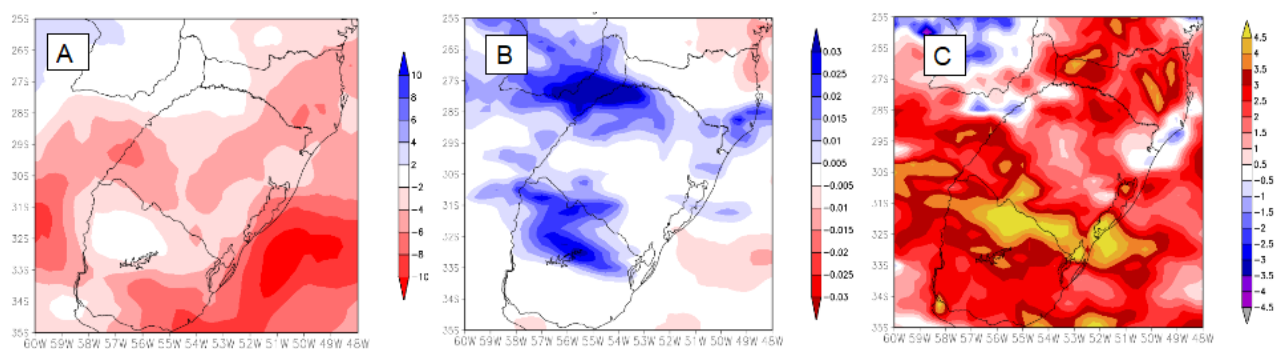


Figura 6. a) Anomalia de UR em 850 hPa em jan 2020. b) Anomalia de AP em jan de 2020. c) ADIUMIV em jan de 2020.

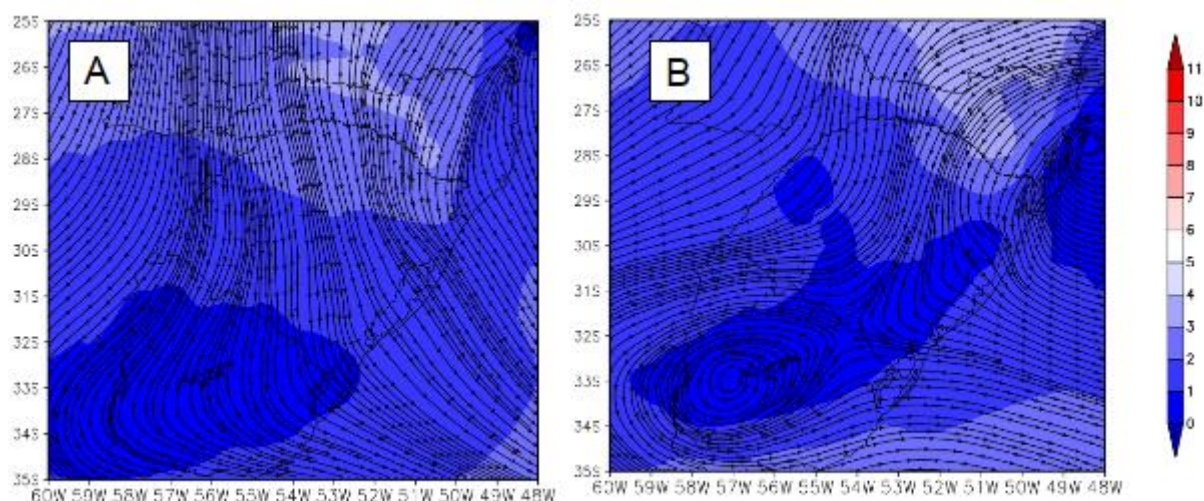


Figura 7. a) Normal climatológica de LC em 850hPa de fev, b) LC em 850hPa em fev de 2020.

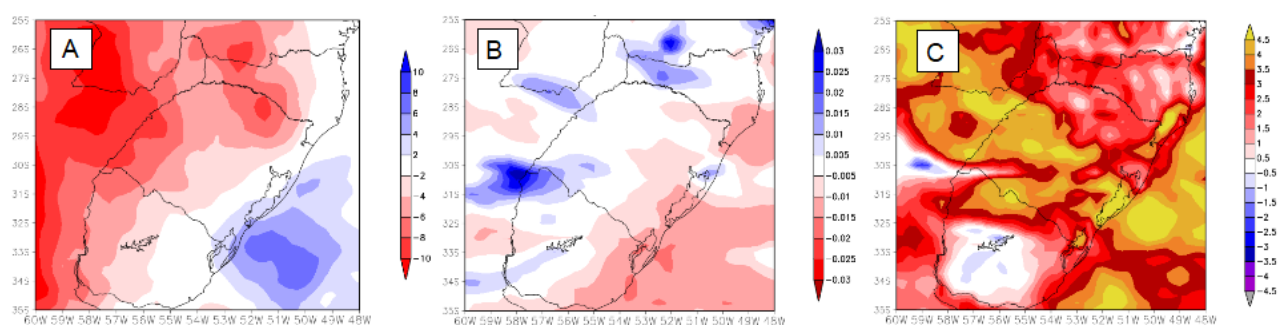


Figura 8. a) Anomalia de UR em 850 hPa em fev de 2020, b) Anomalia de AP em fev de 2020, c) ADIUMIV em fev de 2020.

O mês de março normalmente possui escoamento de baixos níveis de norte (Figura 9A), mas em 2020 sucedeu de leste devido a existência de um cavado sobre a Lagoa dos Patos (Figura 9B). Ocorreu redução de UR em Pelotas e no RS (Figura 10A), em acordo com a AP (Figura 10B) e ADIUMIV, pois a AP também sofre redução e ADIUMIV demonstra aumento da divergência na Figura 10C.

Em primeira análise, despontou o indício de que o cavado poderia ter promovido a queda de UR e AP, entretanto, essa hipótese não é necessariamente verdadeira, já que cavados são extensões de centros de baixa pressão, como ocorrido por exemplo em Coelho et al. (2020), assim, se associando à instabilidade.

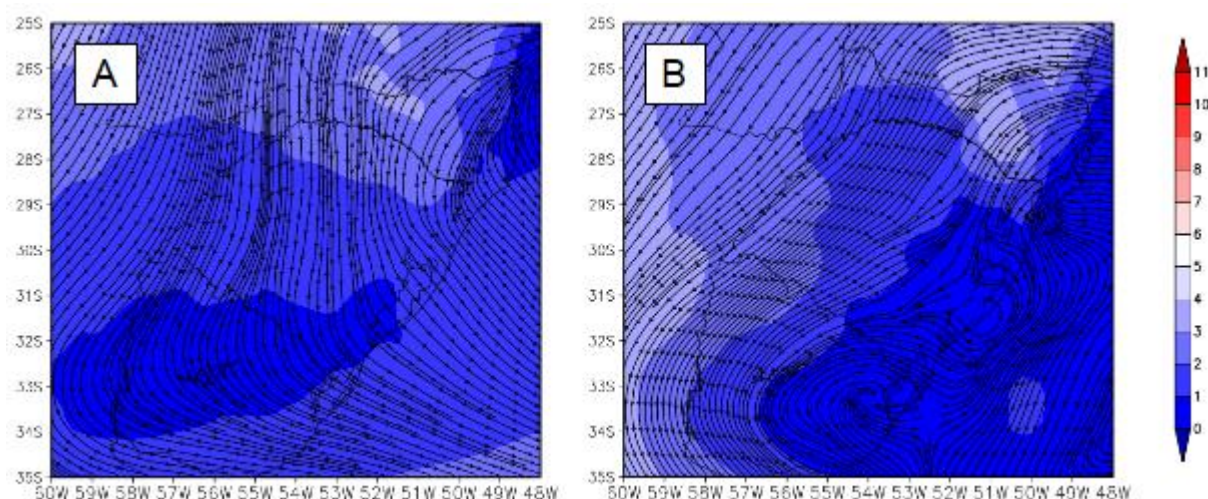


Figura 9. a) Normal climatológica (1981-2010) de LC em 850hPa de mar, b) LC em 850hPa em mar de 2020.

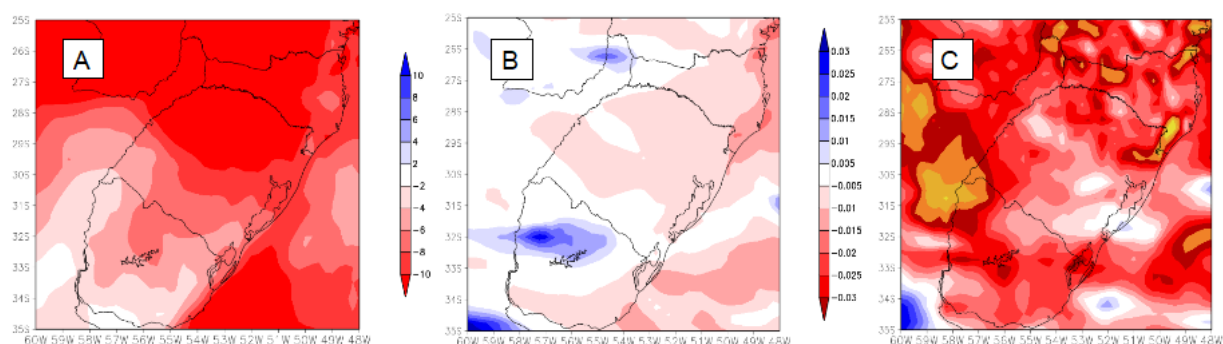


Figura 10. a) Anomalia de UR em 850 hPa em mar. de 2020, b) Anomalia de AP em mar. de 2020, c) ADIUMIV em mar. de 2020.

Conclusões

O objetivo deste trabalho foi analisar as alterações no escoamento de baixos níveis associadas ao verão de déficit de precipitação em Pelotas-RS. Por meio de dados mensais de reanálise do ERA5 observou-se leve alteração no escoamento e redução da umidade relativa em dezembro de 2019. No mês de janeiro de 2020 o escoamento médio foi de sudoeste ao invés de norte como esperado, o que pode ter influenciado na menor quantidade de precipitação, tendo em vista que a Amazônia é fonte de calor e umidade para o RS. Observou-se escoamento de norte em fevereiro

de 2020, mas originado de um anticiclone sobre Santa Catarina e não da Amazônia. Em março de 2020 a presença de um cavado próximo ao município alterou o escoamento climatológico de norte para leste, interrompendo a contribuição de umidade da Amazônia. Por meio do presente estudo, é possível inferir que provavelmente um sistema meteorológico não pode ser considerado o responsável principal pelo déficit de precipitação no verão 2019/2020 de Pelotas, mas sim um conjunto deles dada as alterações no escoamento médio em baixos níveis. Buscando um aprofundamento sobre que sistemas

meteorológicos influenciaram no déficit de precipitação no verão 2019/2020 de Pelotas, se propõe como trabalho futuro uma análise do escoamento em altos níveis.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pelotas (PPGRH – UFPel) com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), financiamento com código 001, pelo auxílio financeiro fornecido ao 1º e 2º autor.

Referências

- Almeida, R.A., Pereira, S.B., Coelho, C.D., & Souza, D.A.N., 2015. Nota Técnica: Precipitação Pluvial Média Mensal e Anual nas Regiões Político-Administrativas do Brasil. Engenharia na Agricultura, n° 23, v. 2, p. 169-175. DOI: 10.13083/1414-3984/reveng.v23n2p169-175.
- Aguiar, R., 2005. Estiagem: como conviver com esse fenômeno. Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável. Porto Alegre, v.1, n.4.
- Arsego, D.A., Ferraz, S.E.T., Streck, N.A., Cardoso, A.O., Zanon, A.J., 2018. Estudo do impacto de diferentes índices associados ao El Niño Oscilação Sul na produtividade da soja no Rio Grande do Sul. Ciência e Natura, v. 40, 82-87. DOI: 10.5902/2179460X30684.
- Barbosa, F., 2020. Seca causou prejuízo de mais de R\$ 36 bilhões para a economia do RS, aponta Farsul [Online]. Globo Rural, Brasil, 24 jun. 2020. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2020/06/seca-causou-prejuizo-de-mais-de-r-36-bilhoes-para-economia-do-rs-aponta-farsul.html>. Acessado em: 17 jan. 2020.
- Bezerra, J.M., Nunes, A.B., 2017. Anomalias de circulação atmosférica de baixos níveis do verão (2013-2014) anormalmente quente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 40, 93-101. DOI: http://dx.doi.org/10.11371/2017_1_93_101.
- Black, C., 2020. A economia gaúcha no primeiro semestre de 2020: Desaceleração cíclica e dois choques. Revista Estudos de Planejamento, n. 16, 2-25.
- Boeira, L.S., Neto, M.B., Neves, L.A., Terra, V.S., Collares, G.L., 2020. Evapotranspiração de referência pelo método Penman-Monteith em anos de ENOS para microrregião de Pelotas-RS. Irriga, Botucatu, 25, 537-548.
- Braz, D.F., Pinto, L.B., Campos, C.R.J., 2017. Ocorrência de eventos severos em regiões agrícolas do Rio Grande do Sul. Geociências, 36, 89-99.
- Britto, F.P., Barletta, R., Mendonça, M., 2008. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 3, 83-99. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.V2i0.25385>.
- Caballero, C.B., Ogassawara, J.F., Dorneles, V.R., Nunes, A.B., 2018. A precipitação pluviométrica em Pelotas/RS: tendência, sistemas sinóticos associados e influência da ODP. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n.4, 1429-1441 DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.4.p1429-1441>.
- Cardoso, L.S., Junges, A.H., Tazzo, I.F., Verone, F., Tarouco, A. K., Oliveira, A.M.R., Bremm, C., 2020a. Análise da estiagem na safra 2019/2020 e impactos na agropecuária do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA.
- Cardoso, C.S., Quadro, M.F.L., Bonetti, C. Persistência e abrangência dos eventos extremos de precipitação no Sul do Brasil: Variabilidade espacial e padrões atmosféricos. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, n. 2, 219-231, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786352031>.
- Cera, J.C., Ferraz, S.E.T., 2015. Variações climáticas na precipitação do Sul do Brasil no clima presente e futuro. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 30, n. 1, 81-88. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-778620130588>.
- Coelho, W.F.; Calvetti, L.; Beneti, C. E Mello, P. A., 2020. Estudo Observacional de Duas Linhas de Instabilidade Utilizando Proxies de Refletividade. Anuário do Instituto de Geociências. Rio de Janeiro, Vol. 43 - 1 / 2020, 71-84. DOI: https://doi.org/10.11137/2020_1_71_84.
- Cordeiro, A.P.A., Alves, R.C.M., Rocha, M.B., 2019. Caracterização agroclimática de Bagé,

- RS. Agrometeoros, v. 27, n. 2, 293-309. DOI: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v27i2.26470>.
- Diário Popular, 2020. Estiagem histórica afeta a qualidade da água [online]. Pelotas, mai. 2020. Disponível em: <https://www.diariopopular.com.br/geral/estiagem-historica-afeta-a-qualidade-da-agua-150992/>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- Dorneles, V.R.; Riquetti, N.B.; Nunes, A.B., 2020. Forçantes dinâmicas e térmicas associadas a um caso de precipitação intensa sobre o Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, n. 16, 220-232. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.58162>.
- FEE. Fundação de Economia e Estatística, 2017. RS Político. In: _____. Atlas FEE. Porto Alegre. Disponível em: <http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/geral/rs-politico/>. Acesso em: 14 de junho de 2020.
- Fernandes, V.R., Cunha, A.P.M.A., Pineda, L.A.C., Leal, K.R.D., Costa, L.C.O., Broedel, E., França, D.A., Alvalá, R.C.S., Selichi, M.E., Marengo, J., 2021. Seca e os impactos na região Sul do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 28.
- Franz, J.C., Vargas, L.P., Gomes, M.C., Ávila, F.D., Lourenson, A.P., Souza, T.P., 2021. Observatório da problemática da seca e do Covid-19 na agricultura familiar na região Sul do RS: relatório do projeto de extensão. Expressa Extensão, v. 26, n. 1, 109-120. DOI: <https://doi.org/10.15210/ee.v26i1.19604>.
- Gonçalves, F.N., Back, A.J., 2018. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. Revista de Ciências Agrárias, v. 41, n. 3, 592-602. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17204>.
- Grimm, A.M.; Ferraz, S.E.T.; Gomes, J., 1998. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. Journal of Climate, v. 11, 2863-2880. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1998\)011<2863:PAISBA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1998)011<2863:PAISBA>2.0.CO;2).
- Gross, J.A.; Cassol, R., 2015. Ocorrências de índices de anomalia de chuva negativos no estado do Rio Grande do Sul. Revista Geográfica Acadêmica, 9, 21-33.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., Chiara, G., Dahlgren, P., Dee, D., Diamantakis, M., Dragani, R., Flemming, J., Forbes, R., Fuentes, M., Geer, A., Haimberger, L., Healy, S., Hogan, R. J., Hólm, E., Janisková, M., Keeley, S., Laloyaux, P., Lopez, P., Lupu, C., Radnoti, G., Rosnay, P., Rozum, I., Vamborg, F., Villaume, S., Thépaut, J.N. The ERA5 global reanalysis., 2020. The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 146, 1999–2049. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Panorama. Brasil. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pelotas/panorama>. Acesso em: 02 jun 2020.
- Jacondino, W.D, Nascimento, A.L.S., Nunes, A.B, Conrado, H., 2019. Análise sinótica do mês de Abril de 2018 na região Sul do Brasil: Episódio de calor extremo. Revista Brasileira de Climatologia, v. 25, 182-203. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.60992>.
- Junges, A.H., 2018 Caracterização climática da temperatura do ar em Veranópolis, Rio Grande do Sul. Agrometeoros, v. 26, n. 2, 299-306. DOI: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v26i2.26411>
- Limberger, L., Silva, M.E.S., 2016. Precipitação da bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. Geosp- Espaço e Tempo, v. 20, n. 3, p. 657-675. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.21790892.geosp.2016.105393>.
- Marengo, J.A., Soares, W.R., Saulo, C., Nicolini, M., 2004. Climatology of the low-level jet east of the andes as derived from the ncep-ncar reanalyses: Characteristics and temporal variability. Journal of climate, v. 17, n. 12, 2261–2280. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2).
- Mendonça, F., 2021. Mudanças climáticas globais: controvérsias, participação brasileira e desafios à ciência. Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, 1, 1-28.
- Mengue, A., 2020. Pelotas decreta situação de emergência devido à estiagem. Prefeitura de Pelotas. Disponível em: <https://>

- www.pelotas.com.br/noticia/pelotas-decreta-situacao-de-emergencia-devido-aestiagem. Acesso em: 25 jun 2021.
- Marques, J., Santos, J. M., Salati, E., 1979. O armazenamento atmosférico de vapor d'água sobre a região Amazônica. *Acta Amazônica*, ed. 9, v. 4, 715-721. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921979094715>.
- Nascimento, M.B., Silva, A.F., Martildes, J.A.L., Paiva, W., Santos, L.L., 2021. Proposta de nova classificação pluviométrica por meio da avaliação dos índices de severidade da seca na região de Itaporanga-PB. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 28, 266-284. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v28i0.75405>.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019. El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion [online] Maryland. Disponível em: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensodisc_nov2019/ensodisc.shtml. Acesso em: 09 nov. 2020.
- Noronha, G.C., Hora, M.A.G.M.; Silva, L.P., 2016. Análise do Índice de Anomalia de Chuva para a Microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. *Revista Brasileira Meteorologia*, São Paulo, v. 31, n. 1, 74-81. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-778620140160>.
- Nunes, A.B., Da Silva, G.C., 2013. Climatology of extreme rainfall events in eastern and northern Santa Catarina State, Brazil: present and future climate. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 31, 413-425. DOI: <http://dx.doi.org/10.22564/rbgf.v31i3.314>.
- Pereira, R.S., Nunes, A.B., 2018. Estudo climático dos eventos de precipitação associados a alagamentos urbanos no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, p. 2010-2017. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.6.p2010-2017>.
- Reboita, M.S.; Gan, M.A.; Rocha, R.P., Ambrizzi, T., 2010. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, 185-204. DOI: <https://doi.org/10.1590/S010277862010000200004>.
- Rio Grande do Sul, 2020. Participação no PIB do Brasil [online]. Porto Alegre. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/participacao-do-pib-estadual>. Acesso em: 14 dez. 2020
- Rodrigues, J.A., Libonati, R., Peres, L.F., Setzer, A., 2018. Mapeamento de áreas queimadas em unidades de conservação da Região Serrana do Rio de Janeiro utilizando o satélite Landsat-8 durante a seca de 2014. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, 318-327. DOI: https://doi.org/10.11137/2018_1_318_327.
- Santos, P. H. A. B., Delfino, O.A.S., Santos, R.V.R., Nascimento, M., 2021. Adjustment of a time series model to predict rainfall. *Research Society and Development*, v. 10, n. 6, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15643>.
- Zolina, O.; Dufour, A.; Gulev, S. K.; Stenchikov, G., 2017. Regional hydrological cycle over the Red Sea in ERA-Interim. *Journal of Hydrometeorology*, v. 18, 65-83. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0048.1>.