



Estudo climatológico para análise de anomalia no evento de estiagem para o verão de 2021/22 em Jaguarão-RS

Larissa Aldrighi da Silva¹, Diovana da Silva Guterres², Diuliana Leandro, Larissa Medianeira Bolzan³, André Becker Nunes⁴, Gabriel Borges dos Santos⁵, Anderson Gabriel Corrêa⁶

¹Universidade Federal de Pelotas, e-mail: larissa.aldrighi@gmail.com, ²Universidade Federal de Pelotas e-mail: guterresdiovana@gmail.com, ³Professora do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), atualmente coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, é membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCamb-UFPel). E-mail: diuliana.leandro@gmail.com, ⁴Professora Adjunta do Curso Superior de Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Professora Colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCamb/UFPel). E-mail: larissambolzan@gmail.com, ⁵Universidade Federal de Pelotas, e-mail: beckernunes@gmail.com Possui graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária e mestrado em Recursos Hídricos pela UFPel. Atualmente é aluno de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos - UFPel., e-mail: gabrielwxsantos@hotmail.com, ⁶Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Pelotas, e-mail: andersoncorrea560@gmail.com

Artigo recebido em 17/10/2024 e aceito em 04/04/2025

RESUMO

O avanço das mudanças climáticas tem intensificado a ocorrência de eventos extremos, como estiagens prolongadas, que afetam diretamente comunidades rurais dependentes da estabilidade hídrica para atividades agropecuárias. No município de Jaguarão, localizado no extremo sul do Rio Grande do Sul, a estiagem registrada no verão de 2021/2022 gerou impactos socioeconômicos significativos, evidenciando a necessidade de estudos que identifiquem anomalias climáticas e seus efeitos locais. O objetivo deste trabalho foi analisar a ocorrência de anomalia de precipitação associada à estiagem nesse período, bem como avaliar seus impactos sobre o território municipal. A metodologia envolveu a coleta de dados pluviométricos da estação Aceguá, via plataforma HidroWeb (ANA), com série histórica de 2000 a 2022. Foram calculadas médias mensais, desvios padrão e comparações com os valores observados entre outubro/2021 e janeiro/2022. Também foram analisados campos meteorológicos de reanálise ERA5, utilizando o software GrADS, para identificar padrões atmosféricos que contribuíram para o evento. Os dados foram complementados com informações oficiais da Defesa Civil e relatórios técnicos da prefeitura e da Emater/RS. Os resultados indicaram uma redução de 43,3% na precipitação esperada para o período, com anomalias identificadas nos meses de outubro e dezembro. O impacto econômico total estimado ultrapassou R\$ 126 milhões, afetando principalmente a agricultura e a pecuária. Conclui-se que a estiagem foi um evento extremo de longa duração, potencializado por bloqueios atmosféricos e pela atuação do fenômeno La Niña, exigindo estratégias de mitigação e planejamento climático para áreas vulneráveis. Palavras-chave: evento extremo, campos meteorológicos, Qgis, evento anômalo, estiagem.

Climatological study for anomaly analysis in the drought event for the summer of 2021/22 in Jaguarão-RS

ABSTRACT

The advancement of climate change has intensified the occurrence of extreme events, such as prolonged droughts, which directly affect rural communities dependent on hydrological stability for agricultural activities. In the municipality of Jaguarão, located in the southernmost region of Rio Grande do Sul, the drought recorded during the summer of 2021/2022 caused significant socioeconomic impacts, highlighting the need for studies that identify climatic anomalies and their local effects. This study aimed to analyze the occurrence of precipitation anomalies associated with the drought during this period and assess its impacts on the municipal territory. The methodology involved collecting rainfall data from the Aceguá station via the HidroWeb platform (ANA), using a historical series from 2000 to 2022. Monthly averages, standard deviations, and comparisons with observed values between October 2021 and January 2022 were calculated. Additionally, ERA5 reanalysis meteorological fields were examined using GrADS software to identify atmospheric patterns contributing to the event. The data were supplemented with official reports from Civil Defense, the municipal government, and Emater/RS. Results indicated a 43.3% reduction in expected precipitation for the period, with anomalies identified in October and December. The estimated total economic impact exceeded R\$ 126 million, primarily affecting agri-

culture and livestock. It is concluded that the drought was a long-lasting extreme event, intensified by atmospheric blocking and the influence of the La Niña phenomenon, underscoring the need for mitigation strategies and climate planning in vulnerable areas.

Keywords: extreme event, meteorological fields, QGIS, anomalous event, drought.

Introdução

A deficiência no planejamento somada a situações emergentes, exigem elevado grau de planejamento, como a rápida urbanização e, além disso, impõe um cenário que potencializa a exposição de indivíduos a impactos oriundos de desastres (UNISDR, 2015). Diante disso, surge a necessidade de mitigação de riscos e preparação para enfrentamento aos impactos, objetivando o alcance de resiliência quanto a ocorrência destes eventos (Saja et al., 2019).

Sendo assim, o termo desastre pode ser definido como uma grande perturbação a performance de um sistema, associado a prejuízos ambientais, sociais e econômicos (UN-ISDR, 2009), que pode ter sua origem antrópica, natural, tecnológica ou adversa (BRASIL, 2020). Desastres naturais, ocorrentes devido ao impacto de um evento adverso (Leandro et al., 2021), podem ocorrer em qualquer local e possuem sua prevenção associada a redução dos riscos decorrentes (UNDRR, 2021). Sendo assim, seus impactos podem atingir comunidades de maneiras diferentes - intensidade e frequência -, o que reflete, dentre outros fatores, as características do local afetado e sua capacidade de enfrentamento e recuperação (Burton, 2015).

Devido a ocorrência de eventos climáticos, algumas regiões vêm sendo impactadas com a baixa precipitação (Cunha et al., 2018), precipitações intensas e temperaturas extremas (Vogel, 2019; Ummenhofer; Meehl, 2017), bem como vendavais e geadas (Pantano, 2017). E, diante da ocorrência desses eventos, regiões geográficas são alvo de estudos de fragilidade. A exemplo, Wrege et al. 2021, em seus estudos, identificaram que os eventos climáticos relacionados aos maiores riscos para a agricultura no Brasil e o déficit hídrico e, somado a isso, a geada na Região Sul do Brasil. Os autores ainda identificaram que, na região Sul do Brasil, no verão existe maior risco déficit hídrico quando comparada com a região norte.

O avanço das mudanças climáticas tem intensificado a ocorrência de eventos extremos, como estiagens prolongadas, ondas de calor e chuvas intensas, afetando diretamente comunidades vulneráveis. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024), o Brasil registrou mais de 1,5 milhão de pessoas afetadas por desastres hídricos em 2022,

evidenciando a urgência de estratégias de adaptação climática.

Os eventos relacionados a deficiência de precipitação são dois: estiagem e seca. Segundo Castro (1998), estiagem é compreendida como um longo período com baixa ou nula precipitação, onde, necessariamente, a perda de umidade no solo ocorre de maneira superior à sua reposição. Ainda, segundo o autor, a seca, dentro do contexto meteorologia, é compreendida como uma estiagem prolongada que impacta nas reservas hídricas. Em se tratando desses eventos, a comunidade rural pode ser considerada como uma parcela social em risco, devido a associação das atividades econômicas com as condições climáticas (Logan; Ranzijn, 2008).

Os eventos extremos relacionados às mudanças climáticas, são aguardados com maior frequência ao passar do tempo, tanto em áreas urbanas quanto em rurais, atingindo setores como reservas hídricas, produção alimentar e saúde humana (Martins, 2010). E, devido a isso, surge a necessidade de intensificação do conhecimento ao que desrespeita ao comportamento de eventos climáticos, tornando a atuação nos locais impactados mais eficiente (Leandro et al., 2021).

A compreensão sobre a ocorrência de eventos meteorológicos extremos - geradores de desastres naturais - possui importância associada ao planejamento social e desenvolvimento de medidas de prevenção e mitigação (Barcellos et al., 2016). A utilização de ferramentas de meteorologia, como radares, auxilia no processo de tratamento e interpretação de dados meteorológicos e, quando associados a outras tecnologias - Sistema de informações geográficas e imagens de satélite - torna-se possível otimizar o conhecimento sobre a ocorrência de eventos extremos (Leal, 2017).

O Governo do Estado do Rio Grande do Sul, por meio da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, desenvolveu em novembro de 2022 um compilado de informações sobre os desastres naturais no estado entre os anos de 2003 e 2021. Pode-se observar que, durante este período, o Estado contabilizou 2.265 ocorrências municipais de estiagem ou seca no estado. O município de Jaguarão – localizado ao sul – apresentou 7 ocorrências no período de 20 anos – 6 estiagens e 1 seca -.

Em análise aos Formulários de Informações de Desastres do Município, identifica-se os impactos e prejuízos que estes eventos causaram sobre o município de Jaguarão, acrescidos a ocorrência de estiagem no ano civil de 2022 que causam um prejuízo de R\$ 126.641.281,66 entre os setores da agricultura e pecuária. Um cenário semelhante foi identificado na estiagem de 2020, onde o prejuízo nos mesmos setores alcançou R\$ 62.997.936,00.

O Produto Interno Bruto de Jaguarão alcança 26% sendo oriundo da Agropecuária (IBGE, 2019), o que demonstra a importância econômica desses setores para o município e corrobora com a necessidade de conhecimento acerca dos eventos climáticos que impactam esse município.

Sendo assim o objetivo do presente estudo consiste em analisar a ocorrência de estiagem no ano de 2022 no município de Jaguarão, Rio Grande do Sul. Para o alcance desse objetivo será, inicialmente, identificado os impactos do evento no município, após a verificação da existência de anomalia climática através de dados de precipitação e, por fim, realizada a análise dos campos meteorológicos que demonstram as condições atmosféricas que possibilitaram o evento.

Metodologia

O presente estudo visa compreender as características que precederam e procederam um evento extremo - estiagem - ocorrido no município

de Jaguarão - RS. O documento aborda, inicialmente, a apresentação da área de estudo e os impactos que o evento causou sobre o município.

Após foram levantados dados meteorológicos de precipitação, onde em posse destas informações, foi realizada a identificação de ocorrência de anomalia climática e, após essa verificação.

Com o propósito de compreender como o evento se originou e se instaurou sob o território do município de Jaguarão foi realizada uma análise de campos meteorológicos.

Área de Estudo

A pesquisa em questão foi realizada para o município de Jaguarão (Figura 1), situado no extremo meridional do Brasil, fazendo fronteira com Rio Branco no Uruguai. Essa região é originária de um acampamento militar e foi denominada cidade em 1855 (Prefeitura Municipal de Jaguarão, 2022a).

Jaguarão encontra-se localizado no bioma Pampa, com clima temperado e salubre, com ocupação em maioria urbana, o município conta com uma população aproximada de 28 mil habitantes - 51,4% mulheres - e área territorial de 2.051,845 km². Além disso, a agricultura, a pecuária e o comércio são os principais responsáveis pelo desenvolvimento econômico do município (IBGE, 2010; Prefeitura Municipal De Jaguarão, 2022a; Costa, Farinha; 2022).

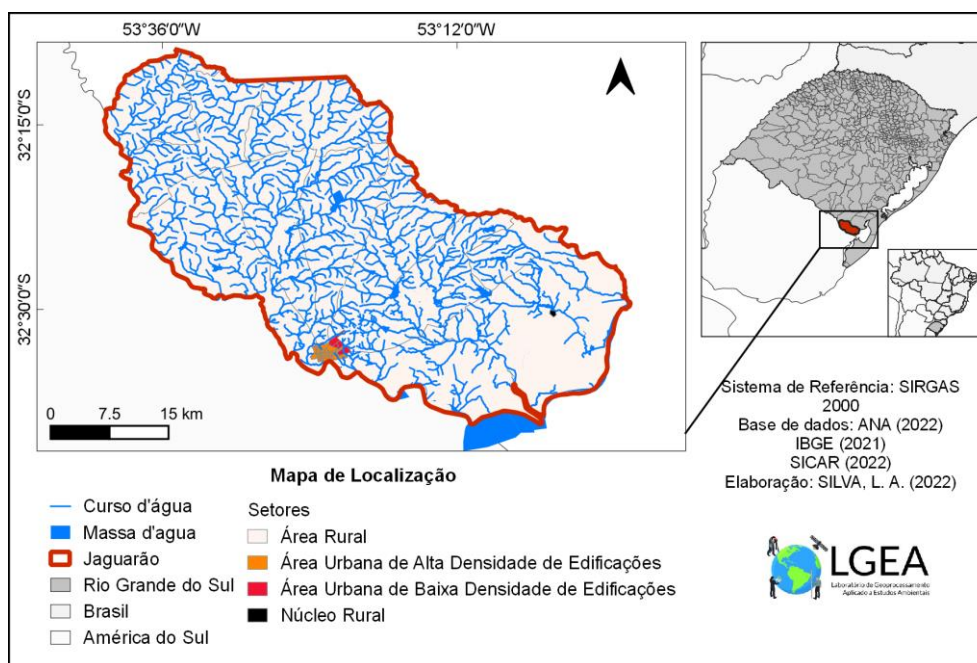


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: a autoria, 2021.

A apresentação do município ocorreu através de exposição de mapas, os quais foram desenvolvidos por meio do software livre Qgis, versão 3.22. Onde, neste foram utilizados dados oriundos da ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - e da base de dados Copernicus, para representação do uso e ocupação do solo e suas fragilidades (SICAR, 2022) a fim de, identificar as atividades do local.

Obtenção e Tratamento dos Dados

Na primeira etapa do trabalho foram levantados dados de precipitação sobre os meses de outubro/2021, novembro/2021, dezembro/2021 e janeiro/2022, dos quais obtiveram-se através da plataforma de dados HidroWeb para estações pluviométricas (ANA, 2022) e solicitada a série histórica para a estação Aceguá (3154007) que está localizado sobre a Bacia de Jaguarão e na SubBacia da Lagoa Mirim, a mesma, opera através da CPRM - Serviço Geológico do Brasil - e está disposta a uma latitude de -31.8689 e longitude -54.1639. Esse levantamento de dados permitiu, após análise estatística, a identificação de quais meses apresentaram características de anomalia ou não.

A série histórica utilizada da estação Aceguá contempla o período de ano civil de 2000 a 2022, uma vez que a estação iniciou suas atividades em maio de 2000. Apesar da limitação da pesquisa em utilizar uma série com 23 anos, a mesma foi escolhida, uma vez que as demais estações próximas ao município não apresentam series atuais.

Após a obtenção da série histórica, realizou-se cálculos para o desvio padrão e a média mensal anual para alcance da normal climatológica e, posteriormente, o cálculo da diferença, a qual definiu a existência ou não de anomalia.

Para a verificação de anomalias, foi utilizado como base a pesquisa realizada por Santiago et al. (2021) e Santos et al. (2022), onde, ao constatar a existência de anomalia, a mesma se refere a diferença entre a precipitação dos meses em estudo e suas respectivas normais climatológicas acrescidas do desvio padrão, ou seja, para um evento ser considerado anômalo, a diferença apresentada para o/os mês/meses em estudo e sua normal climatológica deve apresentar valores maiores que o desvio padrão.

O emprego do uso de dados de reanálise apresenta uma grande aplicação nos centros

meteorológicos operacionais, por isso, após a verificação de a anomalia de precipitação, a próxima etapa consistiu em analisar os campos meteorológicos de: escoamento em linhas de corrente (LC), componente zonal e meridional do vento, altura geopotencial em 250hPa, fluxo de vapor d'água integrado na vertical, umidade específica em 850hPa.

A obtenção dos campos meteorológicos mensais ocorreu através do software GrADS - Grid Analysis and Display System - versão 2.1.1.b0, empregando os dados de reanálise ERA5, quinta geração de reanálises do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF -, o qual apresenta resolução horizontal de 0.25° e resolução temporal de 137 níveis verticais (Hersbach et al., 2020). Foram obtidos os campos dos meses em estudo e os campos da diferença entre eles e suas respectivas normais climatológicas dos últimos 23 anos – campos estes chamados, aqui, de anomalia.

Resultados e discussão

Caracterização do município e impacto

O Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2024) aponta que o estado ocupa a segunda posição nacional em número de ocorrências de estiagens e secas, com mais de 32 mil registros entre 1991 e 2024. Jaguarão, inserido nesse contexto, apresenta recorrência desses eventos, com prejuízos significativos à agropecuária.

A Fiocruz (2024) alerta que o aumento da frequência de eventos extremos representa um risco crescente à saúde pública, especialmente em áreas rurais com infraestrutura limitada, como Jaguarão. A exposição prolongada à estiagem compromete o abastecimento hídrico e a segurança alimentar.

O município de Jaguarão é composto predominantemente por áreas rurais, nas quais são desenvolvidas as atividades de pecuária e agricultura, as quais são observadas na Figura 2, junto as classes do solo no território municipal. A área rural no município é voltada especialmente para produção de grãos e criação de ovinos e bovinos. O uso do solo da região, além de uso para agricultura, possui uma significância na existência de vegetação do tipo herbácea (Silva; Anjos, 2020), característica do bioma Pampa.

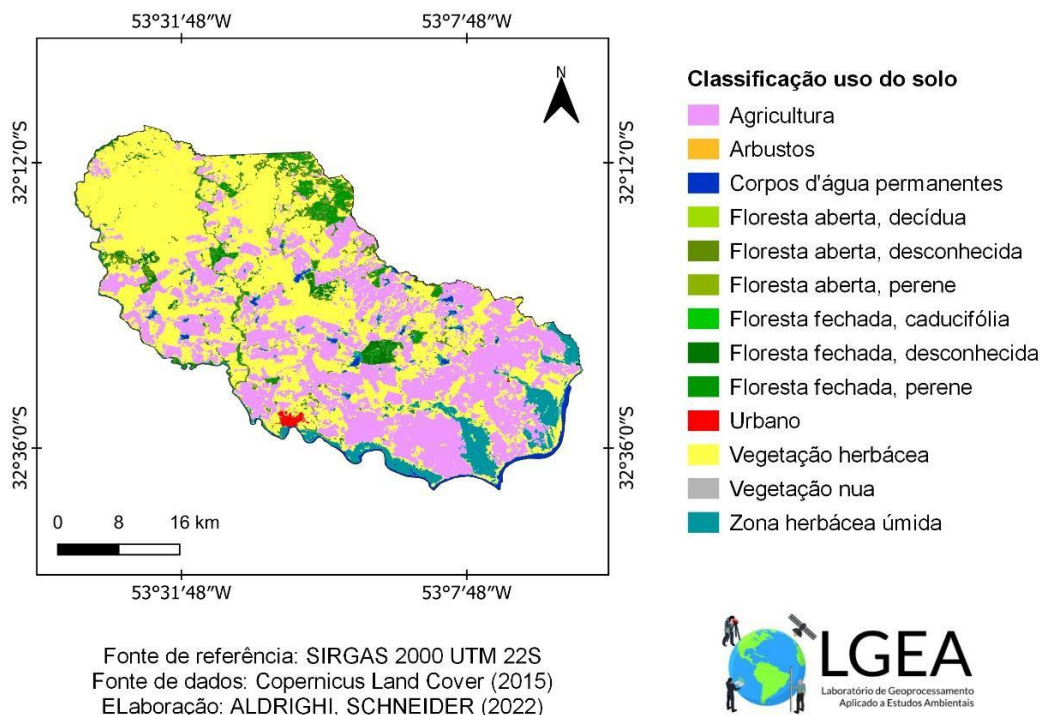


Figura 2. Mapa de classificação do solo. Fonte: a autoria, 2022.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019), em 2018 foram utilizados 67.557 hectares para plantio no município de Jaguarão, dentre as culturas agrícolas teve-se soja, arroz, aveia, trigo e milho, onde, essa produção alcançou o valor em torno de R\$ 213,0 milhões.

Desse modo, a ocorrência de eventos voltados à questão de estiagem atinge especialmente a parcela populacional que fica mais exposta, sendo ela a comunidade rural, uma vez que agricultores familiares dependem das condições climáticas para realização de suas atividades (Nasuti et al., 2013). Onde, seu desenvolvimento econômico permite a qualidade de vida familiar (Veiga, 1995; Wanderley, 1996; Neves, 2012).

Sendo assim, a conversão do campo nativo para práticas como agricultura pode gerar situações

de esgotamento das propriedades do solo quando associadas a práticas ineficientes de manejo e, dessa maneira, essas regiões acabam apresentando maior grau de fragilidade (Feng et al., 2017; Santos et al., 2021).

Em vistas da necessidade de planejamento voltado para áreas rurais e ocorrência de eventos climáticos, surge a utilização de ferramentas de mapeamento, que possuem como objetivo auxiliar nos processos de tomada de decisão para produtores, seja para conservação do solo, sistemas de plantio ou manejo de animais (Santos et al., 2021). A fragilidade do município de Jaguarão encontra-se exposta na Figura 3, o que permite identificar que as áreas com maior fragilidade são referentes as áreas de agricultura – zona rural – e, também, as zonas herbáceas úmidas – banhados e áreas alagadas.

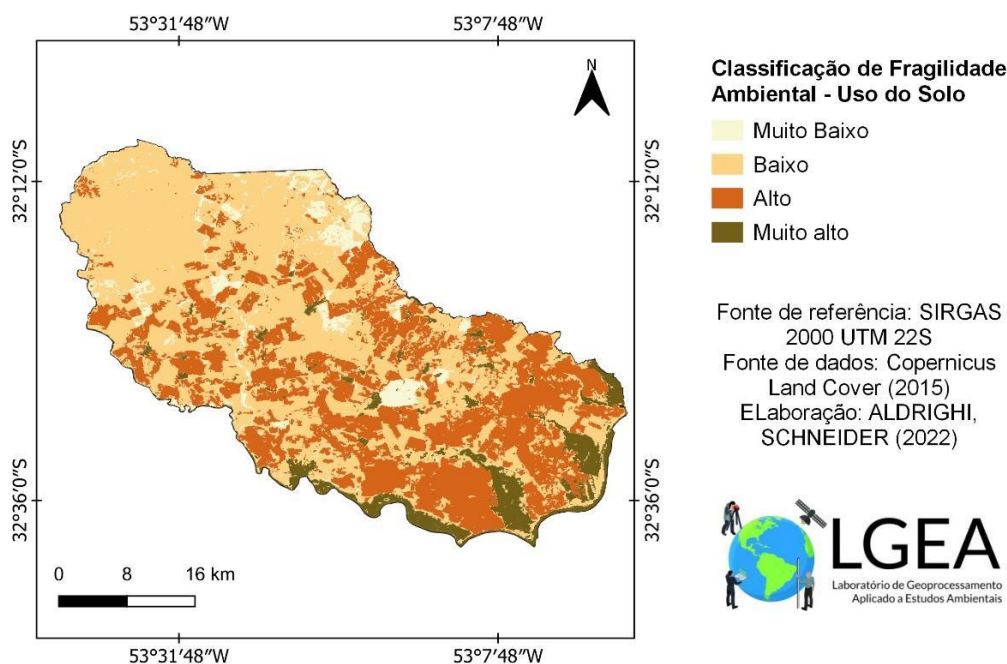


Figura 3. Mapa de classificação da fragilidade ambiental referente ao uso do solo. Fonte: a autoria, 2022.

Kottek et al. (2006) adaptou os estudos realizados por Köppen-Geiger, e, com base nisso, foi possível identificar que o município de Jaguarão possui classificação de clima de “Cfa”, o que indica que o local tem clima subtropical úmido e verão quente, com temperaturas medias superando 22°C.

Rossato (2020) desenvolveu um estudo sobre o clima no estado do Rio Grande do Sul, o qual classificou Jaguarão dentro de uma região com o tipo de clima Subtropical I: pouco úmido, com inverno frio e verão fresco. Além disso, a autora descreveu que a região possui uma maior influência de sistema polares, onde os sistemas frontais são os responsáveis pela maior parte das precipitações. Nessa região chove em torno de 1200-1500 mm anuais, com variação da temperatura do mês mais frio entre 11-14°C e do mês mais quente entre 20-26°C.

A análise do impacto que o evento causou ocorreu através do Formulário de Informações do Desastre – FIDE protocolado pela Prefeitura Municipal de Jaguarão junto ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2iD (S2iD, 2022), no dia 21 de janeiro de 2022. O FIDE tem como finalidade registrar, junto ao S2iD a ocorrência de desastres e iniciar o processo para homologação e reconhecimento e encontra-se

sobre elaboração Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional – MIDR.

O município de Jaguarão, em 2022, foi impactado pelo evento denominado Estiagem - COBRADE 14110 - com data de ocorrência para 14 de janeiro de 2022. Haja vista que segundo a tipologia do evento, o mesmo não possui uma data fixa, uma vez que ocorre de maneira prolongada (MIDR, 2022).

O documento delimitou que toda a população rural foi afetada pelo evento, contemplando comunidades residenciais e atividades agrícolas e pecuária, ocorrentes na região. Onde, como causas e efeitos do desastre foi tido que:

“O município de Jaguarão vem sofrendo há diversos meses pela ausência de chuvas, causando diversos prejuízo nas culturas de pequenos produtores rurais, nas principais culturas agrícolas, como por exemplo cultivo de arroz e soja. Também apresenta prejuízo na produção pecuária, faltando água para os animais, sendo que para o consumo humano também, sendo que diversas propriedades tiveram que ser abastecidas de água...” (S2iD, 2022).

Como danos humanos ocorrentes pelo evento, foram levantadas que 168 indivíduos do

município precisaram ser atendidos por abastecimento de água potável pelo município, onde foi tido um prejuízo econômico ao setor público de R\$ 15.847,80. Ao que tange aos danos ambientais levantados, foram declarados que ocorreu redução ou exaurimento hídrico para 5% -

10% da população, o que possibilitou a falta de água e riscos de focos de incêndio (MIDR, 2022).

Ao que tange ao valor financeiro total que foi empregado pelo município, esse alcançou um total de R\$ 31.227,84, o qual contempla ações descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Levantamento dos valores gastos pelo poder público municipal.

Ação	Valor (R\$)
Limpeza e abertura de bebedouros	8.940,00
Abertura de valas para rede potável	4.470,00
Aquisição de tubulações e conexões para rede de água potável	9.139,80
Transporte de água para consumo humano	2.265,00
Transporte de água para consumo animal	6.413,04

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Jaguarão (2022c).

Segundo Laudo Técnico Ambiental desenvolvido pelo Departamento Municipal de Meio Ambiente (2022) da Prefeitura Municipal de Jaguarão, existe um impacto severo sobre residências que não possuem água encanada, devido a drástica redução de disponibilidade hídrica. Além disso, o documento discute as perdas de vegetação nativa do bioma Pampa, as quais contemplam espécies rasteiras e arbustivas.

Em se tratando dos prejuízos econômicos oriundos de fontes privadas, estes alcançaram R\$ 126.641.281,66 nesse evento climático segundo dados oriundos do Laudo Técnico Circunstanciado da Emater/RS (2022), conforme tabela 2, onde 78,6% foi oriundo de perdas na agricultura – soja e milho - e 21,4% foi oriundo de perdas na pecuária – ovinocultura e bovinocultura (corte e leite).

Tabela 2: Levantamento de prejuízos da área rural.

Cultura	Area Plantada	Area atingida (ha)	Perda (%)	Prejuízo	Prejuízo (R\$)
Soja	46.000 (ha)	46.000 (ha)	30	33.120 toneladas	98.808.000,00
Milho	900 (ha)	500 (ha)	20	500 ton	766.666,66
Bovinos de leite	45.000 (L/mês)	45.000 (L/mês)	50	22.500 L/mês	33.750,00
Bovinos de Corte	88.103 cabeças	88.103 cabeças	25 kg/cabeça	2.202.575 kg	22.466.265,00
Ovinos	45.666 cabeças	45.666 cabeças	10 kg/cabeça	456.6660 kg	4.566.600,00

Fonte: Adaptado de EMATER (2022).

Segundo informações presentes no documento, a Prefeitura Municipal de Jaguarão informa que corriqueiramente o evento ocorre no município e, por essa razão, a mesma vem operando em ações preventivas junto aos moradores das áreas rurais, tais: limpeza e aumento de açudes, poços de captação de água e instalações de caixas d'água. As quais, ainda segundo a prefeitura, não estão sendo suficientes para as demandas após os impactos decorrentes dos eventos.

Análise da Ocorrência de Anomalia

Em posse dos dados oriundos da estação pluviométrica Aceguá, foi realizada a análise dos dados da série histórica de 23 anos. Inicialmente, para os meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro foram calculadas as suas médias (2000-2022) de precipitação, as quais encontram-se expostas na Figura 4.

Em posse das médias mensais de chuvas esperadas para os meses em estudo e seus desvios padrões, foi possível realizar a comparação desses volumes de precipitação – em milímetros – com o ocorrido no período no período entre outubro/2021 e janeiro/2022, período sobre análise.

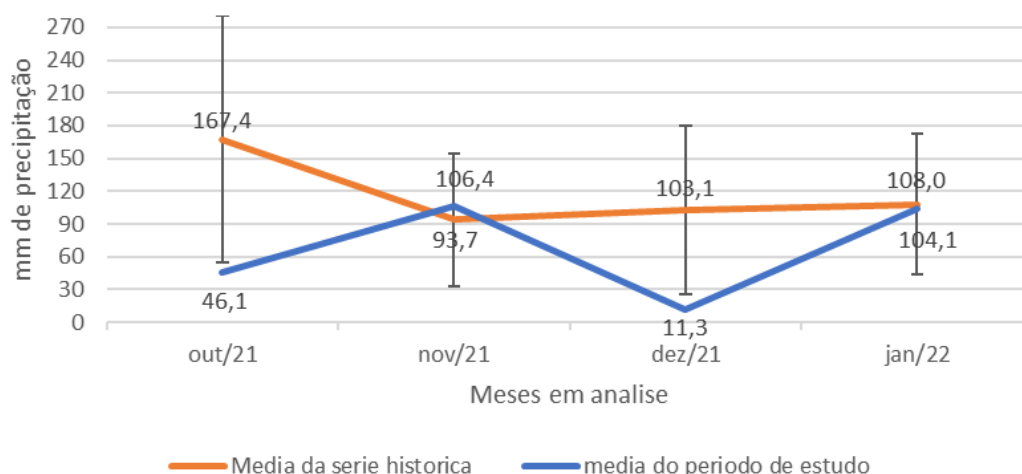


Figura 4. Gráfico comparativo referente à média climatológica com respectivos desvios padrões, acrescidos das séries históricas do período de outubro, novembro e dezembro de 2021 e janeiro de 2022. Fonte: a autoria, 2022.

Diante desses dados, foi possível identificar que durante os meses de outubro/2021 e dezembro/2021 ocorreu precipitação abaixo da média esperada, diferente do que ocorreu nos meses de novembro/2021 e janeiro/2022, onde a precipitação observada ficou próxima a normal

climatológica. E, quando analisado o período de interesse – 4 meses - era esperado uma precipitação de 472,2 mm, no entanto, durante este período, ocorreu uma redução de 43,3% na precipitação, conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3. Médias climáticas referente ao evento de estiagem ocorrido de out./21 a jan./22.

Média	mm	Redução (mm)	Redução (%)
Esperada	472,2		
Ocorrida	267,9	204,3	43,3

Fonte: a autoria, 2022.

Apesar de somente dois dos quatro meses apresentarem precipitação abaixo do esperado, pode-se observar que o montante de chuva resultante dos quatro meses não alcançou o necessário. E, após essa verificação, iniciou-se a análise para identificação de anomalia mensal entre o período outubro/2021 e janeiro/2022.

Para a verificação de anomalia, foram calculadas as normais climatológicas acrescidas do seu desvio padrão negativo dos quatro meses, onde foi possível identificar anomalia mensal nos meses

de outubro/2021 e dezembro/2021, os quais apresentação normal climatológica de, respectivamente, 54,5 e 26,1 mm e o acumulado mensal de precipitação alcançou 46,1 e 11,3 mm.

Além disso, percebe-se que apesar de indicar anomalia, o mês de outubro/2022 apresentou um desvio padrão de 112,9 mm. Todavia, conforme análise da Figura 5, percebe-se a grande variação entre a precipitação média nesse mês, o que justifica o alto valor encontrado para desvio padrão.

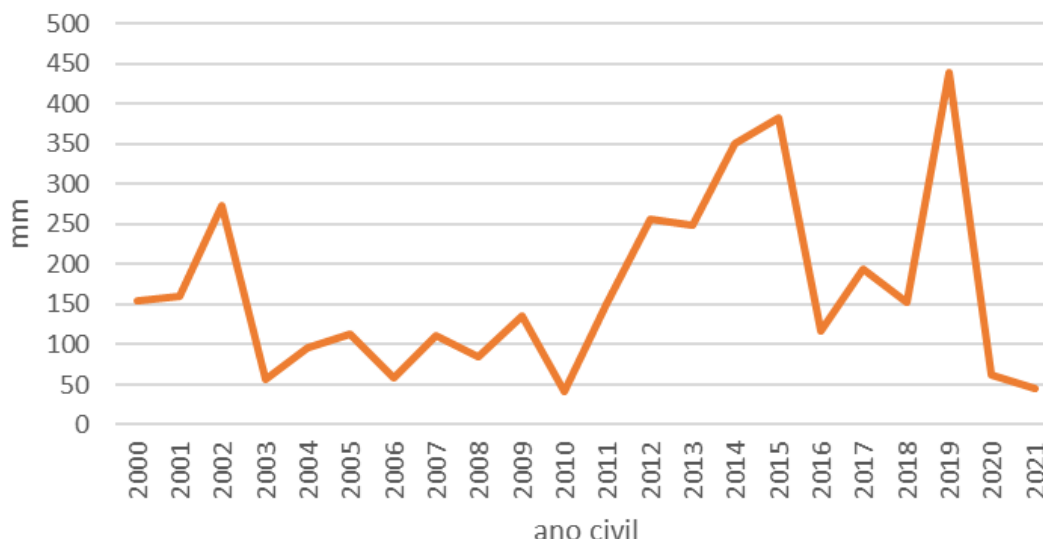


Figura 5. Precipitação do mês de outubro na série histórica. Fonte: a autoria, 2022.

Ainda sob análise dos dados, identifica-se que os meses de novembro/2021 e janeiro/2022 não apresentam precipitação abaixo da média esperada e, tampouco, anomalia, todavia a precipitação projetada para o período (472,2 mm) não foi superada. Essa situação expõe as características de eventos climáticos extremos de longa duração, tais como secas e estiagens.

Como agente influenciador na formação desse cenário, existe, paralelamente a interferência do fenômeno La Niña que atuou sobre a região durante o período. O La Niña, é caracterizado pelo resfriamento das águas do oceano Pacífico e pelo aumento de pressão atmosférica ao leste do Pacífico, bem como, conseqüentemente no Sul do Brasil ocasionando momentos de secas severas (CEPTEC/INPE, 2016; Giroto, 2020). O fenômeno de faz presente no Oceano Pacífico Equatorial, desde 2020, mesmo apresentando períodos breves de neutralidade – outono – devido a diminuição dos ventos alísios tem previsão de que se permaneça ao menos até o início de 2023, assim, indicando mais um verão com estiagens severas (Giroto, 2020; Sias, 2022). Sias (2022) afirma que foi interferência do La Niña a estiagem que atingiu a população do sul, especialmente os produtores de grãos.

Desenvolvimento do Evento

A análise dos campos meteorológicos iniciou através da compreensão sobre o desenvolvimento do evento durante os meses de estudo, onde foi previamente identificado que os meses de outubro e dezembro de 2022 apresentaram anomalia. Na Figura 6, estão expostos os campos médios dos meses em estudo de linhas de corrente e magnitude do vento em 250 hPa para o continente da América do Sul, próximo a tropopausa, em altos níveis, afim, de gerar uma análise com maior variabilidade espacial (Costa, 2007).

Pode-se observar, como esperado (Satyamurty et al., 1998), um sistema de alta pressão na parte tropical do continente – 10S, 60W –, o qual ao longo dos meses acabou se deslocando para o sudoeste do continente, entre o Chile e a Bolívia, cobrindo uma grande área. O aquecimento do continente torna a camada atmosférica conseqüentemente mais quente, o que ocorre na América do Sul durante o período de estudo, devido a sua simultaneidade com a estação mais quente - verão. Uma camada atmosférica aquecida, tende a expandir, formando sistemas de alta pressão – cristas – em altos níveis.

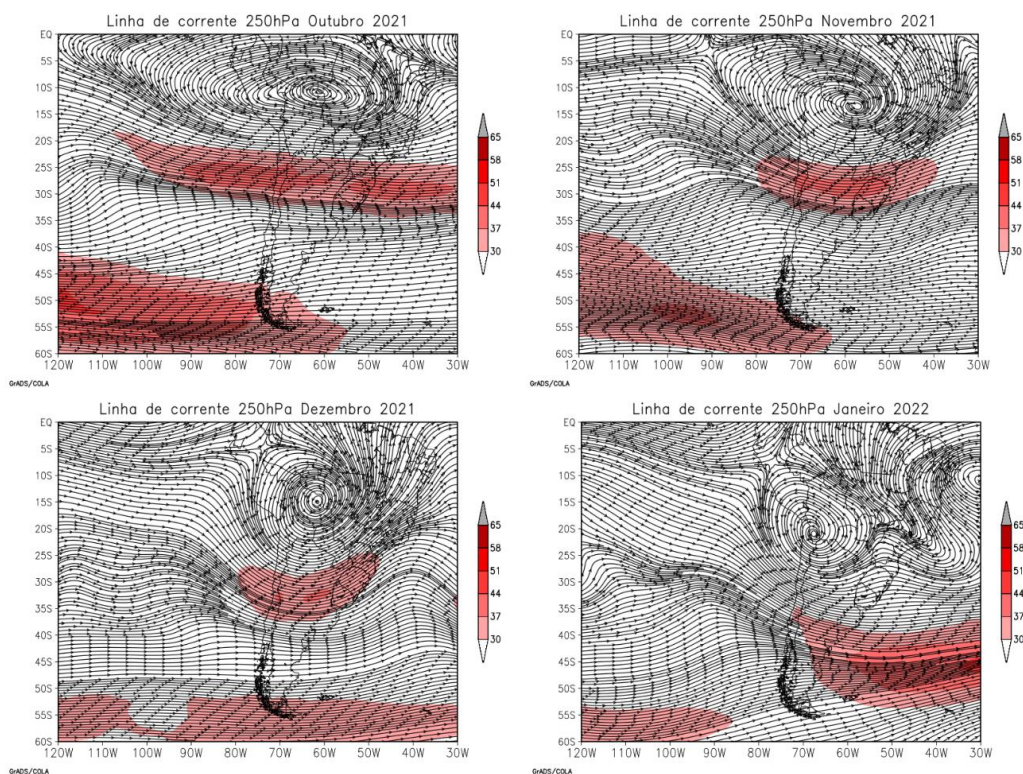


Figura 6: Linhas de correntes 250 hPa.

Ainda sob análise da Figura 6, observa-se em outubro a presença de um jato de corrente em sentido zonal de oeste para leste – longitude 15S, devido a possibilidade da identificação de um bloqueio do tipo dipolo sobre o Oceano Pacífico. Em novembro e dezembro o jato de corrente mante-se sobre o limite sul do anticiclone, agindo de acordo com o esperado, uma vez que o anticiclone está atuando como sistema de bloqueio. Observa-se que o jato de corrente, ao longo dos meses bifurca-se de acordo com a movimentação do anticiclone. Corroborando com Bueno (2019), o qual aponta desvio dos jatos tanto na direção Sul quanto orientação Norte. No mês de janeiro, pode-se observar que somado a presença do anticiclone – 20S, 70W – formou-se uma crista sobre o sudeste do Brasil.

Segundo Quadro (1994), Zonas de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS podem

auxiliar no transporte de umidade durante o verão em baixos níveis da Amazonia para o Sul do Brasil. Todavia, embora Escobar (2019) identifique 3 padrões sinóticos associados a ocorrência de ZCAS, percebe-se, preliminarmente, que nenhum pode ser identificado na Figura 6, apesar da ocorrência da crista ao sudeste do Brasil.

A Figura 7 apresenta a anomalia da altura geopotencial em 250 hPa, para que, em conjunto com o campo de linha de corrente neste nível, se analise uma possível ocorrência de bloqueio atmosférico. Onde, percebe-se que durante os primeiros três meses do período de análise ocorreu anomalia positiva da pressão na área que ocorre o anticiclone. Durante o mês de outubro ocorreu uma anomalia negativa – cavado – sobre o estado do Rio Grande do Sul, somado a um bloqueio dipolo a oeste do continente, sobre o Oceano Pacífico - 110 W.

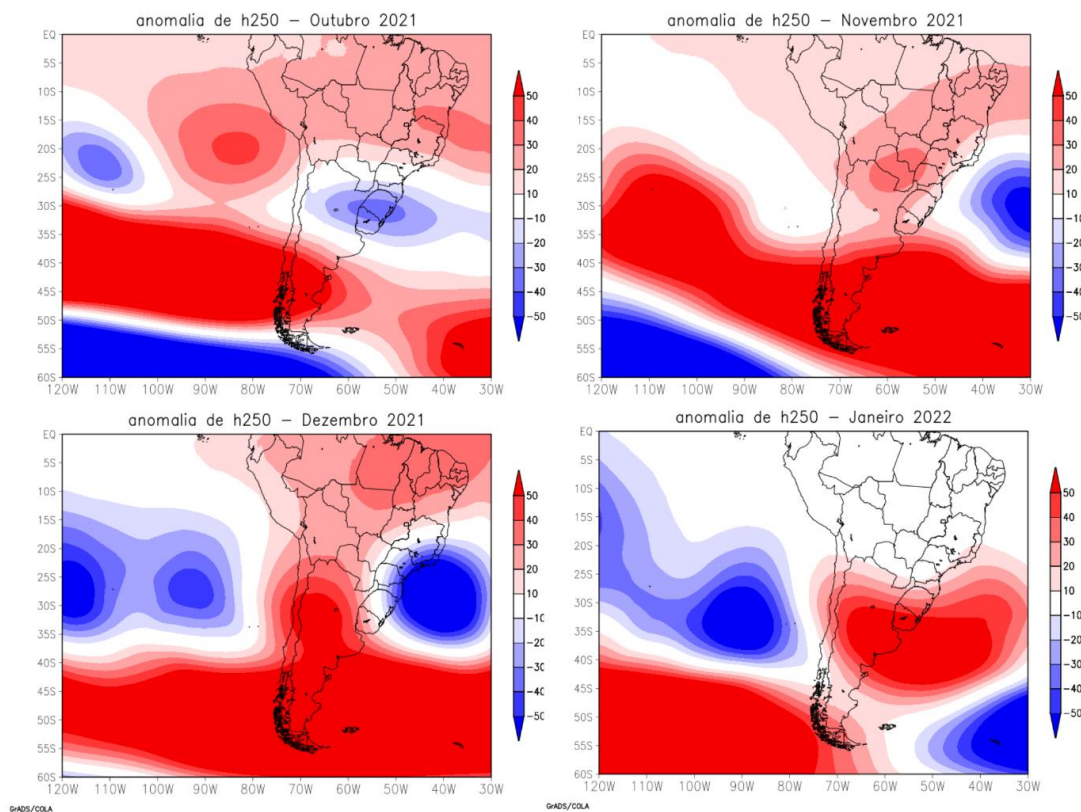


Figura 7: Anomalias de h250.

Nos meses de dezembro e janeiro também são encontrados bloqueios sobre o continente, onde em dezembro percebe-se sobre o estado do Rio Grande do Sul uma anomalia positiva – crista – ao oeste e uma negativa – cavado – ao leste. Isso indica uma região de AVA– advecção de vorticidade anticiclônica -, que representa a advecção e aumento de pressão em nível médio do mar em superfície, o que indica a formação ou intensificação do anticlone, com possibilidade de influência do evento ENOS - La Niña -, fenômeno que tende a intensificar a ausência necessária de umidade para precipitação no sul do Brasil (Fietz et al., 2020; Cardoso; Nunes, 2022).

Sendo assim, pode-se perceber que durante os meses em que houveram anomalias climáticas – outubro e dezembro – ocorrem eventos que podem ter prejudicado a ocorrência de eventos de precipitação. Ao que tange ao mês de outubro ocorreu um bloqueio do tipo dipolo sobre o Oceano Pacífico (Figura 7) que somado ao jato de corrente em altos níveis prejudicou que os ventos carregassem a umidade para o sul do Brasil.

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 úteis para a análise de eventos extremos (Bezerra e Nunes, 2017; Jacondino et al. 2019), expostos na Figura 8.

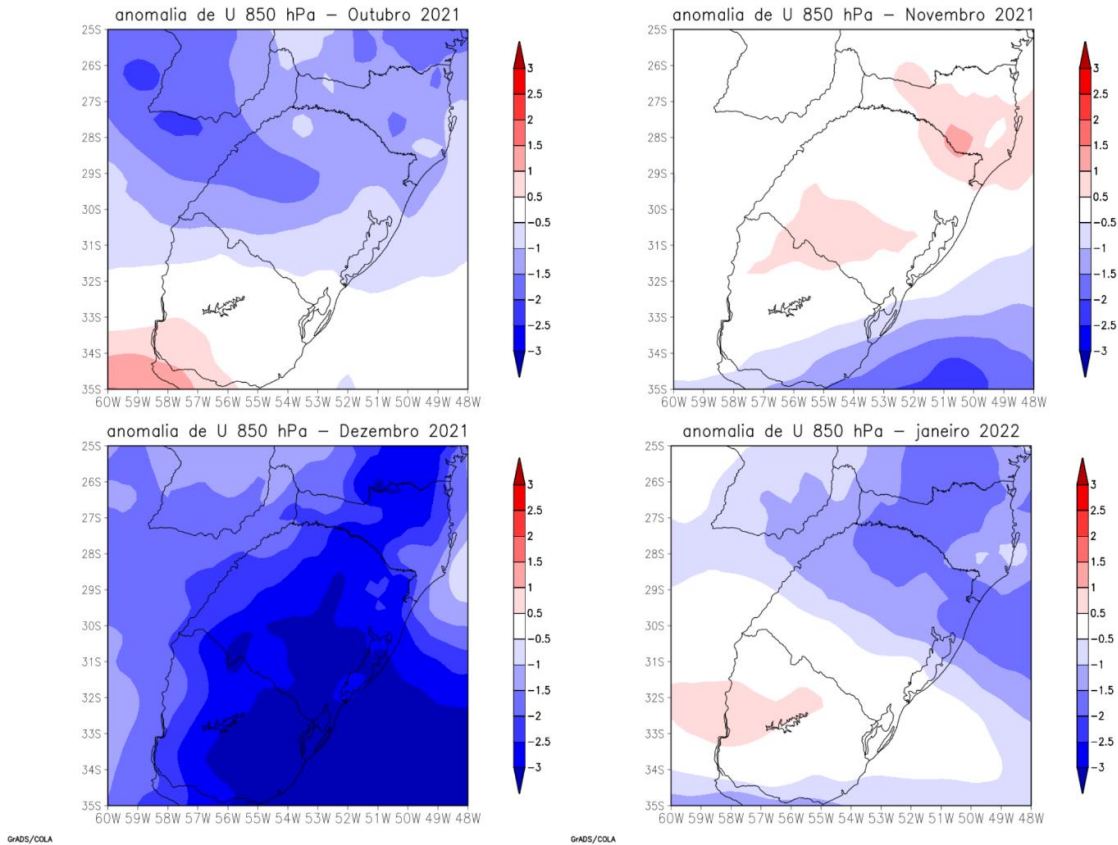


Figura 8: Anomalias de U 850 hPa.

Pode-se observar a anomalia quase nula, em torno de 0,5 e -0,5 m/s para o mês de outubro/2021, o que se mantém para os meses de novembro/2021 e janeiro/2022 (Figura 8). Para o mês de dezembro, identifica-se o escoamento para oeste, todavia pode-se notar que o mesmo alcança uma anomalia de -3m/s para a área de interesse, o que indica um escoamento mais zonal e intenso com diminuição de umidade em toda área do RS (Santiago et al., 2021),

Em se tratando da componente meridional (Figura 9), para os três primeiros meses de análise

pode-se identificar um escoamento para norte, com baixa anomalia, já previsto na Figura 7. Somente em se tratando do mês de janeiro, percebe-se uma anomalia negativa, ou seja, os ventos escoam para o sul. Meses com precipitação normal tendem a apresentar escoamento no sentido norte para sul, indicando o transporte de umidade da Amazônia para o sul do Brasil, o que contribui para a precipitação nessa região (Vera et al., 2006; Satyamurty et al., 2013), por meio do transporte pelos Jatos de Baixos Níveis – JBN (Marengo, 2004b; Arraut, Satyamurty, 2009).

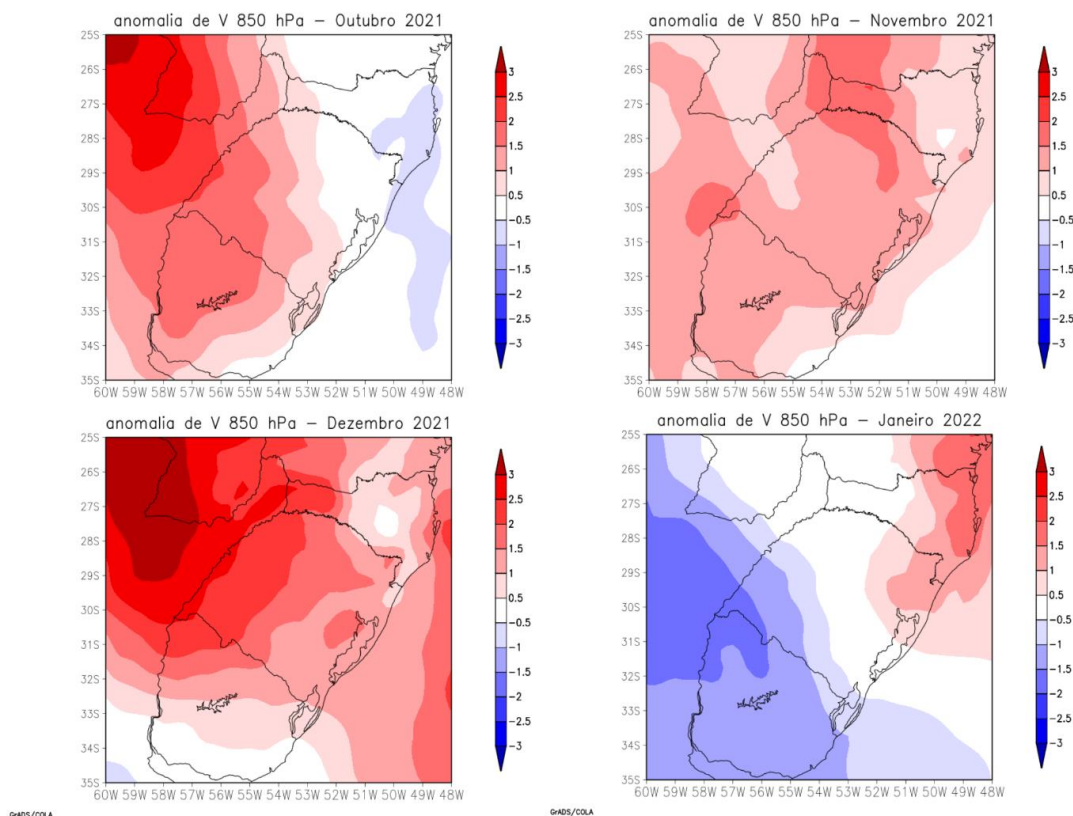


Figura 9: Anomalia de V 850 hPa

Para análise do transporte de umidade foram utilizados os componentes zonais ($fzvi$) e meridional ($fmvi$) do fluxo de vapor d'água integrado na vertical (Figuras 10 e 11). Onde, de acordo com a primeira componente, para o mês de outubro, o escoamento médio mensal foi nulo, já para o mês de novembro a mesma apresentou predominantemente, escoamento de umidade para leste – Oceano Atlântico. No mês de dezembro apresentou escoamento para oeste, seguido de escoamento para leste em janeiro.

A regionalização dos diferentes ciclos anuais de precipitação na América do Sul contempla a maior parte do território da Argentina dentro da região 3 – R3 -, enquanto o estado do Rio Grande do Sul encontra-se na região 4 – R4 (Reboita et al. 2010). Nessa região, durante o verão, ocorrem ventos alísios intensos de nordeste (Drumond et al., 2008), os quais são responsáveis

pele transporte de umidade dentro do continente, onde, parte desses ventos deslocam-se para os subtropicos, com velocidade máxima em 1500 m acima do nível do mar (Reboita et al., 2012) razão pela denominação de Jato de Baixos Níveis – JBN (Marengo et al., 2004a).

O JBN ocorrente ao leste dos Andes, bloqueio topográfico, proporciona a ocorrência de precipitação, por razão de auxiliar na formação de sistemas convectivos, dentre eles Complexos Convectivos de mesoescala – CCM e causam grandes volumes de precipitações (Saulo et al., 2007), os quais podem migrar a R3 para a R4 (Velasco e Fritsch 1987, Figueiredo e Scolar 1996). Sendo assim, a umidade transportada para o estado do Rio Grande do Sul pode originar do norte – Amazônia – ou do Oeste – Sistemas convectivos da Argentina,

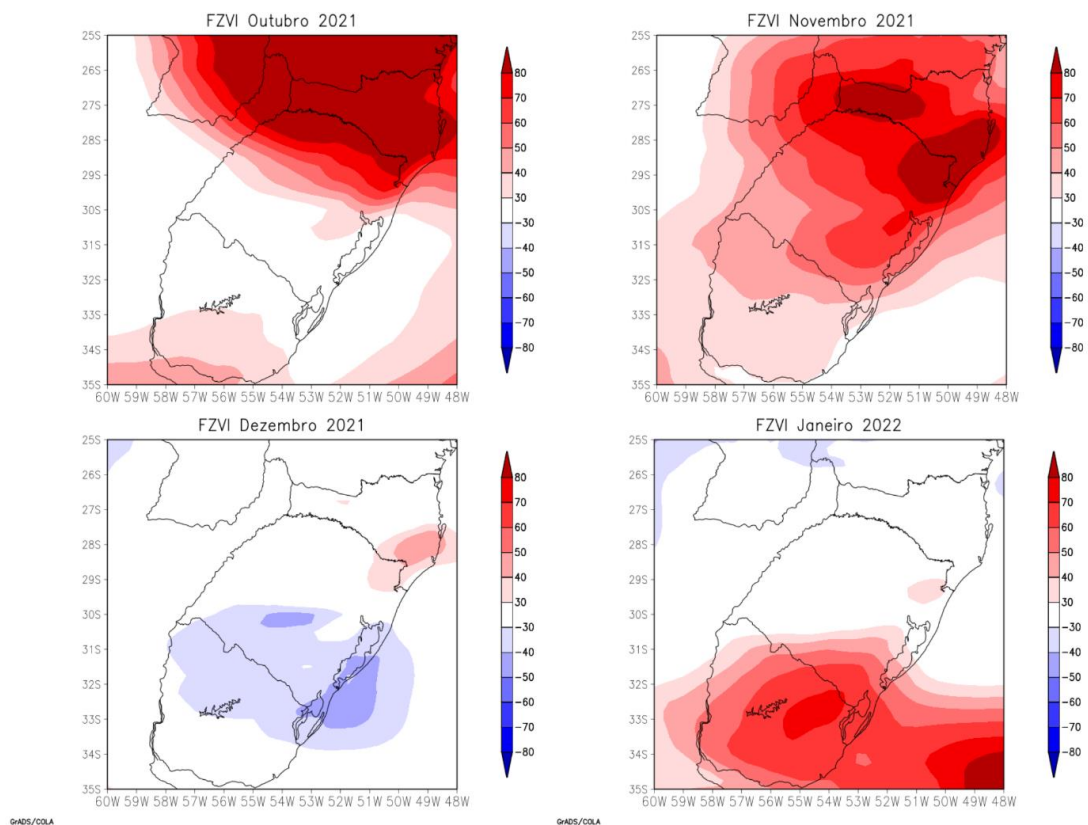


Figura 10: Fzvi (componentes sazonais) para meses de estudo.

Após a análise da componente zonal, passou-se a observação da componente

meridional, devido a influência da região na zona de estudo.

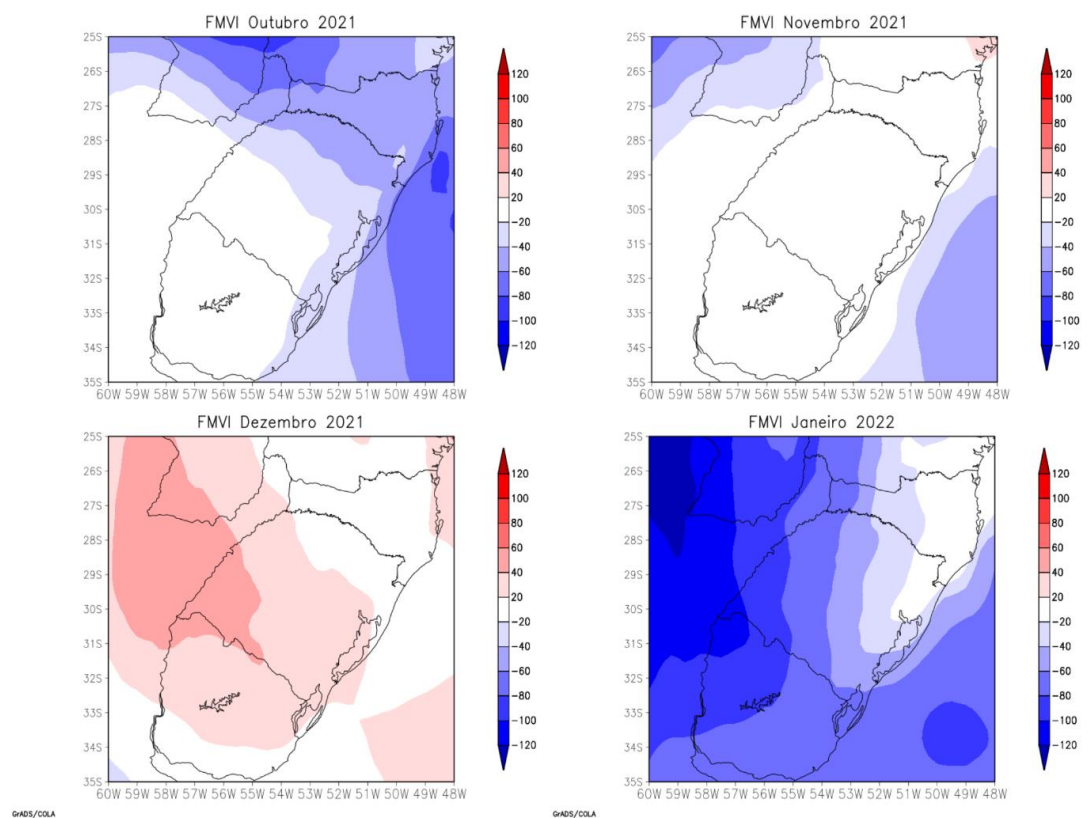


Figura 11: FMVI (componente meridional) para meses em estudo.

Ao que tange a componente meridional, pode-se identificar que o mês de outubro apresentou um baixo escoamento médio mensal de umidade para o sul, ao passo que novembro apresentou um escoamento nulo. O mês de dezembro apresentou escoamento positivo, seguido de janeiro que apresentou escoamento negativo.

Sendo assim, percebe-se que os meses que apresentaram anomalia climática apresentaram cenários alvo de atenção. Onde, no mês de outubro, o escoamento oriundo do Norte – Amazônia – foi próximo ao nulo, indicando baixos transportes de

umidade. Quando analisado este cenário para o mês de dezembro, percebe-se que o transporte de umidade foi o oposto do necessário, onde ocorreu a movimentação de umidade do sul para o norte.

Em posse dessas informações meteorológicas, observa-se os campos de anomalias em q850 e linhas de correntes em 850 (Figura 12). Pode-se identificar que para os meses de outubro e dezembro, tem-se campos com maiores índices de anomalia quanto a umidade no estado, principalmente para as regiões oeste – outubro – e noroeste – dezembro.

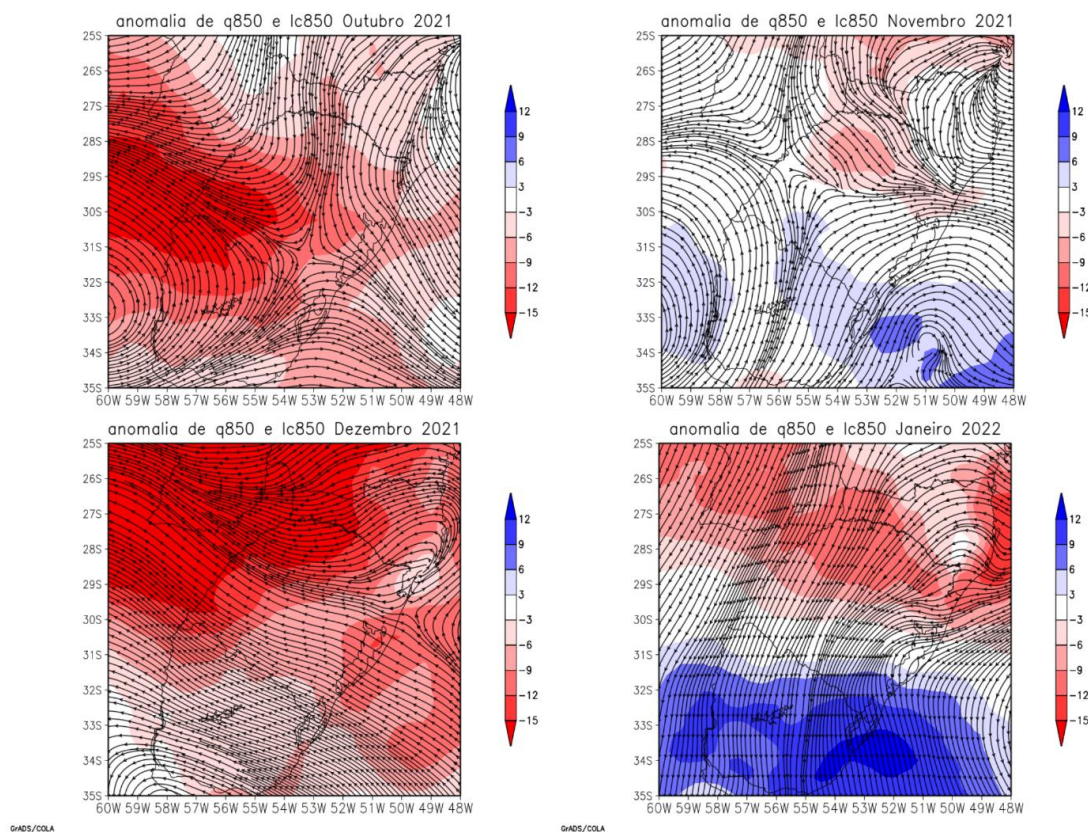


Figura 12: anomalias de q850 e lc850.

Apesar dessas regiões, a anomalia que indica um tempo mais seco sobre o estado, atingiu a área de interesse nos dois meses com anomalia climática. Todavia, para os meses de novembro e janeiro foram identificados resultados de anomalia positiva, o que indica que a umidade apresentou diferença positiva entre o mês em estudo e a sua normal climatológica.

Os campos meteorológicos observados nas Figuras 10 e 11, corroboram com a interpretação identificada na análise climatológica, onde pode-se observar que nos meses de outubro e dezembro ocorreu o menor transporte de umidade para a área de interesse, seja ela oriunda dos Sistemas convectivos da Argentina ou Amazônia.

Conclusões

Dessa maneira, conclui-se que ocorreu anomalia no período de estudo nos meses de outubro e dezembro de 2021 e que, apesar dos meses de novembro/2021 e janeiro/2022 não terem apresentado anomalia climática, a precipitação total do período não foi suficiente de acordo com o esperado, o que causou diversos impactos econômicos para o município de Jaguarão, seja na esfera pública ou privada.

Em se tratando dos campos meteorológicos analisados durante o período de estiagem que impactou o município de Jaguarão no ano civil 2021/2022 indicam o estabelecimento sistema de alta pressão na parte tropical do continente persistente sobre o continente,

associado a ocorrência do fenômeno La Niña que atua sobre o continente desde 2020, bem como a presença de sistemas de bloqueio. Além disso, sob análise dos campos meteorológicos das componentes zonal (fzvi) e meridional (fmvi) do fluxo de vapor d'água integrado na vertical, foi possível identificar que na área de interesse, essas variáveis apresentaram anomalia positiva, indicando o baixo transporte de umidade da região da Argentina e da Amazônia, componentes fundamentais para a ocorrência de precipitação no sul do Brasil.

Em posse dessas informações foi possível identificar que a ocorrência desse evento, bem

como seus impactos, o definiu como evento extremo de longa duração.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UFPel, ao Laboratório de Geoprocessamento Aplicado a Estudos Ambientais – UFPel, ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos – UFPel e a Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2024). *Relatório da ANA ressalta efeitos de eventos climáticos extremos no país*. Instituto Água e Saneamento. <https://www.aguaesaneamento.org.br/noticias/relatorio-da-ana-ressalta-efeitos-de-eventos-climaticos-extremos-no-pais/>
- Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. (2024). *Estiagens e secas*. Governo do Estado do RS. <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/estiagens-e-secas>
- Arraut, J. M., & Satyamurty, P. (2009). Precipitation and water vapor transport in the southern hemisphere with emphasis on the South American region. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48(9), 1902–1912.
- Associação Rio Grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – Emater/RS. (2022). *Laudo técnico circunstanciado, Jaguarão*.
- Barcellos, P. da C. L., Silva, F. P. da, Vissirini, F. S. B., Magalhães, C. de A., Terra, J. M., Dutra, M. R. F., & Amaral, I. C. F. do. (2016). Diagnóstico meteorológico dos desastres naturais ocorridos nos últimos 20 anos na cidade de Duque de Caxias. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(3), 319–329. <https://doi.org/10.1590/0102-778631320150146>
- Bezerra, J. M., & Nunes, A. B. (2017). Anomalias de circulação atmosférica em baixos níveis do verão (2013–2014) anormalmente quente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40(1), 93–101.
- Brasil. (2020, dezembro 7). Instrução normativa nº 36, de 2 de dezembro de 2020. Estabelece procedimentos e critérios para o reconhecimento federal e para declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública. *Diário Oficial da União: Seção 1*, 233, 16.
- Bueno, P. (2022, dezembro). O que são os bloqueios atmosféricos? *Meteored*. <https://www.tempo.com/noticias/ciencia/o-que-sao-os-bloqueios-atmosfericos.html>
- Burton, C. (2015). A validation of metrics for community resilience to natural hazards and disasters using the recovery from Hurricane Katrina as a case study. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(1), 67–86. <https://doi.org/10.1080/00045608.2014.960039>
- Cardoso, I. P., & Nunes, A. B. (2022). O fluxo de vapor d'água e o déficit de precipitação na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo em novembro de 2020. *XXIV Encontro de Pós-Graduação – UFPel*. https://cti.ufpel.edu.br/si-epe/arquivos/2022/EN_01385.pdf
- Castro, A. L. C. de. (1998). *Glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres*. Ministério do Planejamento e Orçamento.
- Costa, E. de S., & Farinha, A. B. (2022). A técnica da guasqueria em Jaguarão, RS. *Missões: Revista de Ciências Humanas e Sociais*, 8(1), 38–59.
- Costa, M. S. (2010). *Vórtice ciclônico em altos níveis associados à corrente de jato no Nordeste brasileiro nos anos de 1998–2007* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Instituto de Ciências Atmosféricas, Maceió, Brasil.
- CPTEC/INPE. (2016). *El Niño e La Niña*. <http://enos.cptec.inpe.br/lanina/pt>
- Cunha, A. P. M. A., Tomasella, J., Ribeiro-Neto, G. G., Brown, M., Garcia, S. R., Brito, S. B., & Carvalho, M. A. (2018). Changes in the spatial-temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. *Atmospheric Science Letters*, 19(10), e855.
- Departamento Municipal de Meio Ambiente. (2022). *Laudo técnico ambiental*. Prefeitura Municipal de Jaguarão, RS.

- Drumond, A., Nieto, R., Gimeno, L., & Ambrizzi, T. (2008). A Lagrangian identification of major sources of moisture over Central Brazil and La Plata Basin. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D14128). <https://doi.org/10.1029/2007JD009547>
- Escobar, G. C. J. (2019). Classificação sinótica durante a estação chuvosa do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 42(2), 421–436. https://doi.org/10.11137/2019_2_421_436
- Feng, G., Zhang, Z., Wan, C., Lu, P., & Bakour, A. (2017). Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (Zea mays L.) in subsurface drainage system. *Agricultural Water Management*, 193, 205–213.
- Fietz, C. R., Comunello, E., & Flumignan, D. L. (2020). As chuvas de novembro de 2020 foram poucas e mal distribuídas na região da grande Dourados. *Boletim Agropecuário. Embrapa Agropecuária Oeste*.
- Figueiredo, J. C., & Scolar, J. (1996). O tempo de vida médio dos sistemas convectivos de mesoescala na América do Sul. In *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Meteorologia* (pp. 984–986). Campos do Jordão, SP.
- Fiocruz. (2024, outubro 10). *Fiocruz lança painel que acompanha a evolução de eventos climáticos extremos*. Agência Fiocruz de Notícias. <https://agencia.fiocruz.br/fiocruz-lanca-painel-que-acompanha-evolucao-de-eventos-climaticos-extremos>
- Giroto, H. R. (2020). Análise de eventos extremos de precipitação e de estiagem na Região Nordeste do Rio Grande do Sul [Trabalho acadêmico]. Repositório UCS. <https://repositorio.ucs.br>
- Governo do Estado do Rio Grande do Sul. (2022). *Desastres naturais no Rio Grande do Sul: Estudo sobre as ocorrências no período 2003–2021*. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão – SPGG.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, P., ... Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2010). *Brasil: Rio Grande do Sul: Jaguarão. População no último censo. Censo Demográfico 2010*.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2019). *SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação Automática*. <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>
- International Strategy for Disaster Reduction – UN-ISDR. (2009). *Terminology on disaster risk reduction*. <https://www.unisdr.org>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Leal, D. C. (2017). Radar meteorológico e sua importância na previsão de desastres naturais. In *XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Instituto de Geociências, Unicamp. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2566>
- Leandro, D., Quadro, M. S., Vieira, D. D., Silva, L. A., Marques, L. C., Zirbes, E. R., Araujo, M. M. F., Ponzi, G., Duarte, V. D., & Castro, A. S. (2021). *Desastres naturais em Arambaré-RS* (1ª ed.). Pelotas, RS: Laboratório de Geoprocessamento Aplicado a Estudos Ambientais – LGEA.
- Logan, C., & Ranzijn, R. (2008). The bush is dying: A qualitative study of South Australian farm women living in the midst of prolonged drought. *Journal of Rural Community Psychology*, 12(2).
- Marengo, J. A. (2004a). Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical and Applied Climatology*, 78(1–3), 79–96.
- Marengo, J. A., Soares, W. R., Saulo, C., & Nicolini, M. (2004b). Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from NCEP–NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. *Journal of Climate*, 17(12), 2261–2280.
- Martins, R. D. (2010). Governança climática nas cidades: Reduzindo vulnerabilidades e aumentando resiliência. *Revista Geográfica Acadêmica*, (4), 5–18.
- Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional – MIDR. (2022). *Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC: Formulário de Informações do Desastre – FIDE*. Brasília.
- Nasuti, S., Curi, M., Medeiros, N., Pinto, A., Ibiapina, I., Rozendo, C., & Hiroo, C. (2013). Conhecimento tradicional e previsões meteorológicas: Agricultores familiares e as “experiências de inverno” no Semiárido Potiguar. *Revista Econômica do Nordeste*, 44(Esp.), 383–402.
- Neves, D. P. (2012). Agricultura familiar. In R. S. Caldart, I. B. Pereira, P. Alentejano, & G. Frigotto (Orgs.), *Dicionário da Educação do Campo* (pp. [páginas]). Rio de Janeiro, São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Expressão Popular.

- Pantano, A. P. (2017). Levantamento climático em Assis no período de 1992 e 2016. In A. P. Duarte & R. A. D. Kanthack (Orgs.), *Tecnologias desenvolvidas pela APTA na região do Médio Paranapanema* (pp. 59–66). Campinas, SP: APTA. ISBN: 978-85-85564-36-0
- Prefeitura Municipal de Jaguarão. (2022a). *História da cidade*. <https://www.jaguarao.rs.gov.br/historia-da-cidade/>
- Prefeitura Municipal de Jaguarão. (2022b). *Aspectos gerais do município*. <https://www.jaguarao.rs.gov.br/aspectos-gerais-do-municipio/>
- Prefeitura Municipal de Jaguarão. (2022c). *Levantamento conjunto*. Jaguarão, RS.
- Quadro, M. F. L. (1994). *Estudos de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul* (Dissertação de Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos.
- Reboita, M. S., Gan, M. A., da Rocha, R. P., & Ambrizzi, T. (2010). Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25(2), 185–204.
- Rossato, M. S. (2020). Os climas do Rio Grande do Sul: Uma proposta de classificação climática. *Entrelugar*, 11(11). ISSN 2176-9559
- Reboita, M. S., Krusche, N., Ambrizzi, T., & Rocha, R. P. (2012). Entendendo o tempo e o clima da América do Sul. *Terra e Didática*, 8(1), 34–50.
- Saja, A., Goonetilleke, A., Teo, M., & Ziyath, A. (2019). A critical review of social resilience assessment frameworks in disaster management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35, 101096. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101096>
- Saulo, C., Ruiz, J., & Skabar, Y. G. (2007). Synergism between the low-level jet and organized convection at its exit region. *Monthly Weather Review*, 135, 1310–1326.
- Santiago, M. M., Cardoso, I. P., & Nunes, A. B. (2021). Escoamento em baixos níveis associados ao déficit de precipitação do verão 2019/2020 do município de Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 3096–3107.
- Satyamurty, P., Da Costa, C. P. W., & Manzi, A. O. (2013). Moisture source for the Amazon Basin: A study of contrasting years. *Theoretical and Applied Climatology*, 111(1–2), 195–209.
- Santos, L. C., Lima, M. T. V., & Nunes, A. B. (2022). Estudo climatológico de anomalia de precipitação de janeiro de 2021 em Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(2), 827–840.
- Santos, S. A., Castro, F. C., Santos, A. M., & Oliveira, I. J. (2021). Fragilidade ambiental dos solos no semiárido do estado de Pernambuco: Problemática à luz da erosão e da salinização. *XIV Encontro Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia*. <https://www.xivengppg.com.br>
- Satyamurty, P., Nobre, C. A., & Silva Dias, P. L. (1998). South America. In D. J. Karoly & D. G. Vincent (Eds.), *Meteorology of the Southern Hemisphere* (pp. 119–139). American Meteorological Society.
- Sias, E. (2022). Projeções para a La Niña trazem um cenário de preocupação. *Metsul Meteorologia*. <https://metsul.com/projecoes-para-a-lanina-trazem-um-cenario-de-preocupacao/>
- SICAR. (2022). *Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural*. <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>
- Silva, L. A., et al. (2022). Políticas públicas voltadas para a redução dos focos de calor em unidades de conservação e áreas indígenas: O caso do Bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(4), 1786–1799.
- Silva, M. N., & Sacco dos A., F. (2020). A expansão da soja no município de Jaguarão/RS: Análise das percepções através da abordagem narrativa. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(3), e213748. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.213748>
- Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2iD. (2022). Brasília. <https://s2id.mi.gov.br/>
- Ummenhofer, C. C., & Meehl, G. A. (2017). Extreme weather and climate events with ecological relevance: A review. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1723), 20160135. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0135>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNDRR. (2021). *Global Platform for Disaster Risk Reduction*. <https://www.undrr.org/>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNISDR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030* (32 p.).
- Veiga, J. E. da. (1995). Delimitando a agricultura familiar. *Reforma Agrária*, 25(2–3), 128–141.
- Velasco, I., & Fritsch, J. M. (1987). Mesoscale convective complexes in the Americas. *Journal of Geophysical Research*, 92, 959–9613.
- Vera, C., Baez, J., Douglas, M., Emanuel, C. B., Orsini, J. A. M., Meitin, J., Nicolini, M., Noguez-Paegles, J., Paegle, J., Penalba, O., Salio, P., Saulo, C., Silva Dias, M. A. F., Silva Dias, P., & Zipser, E. (2006). The South American low-level jet experiment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(1), 63–77.

- Vogel, E., Donat, M., Alexander, L., Meinshausen, M., Ray, D., Karoly, D., Meinshausen, N., & Frieler, K. (2019). The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environmental Research Letters*, 14(5), 054010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab154b>
- Wanderley, M. N. B. (1996). Raízes históricas do campesinato brasileiro. In *XX Encontro Anual da ANPOCS – GT 17: Processos sociais agrários*. Caxambu, MG.
- Wrege, M. S., Garrascetazu, M. C., Soares, M. T. S., & Fritzsos, E. (2021). Regiões mais favoráveis ao crescimento e produção de eucalipto na região Sul do Brasil. In E. B. Oliveira & J. E. Pinto Junior (Orgs.), *O eucalipto e a Embrapa: Quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento* (pp. 325–356). Brasília, DF.