



ANÁLISE DE TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA GUARAPUAVA- PR

Claudiane da Costa ¹
Aparecido Ribeiro de Andrade ²

RESUMO

A precipitação pluviométrica é um dos principais elementos climáticos que pode resultar em impactos na sociedade. Por isso, compreender a variabilidade climática local e regional é de grande importância. A partir dessa compreensão, é possível observar se mudanças nos índices dos extremos da precipitação estão ocorrendo. O município de Guarapuava no PR, tem grande importância econômica regional na agricultura, e por esta matriz econômica depender da precipitação, Guarapuava foi selecionada como área de estudo. O principal objetivo é analisar as tendências dos índices extremos de precipitação. Os dados de precipitação foram fornecidos pelo IAPAR, o período foi de 1985 a 2018. A tabulação aconteceu no Microsoft Excel. Após a tabulação os índices de tendência dos extremos de precipitação foram calculados no RCLimdex. Por fim, foi possível e analisar que o CWD e o R99, obtiveram tendências negativas, mas o PRCPTOT, obteve índice de tendência positiva. Quanto a significância estatística nenhum dos índices apresentou. Mas, é necessário que estudos como este sejam mantidos para acompanhar as tendências dos índices de extremos de precipitação.

Palavras-chave: Índices extremos, Precipitação, RCLimdex.

RESUMEN

Las precipitaciones son uno de los principales elementos climáticos que pueden generar impactos en la sociedad. Por lo tanto, comprender la variabilidad climática local y regional es de gran importancia. Con base en este conocimiento, es posible observar si se están produciendo cambios en los extremos de precipitación. El municipio de Guarapuava en PR tiene una gran importancia económica regional en la agricultura, y debido a que esta matriz económica depende de las lluvias, se seleccionó a Guarapuava como el área de estudio. El objetivo principal es analizar las tendencias en los índices de precipitación extrema. Los datos de precipitación fueron proporcionados por IAPAR, el período fue de 1985 a 2018. La tabulación se realizó en Microsoft Excel. Después de la tabulación, se calcularon los índices de tendencia de extremos de precipitación en el RCLimdex. Finalmente, se pudo analizar que el CWD y el R99 tuvieron tendencias negativas, pero el PRCPTOT tuvo un índice de tendencia positivo. En cuanto a la significancia estadística, ninguno de los índices mostró. Pero, es necesario que estudios como este se mantengan para seguir las tendencias en los índices de precipitación extrema.

Palabras clave: Índices extremos, precipitación, RCLimdex.

¹ Doutoranda em Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava-PR. E-mail: clau_dianecosta@hotmail.com;

² Professor Associado do Departamento de Geografia e membro permanente do PPGG da Unicentro, campus Cedeteg, Guarapuava-PR. E-mail: arandrade@unicentro.br



INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são objeto de estudo de diferentes ciências. Muitos pesquisadores buscam evidências das suas causas, e também os impactos sociais, ambientais e econômicos que podem ocorrer. A alteração na frequência e intensidade de eventos extremos, podem indicar que está ocorrendo alguma mudança na variabilidade climática, local, regional ou até global.

Diante das preocupações com possíveis alterações climáticas, principalmente nos eventos extremos, os quais podem causar fortes impactos na dinâmica da sociedade, a equipe conjunta de especialistas CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), desenvolveram 27 índices climáticos. Esses índices tem como o objetivo não só caracterizar a variabilidade, mas, também identificar as mudanças nos extremos do clima.

Eles avaliam tanto as mudanças e as tendências na precipitação quanto da temperatura. Neste trabalho, serão utilizados apenas os índices que indicam possíveis mudanças na variabilidade da precipitação somente, ou seja, as tendências dos principais índices. Isso se justifica pelo fato desse elemento do clima estar associado a principal matriz econômica brasileira (agricultura).

Marengo, (2009) é um estudo que exemplifica bem a importância das pesquisas sobre os extremos, principalmente de precipitação na economia local. Segundo esse autor, em novembro de 2008 ocorreram chuvas intensas no Estado de Santa Catarina, causando inundações e deslizamentos. Que afetaram 1,5 milhões de pessoas, resultando em 120 vítimas e 69.000 pessoas desabrigadas. As estimativas não oficiais das perdas econômicas, devido às chuvas extremas ocorridas nesse único evento, foram aproximadamente US\$350 milhões.

Assim, é importante realizar e manter pesquisas sobre as tendências dos índices extremos, pois podem auxiliar na prevenção desses impactos que foram mencionados acima. Compreendendo o tempo de retorno desses eventos, e também as mudanças que estão ocorrendo em sua frequência e intensidade.

Por isso, o presente trabalho tem como objetivo verificar e analisar a variabilidade dos principais índices dos extremos de precipitação, e suas tendências para Guarapuava-PR. Município localizado na região Centro-Sul do Paraná, e que tem como principal atividade econômica, a agricultura.



APORTE TEÓRICO

Para Costa *et al.*, (2020) com as mudanças climáticas podem ocorrer modificações dos extremos do clima e do tempo, na frequência, intensidade, extensão espacial, duração e período de retorno. Esta é uma das grandes preocupações em estudos que tratam da variabilidade climática nas diversas escalas de análise.

A compreensão da variabilidade climática da precipitação é essencial para uma região, não somente de longo ou médio prazo, mas, também de curto prazo (mensal, sazonal ou anual). Esses estudos permitem identificar a gravidade dos eventos extremos de chuva, de prazos mais curtos, principalmente por serem mais destrutivos em áreas de alta densidade populacional, (ASHCROFTA *et al.*, 2019).

“Em junho de 2016, por exemplo, um forte evento de chuva ao longo da costa leste da Austrália associada a uma tempestade, causou cerca de US\$ 420 milhões em danos, incluindo US\$ 304 milhões no leste de Sydney e na costa leste de Nova Gales do Sul”, (ASHCROFTA *et al.*, 2019, P. 1).

Son *et al.*, (2019) realizaram um diagnóstico climático no litoral do Peru, com enfoque nas inundações extremas no início do ano de 2017, que causaram inclusive, deslizamentos de terra, matando 114 pessoas e deslocando 184.000 habitantes. As perdas econômicas excederam US\$ 3 bilhões. Esse estudo constatou que as inundações eram em decorrência de eventos extremos de precipitação, os quais estavam associados às condições atmosféricas oceânicas.

Nesse sentido, que os estudos das tendências dos índices extremos de precipitação se fazem muito importantes. Com o crescimento das cidades, da população mundial, e a busca por segurança alimentar, principalmente em países em desenvolvimento como é o caso do Brasil.

Pesquisas realizadas nos estados da Bahia, Ceará e Piauí, no Brasil, demonstraram tendências negativas estatisticamente significativas para os índices de: total anual de precipitação em dias úmidos (PRCPTOT), índice de intensidade diária (SDII), total anual em que a precipitação é >95p (R95P), total anual em que a precipitação é >99p (R99P), quantidade de precipitação máxima em um dia mensal (R1mm), número de dias anual em que a precipitação ≥ 10 mm (R10mm) e número de dias anual em que a precipitação ≥ 20 mm R20mm, (COSTA *et al.*, 2020).

Portanto, a análise de mudanças nesses índices pode auxiliar na mitigação dos impactos que eles podem causar. Pois, nem sempre seus resultados são positivos, ou seja,



esses estados do Brasil, já sofrem com períodos longos de seca, e a pesquisa demonstrou que isso pode se agravar ainda mais.

De acordo com Rafee, (2020), na região Sul do Brasil, especificamente no norte da Bacia no Rio Paraná, se observou um número crescente de dias secos. O que pode afetar a atividade econômica, sendo, que essa é uma região importante para a produção agrícola e geração de energia no território brasileiro.

Salton *et al*, (2021), também relatam que, no estado do Paraná, a agricultura é a principal atividade econômica e dependente das condições climáticas, em especial das precipitações. O aumento da ocorrência de períodos secos, dependendo da sua duração, e estágio de desenvolvimento da planta, ocasiona impactos negativos na produtividade. Visto que, a água desempenha funções vitais nos processos metabólicos das plantas. Entretanto, é conveniente destacar que o processo inverso (excesso de precipitação) também pode causar prejuízos significativos, tanto para a agricultura, quanto para atividades urbanas.

Para mitigar os impactos das mudanças nos extremos, primeiramente é necessário entender como essas mudanças se manifestam, destacando sua intensidade, frequência e tendência. Para isso, se requer métodos e abordagens específicos para esse fim, estudos que abordem esse tema como responsabilidade, (SCHOOF, e ROBESON, 2016).

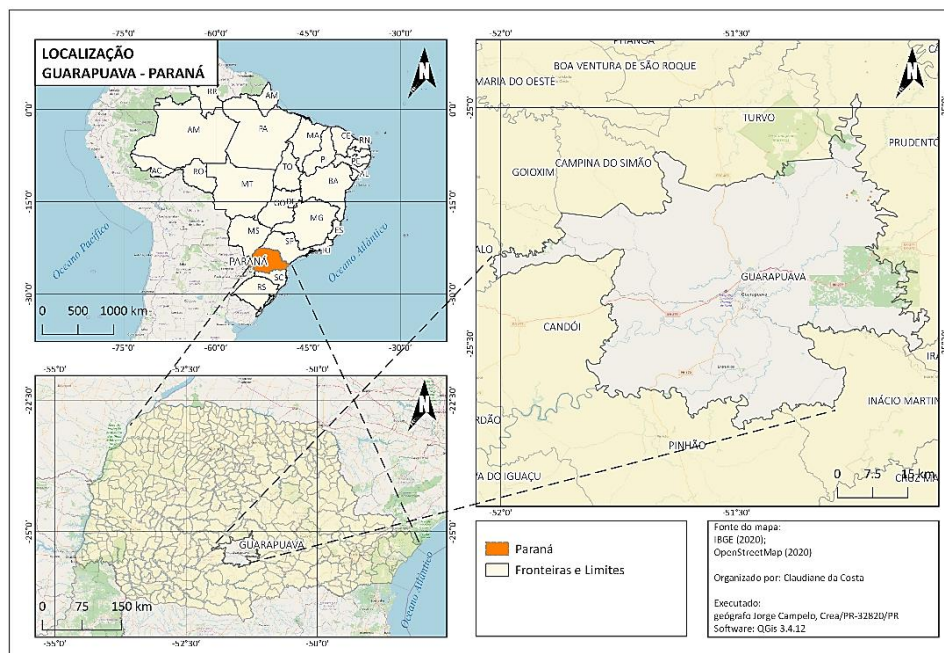
Marengo, (2009) também corrobora nesse sentido, de acordo com uma de suas recomendações, é necessário explorar implicações locais das mudanças climáticas e extremos em áreas urbanas e rurais, buscando desenvolver estimativas de danos econômicos. Dessa forma, metodologias e planejamentos integrados podem ser aplicados no manejo e mitigação dos riscos

METODOLOGIA

Área de estudo

O município de Guarapuava está localizado na região Centro-Sul do estado do Paraná, (conforme a Figura 1) no terceiro planalto paranaense, na latitude: 25°23'26" S, e longitude: 51°27'15" W. O relevo apresenta declive de 0 a 10%, com até 6 graus de inclinação do terreno, correspondente a um relevo plano e suavemente ondulado, o que se caracteriza como planalto, (IPARDES, 2012).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo



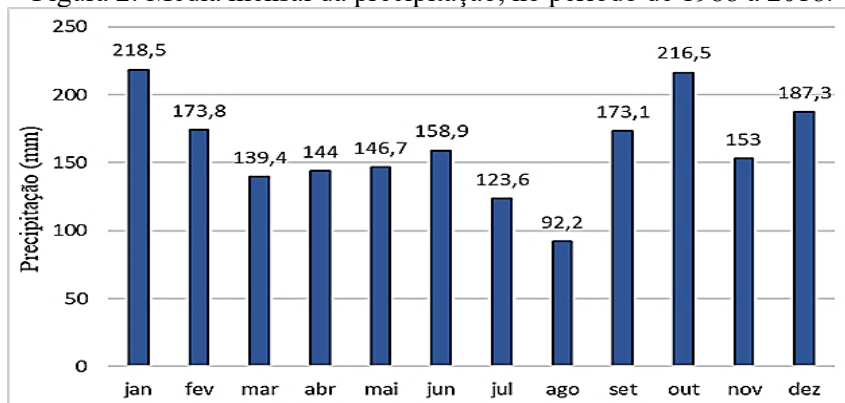
Fonte: autores, (2020)

O clima, segundo Alvares, *et al*, (2014), pode ser descrito como subtropical úmido sem estação seca definida, (Cfb).

Os fatores decisivos para definição da variabilidade da precipitação e da temperatura do ar em 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 e VESTENA, 2003; COSTA e ANDRADE, 2017).

Os meses mais chuvosos são janeiro, outubro e dezembro e os menos chuvosos são março, julho e agosto, conforme figura 2.

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



Fonte: elaborado pelos autores com dados do IAT, (2021).



Procedimentos metodológicos

Os dados secundários de precipitação foram cedidos pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR). O IAPAR disponibiliza os dados com acesso aberto através do Instituto da Água do Paraná, o qual fica no site do Instituto Água e Terra (IAT). A estação meteorológica que coleta e armazena os dados está localizada na área urbana do município de Guarapuava.

A série de dados utilizada foi de 34 anos (1985-2018), conforme recomenda a Organização Meteorológica Mundial (OMM), que estudos sobre o clima utilizem no mínimo 30 (trinta) anos de dados, Zavattini e Boin, (2013).

O Software utilizado para calcular a tendência dos índices foi o RCLimdex 1.1, desenvolvido e mantido por Xuebin Zhang e Yang Feng do Serviço de Meteorologia do Canadá.

O RCLimdex exige uma organização dos dados em um formato específico, para que seja realizada a leitura dos dados com precisão. Essa organização aconteceu da seguinte forma: Primeiramente foi realizada tabulação de toda a série de dados diários (34 anos) em uma mesma planilha de cálculo no *Microsoft Excel*. As colunas ficaram dispostas assim: Ano, Mês, Dia, Precipitação, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima.

Como o objetivo era somente analisar a precipitação, para os dados de temperatura, conforme recomenda o manual do Software (RCLimdex), foram colocados -99.9. O arquivo que estava no *Excel* foi copiado em um novo, no formato de documento de texto, pois, somente assim, o RCLimdex reconhece os dados e realiza os cálculos.

Os índices de precipitação selecionados para realizar os cálculos de tendências constam no Quadro 1.

Quadro 1: Indicadores de mudanças na variabilidade climática e definição.

Índices	Definição	Unidade
RX1	Quantidade de precipitação máxima em um dia mensal	mm
RX5	Quantidade de precipitação máxima em cinco dia mensal	mm
R10	Número de dias anual em que a precipitação ≥ 10 mm	dias
R20	Número de dias anual em que a precipitação ≥ 20 mm	dias
CDD	Número máximo dias secos consecutivos em que a precipitação é < 1 mm	dias
CWD	Número máximo dias úmidos consecutivos com a precipitação ≥ 1 mm	dias
R95p	Total anual em que a precipitação é > 95 percentis	mm
R99p	Total anual em que a precipitação é > 99 percentis	mm
PRCPTOT	Total anual de precipitação em dias úmidos ≥ 1 mm	mm

Fonte: adaptado de Zandonadi *et al* (2015), Zhang, *et al* (2018)



A definição, ou seja, escolha dos índices considerou aqueles desenvolvidos pelo ETCCDI e também os que já foram analisados em pesquisas para o estado do Paraná, por alguns pesquisadores, entre eles Zandonadi *et al.* (2015).

Os valores das tendências (Slope), o desvio do Slope (STD do Slope), a significância estatística (P-Value), dos índices de extremos de precipitação estão apresentados no Quadro 2. Para os índices calculados o valor de P é considerado de alta significância estatística quando $p < 0,05$, e boa significância quando $p < 0,1$.

Os cálculos de tendências obtidos por meio do RClindex foram organizados em tabelas e gráficos, buscando uma síntese dos resultados para suas análises.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÕES

Observando o Quadro 2, é possível analisar que os índices de precipitação de Guarapuava, não apresentaram tendências significativas estatisticamente. Sendo que nenhum dos índices apresentou o valor $P < 0,1$.

Quadro 2: Resultados dos indicadores/índices calculados no RClindex.

Índices	Slope	STD Slope	P-Value
RX1	0.127	0.525	0.81
RX5	0.137	1.069	0.899
R10	0.094	0.15	0.538
R20	0.009	0.107	0.933
CDD	0.14	0.127	0.267
CWD	-0.023	0.034	0.509
R95	0.648	3.197	0.841
R99	-0.304	2.231	0.893
PRCPTOT	1.897	5.171	0.716

Fonte: IAT, 2021; Organizado por: COSTA, C, 2021

A maioria dos índices apresentaram tendências positivas. O mais próximo de ter uma significância estatística foi o CDD (número máximo dias secos consecutivos). O aumento de dias secos consecutivos, pode acarretar em vários problemas na região que o município se encontra, devido a sua atividade econômica, a agricultura. Por isso, observar a tendência desse índice é de grande importância.

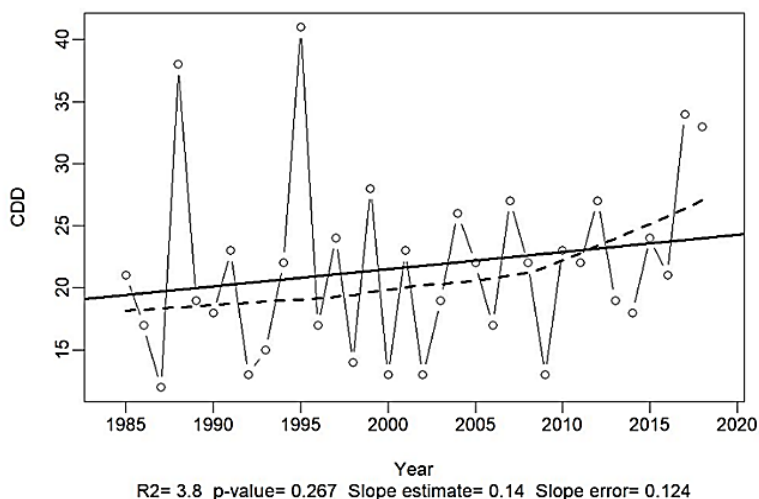
Os índices de CWD (número máximo dias úmidos consecutivos) e R99 (total anual em que a precipitação é > 99 percentis), apresentaram tendências negativas, ainda que não sejam estatisticamente significativos também é importante analisar essa tendência. Como já mencionado neste trabalho, a precipitação tanto em excesso quanto a sua falta, pode influenciar no desenvolvimento da planta.



A seguir foram analisados esses três índices que mais chamaram atenção (CDD, CWD e R99). E também o PRCPTOT (total anual de precipitação em dias úmidos), pois é índice importante para observar a precipitação anual.

É possível observar na figura 3 que o CDD, somente apresentou tendência de aumento desde o início da série analisada. Em nenhum momento voltou a regredir, assim não se observou ciclos, apenas o aumento.

Figura 3: CDD Guarapuava (1985-2018)

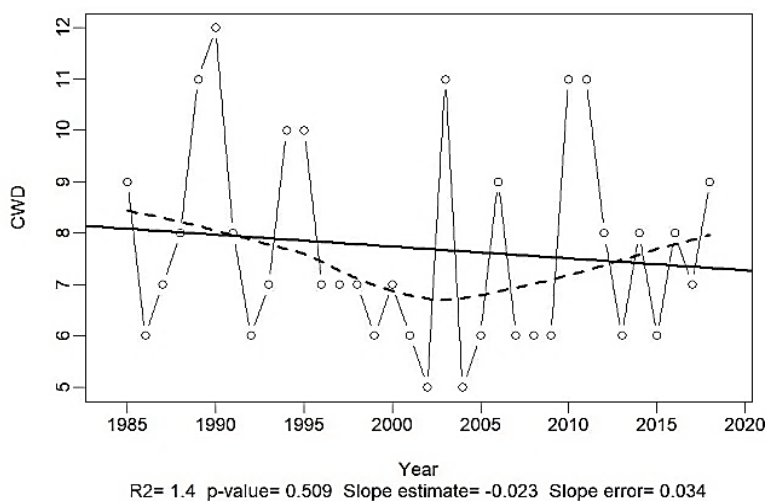


Fonte: IAT, 2021; Organizado por: COSTA, C, 2021

Em contraponto os índices de CWD e R99 demonstraram uma tendência negativa.

Nas figuras 4 e 5 é possível observar que a partir dos anos 1990 o CWD começa a ficar negativo, ou seja, diminuir os dias úmidos consecutivos. E somente a partir de 2015 inicia um retorno para seus valores do início da série de dados (1985).

Figura 4: CWD Guarapuava (1985-2018)

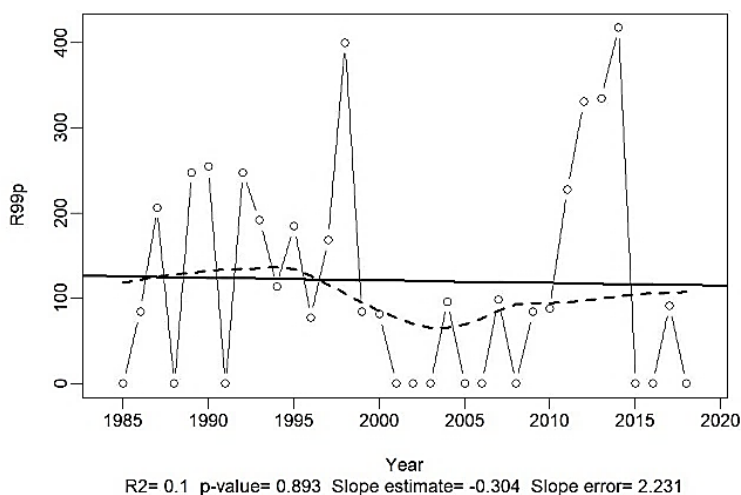


Fonte: IAT, 2021; Organizado por: COSTA, C, 2021



No R99 a curva negativa, diminuindo as chuvas extremas maiores que > 99 percentis inicia um pouco mais tarde, do que o CWD, por volta de 1995. Mas, diferente do CWD, não tem um novo pico de ascensão. E assim, continua com tendência negativa.

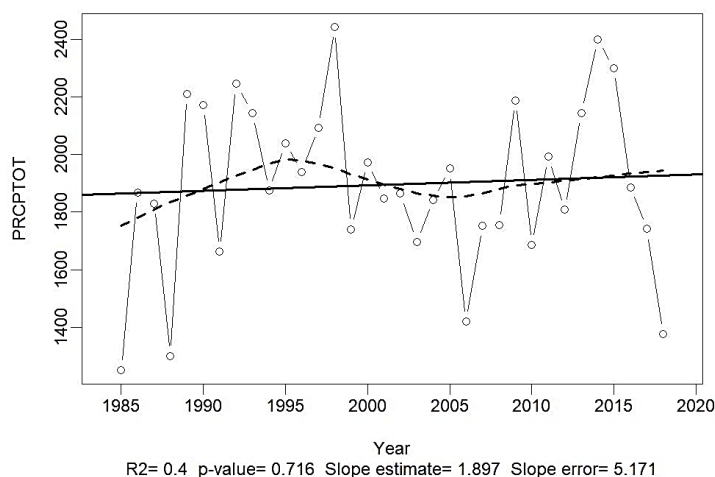
Figura 5: R99 Guarapuava (1985-2018)



Fonte: IAT, 2021; Organizado por: COSTA, C, 2021

Outro índice importante é o PRCPTOT (total anual de precipitação em dias úmidos), pois anos considerados menos chuvosos em relação a sua média anual, na região de Guarapuava, podem impactar na economia local e regional. No início da série de dados é perceptível que o índice está negativo, mas, a partir de 1990 a tendência é positiva. Ainda que, a partir do anos 2000 até 2010 tem uma leve tendência negativa. Assim, é possível observar que a precipitação anual está mantendo uma estabilidade.

Figura 6: PRCPTOT Guarapuava (1985-2018)



Fonte: IAT, 2021; Organizado por: COSTA, C, 2021



Convém ressaltar que Guarapuava teve seu processo de transição de população rural para urbana e a partir dos anos de 1980. Em 1990 a população urbana já era mais que o dobro da rural, (IBGE, 2021).

Muitas obras foram realizadas na cidade, como a construção do novo Terminal Rodoviário no início da década 1990, (LOBODA, 2008). Dessa forma, houve uma expansão da cidade justamente no período em que se notou alterações nas tendências dos índices de precipitação, o que pode influenciar na dinâmica da atmosfera local.

É importante frisar que, a série de dados também não permitiu realizar muitas análises de quando o município era predominantemente rural, por isso, essa consideração deve ser estudada/pesquisada com uma série mais longa de dados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria dos índices analisados demonstram tendências positivas, ainda que não estatisticamente significativas.

No momento ainda não é possível afirmar que a leve tendência positiva no CDD, e negativa nos índices de CWD e R99p, é realmente preocupante e se está relacionada a modificação do uso e ocupação do solo, ou se é um ciclo natural da climatologia local.

O PRCPTOT, demonstrou tendência positiva e até mesmo uma estabilidade, o que é importante para a economia local.

Uma série mais longa de dados, é importante para aprofundar ainda mais a pesquisa. Mas, esse processo já chama a atenção para possíveis instabilidades da dinâmica pluviométrica. O que pode e deve ser acompanhada ao longo do tempo.

Portanto, é necessário manter as pesquisas relacionadas a este tema, objetivando identificar alguma mudança na frequência ou intensidade desses índices, e suas tendências. Essa investigação permanente propicia tomadas de decisão para mitigar impactos futuros, econômicos e socioambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, (CAPES), pela bolsa de doutorado cedida a primeira autora. A bolsa possibilitou a dedicação e realização da pesquisa desenvolvida nesse trabalho.



REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. e SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728, 2014

ASHCROFTA, L.; KAROLY, D. J.; Andrew J. DOWDYB, A. J. Historical extreme rainfall events in southeastern Australia. **Weather and Climate Extremes** 25 (2019) 100210

COSTA, C.; ANDRADE, A. R. Dinâmica da precipitação pluviométrica na cidade de Guarapuava, PR: condicionantes locais e regionais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 21, Nº 13, 2017

COSTA, R. L.; BATISTA, G. M. M.; GOMES, H. B.; SILVA, F. D. S.; JÚNIOR, R. L. R.; SALVADOR, M. A.; HERDIES, D. L. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes** v. 28, 2020

IAT. Instituto Água e Terra. **Dados pluviométricos diários**. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas#>> Acesso em abril de 2021.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Banco de dados sobre população de Guarapuava urbana e rural**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=410940>>. Acesso em maio de 2021

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Cadernos municipais e regiões geográficas**, 2010 e 2012

LOBODA, C. R. Práticas socioespaciais e espaços públicos em Guarapuava – pr. **Tese** (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2008

MARENCO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas - GPMC**, N. 8, 2009

RAFEE, S. A. A.; FREITAS, E. D.; MARTINS, J. A.; MARTINS, L. D.; DOMINGUES, L. M.; NASCIMENTO, J. M. P.; MACHADO, C. B.; B. SANTOS, E.B.; RUDKE, A. P.; FUJITA, T.; SOUZA, R. A.F.; RICARDO HALLAK, R.; UVO, C.B. Spatial Trends of Extreme Precipitation Events in the Paraná River Basin. **American Meteorological Society**. V. 59, 2020.

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

SON, R. WANG S. Y. S · TSENG, W. L. SCHULER, C. W. B. BECKER5, E. YOON, J. H. Climate diagnostics of the extreme floods in Peru during early 2017 **Climate Dynamics** v.54 p. 935–945, 2019.

SCHOOOF, J. T. E ROBESON, S.M. Projecting changes in regional temperature and precipitation extremes in the United States. **Weather and Climate Extremes**. V.11, 2016



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

ZANDONADI, L. ACQUAOTTA, F. FRATIANNI S. ZAVATTINI, J. A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin), **Theoretical and Applied Climatology**, vol, 119, n. 3-4, 2015

ZAVATINI, J. A. e BOIN, M. N. **Climatologia geográfica: Teoria e Prática de Pesquisa.** Ed: Alínea, Campinas, São Paulo, 2013.

ZHANG, X.; FENG, Y. e RODNEY CHAN, R. **Introduction to RCLimDex.** Climate Research Division Environment Canada. Canadá, 2018