Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO E DE VERANICO NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL – ESTUDO DE CASO DO MÊS DE ABRIL DE 2021

Analysis of precipitation and indian summer in Paraná state, Brazil – study of case in april 2021

Análisis de lluvias y verano en el estado de Paraná, Brasil - Estudio de caso para el mes de abril de 2021

Nathan Felipe da Silva Caldana
Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL
nathancaldana@gmail.com

Tamires Firmino
Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL
tamiresfirmino.tf@gmail.com

Luiz Gustavo Batista Ferreira
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa
luiz.gustavo@agronomo.eng.br

Walter Aparecido Ribeiro Júnior
Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL
junior_agro40@hotmail.com

Marcelo Augusto de Aguiar e Silva
Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL
aguiaresilva@uel.br

Abstract: One of the key negative impacts of climate change are the fact of dry periods occurrences are becoming common. For this context, the objective of this study was to carry out the analyze of the precipitation variability in stations in the Paraná State, Southern Brazil, focusing on the month of April. For this, rainfall heights were analyzed, box plot graphics and probabilities were created to identify the regional precipitation behaviour, in addition to the graphical and satellite images of the April 2021

precipitation. It was identified that April 2021 was the driest in history, due to atmospheric blockages and dry air masses, which, despite being common this time of year in the Paraná State, were more intense this year, impacting the climatological water balance (CLIMWB), which had already been negative across last year, the impacts were felt the most in Londrina and Cascavel, areas with a concentration of agronomic activities, which may register productivity losses due to the drought this month. A trend of reduced rainfall this month may be occurring, since when analyzing the series for decades, the last (2011-2020) had already been the driest in history, with the exception the meteorological station of Curitiba.
Keywords: Rains. Climatic risks. Extreme events.

Resumo: Episódios de seca estão se tornando cada vez mais frequentes no cenário de mudanças climáticas. Desta forma o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade pluviométrica e a ocorrência de veranicos no Estado do Paraná, com enfoque para o mês de abril, em que foi realizado um estudo de caso para o ano de 2021. Para isso, foram analisadas as alturas pluviométricas, criou-se gráficos de box plot e probabilidades para identificar o comportamento pluviométrico regional, além da análise gráfica e de imagens de satélite das chuvas de abril de 2021. Pelo estudo de caso, identificou-se que abril de 2021 foi o mais seco da série histórica. E isso ocorreu, devido a atuações de bloqueios atmosféricos e massas de ar seco, que por mais que sejam comuns essa época do ano no estado, apresentaram maior intensidade nesse ano, causando impacto no balanço hídrico, que já vinha sendo negativo no decorrer do último ano. Os impactos foram mais sentidos em Londrina e Cascavel, áreas com concentração de atividades agrícolas, que podem registrar perdas de produtividade com a seca neste mês. Uma tendência de redução das chuvas neste mês pode estar ocorrendo, visto que ao analisar a série por décadas, a última (2011-2020) já havia sido a mais seca da história com exceção de Curitiba.
Palavras-chave: Chuvas. Riscos climáticos. Eventos Extremos.

Resumen: Los episodios de sequía se están volviendo cada vez más comunes en el panorama actual del cambio climático. Así, el objetivo de este trabajo fue analizar la variabilidad de las precipitaciones en las estaciones del Estado de Paraná, con foco en el mes de abril, en el cual se realizó un estudio de caso para el año 2021. Para ello se analizaron las alturas de precipitaciones. Se crearon diagramas de caja y probabilidades para identificar el comportamiento de las lluvias regionales, además del análisis gráfico y imágenes de satélite de las lluvias de abril de 2021. A través del estudio de caso, se identificó que abril de 2021 fue el más seco de la historia. Y esto ocurrió por bloqueos atmosféricos y masas de aire seco, que, a pesar de ser comunes en esta época del año en el estado de Paraná, fueron más intensos este año, impactando el balance hídrico, que ya había sido negativo durante todo el año pasado, los impactos fueron Se sintió más en Londrina y Cascavel, zonas con una concentración de actividades agronómicas, que pueden registrar pérdidas de productividad debido a la sequía de este mes. Puede estar ocurriendo una tendencia de disminución de las precipitaciones este mes, ya que al analizar la serie durante décadas, la última (2011-2020) ya había sido la más seca de la historia, a excepción de Curitiba.
Palabras clave: Lluvias. Riesgos climáticos. Cambios climáticos.

Submetido em: 24/10/2021
Aceito para publicação em: 11/07/2022
Publicado em: 29/07/2022

1. INTRODUÇÃO

O condicionamento e desenvolvimento de elementos meteorológicos não é estático, apresentam determinada dinâmica que pode variar em magnitude e frequência, ao longo do tempo e de um lugar para outro (BARRY; CHORLEY, 2009; GORDON, et al., 2016; SCORER, 1997), acompanhando as peculiaridades territoriais em diferentes escalas de abordagem. Estes elementos, evidentemente, são objetos de estudos que buscam compreender as mudanças climáticas e seus efeitos recentes (BOCCHIOLA et al., 2019; D'AGOSTINO; SCHLENKER, 2016; LIANG; GONG, 2017; PRĂVĂLIE et al., 2020; WANG et al., 2017). Analisar os fenômenos meteorológicos, as transformações climáticas e sua intensidade, uma vez que as mudanças climáticas impactam negativamente na resiliência dos ambientes (BONFANTE et al., 2018), se torna notório para determinação de melhorias nos processos sociais e socioeconômicos das ações humanas.

A ocorrência do fenômeno de veranico é caracterizada por dias subsequentes sem incidência de precipitação durante a estação chuvosa (AYOADE, 2017), apresentando graves consequências para a agricultura e o reabastecimento de água (ASSAD, 1994; BAKO et al., 2020; SIFER et al., 2016). Dentre as atividades econômicas, a agricultura é uma das maiores dependentes das condições meteorológicas (ANGELOCCI et al., 2002; CHAVAS et al., 2019), logo, a ocorrência de veranico pode impactar diretamente, ampliando o estresse hídrico e prejudicando a produtividade das culturas (FREITAS et al., 2014; KISAKA et al., 2015).

A precipitação é o elemento mais importante para áreas tropicais e subtropicais, onde sua distribuição variável afeta o desempenho das lavouras (PELL et al., 2007; SIFER et al., 2016). A água tem uma importância fundamental para todos os processos de fisiologia vegetal, incluindo absorção radicular, transporte de nutrientes, termorregulação e hidratação, além disso, é essencial para manter a atividade celular vegetal e sua estrutura (BHATLA; LAL, 2018). O estado do Paraná tem a agricultura como atividade econômica desenvolvida (FERREIRA et al., 2020). Dessa forma, estudos que evidenciam a ocorrência de veranicos e secas são fundamentais para o planejamento agrícola e auxiliam nas tomadas de decisões, ajudando a tornar a agricultura resiliente e sustentável.

Embora o Estado do Paraná seja um dos mais chuvosos do Brasil (CARAMORI et al., 2008), diversos estudos sugerem a ocorrência de períodos de seca em seu interior (SANTOS et al., 2018; CALDANA et al., 2021; SALTON; MORAIS; LOHMANN, 2021). Na Mesorregião

Oeste, Ferreira et al. (2020) identificaram alta probabilidade de ocorrência de períodos de seca, entre o outono e inverno. Para o Estado do Paraná, Salton, Morais e Lohmann (2021) identificaram que períodos de seca extrema e moderada podem ocorrer com maior frequência durante La Niña, enquanto os períodos de seca mais fraca, nas condições do El Niño, porém, neste caso, não há uma tendência de aumento ou redução dos períodos de seca para as diferentes regiões. Caldana et al. (2021) apontaram que as análises desses eventos climatológicos são relevantes para o planejamento e tomada de decisão do manejo agrícola no Estado, uma vez que esses eventos são responsáveis por prejuízos ou mesmo quebra de safra. Principalmente o mês de abril, sendo muito importante ser analisado, por se tratar de uma das épocas mais decisivas para o sucesso da cultura do milho de segunda safra no Estado do Paraná.

O Paraná está localizado em uma área de transição climática, com grandes variações de altitude e latitude, condicionando diferenças significativas em sua variabilidade climática (CARAMORI et al., 2008).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade pluviométrica em estações meteorológicas do Estado do Paraná, com enfoque para o mês de abril, em que foi realizado um estudo de caso para o ano de 2021.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O Estado do Paraná, localizado na região Sul do Brasil, possui uma área de 199.315 km² (IBGE, 2020). A topografia do Estado mostra alta variedade, conforme Figura 1. As altitudes variam de 0 m, ao nível do mar, no Extremo Oriente do Estado, às margens do Oceano Atlântico e atinge picos de 1.200 m no interior, e 1.800 m na Serra do Mar (Figura 1).

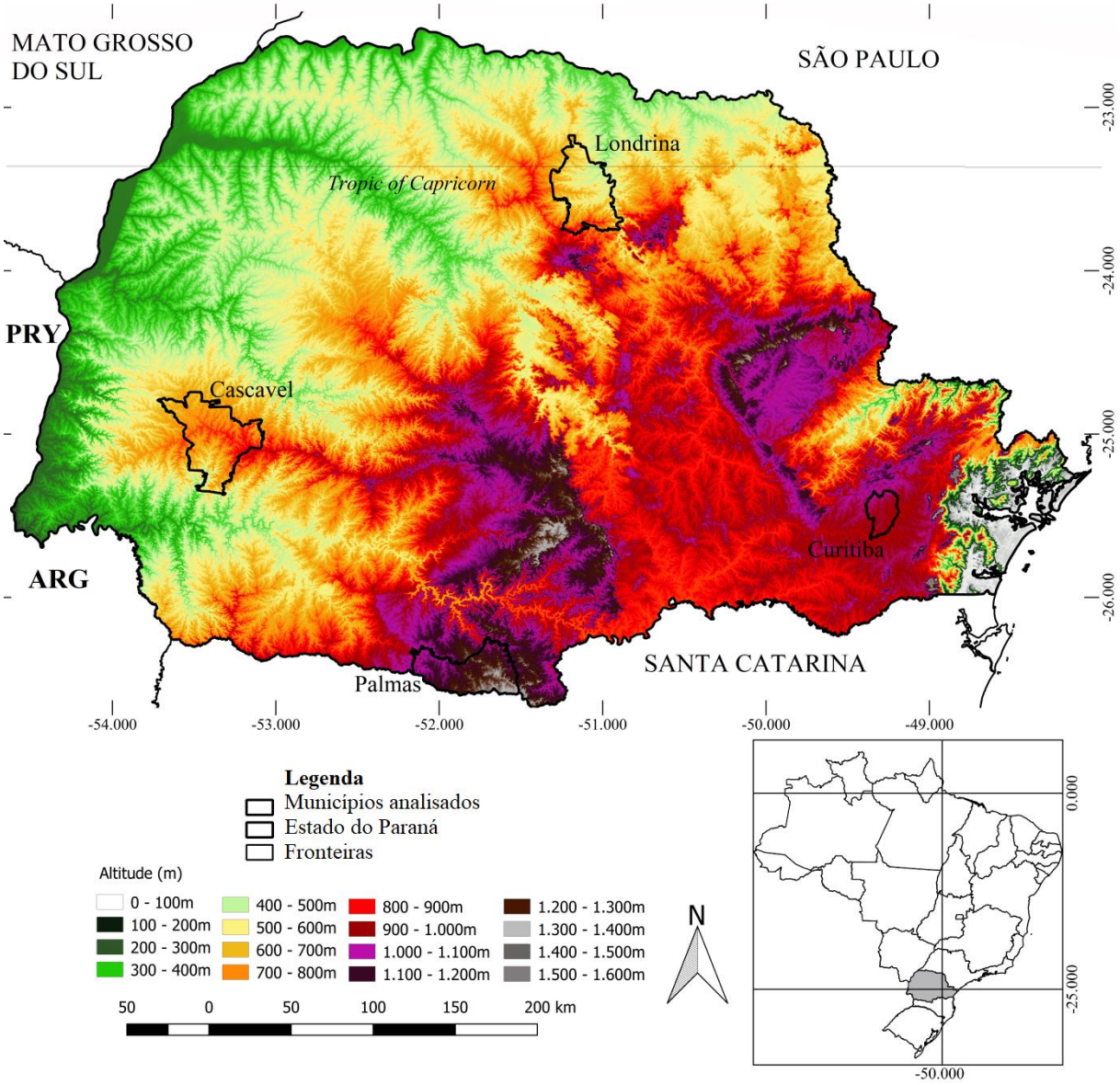
O clima do estado apresenta grande variabilidade por estar localizado em uma área de transição climática com o cruzamento do trópico de Capricórnio no Norte do Estado (região de Londrina), sendo que o fator que mais interfere na classificação climática é a altitude (CARAMORI et al., 2008; CALDANA et al., 2019).

Nas regiões Norte, Oeste e Litoral, predomina a classificação de clima “Cfa”, com características subtropicais, sem estação seca definida e verão quente, segundo a classificação

climática de Köppen de 1936. As regiões Centro-Sul e Leste são classificadas como “Cfb” de clima subtropical, sem estação seca e verão frio (NITSCHE et al, 2019).

A precipitação média anual varia de 1.000 mm no extremo norte do estado a 2.600 mm na montanha do mar, enquanto a temperatura média do ar varia de 14 °C nas montanhas a 24 °C no extremo noroeste (NITSCHE et al, 2019).

Figura 1 - Espacialização das estações meteorológicas e topografia do Estado do Paraná.



Fonte: Autores (2021).

2.2. Análise estatística

Para a caracterização da precipitação no Paraná foram utilizados dados de sete estações meteorológicas, sendo elas do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - Iapar-Emater (IDR-Paraná), Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) e Agência Nacional das Águas (ANA) (Figura 1 e Tabela 1), sendo todas localizadas dentro da área da mesorregião analisada e com recorte temporal de 1976 a 2020. Além disso, foram utilizados dados de abril de 2021 para a realização do estudo de caso.

Table 1 - Climatic information from the stations analyzed.

Órgão responsável	Estação (Município)	Longitude	Latitude	Altitude	Precipitação média anual	Temperatura média anual	Série Histórica
SIMEPAR	Cascavel	-53.33	-24.53	660m	--	19,6°C	2000-2020
ANA	Rio do Salto (Cascavel)	-53.32	-25.12	606m	1.910,2mm	--	1976-2020
ANA	Curitiba (ANA)	-49.8	-25.25	985m	1.491mm	--	1976-2020
SIMEPAR	Curitiba (SIMEPAR)	-49.23	-25.44	929m	--	17,1°C	2000-2020
IDR	Londrina (IDR)	-51.10	-23.23	585m	1.637,2mm	--	1976-2020
SIMEPAR	Londrina (SIMEPAR)	-51.10	-23.23	585m	--	21,2°C	2000-2020
IDR	Palmas (IDR)	-51.59	-26.29	1.110m	2.129mm	--	1976-2020
SIMEPAR	Palmas (SIMEPAR)	-51.59	-26.29	1.110m	--	16,4°C	2000-2020

Fonte: Autores (2021).

Para analisar a distribuição regional e a variabilidade pluviométrica foram utilizados os gráficos no formato de Box Plot. Por meio destes gráficos, é possível analisar: a medida de suas dispersões ao entorno da média por meio do desvio padrão, a posição de sua mediana, a que demonstra onde se encontra 50% dos dados, sua assimetria e a presença de pontos discrepantes ou outliers e extremos (LEM et al., 2013; SCHNEIDER; SILVA, 2014). Sendo um método eficaz para analisar a variabilidade da precipitação, principalmente por apresentar extremos e outliers nas séries históricas (DEVAK; DHANYA, 2014).

Os box plots representam cinco classificações de valores, são eles: mediana, outliers discrepantes e extremos e valores máximos e mínimos. Sendo classificados três quartis (Q) com 25% dos dados cada, além do valor da mediana, que equivale ao segundo quartil - 50% dos dados (LEM et al., 2013; SCHNEIDER; DA SILVA, 2014). Os outliers são divididos em discrepantes (valores acima do considerado máximo, mas que não são extremos) e extremos, sendo considerados quaisquer valores, de acordo com a equação 1:

$$< Q3 + 1.5\,(Q3 - Q1) \text{ or } > Q1 - 1.5\,(Q3 - Q1) \quad (1)$$

A espacialização destes dados foi realizada por meio da interpolação, que é um método eficaz para a visualização espacial dos dados climáticos 7(BERNDT; HABERLANDT,2018). Esta foi feita por meio de isoietas ou espacialmente preenchendo os valores por meio de estatísticas de regressões ajustadas e utilizando o algoritmo de interpolação espacial Inverse Distance Weighted (IDW) (MUELLER et al., 2004). Os mapas foram criados por meio do Software Qgis.

Os dados pontuais das estações pluviométricas foram inseridos no software Qgis e transformados em um arquivo raster, com auxílio do interpolador IDW. Este novo arquivo exibe uma superfície regular ajustada a esses dados de ponto de interesse com pixel de resolução espacial de 1 km por 1 km. Posteriormente, foram inseridos isoietas e seus valores para melhor visualização das áreas com precipitações semelhantes e para regionalizá-las. Também foram avaliados à distribuição das precipitações anuais usando uma estação meteorológica por região.

Foi utilizado para analisar a influência topográfica o Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, com resolução de 30 m. Este método é necessário para espacializar e regionalizar dados para áreas que não possuem dados de chuva com maior precisão.

Equações de regressão linear múltipla foram aplicadas para a espacialização dos dados médios de chuva medidos nas estações meteorológicas. A equação aplicada é dada por: y = a + b.lat + c.long + d.alt, onde a, b, c, d são coeficientes de regressão, e lat, long e alt representam a latitude, longitude e altitude, respectivamente. Essa fórmula matemática foi aplicada no software de geoprocessamento Arcgis sobre o arquivo SRTM, possibilitando a geração de mapas, com resolução espacial de 30 m.

Para identificar a probabilidade de ocorrência de veranicos foram determinadas as frequências do número de dias consecutivos com precipitação igual ou inferior a 1 mm dia-1 ou 10 mm decêndio-[1], com duração de pelo menos 10 dias (MINUZZI; CARAMORI, 2011). As análises de frequência foram realizadas por decêndios móveis (1-10/01, 2-11/01, 3-12/01, e assim por diante). Esse procedimento evita a omissão de períodos decendiais consecutivos sem chuva que podem ocorrer quando se considera somente os decêndios fixos 1-10, 11-20 e 20-30 de cada mês. Apenas valores maiores ou iguais a 1 mm foram considerados como chuva.

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi obtido pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando a equação com os valores das variáveis meteorológicas (temperatura e precipitação), e a capacidade de água disponível no solo (CAD) proporcional à profundidade efetiva das raízes da cultura do milho de segunda safra (72 mm de acordo com o Zoneamento Agricola de Risco Climático – ZARC em vigência). Foram considerados, os dados médios mensais de precipitação (extraídos dos totais mensais de cada ano) e a temperatura média mensal (extraída das médias mensais dos valores diários de cada ano). Sendo calculado para o período 2000-2021, graças ao tempo de funcionamento das estações com dados de temperatura.

Em seguida, calculou-se a evapotranspiração potencial (ETP) pelo método de Thornthwaite. Primeiramente, calculou-se a evapotranspiração potencial padrão (ETPp, mm mês-1) pela fórmula empírica (equação 2 e 3):

$$\text{Quando: } 0 < Tn < 26{,}5°C \qquad (2)$$

$$\text{ETPp} = 16\left(10\frac{\text{Tn}}{\text{I}}\right)^{\text{a}}$$

$$\text{Quando: Tn} \geq 26{,}5ºC\text{Tn}^2 \qquad (3)$$

$$\mathrm{ETPp} = -415\,85, + 32\,24, \mathrm{Tn} - 43{,}0\,\mathrm{Tn}^2$$

Em que: Tn - temperatura média do mês n, em °C; e I é um índice que expressa o nível de calor da região. O subscrito n representa o mês, ou seja, n=1 é janeiro; n=2 é fevereiro; etc.

O valor de I depende do ritmo anual da temperatura do ar, integrando o efeito térmico de cada mês, sendo calculado pela fórmula: (equação 4)

$$\mathrm{I} = 12(0{,}2\,\mathrm{Ta})^{1{,}514} \quad (4)$$

O expoente “a”, sendo uma função de I, também é um índice térmico regional, e é calculado pela expressão (equação 5):

$$a = 0{,}49239 + 1{,}7912x10^{-2}\,I - 7{,}71\mathrm{x}10^{-5}\,I^2 + 6{,}75\mathrm{x}10^{-7}\,I^3 \quad (5)$$

O valor de ETPp representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12 horas de fotoperíodo (N). Portanto, a ETPp deve ser corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP) (equação 6).

$$COR = \left(\frac{N}{12}\right)\left(\frac{NDP}{31}\right) \quad (6)$$

Por conseguinte, a classificação climática pelo método de Thornthwaite (1948), considera que após a obtenção do balanço hídrico climatológico (BHC) segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), assumindo uma capacidade de água disponível no solo (CAD) igual a profundidade efetiva das raízes em mm, devem ser avaliados os índices hídricos (Ih) (equação 7):

$$Ih = \frac{EXC}{ETP}100 \quad (7)$$

Onde: EXC - excesso de água (mm); ETP - evapotranspiração referência ou potencial (mm).

2.3 Estudo de caso

A gênese e identificação do sistema atuante no evento de chuva e o monitoramento das condições meteorológicas diárias foram realizados por meio de imagens do satélite METEOSAT disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). As imagens foram coletadas todos os dias e com horário das 15 horas. Em seguida, foram feitas as análises dos padrões e circulação atmosféricas, e extraídos os dias 3, 10, 15, 18, 22 e 30 para a interpretação do estudo de caso, visto que essas, apresentaram mudança na circulação atmosférica.

Além disso, foram extraídas imagens do radar meteorológico do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR que é atualizado a cada 15 minutos para identificar o tipo de instabilidade e seu deslocamento sobre o Estado do Paraná.

Para analisar a magnitude do evento de seca, foram extraídos a média mensal de chuva em abril e o acumulado de 2021 para criar mapas por meio do interpolador IDW. Além disso, foi elaborado o BHC do último ano, para compreender o impacto da falta de chuva nas condições hídricas do solo. Além disso, foi criado uma tabela de médias decadais, para identificar se está havendo uma redução nas chuvas no mês de abril nessas localidades.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da precipitação e da ocorrência de veranicos

A precipitação nas estações meteorológicas analisadas apresentou distribuição diferente durante o ano. A estação de Cascavel, com média anual de 1.910 mm (Tabela 1) apresentou outubro como mês mais chuvoso, assim como em Palmas, enquanto Londrina e Curitiba registram o mês de janeiro.

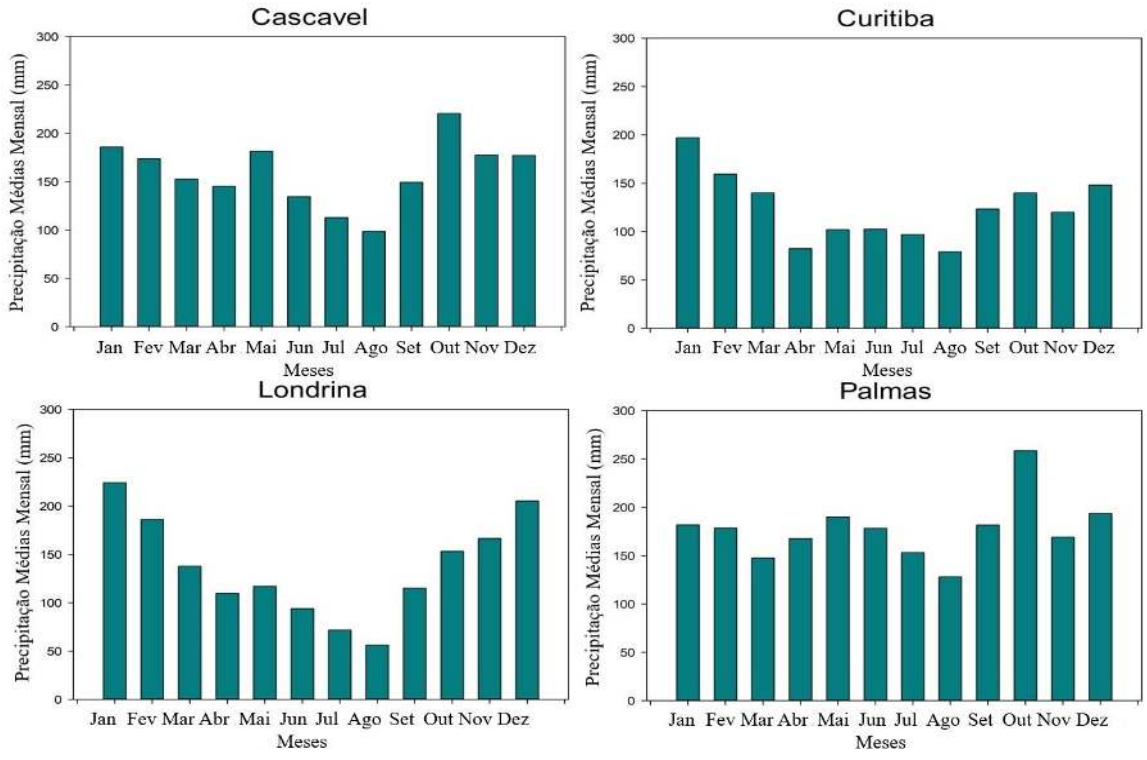
Este comportamento da precipitação durante o mês de outubro também foi identificado em toda a região Oeste do Paraná. Caldana et al. (2020), identificaram que o mês mais chuvoso, no estado do Paraná (exceto Região Metropolitana de Curitiba) é janeiro, enquanto em toda a região Oeste e em fragmentos do Centro Oeste do Paraná, o mês mais chuvoso é outubro, devido às instabilidades formadas nas altas temperaturas no Paraguai que favorecem o avanço de sistemas atmosféricos sobre o estado do Paraná. A proximidade da região Oeste do Paraná com o Paraguai garante que esses sistemas convectivos tenham um impacto maior nas chuvas deste mês, do que no restante do estado.

O aumento de eventos de precipitação ocorre devido à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), da Amazônia ao Atlântico Sul, criando uma grande área de umidade no Brasil, no sentido Norte a Sudeste. Ressalta-se que pode-se identificar esse fenômeno climático no centro-sul da Amazônia (Amazonas e Estado do Pará), regiões do Centro-Oeste e até mesmo no Sudeste, conforme mencionado anteriormente. No Sul do Brasil, a ZCAS causa chuvas no Paraná e em Santa Catarina (BALICKI; ANDRADE; HORNES, 2020). O aumento da temperatura durante as estações de primavera-verão em outubro (MINUZZI; CARAMORI;

BORROZZINO, 2011), associado ao fenômeno ZCAS (QUADRO et al., 2012) e sistemas convectivos (BORSATO; SOUZA FILHO et al., 2010), causam diversas tempestades e variabilidade das chuvas, como apontado por Ferreira et al (2020) e instabilidade durante toda a primavera, no estado do Paraná.

Pela média, Curitiba é a estação mais seca, com média anual de 1.491 mm (Tabela 1), em conjunto com a mais chuvosa, de Palmas com média de 2.129 mm, registraram abril (objeto deste estudo) como segundo mês mais seco da série, com médias de 82,4 e 167 mm, consecutivamente (Figura 2). Em Londrina (109,7 mm) e Cascavel (149 mm), abril é apenas o nono mês mais chuvoso.

Figura 2 – Precipitação média mensal nas estações meteorológicas analisadas.



Fonte: Autores (2021).

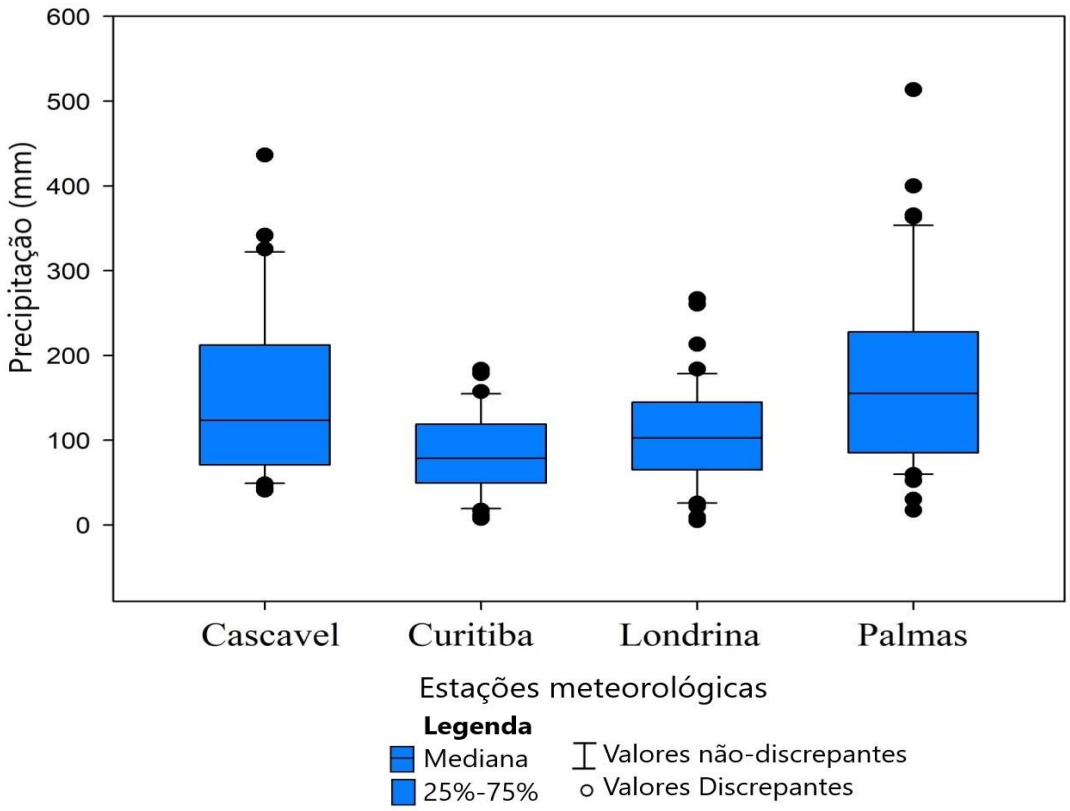
A variabilidade no mês de abril (Figura 3) se mostrou grande em Cascavel com intervalo entre quartis de mais de 140 mm (67-209 mm) e mediana de 120 mm. As ocorrências de chuvas superiores aos 300 mm elevam a média mensal (145,3 mm), foram sete ocorrências no período analisado, sendo três de eventos outliers. Enquanto o mês de abril mais seco, até o ano de 2020 foi de 41 mm em 1980.

Padrão bem diferente foi observado em Curitiba, com intervalo entre quartis de apenas 50 mm (61-112 mm) e mediana inferior as demais (82 mm). Houve ainda, apenas dois eventos outliers e nenhum superando os 200 mm, diferente das demais estações. O menor registro de chuva neste mês foi em 1978 com 7,8 mm.

Assim como Curitiba, Londrina não apresentou grande variação mensal, com a diferença entre quartis de 75 mm (67-142 mm) e mediana de 105 mm. Com seis eventos extremos (outliers) e o abril mais seco foi em 2002 com 5,2 mm.

Já em Palmas, local com maior registro de chuva em abril, identificou-se o único evento superando os 500 mm, no ano de 1998, ano com forte influência do fenômeno el niño (CALDANA et al., 2020), com aumento das chuvas em todas as regiões do estado (CAMILLONI; BARROS, 2000). Ainda houve mais 13 eventos superando os 300 mm demonstrando ser um mês bem chuvoso na região nesta área. O abril mais seco ocorreu em 1996 com 17,2 mm.

Figura 3 – Box plot da variabilidade pluviométrica mensal em abril



Fonte: Autores (2021).

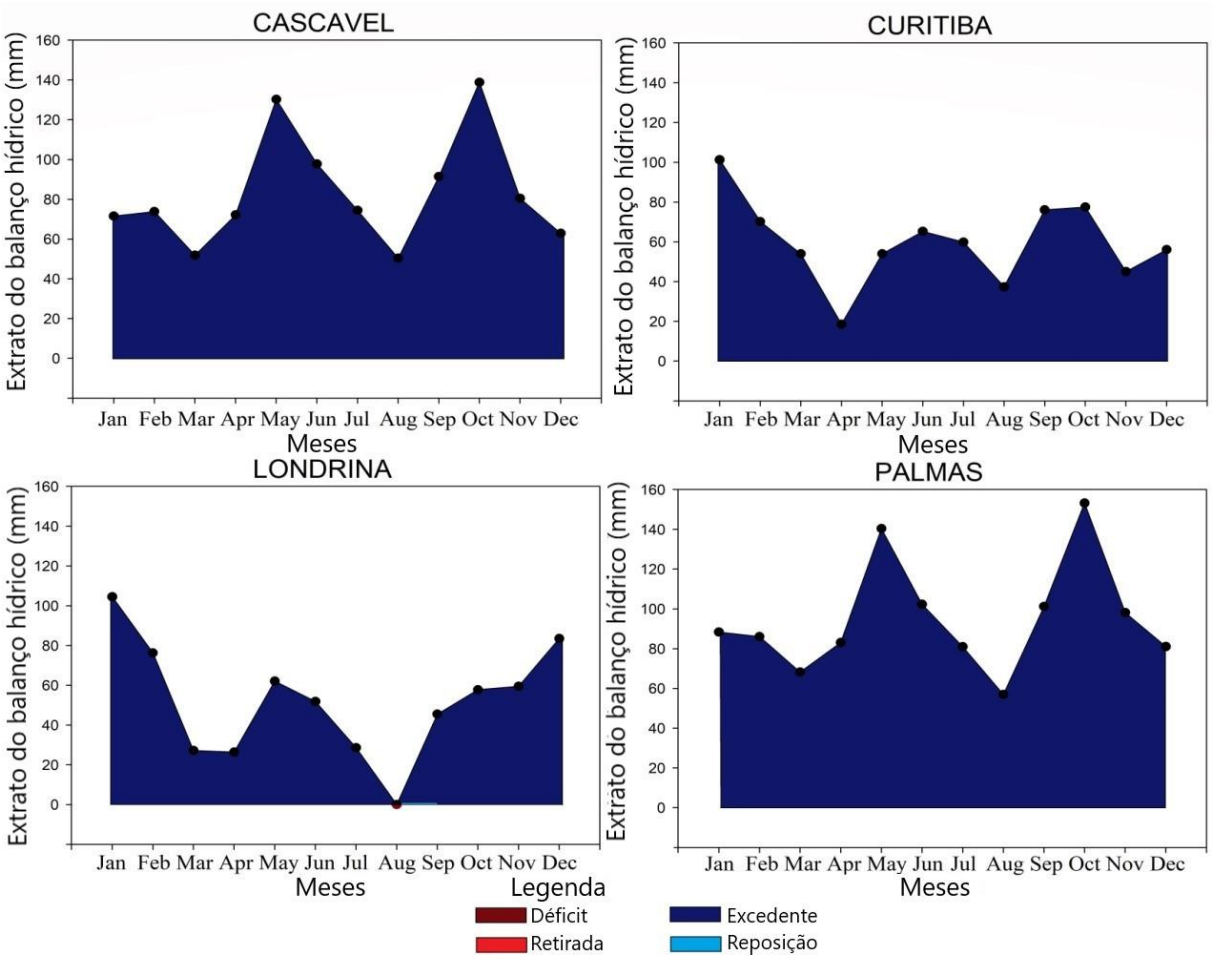
O BHC (Figura 4) para o Paraná foi analisado a fim de verificar o excesso ou déficit hídrico e os impactos no solo e, consequentemente, para a prática agrícola na região,

correlacionando a ocorrência de precipitação, com a temperatura e evapotranspiração, como forma de subsidiar informações para a agricultura. Como observado anteriormente, houve meses e anos muito secos e chuvosos; entretanto, o balanço hídrico foi positivo para todos os meses das quatro estações verificadas.

Londrina foi a única a apresentar um mês com saldo do balanço hídrico negativo, a ocorrência pela média é em agosto, com 2 mm, que já são supridos no mês de setembro e volta a ter saldo positivo nos meses seguintes. O mês com extrato menor do balanço hídrico foi agosto em Cascavel, Londrina e Palmas, e apenas em Curitiba foi em abril, apesar de ainda ser positivo.

Mesmo distante em 340 km, Palmas e Cascavel apresentaram extrato do balanço hídrico muito similar, porém, com valores sempre maiores em Palmas.

Figura 4 – Balanço hídrico climatológico para as estações analisadas.

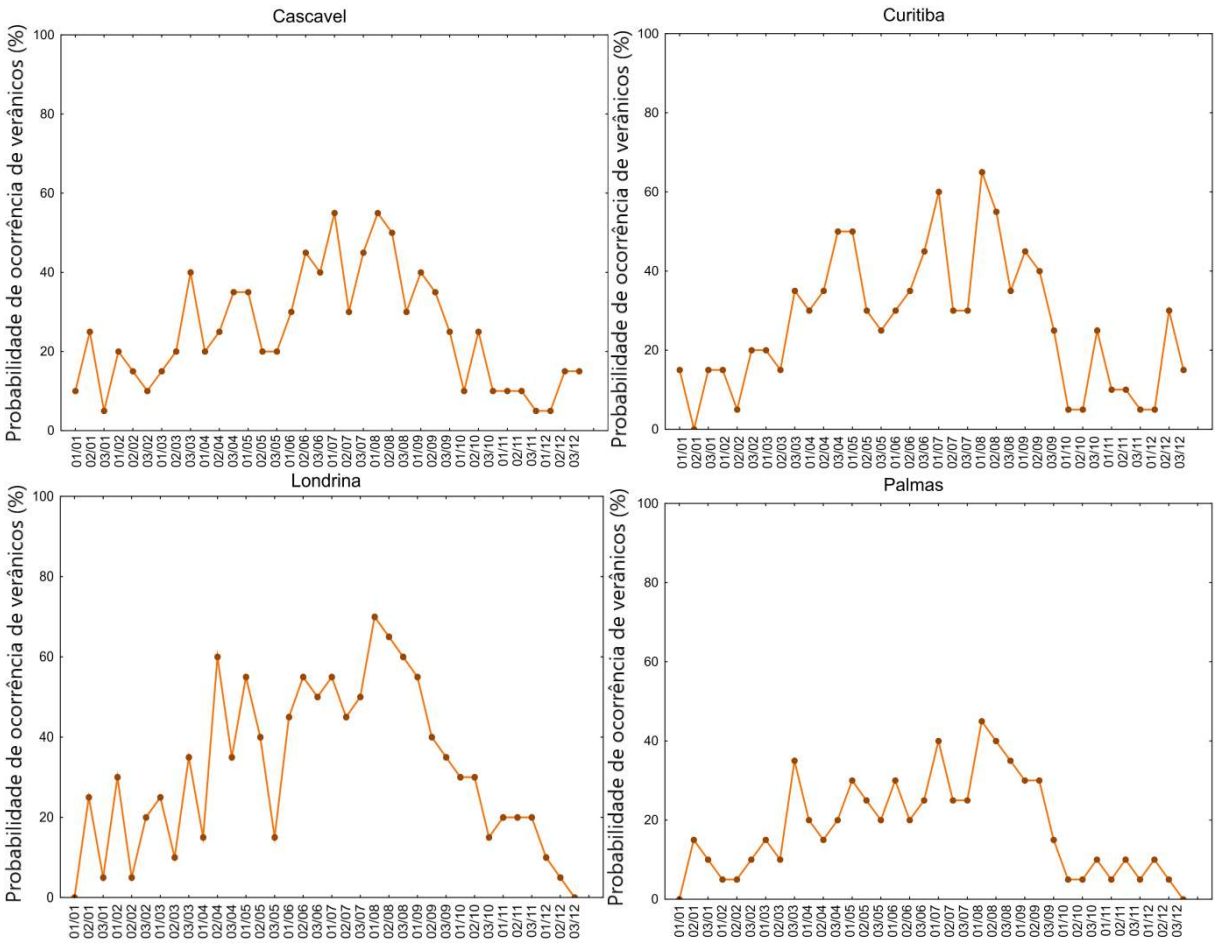


Fonte: Autores (2021).

Apesar de apresentar todos os meses com extrato positivo do balanço hídrico, ocorrência de veranicos são comuns em todo Paraná (FERREIRA et al., 2020). Ocorrências de veranicos podem impactar negativamente o balanço hídrico e atividades econômicas, principalmente a agricultura.

Como observado, Londrina mesmo apresentando precipitação média superior a Curitiba, a distribuição não se mostra regular, com risco de veranico bem superior, chegando atingir risco de 70% no primeiro decêndio de agosto. O mesmo ocorre em abril, mesmo sendo o sétimo mês que mais chove, o risco de veranico chega a 60% no primeiro decendio. O mesmo ocorre em Curitiba, com risco de 50% nos decendios 2 e 3 de abril.

Figura 5 - Probabilidade de ocorrência de veranico em séries decendiais (1976-2020) no Estado do Paraná.



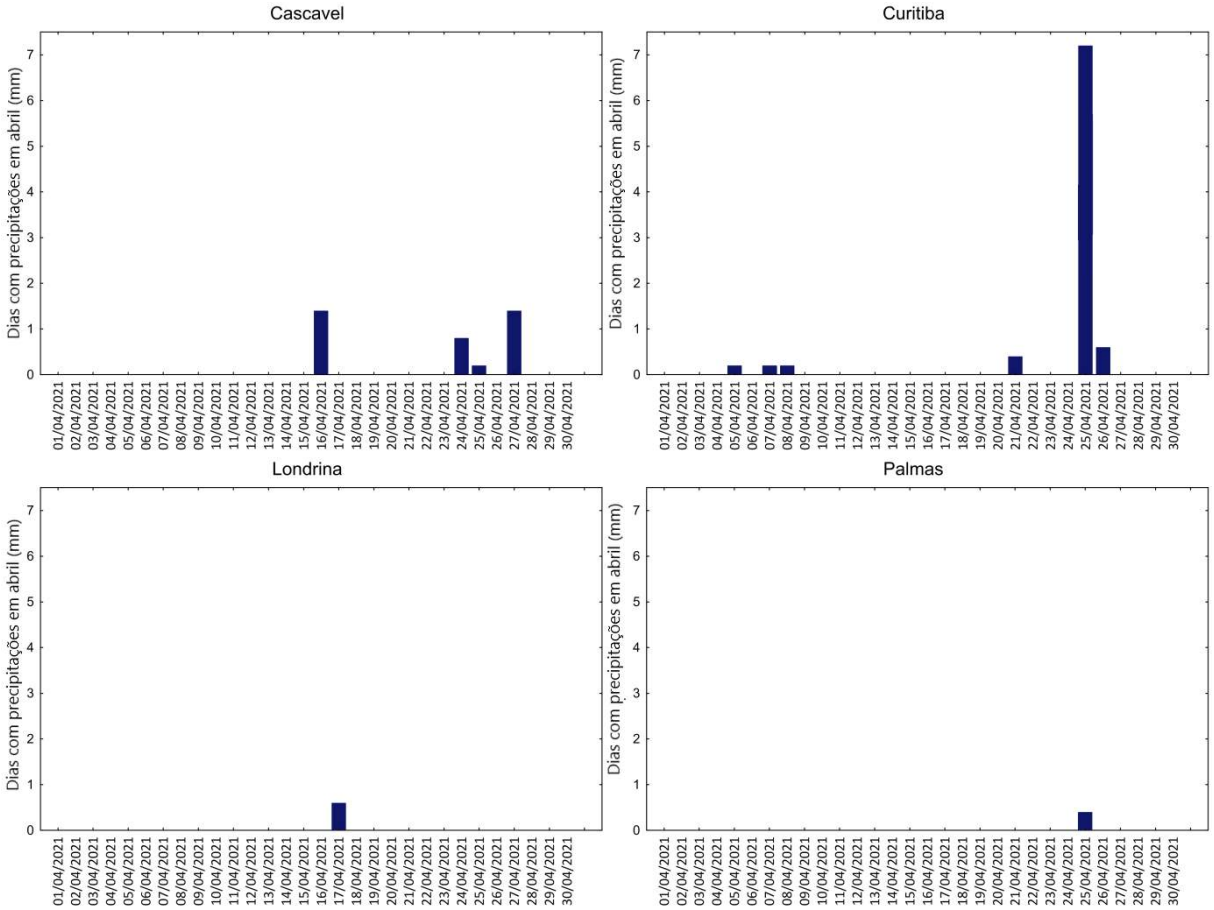
Fonte: Autores (2021).

Em Cascavel os picos não superam os 50% e ocorrem nos meses de julho e agosto. Em abril, o risco de veranico não supera os 35%. Em Palmas o risco é inferior a todas as demais, o pico ocorre em agosto com 40% e no mês de abril não superam os 20%.

3.2 Estudo de caso do mês de abril (2021)

A precipitação diária em abril (Figura 6) se mostrou baixa em todas as estações analisadas. Ao observar a precipitação mensal em abril durante a série histórica os anos mais secos em cada estação foram 41 mm em Cascavel (1980) 10,8 em Curitiba (2000), 5,2 em Londrina (2002) e 17,2 mm em Palmas (1996), tornando o ano de 2021 o abril mais seco desde 1976 nas estações analisadas do Estado.

Figure 6 - Precipitação diária em abril de2021 no Estado do Paraná



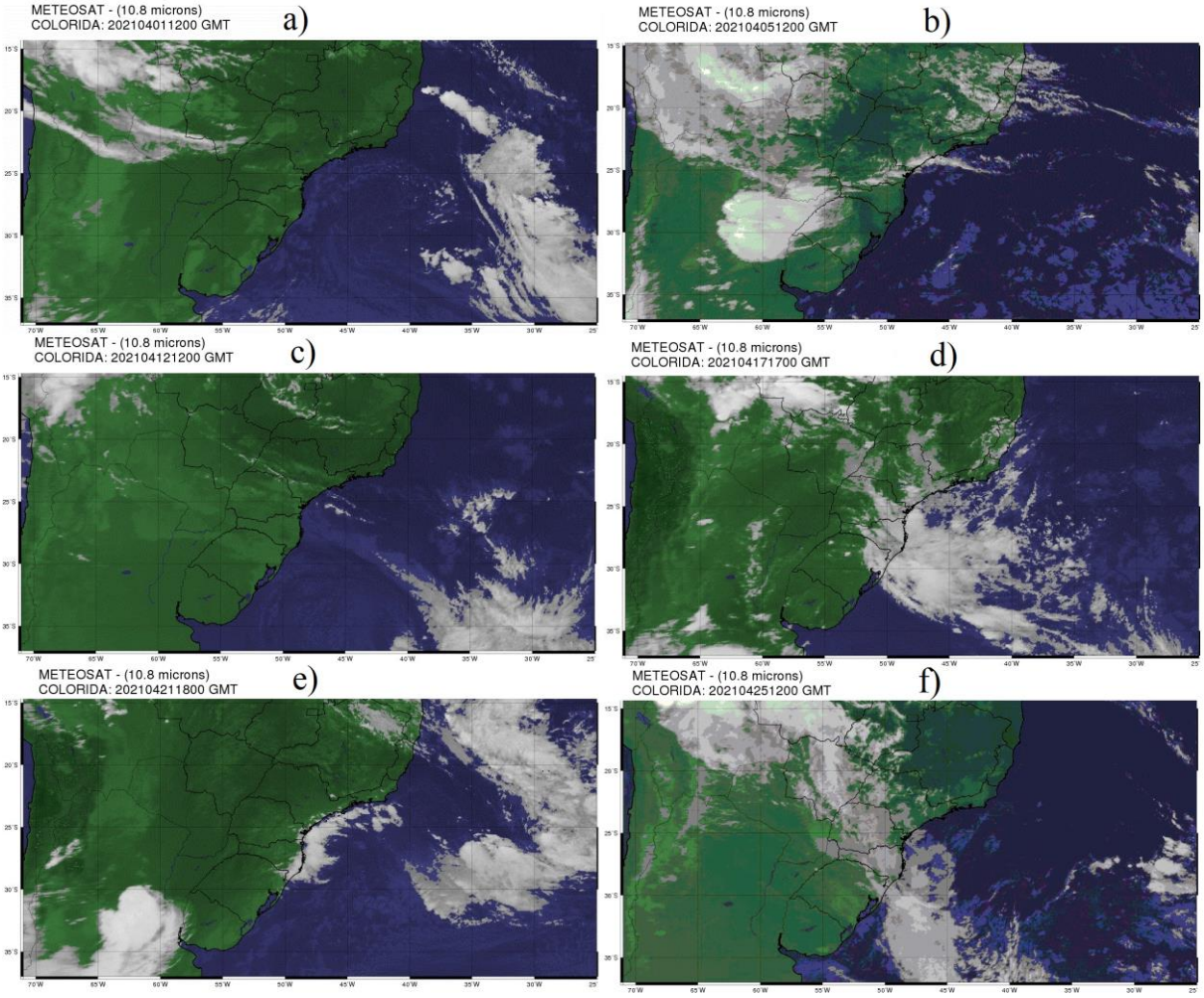
Fonte: Autores (2021).

Ao observar o cenário atmosférico do mês (Figura 6), no dia 1 (Figura 7a), assim como em boa parte do mês de abril, houve predomínio de uma massa de ar seco e mais aquecido,

não favorecendo a formação de chuvas, ou nebulosidade em toda região sul e sudeste do Brasil. Os ventos foram em boa parte de noroeste, trazendo mais calor das regiões tropicais e equatoriais da América do Sul.

Nos dias 5 e 12 o cenário passou a mudar com a entrada de frentes frias, já comuns essa época do ano (Figura 7b). A do dia 5, só avançou e trouxe chuva até Curitiba, nas demais estações não houve registro. Enquanto no dia 12, não houve registro de chuva em nenhuma das estações, muito ocasionado pela presença da massa de ar seco que predominava até então, houve apenas chuvas em locais isolados do estado. Em seguida, uma nova massa de ar seco e menos aquecido prevaleceu sob o estado (SIMEPAR, 2021).

Figura 7 - Imagens de satélite (COLOR IR 9), extraída às 15h dos dias selecionados para o Centro-Sul do Brasil



Fonte: Autores (2021).

No dia 17 (Figura 7d), uma nova entrada de frente fria trouxe chuva as estações de Cascavel e Londrina, deve-se notar que a frente atua primeiro nessas áreas, dado seu

deslocamento preferencial pelo Paraná nas direções sudoeste-nordeste e sul-norte, normalmente, esse deslocamento está associado a um sistema de ondas de leste resultante de áreas de baixa pressão com instabilidades (MONTEIRO, 1969; DOSS-GOLLIN et al., 2016). Nas demais áreas, indica-se que já havia enfraquecido e não trouxe instabilidade ao avançar pelas áreas a leste do estado em direção ao oceano.

Entre os dias 21 e 30, com exceção dos dias 25 a 27 (Figura 7e) uma massa de ar seco e quente volta a predominar sob o estado, com exceção da faixa litorânea, com o deslocamento de umidade do oceano, que não avançou além da serra do Mar do Paraná. Inclusive, o litoral do Paraná, foi a única área do estado a registrar chuvas significativas, conforme dados do Simepar (2021) houve 233 mm em Guaratuba e 115 em Antonina, com umidade advinda do oceano que não avançou para as demais áreas do estado.

Nos dias 25 a 27 houve uma área de baixa pressão no Paraguai, um significativo aumento de nebulosidade com algumas chuvas no estado, sendo a instabilidade que mais gerou chuva no mês, porém, ainda sendo uma Frente fria classificada como um sistema bastante fraco (SIMEPAR, 2020). O maior registro foi em Curitiba com 7,2mm.

Outros déficits de chuva foram registrados no Brasil nos últimos anos, Caldana et al. (2021) identificaram que o mês de setembro de 2020 foi o mais seco e mais quente na Mesorregião Centro-Ocidental do Paraná. Por meio de imagens de satélite, identificaram uma intensa atuação de uma massa de ar seco, favorecida pelas queimadas no Pantanal e Amazônia que ocorreram no mesmo período.

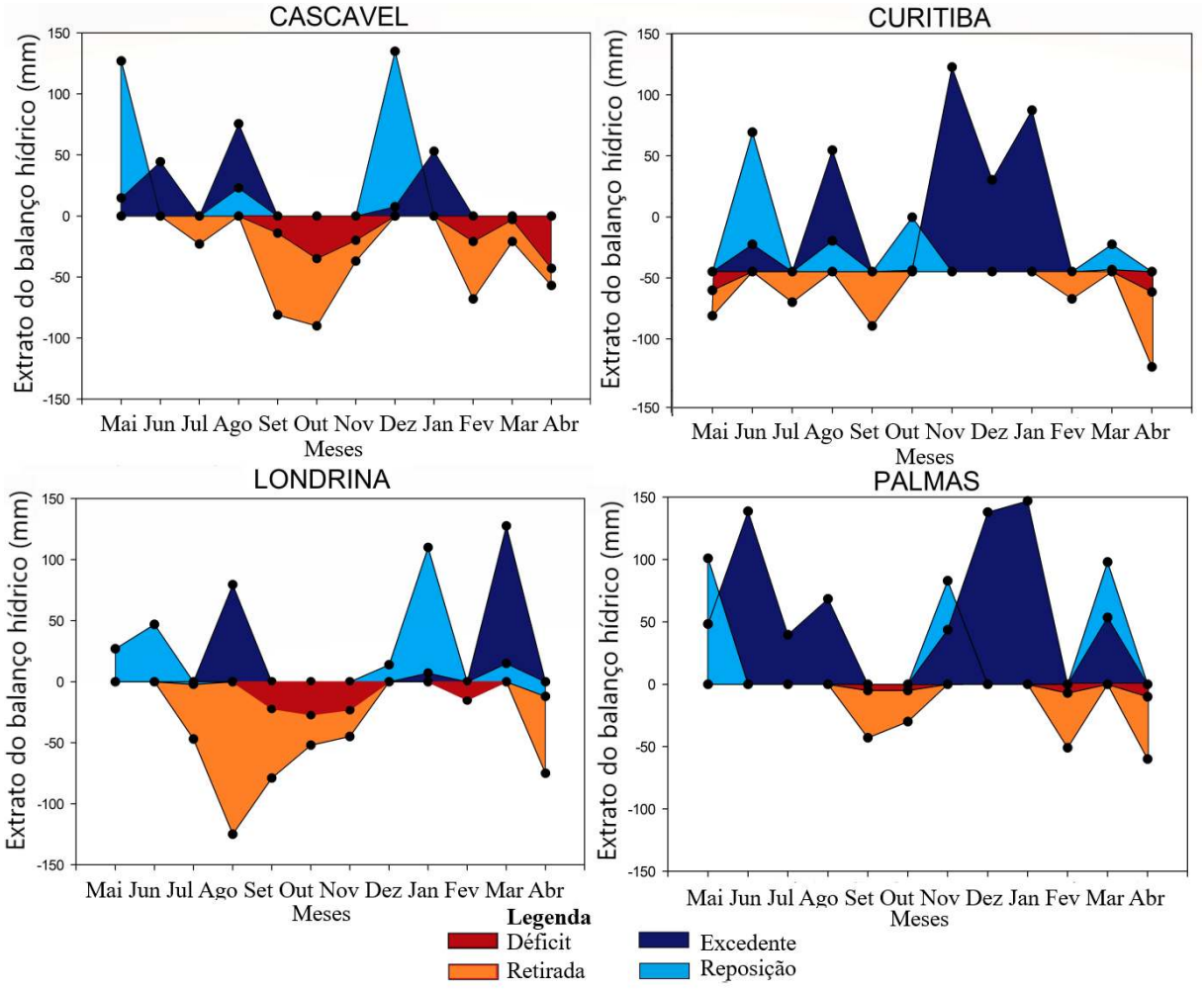
Quanto à seca com o olhar sinótico, Jacondino et al. (2019) realizou a análise de estiagem intensa na Região Sul do Brasil e condições sinóticas associadas; e identificou diferentes magnitudes de seca ao longo do período sazonal frio (abril a setembro). A magnitude das secas média é mínima em maio e maior em agosto e setembro no RS e SC. A incidência local também não é homogênea em magnitude, sendo que as localidades do RS com maior magnitude média estão fora da região Oeste com maior frequência de ocorrência. Há um claro padrão de variáveis de sul para norte na magnitude do fenômeno sobre a região, com eventos mais intensos sobre o RS, decrescentes para intermediários sobre Santa Catarina e mínimos no Estado do Paraná. Embora o trabalho não tenha identificado mudanças no padrão de estiagem para o mês de abril, conforme identificado em 2021, trabalhos futuros podem identificar se há uma tendência significativa para este mês e podem ser incluídos nos meses com maior chance de estiagem.

Dessa forma, mesmo com a entrada frequente de frentes frias que geram instabilidades atmosféricas em todo o centro-sul do Brasil, em abril, elas normalmente ainda são fracas, e com a presença de um ar bastante seco e mais aquecido durante boa parte do mês, mesmo com a entrada desses sistemas não houve a ocorrência de chuva significativa durante todo o mês, tornando o mês de abril mais seco da série histórica, e isso trouxe impacto direto no balanço hídrico regional (Figura 8).

Diferente do que se observou, nos padrões médios do BHC o período que precedeu o mês de abril apresentou vários registros de deficiência e retirada de água no solo, e não apenas no mês de abril, a chuva já se apresentava abaixo em meses anteriores.

Curitiba e Palmas apresentaram os menores impactos, mas ainda assim, com cinco e quatro meses com deficiência hídrica, respectivamente, com o pior cenário ocorrendo no mês de abril. Em Palmas, a retirada de água de solo superou os 50 mm e em Curitiba os 100 mm.

Figura 8 - Climatological Water Balance (CLIMWB) from May (2020) to April (2021) at Paraná.



Fonte: Autores (2021).

Já em Londrina, o pior cenário ocorreu anteriormente, entre os meses junho e novembro, com pico no mês de agosto com mais de 120 mm de água retirada do solo e déficit de 30 mm. Esse longo período com BHC apresentando déficit hídrico pode se repetir a partir de abril de 2021, se não chover o suficiente para repor o que se perdeu nesse mês seco.

Cascavel, apesar de apresentar menores valores de retirada de água no solo que Londrina, registrou os maiores valores de déficit hídrico, e diferente das demais, os meses de fevereiro e março, já registraram BHC negativo, se intensificando no mês de abril, com isso o déficit hídrico chegou a 47 mm.

O cenário é ainda mais alarmante visto que os municípios de Cascavel e Londrina tem a agricultura como a principal atividade desenvolvida e em grande parte da sua área, plantam milho nessa época do ano (BIAGIO et al., 2017). Por ser uma planta de origem tropical, o milho exige durante seu ciclo, calor e água disponível no solo para se desenvolver (TEIXEIRA et al., 2019). Desse modo, a análise da disponibilidade hídrica no mês de abril para a cultura do milho faz-se necessária visto que a época de semeadura do milho de segunda safra no estado do Paraná encontra-se entre os meses de Janeiro a Março, sendo a principal cultura nesse período, posicionada após o cultivo da soja no Estado (MIRANDA et al., 2021).

O déficit hídrico durante o crescimento vegetativo inicial das plantas de milho causa redução da área foliar, na interceptação da radiação solar, na condutância estomática e no teor de clorofila nas folhas, o que resulta em uma redução na eficiência da taxa fotossintética, o que pode influenciar diretamente no rendimento da cultura (BERGAMASCHI et al., 2004)

Os dois munícipios que plantam milho nessa época do ano, são os que apresentaram maior déficit hídrico e provavelmente irão apresentar resultados negativos na produtividade, e se esse cenário indicar uma futura tendência impacto das mudanças climáticas, pode tornar a cultura inviável nessa época do ano para essas localidades, e um padrão foi identificado ao analisar a média das últimas décadas (Tabela 2).

Tabela 2- Precipitação média por décadas no mês de abril em estações do estado do Paraná.

Estações meteorológicas	Média (1976-2021)	Média (1981-1990)	Média (1991-2000)	Média (2001-2010)	Média (2011-2020)
Cascavel	145,3mm	198,9mm	161,8mm	136,3mm	92mm
Curitiba	82,4mm	111,7mm	57,3mm	95,3mm	77,6mm
Londrina	109,7mm	138,9mm	108,1mm	87,3mm	83,3mm
Palmas	167,8mm	194,1mm	163mm	192,3mm	101,4mm

Fonte: Autores (2020).

Pode-se observar que não só o ano de 2021 que foi o mais seco da série histórica, como também a última década apresentou redução das chuvas, demonstrando que pode estar havendo uma tendência negativa nas chuvas deste mês. Com exceção de Curitiba, todas as demais cidades apresentaram a última década (2011-2020) como a mais seca da série histórica. Cascavel e Palmas registraram os valores mais alarmantes com redução maior de 50 mm de chuva em relação a média e 106 e 93 mm, respectivamente, em relação a década de 1981-1990.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo estudo de caso, identificou-se que abril de 2021 foi o mais seco da série história com registro de chuva entre 0,6 e 8 mm nas estações meteorológicas analisadas. E isso ocorreu, devido a atuações de bloqueios atmosféricos e massas de ar seco, que por mais que sejam comuns essa época do ano no Estado do Paraná, apresentaram maior intensidade nesse ano.

A chuva muito abaixo da média neste mês causou impacto no balanço hídrico, que já vinha sendo negativo no decorrer do último ano, os impactos foram mais sentidos em Londrina e Cascavel, áreas com concentração de atividades agronômicas, principalmente no cultivo do milho de segunda safra, que podem registrar perdas de produtividade com a seca neste mês.

Uma tendencia de redução das chuvas neste mês pode estar ocorrendo, visto que ao analisar a série por décadas, a última (2011-2020) já havia sido a mais seca da história com exceção de Curitiba. E apresentou valores alarmantes de redução de chuva, como em Cascavel

com mais de 100 mm em relação a década de 1981-1990 e de 66 mm em relação à média em Palmas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer as agências de financiamento da pesquisa CAPES, pelas bolsas de estudo concedidas ao primeiro autor deste artigo.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Dados hidrológicos da Rede Hidrometeorológica Nacional – Hidroweb, séries históricas**, Brasília, 2020. Disponível em: < https://www.snirh.gov.br/hidroweb >. Access em: 25 may 2020.

ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas***.* Guairá: Agropecuária, 2002.

ASSAD, E. **Chuva no Cerrado***:* análise e espacialização. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BAKO, M. M.; MASHI, S. A.; BELLO, A. A.; ADAMU, J. I. Spatiotemporal analysis of dry spells for support to agriculture adaptation efforts in the Sudano-Sahelian region of Nigeria. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 8, p. 1-11, 2020.

BALICKI, M., de ANDRADE, A. R., & HORNES, K. L. Gênese E Impacto De Tempestades Severas No Estado Do Paraná (Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 479-498, 2020.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosphere, weather and climate**. New York: Routledge, 2009.

BHATLA, S. C.; LAL, M. A. Plant physiology, development and metabolism. Springer, 2018.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI. J. I.; BIANCHI, C. A. M.;MÜLLER, A. G. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção degrãos. Pesquisa **Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERNDT, C.; HABERLANDT, U. Spatial interpolation of climate variables in Northern Germany—Influence of temporal resolution and network density**. Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 15, p. 184-202, 2018.

BOIAGO, R., GARCIA, R., SCHUELTER, A. R., BARRETO, R., DA SILVA, G. J., & SCHUSTER, I. Combinação de espaçamento entrelinhas e densidade populacional no aumento da produtividade em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 440-448, 2017.

BOCCHIOLA, D.; BRUNETTI, L.; SONCINI, A.; POLINELLI, F.; GIANINETTO, M. Impact of climate change on agricultural productivity and food security in the Himalayas: A case study in Nepal. **Agricultural systems**, v. 171, p. 113-125, 2019.

BONFANTE, A. M.; MONACO E.; LANGELLA, G.; MERCOGLIANO, P.; BUCCHIGNANI, E.; MANNA, P.; TERRIBILE, F. A dynamic viticultural zoning to explore the resilience of terroir concept under climate change. **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 294-308, 2018.

BORSATO, V. de A., & de SOUZA FILHO, E. E. A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período 1980 a 2003. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 7, p. 83-102 2010.

CALDANA, N. F. S. et al., Agroclimatic Risk Zoning of Avocado (*Persea americana*) in the Hydrographic Basin of Paraná River III, Brazil. **Agriculture**, v. 9, n. 263, p. 1-11, 2019.

CALDANA, N. F. S.; RODRIGUES, L. ; FERREIRA, L. G. B. ; PINTO, L. F. D. ; RIBEIRO JUNIOR, W. A. ; AGUIAR e SILVA, M. A.. . Analysis of Precipitation and Dry Spell In The Center Western Mesoregion of Paraná State, Brazil - A Specific Study in September 2020. **Caminhos da Geografia (UFU. Online)**, 2021.

CARAMORI, P. H. et al. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1040- 1044, 2008.

CHAVAS, J. P.; DI FALCO, S.; ADINOLFI, F.; CAPITANIO, F. Weather effects and their long-term impact on the distribution of agricultural yields: evidence from Italy. **European Review of Agricultural Economics**, v. 46, n. 1, p. 29-51, 2019.

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Meteostat** – Imagens de Satélite. DSA - Satellite Division and Environmental Systems. copyright 2010-2012 EUMETSAT. Available at: http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/meteosat.formulario.logic. Access in: 13 oct. 2020.

D'AGOSTINO, A. L.; SCHLENKER, W. Recent weather fluctuations and agricultural yields: implications for climate change. **Agricultural economics**, v. 47, n. S1, p. 159-171, 2016.

DEVAK, M.; DHANYA, C. T. Downscaling of precipitation in Mahanadi basin, India. **The International Journal of Civil Engineering Research**, v. 5, n. 2, p. 111-120, 2014.

DOSS-GOLLIN, J., MUÑOZ, Á. G., MASON, S. J., & PASTÉN, M. Heavy rainfall in Paraguay during the 2015/16 austral summer: Causes and subseasonal-to-seasonal predictive skill. **Journal of Climate**, v. 31, n. 17, p. 6669-6685, 2018.

ELY, D. F. Padrões Espaciais Das Tendências Das Precipitações Sazonais E Mensais No Estado Do Paraná–Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**: Ano 15 – Edição Especial –XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica –JUN 2019, p. 83-105 2019.

FERREIRA, L. G. B. ; CALDANA, N. F. S. ; MARTELOCIO, A. C. ; COSTA, A. B. F. ; NITSCHE, P. R. ; CARAMORI, P. H. . Rainfall Variability and Analysis of Droughts Periods Risks During the Soybean Crop (Glycine max L.) in the Western of Paraná State, Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 590-611, 2020.

FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; DE FREITAS, F. C. L.; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, 2014.

GORDON, A.; GRACE, W.; BYRON-SCOTT, R.; SCHWERDTFEGER, P. **Dynamic Meteorology**. Routledge, 2016.

IAT - Instituto Água e Terra (PR). **Sistema de Informações Hidrológicas - Relatório de Alturas de Precipitação.** Curitiba, 2020. Available in: < http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas >. Access: 15 oc.t 2020.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa populacional 2020.** Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IDR - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Dados Meteorológicos Históricos e Atuais**, Londrina, 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET (BDMEP).** Brasília, 2020. Available in: < https://bdmep.inmet.gov.br >. Access: 12 oct 2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. **Banco de dados Geomorfométricos do Brasil**. 2011 Available in: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Access: 10 oct. 2020.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil do Estado do Paraná**. Available at: http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=702&btOk=o Access in: 09 Oct. 2020.

JACONDINO, W. D.; NASCIMENTO, A. L. D. S.; NUNES, A. B.; CONRADO, H. Análise Sinótica Do Mês De Abril De 2018 Na Região Sul Do Brasil: Episódio De Calor Extremo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, n. 15, p. 182-203, 2019.

KISAKA, M. O.; MUCHERU-MUNA, M.; NGETICH, F. K.; MUGWE, J. N.; MUGENDI, D.; MAIRURA, F. Rainfall Variability, Drought Characterization, and Efficacy of Rainfall Data Reconstruction: Case of Eastern Kenya. **Advances in Meteorology**, v 2015, p. 1–16, 2015.

LEM, S. et al. The heuristic interpretation of box plots. **Learning and Instruction,** v. 26, p. 22-35, 2013.

LIANG, L.; GONG, P. Climate change and human infectious diseases: A synthesis of research findings from global and spatio-temporal perspectives. **Environment international**, v. 103, p. 99-108, 2017.

MINUZZI, R. B., CARAMORI, P. H., Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. **Revista Ceres,** v. 58, n. 5, p. 593-602, 2011.

MINUZZI, R. B., CARAMORI, P. H., & BORROZINO, E. Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 471-479, 2011.

MIRANDA, G. V., MACHADO, P., BRAUN, E. M. W., ALVES, M. E. V. B., HUBNER, J. P. M., & RIBEIRO, A. R. MIRANDA, G. V., MACHADO, P., BRAUN, E. M. W., ALVES, M. E. V. B., HUBNER, J. P. M., & RIBEIRO, A. R. Desempenho de híbridos de milho na segunda safra em baixa altitude no extremo oeste do Estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development,** v. 7, n. 4, p. 34823-34836, 2021.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil.** [S.l: s.n.], Instituto de Geografia/Universidade de São Paulo, São Paulo, 68p. 1969.

MUELLER, T. G.; PUSULURI, N. B.; MATHIAS, K. K.; CORNELIUS, P. L.; BARNHISEL, R. I.;SHEARER, S. A. Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. **Soil Science Society of America Journal,** v. 68, n. 6, p. 2042-2047, 2004.

NITSCHE, P. R. et al. **Atlas Climático do Estado do Paraná.** Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: < http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677 >

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., & MCMAHON, T. A. Update World Map of the Köppen - Geiger Climate Classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 01, p. 1633-1644, 2007.

PRĂVĂLIE, R.; SÎRODOEV, I.; PATRICHE, C.; ROȘCA, B.; PITICAR, A.; BANDOC, G.; SFÎCĂ, L.; TIȘCOVSCHI, A.; DUMITRAȘCU, M.; CHIFIRIUC, C.; MĂNOIU, V.; MĂNOIU, V; IORDACHE, S. The impact of climate change on agricultural productivity in Romania. A country-scale assessment based on the relationship between climatic water balance and maize yields in recent decades. **Agricultural Systems**, v. 179, p. 102767, 2020.

QUADRO, M. F. L. D., DIAS, M. A. F. D. S., HERDIES, D. L., & GONÇALVES, L. G. G. D. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 152-162, 2012.

SALTON, F. G.; MORAIS, H.; LOHMANN, M. Períodos Secos no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. AHEAD, 2021.

SANTOS, E. B., DE FREITAS, E. D., RAFEE, S. A. A., FUJITA, T., RUDKE, A. P., MARTINS, L. D., ... & MARTINS, J. A. Spatio-temporal variability of wet and drought events in the Paraná River basin—Brazil and its association with the El Niño—Southern oscillation phenomenon. **International Journal of Climatology**, v. 41, n. 10, p. 4879-4897, 2021.

SCORER, R. S. **Dynamics of meteorology and climate**. Chichester: Wiley, 1997.

SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A. da. O uso do modelo box plot na identificação de anospadrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014.

SIFER, K.; YEMENU, F.; KEBEDE, A.; QUARSHI, S. Wet and dry spell analysis for decision making in agricultural water management in the eastern part of Ethiopia, West Haraghe. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v. 8, n. 7, p. 92-96, 2016.

SIMEPAR - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. **Condições do Tempo - Palavra do Meteorologista**. Curitiba, 2021. Available in <

http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/timeline_limited/palavra_meteorologista_simepar >. Access: 01 may. 2021.

TEIXEIRA, L. A. R., JADOSKI, S. O., FAGGIAN, R., & SPOSITO, V. Efeito de alterações climáticas na aptidão agrícola para cultivo de milho na microrregião de Guarapuava, Paraná. **Research, Society and Development,** v. 9, n. 4, p. 5, 2020.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Laboratory of Climatology. **Publications in Climatology**, v.8, n.1. 104 p, 1955.

WANG, J., YANG, B., LJUNGQVIST, F. C., LUTERBACHER, J., OSBORN, T. J., BRIFFA, K. R., & ZORITA, E. Internal and external forcing of multidecadal Atlantic climate variability over the past 1,200 years. **Nature Geoscience**, v. 10, n. 7, p. 512-517, 2017.