

Sistemas atmosféricos e tipologia da precipitação em anos anômalos sem a ocorrência dos ENOS em Guarapuava-PR

Atmospheric systems and rainfall typology in anomalous years without the occurrence of the ENOS in Guarapuava-PR

Sistemas atmosféricos y tipología de precipitación en años de anomalía sin la ocurrencia de ENOS en Guarapuava-PR

Claudiane da Costa

Doutoranda em Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Professora do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO/CEDETEG, Guarapuava-PR.

clau_dianecosta@hotmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-7695-9619>

Aparecido Ribeiro de Andrade

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná – UFPR. Professor Associado do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO/CEDETEG, Guarapuava-PR.

arandrade@unicentro.br / <http://orcid.org/0000-0002-0660-0264>

Marcos Balicki

Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO.

marcosbalicki88@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-5884-5562>

Recebido: 11/03/2021; Aceito: 30/07/2021; Publicado: 29/12/2024.

Resumo

A precipitação pluviométrica é uma das principais variáveis climatológicas. Quando ocorrem eventos excepcionais de precipitação, com desvios negativos ou positivos impactam diretamente na sociedade. Em decorrência disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar os sistemas atmosféricos e a tipologia de chuva em anos anômalos, mas sem a possível influência dos ENOS em Guarapuava-PR. Para analisar os sistemas atuantes e a tipologia de chuva foram utilizados dados secundários do IAPAR, para o período de 1988 a 2018. Calculou-se a média anual e mensal e com base nas médias foram realizados o desvio padrão negativo e positivo, no *Microsoft Excel*. Também foi realizado o cálculo do IAC, e analisado sua intensidade para definição dos anos anômalos. Para visualizar os sistemas atuantes e a tipologia de chuva, que possibilitaram as anomalias, foram utilizadas cartas sinóticas da Marinha e imagens de Satélite. Os resultados mostraram que áreas estacionadas de alta pressão sobre o Brasil central é o maior responsável pelos dias secos em Guarapuava, enquanto o avanço de Frentes Frias sobre áreas de baixa pressão desencadeia sistemas que elevam os índices pluviométricos.

Palavras-chave: ENOS; Alta pressão; Baixa pressão.

Abstract

Rainfall is one of the main climatological variables. When exceptional events of rainfall occur, how negative or positive deviation impact directly on society. Because of this, this work had as a main

goal to analyze the atmospheric systems and the rainfall typology in anomalous years, but without the possible influence of the ENOS in Guarapuava-PR-Brazil. In order to analyze the active systems and the rainfall typology were used IAPAR's secondary data, from 1988 to 2018. The annual and monthly average were computed, and based on this averages the positive and negative deviate standard were performed in Microsoft Excel. The IAC calculation was also done and analyzed its intensity to anomalous years definition. In order to view the active systems and the rainfall typology, which made possible the anomalous, it were used Marine's synoptic letters and satellite images. The results showed that high pressure stagnant areas on Central Brazil region is the major responsible by the dry days in Guarapuava, while the Cold Fronts advance on low pressure areas trigger systems that lift the rainfall rates.

Keywords: ENSO; High Pressure; Low Pressure.

Resumen

Las precipitaciones son una de las principales variables climatológicas. Cuando ocurren eventos de lluvia excepcionales, estas desviaciones negativas o positivas impactan directamente a la sociedad. Como resultado, este estudio tuvo como objetivo analizar los sistemas atmosféricos y la tipología de lluvia en años anómalos, pero sin la posible influencia de ENOS en Guarapuava-PR. Para analizar los sistemas activos y la tipología de lluvia se utilizaron datos secundarios de IAPAR, para el período de 1988 a 2018, se calculó el promedio anual y mensual y con base en los promedios se realizaron las desviaciones estándar negativa y positiva en Microsoft Excel. También se realizó el cálculo del IAC y se analizó su intensidad para definir los años anómalos. Para visualizar los sistemas activos y la tipología de lluvia, que posibilitó las anomalías, se utilizaron cartas sinópticas de la Marinha e imágenes de satélite. Los resultados mostraron que las áreas estacionadas de alta presión sobre el centro de Brasil son las principales responsables de los días secos en Guarapuava, mientras que el avance de los Frentes Fríos sobre áreas de baja presión desencadena sistemas que aumentan los niveles de lluvia.

Palabras clave: ENOS; Alta Presión; Baja Presión.

Introdução

A precipitação pluviométrica é uma das principais variáveis climáticas estudadas por especialistas na área de Climatologia em Regiões Tropicais. Tanto o excesso quanto a falta de chuva, podem acarretar os mais diversos problemas socioambientais, independente se isso ocorre em áreas urbanas ou rurais. Esses tipos de estudos permitem identificar a gravidade dos eventos excepcionais, ou anomalias de chuva de prazos mais curtos, principalmente por serem mais destrutivos (SANCHES et al., 2013; ASHCROFTA et al., 2019).

Assim, compreender o seu ciclo temporal e sua dinâmica espacial é de grande importância para regiões com marcada amplitude pluviométrica. Nesse sentido, os eventos excepcionais (acima ou abaixo da normal climatológica) podem ser mais explicativos com relação aos impactos causados ao ambiente (natural ou social).

Dessa forma, o principal objetivo do presente trabalho consiste em analisar os sistemas meteorológicos atuantes e uma possível explicação tipológica da precipitação em anos que apresentaram volume de chuva fora do desvio padrão no município de

Guarapuava-PR, localizado na faixa climática subtropical. O período de análise definido foi de 1988 a 2018, mas foram excluídos da presente análise os anos em que ocorreram *El Niño* ou *La Niña* (*El Niño* Oscilação Sul – ENOS).

Esses anos foram descartados em virtude da polêmica que envolve o tema, ou seja, da influência do ENOS na precipitação para a região Sul do Paraná. Alguns trabalhos indicam que existe a influência e que ela é marcada (NERY, 2005; BERLATO; FONTANA, 1998), mas a escala de abordagem é mais geral (Sul do Brasil como um todo). Em contrapartida, outras pesquisas indicam que a influência existente não é tão homogênea e que nem sempre existe correlação entre a variabilidade da precipitação e a ocorrência do ENOS para a região de estudo (COSTA; ANDRADE, 2017; BEREZE, 2016; PEREIRA; ANDRADE, 2018; BALICKI, 2020).

Desenvolvimento

Devido às pluralidades de influências na dinâmica do clima de Guarapuava, optou-se em não analisar os períodos de ENOS, por entender que as investigações realizadas já demonstram claramente essa relação.

Além dos ENOS, que envolve toda a discussão já relacionada, outros sistemas atmosféricos também precisam ser analisados, como evidencia Nery (2005, p. 62):

Estudar a região sul do Brasil e sua dinâmica é muito complexo e requer um olhar atento sobre os diferentes sistemas que atuam nessa região. Deve ser ressaltado que muitas dinâmicas explicativas das chuvas intensas ou mesmo a falta de chuva, da amplitude térmica dessa região, têm suas gêneses distante dessa área do Brasil.

Na tentativa de aproximação escalar na discussão para a área de estudo, convém lembrar Simões (1954 apud BALDO, 2006), o qual ressalta que o estado do Paraná se classifica como sendo uma região de transição entre dois diferentes regimes: o clima tropical, que predomina desde o planalto paulista até o norte, e o clima mesotérmico úmido. Guarapuava se encontra justamente nessa área de transição dos sistemas tropicais (mTa, mTc e mEc) com os subtropicais (definidos a partir da ação da mPa), refletindo uma configuração de instabilidade, sobretudo no regime pluviométrico.

Nery (2005) acrescenta que pesquisar somente a entrada das massas de ar mais evidentes não é mais o suficiente. É necessária também uma atenção especial para a organização de processos convectivos a partir desses sistemas frontais, os quais são estudos recentes, em relação às investigações focadas nas gêneses das massas polares. Além desses,

outros sistemas importantes são os Complexos Convectivos de Mesoescala (MCC), atuantes principalmente na primavera e verão, e também das Zonas de Convergência da América do Sul (ZCAS). Pois, a ZCAS é responsável pela precipitação de verão, em grande parte do Brasil, incluindo o Paraná (LIMA, 2019).

Os eventos pluviométricos divergentes da média histórica muitas vezes são classificados como eventos extremos, mas essa classificação depende muito da metodologia a ser utilizada pelo pesquisador. Há uma grande disparidade de entendimento a respeito da expressão eventos extremos.

De acordo com McPhillips et al. (2018), a ciência compreende de forma diferente esse conceito, seja relacionado tanto a suas causas quanto a seus impactos. Daí surge um questionamento: Por que as Ciências Sociais, Engenharia, Ecologia, Hidrologia, Climatologia e Ciências da Terra, enfatizam aspectos diferentes e têm motivações finais desiguais? Não existe uma razão bem definida, mas um ponto comum na caracterização de eventos extremos é que, cada vez mais, eles são motivados por fatores físicos e socioeconômicos (influência da ação antrópica). Os estudos sobre a tendência de chuvas extremas principalmente em centros urbanos é um exemplo (TOFFOL et al., 2009).

Neste trabalho, a análise dos anos e meses que apresentaram um acúmulo de precipitação acima e abaixo da média, notadamente fora do desvio-padrão, não se busca definir se são ou não considerados eventos extremos. O interesse central é compreender a tipologia da precipitação que causou esse evento, essencialmente tendo como princípio analítico a dinâmica dos sistemas atmosféricos atuantes na região de estudo.

A busca por compreender se eventos climáticos extremos, seja de precipitação, de temperatura ou de umidade do ar, estão relacionados com a ação antrópica é tema atual em pesquisas no Brasil e no mundo. Como exemplo mais comum dessas pesquisas têm-se estudos de clima urbano, os quais tratam principalmente do aumento de temperatura, mas que normalmente estão associados aos demais elementos do clima (MENDONÇA; MONTEIRO, 2003; AMORIM, 2010; LOMBARDO, 2009; COSTA; ANDRADE, 2017).

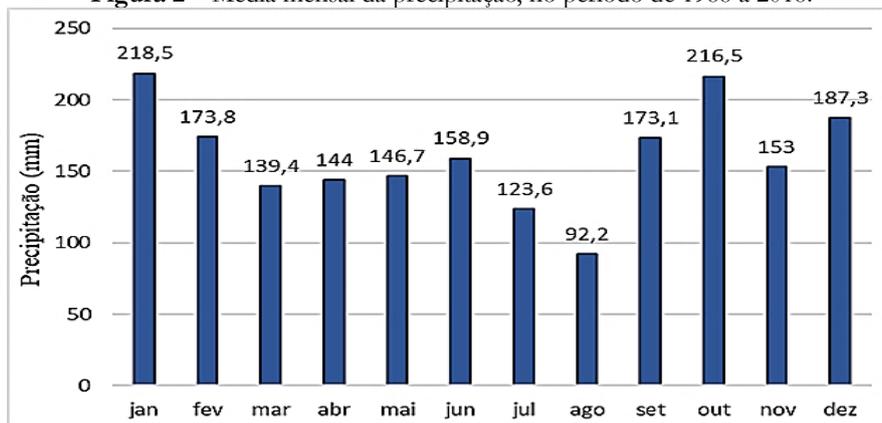
Essas pesquisas trazem contribuições na busca por respostas às indagações climáticas contemporâneas, mas não se esgotam no tempo-espço, pois as características locais/regionais, tanto no aspecto natural (superfície/atmosfera) quanto social (rural/urbano), são cíclicas e estão em permanente movimento. Portanto, compreender a dinâmica dos sistemas atmosféricos locais e regionais é fundamental para entender essa relação e como isso influencia os impactos causados por eventos meteorológicos/climáticos.

Os fatores decisivos para definição da variabilidade da precipitação e da temperatura do ar no município de Guarapuava são: a altitude, que varia entre 850 a 1300 metros, e o afastamento do mar. A temperatura média anual é de 17°C e a precipitação média é de 1.927 mm. No inverno apresenta temperaturas negativas, podendo ocorrer geada com frequência e até mesmo ocorrência de neve (THOMAZ; VESTENA, 2003; COSTA; ANDRADE, 2017).

Os meses mais chuvosos são janeiro, outubro e dezembro e os menos chuvosos são março, julho e agosto (conforme a Figura 2).

As médias históricas, que estão na figura 2, foram informações importantes para a definição do padrão, considerando-o normal, tanto positivo quanto negativo. A partir desse gráfico (médias mensais de precipitação) foi possível identificar os períodos possivelmente anômalos.

Figura 2 – Média mensal da precipitação, no período de 1988 a 2018.



Fonte: elaborado pelos autores com dados do IAPAR, (2020).

Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento da pesquisa levou-se em consideração a recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM), a qual orienta que estudos do clima utilizem no mínimo 30 (trinta) anos de dados (ZAVATTINI; BOIN, 2013). Assim, foi selecionado o período de 1988 a 2018, devido à disponibilidade e qualidade dos dados.

Utilizaram-se dados pluviométricos da estação meteorológica localizada na área urbana do município de Guarapuava, mantida e monitorada pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), mas com os dados de precipitação sendo disponibilizados no site do Instituto das Águas do Paraná.

Para a compreensão e análise dos dados, foram elaborados cálculos utilizando a estatística básica no *Microsoft Office Excel*, 2016. Com os dados diários de precipitação, foram

totalizados os dados mensais e anuais da série, e, em seguida, definidos valores para as médias anuais e mensais e seus respectivos desvios.

Com o cálculo do desvio padrão foi possível observar quais os anos estavam acima ou abaixo da média histórica. Em seguida, foi necessário realizar uma classificação dos anos anômalos com maior intensidade pluviométrica. Para essa classificação foi calculado o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), proposto por Rooy (1965 *apud* CHECHI; SANCHES, 2013). O cálculo do IAC é descrito na equação (a) para anomalias positivas e (b), para anomalias negativas.

$$IAC = 3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right] \text{ (a)}$$

$$IAC = -3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right] \text{ (b)}$$

Nas equações, N representa precipitação anual total; \bar{N} = média anual da série; \bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série; \bar{X} = média das menores precipitações anuais (CHECHI; SANCHES, 2013).

Com o resultado do cálculo do IAC, foi possível classificar os anos anômalos seguindo a metodologia de classificação do IAC, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de Intensidade do Índice de Anomalias de Chuva (IAC)

Índice de Anomalia de Chuvas	Classe do IAC	Classe de Intensidade
	Acima de 4	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	Abaixo de -4	Extremante Seco

Fonte: Adaptado de Freitas (2004 e 2005 *apud* CHECHI e SANCHES, 2013).

Portanto, foram utilizadas duas metodologias que se complementaram para encontrar os anos anômalos. Com a definição desses anos, foi possível realizar uma análise detalhada para compreender os sistemas atmosféricos, buscando identificar um padrão para essas anomalias.

De acordo com o objetivo do trabalho foram excluídos os anos que poderiam ter influência dos ENOS. Para isso, foram considerados os valores da Temperatura da Superfície do Mar – TSM como indicativo da ocorrência desses eventos (CPTEC/INPE, 2020), ou seja, os anos que tiveram ocorrência de *El Niño* ou *La Niña* e sua intensidade foram definidos de acordo com a classificação do Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação da intensidade dos Enos.

Eventos	Anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM)	Intensidade
El Niño	$\geq 1,5$	Forte
	1,0 A 1,4	Moderada
	0,5 A 0,9	Fraca
La Niña	$\leq -1,5$	Forte
	-1,4 a - 1,0	Moderada
	-0,9 A -0,5	Fraca

Fonte: CPTEC/INPE, 2020¹

Os anos com ocorrência de ENOS também foram avaliados a partir da ocorrência de anomalia no Índice de Oscilação Sul – IOS, conforme NOAA (2020). Dessa forma, os anos considerados de ENOS pelas duas fontes (CPTEC/INPE e NOAA) foram excluídos da análise no presente estudo.

Após definidos os anos anômalos sem a influência do ENOS, realizou-se a análise dos meses para cada um dos anos, buscando-se a identificação dos sistemas atmosféricos e os tipos de precipitação que ocorreram nos períodos selecionados (extremamente úmidos ou secos). Para isso, foram realizados os cálculos de desvio padrão (positivo e negativo) para todos os meses. Os meses que se destacaram (com precipitação abaixo ou acima dos desvios) foram selecionados para análise.

Nesses meses foram definidas as frequências diárias das chuvas. Para os dias com maiores intensidades da precipitação analisaram-se as cartas sinóticas da Marinha do Brasil (2020) e as imagens de satélite do CPTEC/INPE (2020). Essas análises foram efetuadas de acordo com a metodologia proposta por Borsato (2016), possibilitando a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes, além da tipologia de precipitação.

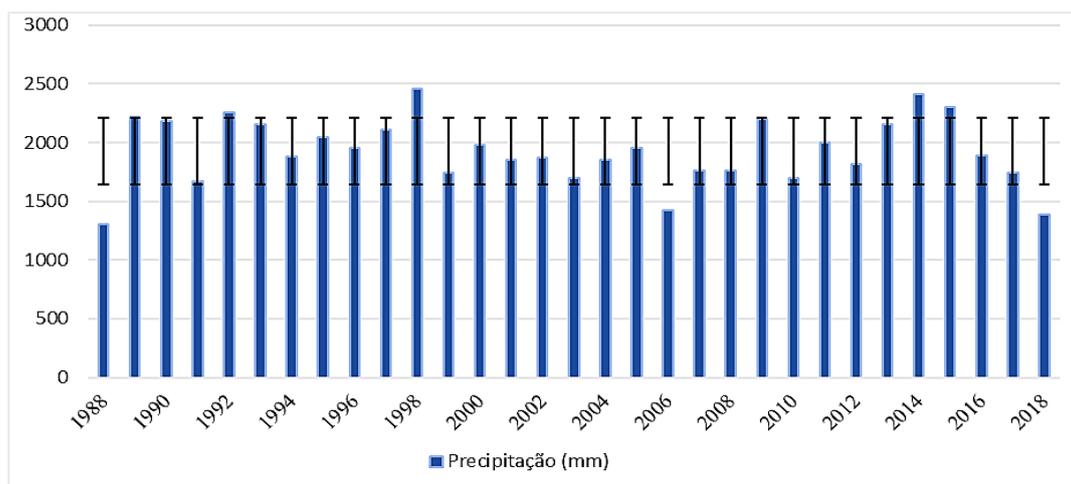
Resultados e discussão

Totais anuais, desvio padrão e classificação da intensidade do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Com os dados de totais anuais (conforme a Figura 3), pode ser observado que os anos 1992, 1998, 2014 e 2015 apresentaram um volume de precipitação acima do limite superior do desvio padrão. Já os anos de 1988, 1991, 2006 e 2018 estão abaixo do limite inferior desse desvio.

¹ <http://enos.cptec.inpe.br/>

Figura 3 – Série temporal dos totais anuais de precipitação no período de 1988 a 2018 com desvio padrão.



Fonte: elaborado pelos autores com dados do IAPAR (2020).

Quanto à classificação da intensidade do IAC (como consta no Quadro 3) evidencia-se que os anos de 1992 e 2015, embora tenha ficado acima do desvio padrão, esses anos foram classificados como muito úmidos. Para o presente estudo, os períodos muito úmidos, segundo a intensidade do IAC, foram descartados e somente os extremamente úmidos foram selecionados para análise.

No mesmo sentido, o ano de 1991, embora tenha ficado com total pluviométrico abaixo do desvio padrão, foi classificado pelo IAC como muito seco (conforme o Quadro 3), o que também exclui esse ano da análise, pois o procedimento adotado pretende selecionar somente os anos anômalos com classificação do IAC Extremamente Seca.

Com esses resultados, somente os anos de 1998 e 2014 (extremamente úmidos), como também os 1988, 2006 e 2018 (extremamente secos) foram selecionados para a próxima etapa de análise, ou seja, a existência ou não da possível influência do ENOS.

Quadro 3 – Classificação da série temporal, segundo o IAC.

ANO	CLASSIFICAÇÃO
1998 e 2014	Extremamente úmidos
1989, 1990, 1992, 1993, 2009, 2013, 2015	Muito Úmidos
1995, 1996, 1997, 2000, 2011	Úmidos
1994, 1999, 2001, 2002, 2004, 2007, 2008, 2012, 2016	Secos
1991, 2003, 2010	Muito Secos
1988, 2006, 2018	Extremamente Secos

Fonte: Adaptado de Freitas (2004 e 2005 *apud* CHECHI e SANCHES, 2013).
Organizado pelos autores com dados do IAPAR, 2020.

Relação dos anos anômalos com o ENOS

Identificados os anos anômalos considerados extremamente secos ou extremamente úmidos, confrontou-se com os períodos de ocorrência dos ENOS e sua intensidade. No Quadro 4 é possível observar que, dos anos extremamente úmidos, somente o ano de 2014 não se encontra descrito como um ano de *El Niño*. Por sua vez, dos anos classificados com extremamente secos, somente 2006 não houve a ocorrência de *La Niña*, pelo contrário, este ano é classificado como *El Niño* de intensidade moderada.

Quadro 4 – Intensidade dos ENOS nos anos/períodos com média da precipitação pluviométrica fora da normal climatológica (média histórica) entre 1988 a 2018.

Ano	ENOS	Intensidade
1988-1989	La Niña	Moderada
1991-1992	El Niño	Forte
1997-1998	El Niño	Forte
2006-2007	El Niño	Moderada
2015-2016	El Niño	Forte
2017-2018	La Niña	Moderada

Fonte: CPTEC/INPE (2020).

O NOAA realiza as classificações de acordo com o Índice de Oscilação Sul (IOS), com média contínua de 3 meses, possibilitando realizar uma análise mais detalhada dos anos definidos como anômalos. Conforme demonstra no Quadro 5, no início do ano de 2006 poderia até haver uma influência da *La Niña*. E, então, a partir da média de três meses (março, abril e maio) passa a ser considerado normal, chegando ao final do ano com início da ocorrência de *El Niño* fraco.

Em 2014, ao se analisar a média trimestral do IOS, fica evidente que somente no final do ano poderia ocorrer alguma influência do *EL Niño*, mas com intensidade fraca (Quadro 5).

Quadro 5 – Episódios de frio e calor por temporada com base o Índice de Oscilação Sul (IOS).

Ano	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2006	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2014	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7

*Períodos de calor são representados em vermelho, e os períodos frios em azul, com base em um limite de +/- 0,5 C para o Índice de Niño Oceânico (ONI), (NOAA, 2020).

Fonte: NOAA, (2020)². Organização: os autores.

Análise dos anos anômalos sem influência dos ENOS

O ano de 2006 foi ano de *El niño* com intensidade moderada, de acordo com o CPTEC/INPE (2020). Contudo, diferente do que se esperava, este ano destacou-se por apresentar um desvio negativo para a área de estudo, considerando a precipitação média da

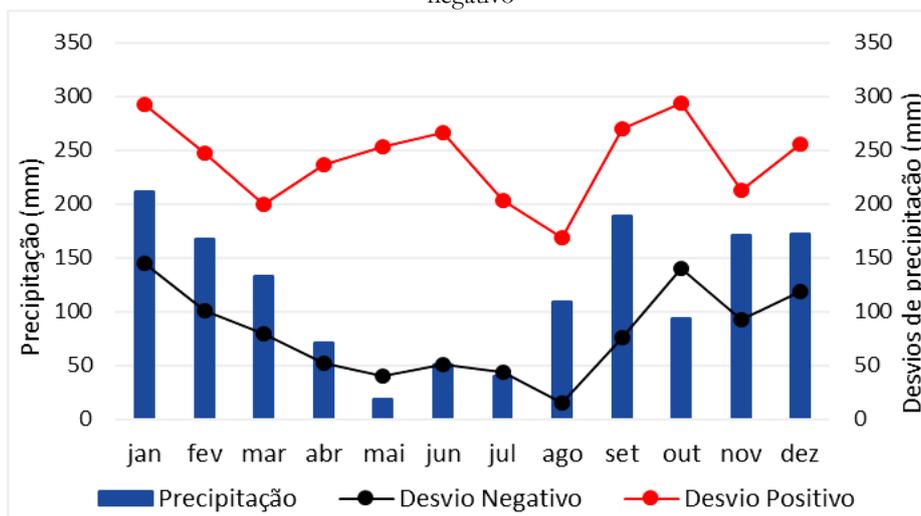
² https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

série analisada. A média anual esperada era de 1.927,04 mm e houve um acúmulo somente de 1.426,8 mm.

Analisando os meses para compreender como ocorreu a evolução mensal na quantidade de precipitação (conforme a Figura 4), nota-se que maio, julho e outubro apresentaram chuvas abaixo do desvio negativo. Como observado na média contínua de três meses (conforme o Quadro 5), esses meses (maio e julho) são considerados normais, somente outubro estava na fase quente. Durante o ano todo não houve nenhum mês que choveu acima do padrão esperado.

Os dois meses que apresentaram as maiores irregularidades foram analisados. Para o mês de maio era esperado 146 mm de precipitação, mas neste ano choveu apenas 18 mm, (dia 9 = 4mm e entre os dias 20 e 23 = 14 mm).

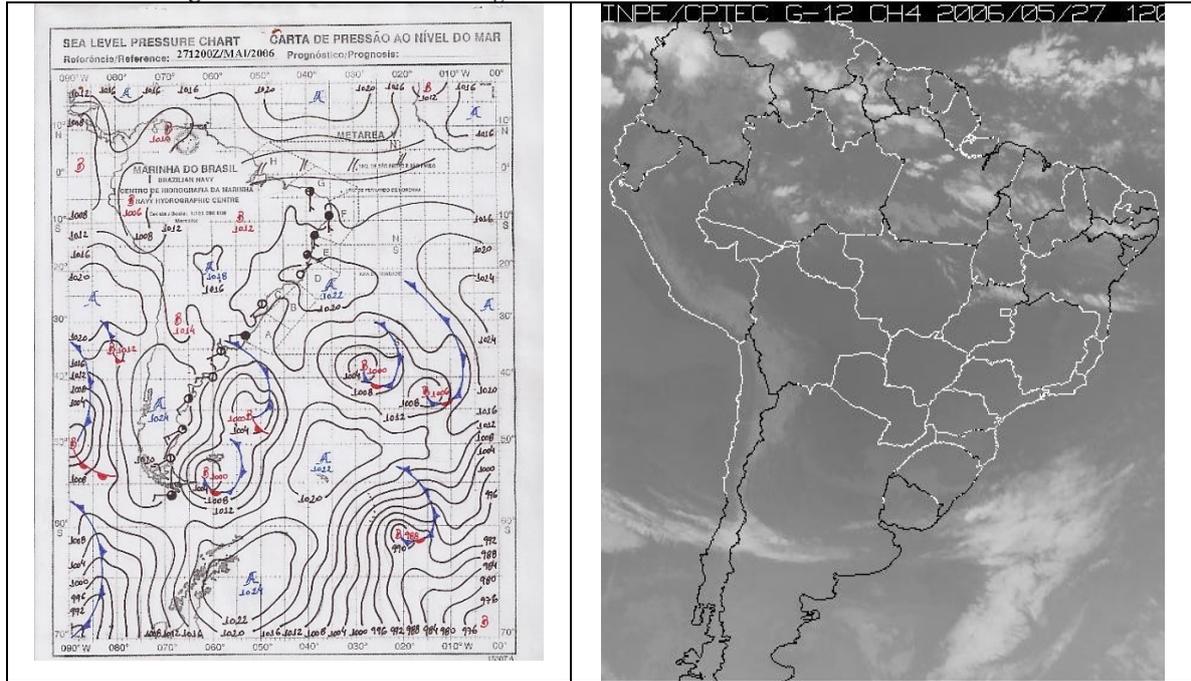
Figura 4 – Guarapuava-PR: Variabilidade pluviométrica para o ano de 2006 com desvio padrão positivo e negativo



Fonte: elaborado pelos autores com dados do IAPAR, (2020).

A carta sinótica da Marinha e a imagem do satélite Goes-13 (ver a Figura 5) demonstram que durante o mês de maio de 2006 houve uma predominância na ocorrência de centros de alta pressão, o que indica o bom tempo, sem chuva. Esse padrão dominou as condições do tempo em praticamente todos os dias do mês. Somente nos dias em que choveu foi possível observar centros de baixa pressão avançando sobre a área de estudo. Nesse sentido, percebe-se que a atuação da mTc, normalmente seca, prevaleceu.

Figura 5 – Carta sinótica e Imagem de satélite GOES 12 do dia 27 de maio de 2006



Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/INPE, (2020)

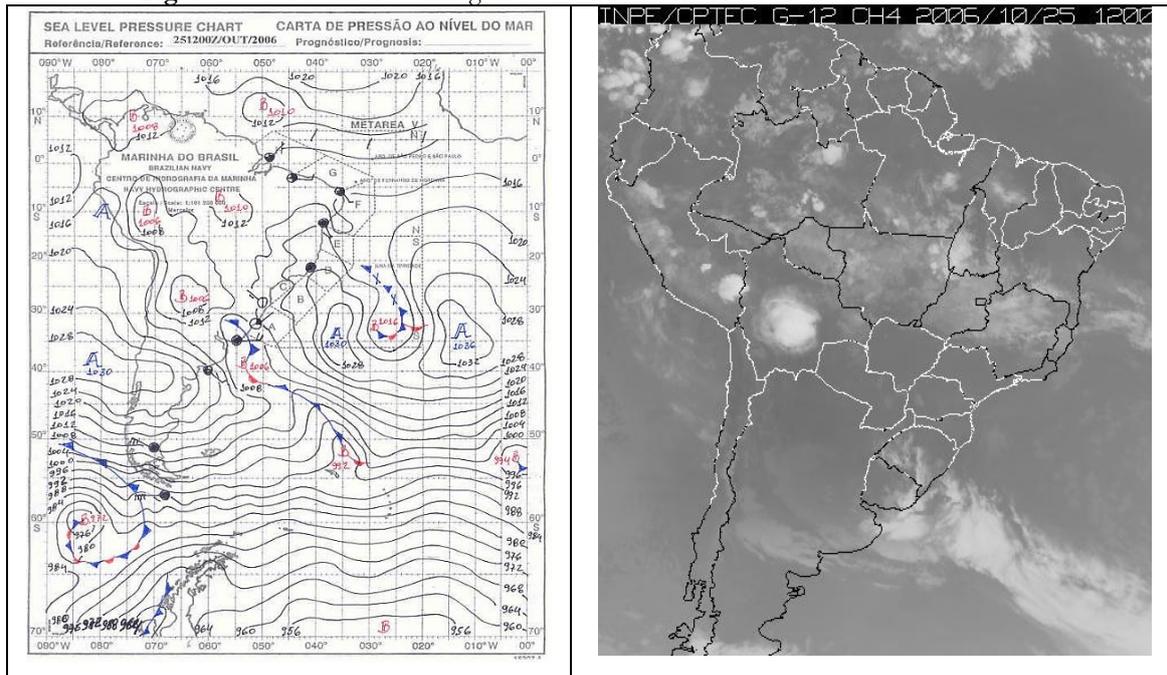
Em maio, junho e julho ocorreram características semelhantes e, mesmo com formação de alguns centros de baixa pressão, não foi suficiente para a formação de chuvas. O avanço da mPa, que normalmente acontece nesses meses, não ocorreu com muita frequência. Dessa forma, o mesmo padrão do mês de maio durou o inverno todo, deixando a estação com pouca chuva.

O mês de outubro é um dos meses mais chuvosos em Guarapuava. O esperado para esse mês é de 216 mm, mas em 2006 choveu apenas 93 mm. Houve sete dias com chuva, variando de 0,4 mm a 37 mm ao dia.

A carta sinótica e a imagem de satélite do dia 25 de outubro de 2006 (conforme Figura 6) representam as características de todos os dias do mês em que não houve precipitação. Foi possível observar que a área de estudo estava sob a influência das isóbaras 1016 e 1020 hpa. Assim, mais uma vez, a alta pressão formada no Oceano Atlântico predominou em Guarapuava.

Conforme se observa nas cartas da Marinha e nas imagens de satélite, os valores das isóbaras e isoietas estão muito próximos, o que dificulta a circulação em baixos e médios níveis, reduzindo a proliferação de nuvens e indica tempo aberto em grandes áreas por longos períodos.

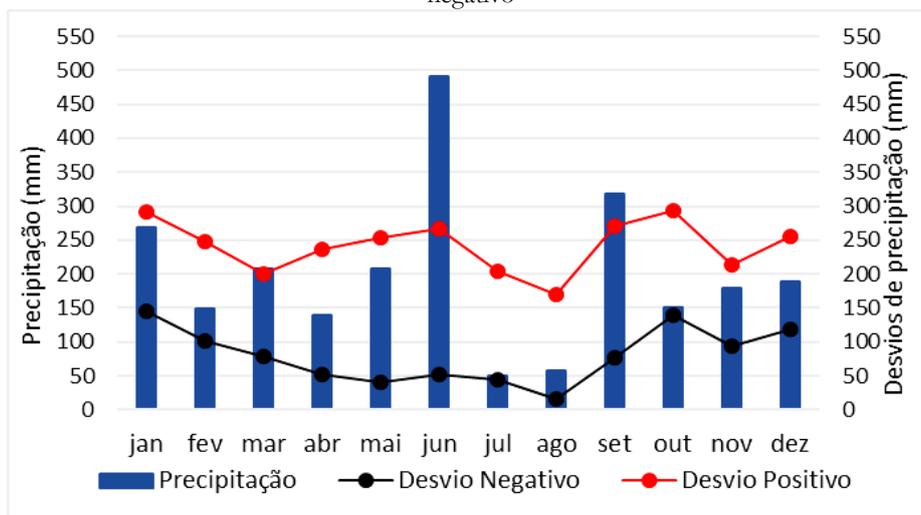
Figura 6 – Carta sinótica e Imagem de satélite GOES 12 do dia 25 de outubro de 2006



Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/INPE, (2020)

O ano de 2014 não foi um ano de forte intensidade de ENOS. Portanto, esperava-se que as condições do tempo ocorressem dentro da normalidade do clima local e regional. Pelo menos segundo a hipótese de relação de causa e efeito. Entretanto, como se observa no gráfico da Figura 7, o mês de junho apresentou um desvio positivo significativo para o total de precipitação pluviométrica. O esperado para esse mês era de 158,9 mm e choveu 491,1 mm, cerca de 3 vezes mais do que o esperado.

Figura 7 – Guarapuava-PR: Variabilidade pluviométrica para o ano de 2014 com desvio padrão positivo e negativo



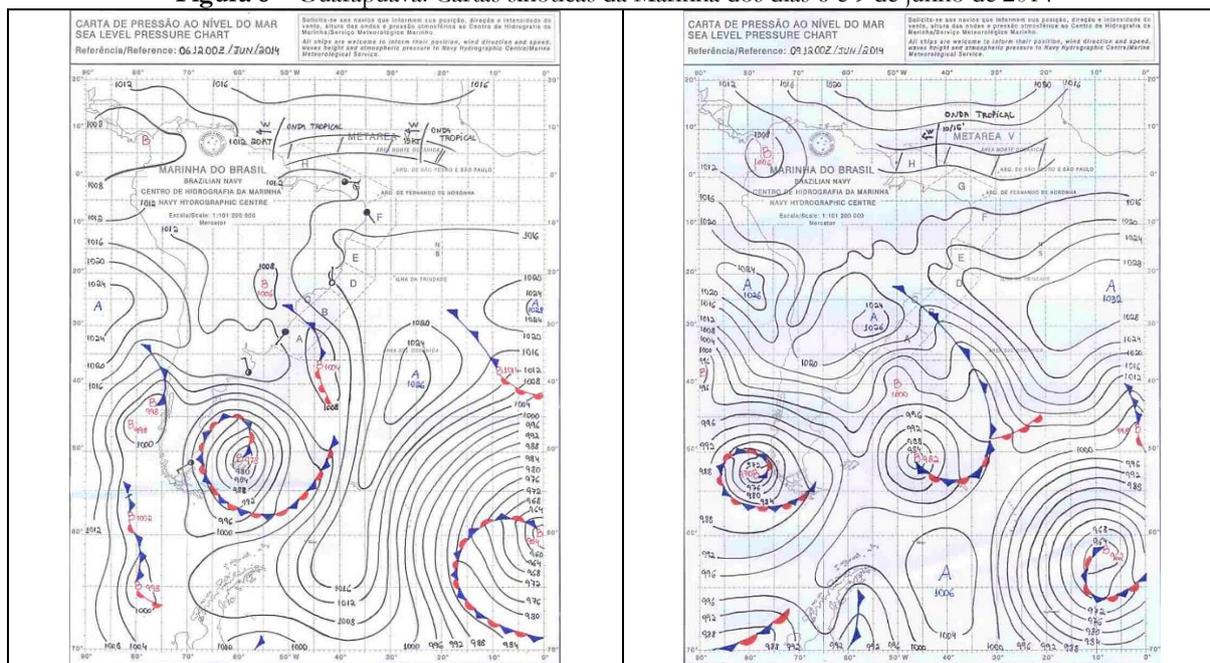
Fonte: elaborado pelos autores com dados do IAPAR, (2020).

Outro mês que merece ser destacado aqui, com total de precipitação bem acima do desvio padrão, foi setembro. Nesse mês o normal seria ter chovido 173,3 mm, mas choveu 317,4 mm, 80% acima da média histórica.

Por apresentarem alturas de precipitação com desvios positivos considerados elevados, os meses de junho e setembro foram investigados mais atentamente, pois esses meses não foram considerados com episódios de alta temperatura, segundo o IOS. Do dia 06 ao dia 09 de junho de 2014 choveu 402,8 mm (dia 6 = 65,6mm; dia 7 = 121,1mm; dia 8 = 193,6mm; e dia 09 = 22,6mm).

Na análise da carta sinótica do dia 06 de junho de 2014, notou-se a presença de uma Frente Fria (FF) entre o nordeste da Argentina, extremo oeste e sul do Rio Grande do Sul, seguindo pelo Oceano Atlântico até o ciclone de 976 hPa que estava em oclusão em torno de 49°S/61°W. Guarapuava, nesse dia, estava sob a influência de um centro de baixa pressão de 1006 hPa.

Figura 8 – Guarapuava: Cartas sinóticas da Marinha dos dias 6 e 9 de junho de 2014



Fonte: Marinha do Brasil, (2020).

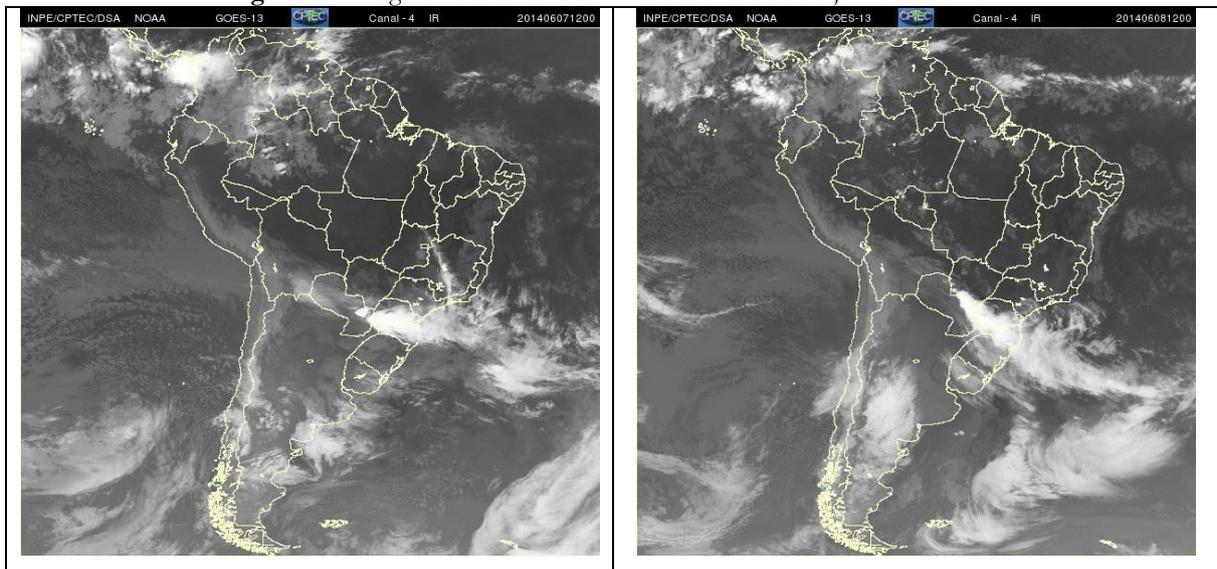
A análise do CPTEC/INPE (2014) referente aos dias 07, 08 e 09 de junho destacou que:

(...) a instabilidade ficará concentrada sobre áreas do Sul do Brasil, Paraguai, extremo nordeste da Argentina e sul de MS. A forte instabilidade provocada por uma atmosfera altamente baroclínica e potencialmente instável deverá favorecer a ocorrência de tempo severo sobre áreas desta região, inclusive com condição para vendavais, queda de granizo e até acumulado significativo de chuva em algumas áreas entre o norte do RS e o PR, que poderá acarretar em fortes

impactos à população das áreas atingidas. Em algumas localidades, principalmente de SC e do oeste e sul do PR os volumes de chuva em 24h poderão ficar em torno, ou até superar, os 100 mm. (...) porém, como comentado, a tendência é que esta condição persista. A instabilidade será reforçada pela configuração de uma nova onda frontal entre o Atlântico e o RS, que avançará até SC no domingo e até o PR na segunda-feira (09).

Nos dias 07 e 08 de junho de 2014 observa-se, pelo formato semicircular alongado e persistente, além de temperatura de topo de nuvem, que as características meteorológicas se configuram como um Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM), com altos potenciais de chuva em vários locais dos estados do Paraná e de Santa Catarina (conforme a Figura 9).

Figura 9 – Imagens de satélite GOES 13 dos dias 7e 8 de junho de 2014



Fonte: CPTEC/INPE, (2020).

No mês de setembro também ocorreram chuvas acima do desvio padrão. Nesse mês teve 13 dias com chuva que variaram de 4,4 mm a 52,2 mm. No dia 01 de setembro choveu 40,8 mm, no dia 19 choveu 51,4 e do dia 24 ao dia 30 de setembro choveu 187 mm.

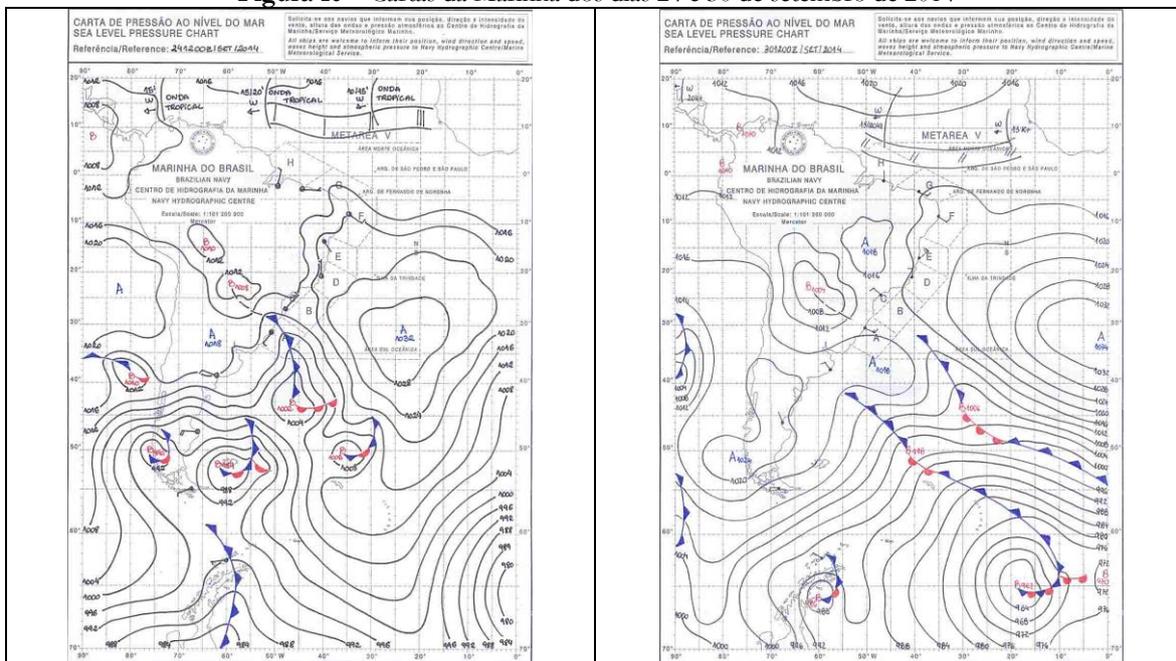
De acordo com a análise da carta sinótica de superfície do dia 24/09 (conforme a Figura 10) observa-se a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em torno de 34°S/30°W com núcleo de 1028 hPa. A Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) tem núcleo de 1028 hPa em torno de 28°S/96°W.

Uma frente fria atua entre o norte da Argentina e o extremo norte do Uruguai, associada a um centro de baixa pressão de 1000 hPa. Outra Frente Fria é observada no sul da Província de Buenos Aires, na Argentina e Atlântico adjacente (CPTEC/INPE, 2014).

Na análise da carta sinótica de superfície do dia 30/09 (conforme a Figura 10) observa-se a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) com valor de 1032 hPa. Um sistema frontal de fraca intensidade é observado com ramo estacionário entre o nordeste da

Argentina e o Rio Grande do Sul, prossegue para sudeste no Atlântico até uma baixa pressão de 1008 hPa, se acoplando a outro sistema frontal ao Sudeste desta baixa. Observa-se em seguida, o reflexo do cavado no Atlântico ao sul (CPTEC/INPE, 2014).

Figura 10 – Cartas da Marinha dos dias 24 e 30 de setembro de 2014



Fonte: Marinha do Brasil, (2020).

Considerações Finais

Os sistemas atmosféricos atuantes em Guarapuava estão mais ligados às massas de ar continentais, mas em alguns meses do ano, principalmente no inverno, a mPa, devido sua localização geográfica, se torna formadora de condições do tempo propícias à ocorrência de precipitação. As chuvas frontais e convectivas formadas pela ação desses sistemas provocam os desvios positivos e negativos, quando não estão relacionados com os ENOS.

A partir das análises realizadas foi possível compreender que os anos que não têm forte influência dos ENOS, também podem apresentar precipitações acima ou abaixo dos desvios em relação à média anual e/ou mensal.

O ano de 2006 se destacou pela falta de chuva. Nesses anos foi possível observar que nos meses com um volume abaixo da média, houve uma predominância de centros de alta pressão, originados a partir da atuação da mTc e mTa. Nesse caso, não houve avanço da Massa Polar Atlântica, o que poderia ocasionar as chuvas frontais.

A dinâmica da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos na região de Guarapuava já é conhecido, devido às pesquisas realizadas no centro-sul do Paraná. O que

se destaca nesse estudo são a atuação e a intensidade desses sistemas em meses que não é comum, como aconteceu no mês de maio de 2006, no inverno de 2006 e também em outubro desse mesmo ano. A diminuição na quantidade de precipitação em relação ao padrão considerado normal não é comum para a região e ocorre com menos frequência do que os desvios positivos.

Os sistemas atmosféricos atuantes que propiciam as chuvas acima da média normalmente estão ligados aos sistemas frontais e convectivos, ligados à movimentação das massas de ar continentais, principalmente a mPa e mTc, ocasionando baixa pressão.

O mês de junho de 2014 foi o mais “catastrófico” para a região de Guarapuava, pois além do alto volume de precipitação, concentrado principalmente entre os dias 06 a 09, provocou inundação e alagamentos, além de perdas de vidas humanas. As chuvas que predominaram foram convectivas, ocasionadas por um Sistema Convectivo de Mesoescala. Entretanto, nesse mesmo ano (no mês de setembro) os sistemas atuantes estavam ligados às frentes frias com chuvas frontais.

A importância de acompanhar a intensidade dos sistemas atmosféricos na região e analisar que eles acontecem, independente da influência do ENOS, possibilita a melhora da prevenção de impactos não desejados para a sociedade. Isso se amplia para a região de Guarapuava, pois sua economia predominante é a agricultura e pecuária e os anos anômalos podem definir consequências indesejáveis, tanto economicamente quanto socialmente.

Agradecimentos

Nosso agradecimento à CAPES, pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora, o que possibilitou a realização da pesquisa.

Referências

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, v. 9, n. 01, p. 71-90, dez. 2010.

ASHCROFTA, L.; KAROLY, D. J.; DOWDYB, A. J. Historical extreme rainfall events in southeastern Australia. **Weather and Climate Extremes**, v. 25, 2019.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

BALICKI, M. **Da gênese ao impacto de tempestades severas no estado do Paraná - Brasil (2013 a 2017)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2020.

BEREZE, J. **Relação entre a variabilidade climática e a produtividade de batata em Guarapuava – Paraná**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2016.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e a agricultura da Região Sul do Brasil**. Passo Fundo/RS: EMBRAPA Trigo, 1998. 11 p.

BORSATO, V. A. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba: CRV, 2016.

COSTA, C.; ANDRADE, A. R. Dinâmica da precipitação pluviométrica na cidade de Guarapuava, PR: condicionantes locais e regionais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, n. 13, p. 205-224, jul./dez. 2017.

CHECHI, L.; SANCHES, F. O. O uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do Fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 06, p. 1586–1597, 2013.

CPTEC/INPE- Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Boletim Técnico**, 2014. Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

_____. Acervo de imagens. Disponível em: <[http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic;jsessionid=336AA79A137662E98D29193B25C30314](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16/formulario.logic;jsessionid=336AA79A137662E98D29193B25C30314)>. Acesso em: 5 mar. 2020.

_____. **ENOS: Últimas ocorrências**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Dados pluviométricos anuais**. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasAnuaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

_____. **Dados pluviométricos mensais**. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

_____. **Dados pluviométricos diários**. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasDiariasPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

IBGE. Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Cadernos municipais e regiões geográficas**. 2012.

LIMA, J. M. **Análise espaço-temporal das chuvas persistentes na região do Parque Estadual do Rio Doce – PERD (2005 A 2015)**. 2019. 346 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Bambuí, 2019.

LOMBARDO, M. A. **Análise das mudanças climáticas nas metrópoles: o exemplo de São Paulo e Lisboa**. São Paulo: UNESP, 2009.

MARINHA DO BRASIL. **Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil**. Cartas sinóticas disponibilizadas pelo e-mail: <chm.bndo@marinha.mil.br>.

MENDONCA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MCPHILLIPS, L. E.; CHANG, H.; CHESTER, M. V.; DEPIETRI, Y.; FRIEDMAN, E.; GRIMM, N. B.; KOMINOSKI, J. S.; MCPHEARSON, T.; LÁZARO, P. M.; ROSI, E. J.; SHIVA, J. S. Defining Extreme Events: a cross-disciplinary review. **Earth's Future**, v. 6, 441-455, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/2017EF000686>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

NERY, J. T. Dinâmica climática da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 61-75, dez. 2005.

NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration. **National Weather Service: Climate Prediction Center**. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PEREIRA, A. A.; ANDRADE, A. R. Distribuição Temporal Espacial de Períodos Anômalos de Precipitação na Região Centro-Sul - Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 13., 2018, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, MG: 2018. v. 1. p. 1599-1608.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. **Ambiente & Água**, v. 8, n. 3, p. 214-228, 2013.

TOFFOL, S.; LAGHARI, A. N.; RAUCH, W. Are extreme rainfall intensities more frequent? Analysis of trends in rainfall patterns relevant to urban drainage systems. **Water Science & Technology**, v. 59, n. 9, p. 1769-1776, 2009.

THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. **Aspectos Climáticos de Guarapuava-PR**. Guarapuava: UNICENTRO, 2003.

ZAVATINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Ed. Alínea, 2013.

Como citar:

ABNT

COSTA, C. da; ANDRADE, A. R. de; BALICKI, M. Sistemas atmosféricos e tipologia da precipitação em anos anômalos sem a ocorrência dos ENOS em Guarapuava-PR.

Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, v. 10, n. 01, e16412, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e16412>>. Acesso em: 29 dez. 2024.

APA

Costa, C. da, Andrade, A. R. de, & Balicki, M. Sistemas atmosféricos e tipologia da precipitação em anos anômalos sem a ocorrência dos ENOS em Guarapuava-PR. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 10, n. 01, e16412, 2024. Recuperado em 28 dezembro, 2024, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e16412>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.

Copyright © 2024, Universidade Federal do Maranhão.

