

**Estudo de características climáticas da região de Guarapuava por meio de análise de  
série temporal e modelagem ARIMA**

**Study of the climatic characteristics of Guarapuava region through time series analysis  
and ARIMA modeling**

**Estudio de las características climáticas de Guarapuava mediante análisis de series  
temporales y modelage ARIMA**

Recebido: 20/03/2020 | Revisado: 21/03/2020 | Aceito: 26/03/2020 | Publicado: 28/03/2020

**Janaina Cosmedamiana Metinoski Bueno**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0359-2078>

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

E-mail: [janainametinoski@gmail.com](mailto:janainametinoski@gmail.com)

**Sidnei Osmar Jadoski**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6064-2767>

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

E-mail: [sjadoski@unicentro.br](mailto:sjadoski@unicentro.br)

**Vanderlei aparecido de Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-8723>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: [valima66@gmail.com](mailto:valima66@gmail.com)

**Resumo**

O clima varia continuamente com o tempo, e suas variáveis podem ser modeladas como séries temporais. As fases do Enos com eventos El Niño e La Niña influenciam a temperatura e precipitação em diferentes partes do mundo. O objetivo do trabalho foi avaliar as tendências das variáveis climáticas temperatura média, mínima e máxima e precipitação pluvial, na região geográfica de Guarapuava no Estado do Paraná, com utilização de série temporal e modelagem ARIMA. O estudo compreendeu série temporal de precipitação pluvial e temperatura de 43 anos. A tendência da série temporal foi analisada com utilização dos modelos de Box-Jenkins, auto regressivos integrados de médias móveis (ARIMA). Verificou-se que a precipitação pluvial apresenta comportamento estacionário no período. A temperatura média do ar apresenta tendência linear crescente, sendo esta uma consequência da elevação mais relacionada ao aumento da temperatura mínima, do que da temperatura máxima

ao longo do tempo. A temperatura média do ar apresenta aumento de aproximadamente 1,4°C no período, elevando-se de 16,8 para 18,2°C.

**Palavras-chave:** Tendência climática; Sazonalidade; El Niño; Modelagem climática.

### **Abstract**

The climate varies continuously with time, and its variables can be modeled as time series. The Enos phases with El Niño and La Niña events influence temperature and precipitation in different parts of the world. The objective of the work was to evaluate the trends of the climatic variables, minimum, maximum and average temperature and rainfall, in the geographical region of Guarapuava in Paraná State, using time series and ARIMA modeling. The study comprised a time series of rainfall and temperature of 43 years. The time series trend was analyzed using the Box-Jenkins models, of integrated auto-regressive moving averages (ARIMA). It was found that the rainfall shows stationary behavior in the period. The average air temperature shows an increasing linear trend, which is a consequence of the increase more related to the increase of the minimum temperature, than of the maximum temperature over time. The average air temperature showed an increase of approximately 1.4°C in the period, rising from 16.8 to 18.2°C.

**Keywords:** Climate trend; Seasonality; El Nino; Climate modeling

### **Resumen**

El clima varía continuamente con el tiempo, y sus variables pueden modelarse como series temporales. Las fases de Enos con eventos de El Niño y La Niña influyen en la temperatura y en la precipitación en diferentes partes del mundo. El objetivo del trabajo fue evaluar las tendencias de las variables climáticas de temperatura promedio, mínima y máxima y la precipitación, en la región geográfica de Guarapuava en el Estado de Paraná, utilizando series temporales y modelos ARIMA. El estudio comprendió una serie temporal de lprecipitación y temperatura de 43 años. Se analizó la tendencia de la serie temporal utilizando los modelos Box-Jenkins, de medias móviles autorregresivos integrados (ARIMA). Se encontró que la precipitación muestra un comportamiento estacionario en el período. La temperatura promedio del aire muestra una tendencia lineal creciente, que está más relacionado con el aumento de la temperatura mínima, que de la temperatura máxima en el tiempo. La temperatura promedio del aire mostró un aumento de aproximadamente 1,4°C en el período, aumentando de 16,8 a 18,2°C.

**Palabras clave:** Tendencia climática; Estacionalidad; El niño; Modelado climático.

## 1. Introdução

O conhecimento e entendimento das sazonalidades e tendências de variáveis climáticas, é de extrema importância em atividades de planejamento, que visam a obtenção de incremento de resultados de atividades nos diferentes setores (Gunda, Bazui, Nay & Yeung, 2017). Assim, os modelos de análise de série de dados, fundamentados empiricamente desempenham um papel crítico para o entendimento das tendências mais prováveis das condições climáticas, uma vez que permitem uma avaliação a longo prazo e podem levar em consideração as realizações probabilísticas da previsão (Wood, Jina, Jain, Kristjanson & Defries, 2014).

O clima varia continuamente com o tempo, e suas variáveis podem ser modeladas como séries temporais (Agrawal, Kumar, Pandey & Khan, 2012). Conforme Antunes & Cardoso (2015) as séries temporais podem ser definidas como sequências de dados quantitativos estudados a partir da sua distribuição no tempo. Aguado-Rodríguez (2016) descrevem sobre o elevado grau de dependência entre as observações seriais, salientando ainda, que quanto maior for a série, melhores as chances de um ajuste satisfatório da modelagem matemática, e conforme Sillmann, Thorarinsdottir & Keenlyside (2017), mais precisos serão os resultados associados aos extremos climáticos

Nascimento, Reis, Roeser & Fonseca (2019,) enfatizam que diferentes técnicas de análise de características ambientais tem sido utilizadas para o reconhecimento de padrões, tornando-se artifícios relevantes para sua análise e compreensão. A modelagem Box-Jenkins, com modelos auto regressivos integrados de médias móveis (ARIMA), é uma sistema que analisa um conjunto de dados de uma série temporal para estabelecer um modelo apropriado do comportamento das variáveis em análise, podendo identificar ciclo, tendência ou sazonalidade (Tank, Zwiers, & Zhang (2009). Conforme Chae, Kwon & Lee (2018) o modelo ARIMA é um método utilizado para analisar dados de séries temporais não estacionárias e em particular, mostra as alterações detalhadas quando os dados flutuam rapidamente ao longo do tempo.

Bernert, Jadoski, Watzlawick, Lima & Zerbielli (2020), afirmam que a análise longitudinal em série temporal é uma ferramenta consistente para estudos que trabalham com características ambientais relacionados ao clima. Bandura, Bueno, Jadoski & Junior (2019), acrescentam que os modelos ARIMA, quando adequadamente empregados para a análise de séries temporais, possibilitam descrever, interpretar e compreender comportamentos e

tendências de variáveis climáticas, reduzindo a imprecisão em relação a outros métodos estatísticos.

Conforme Hyndman & Athanasopoulos (2019), a modelagem ARIMA pode ser realizada com utilização do Software R. Neste caso, assinalam que no R, o modelo AA (função `auto.arima`) usa uma variação do algoritmo, que combina testes de raiz unitária, critério de informação de Akaike (AIC) e minimização do erro, para obter um modelo adequado, fornecendo as informações necessárias ao algoritmo.

Nery (2005) descreve que a precipitação pluvial na região sul é significativamente complexa, e os eventos El Niño e La Niña não determinam o regime de chuvas na região, mas são importantes, quanto à intensidade e variabilidade. Guimarães & Reis (2012) caracterizam que em anos de La Niña ocorrem diminuição das temperaturas do ar em quase todas as regiões do Brasil sendo que o impacto do fenômeno ENOS no país se faz mais presente nos meses de inverno e primavera.

O objetivo do trabalho foi Avaliar as tendências das variáveis climáticas temperatura média, mínima e máxima e precipitação pluvial, na região geográfica do Município de Guarapuava no Estado do Paraná, na Região Sul do Brasil (Guarapuava-PR), com utilização de série temporal e modelagem ARIMA.

## **2. Material e Métodos**

Guarapuava-PR está localizada na região Centro-Sul do estado do Paraná, situada no Terceiro Planalto paranaense, com área de 3.168,087 km<sup>2</sup>, sendo o município com maior extensão territorial do estado. A localização geográfica central é 25° 23' 43" S e 51° 27 ' 29" W (IBGE, 2019). A altitude média é de 1150m (Costa & Andrade, 2017), com predominância de solo do tipo Latossolo Bruno (Bhering et al., 2013).

O clima da região é classificado como Subtropical Úmido Mesotérmico-Cfb, segundo Köppen (Wagner, M., Jadoski, Saito, Suchoronzek & Scabeni, 2009), sem estação seca definida e a média do mês mais frio é inferior a 18°C. A temperatura média anual é de 17°C, enquanto que a precipitação média é superior a 1700 mm por ano), bem distribuída durante o ano, com predominância de intensidade (Costa & Andrade, 2017). Esta região em geral apresenta temperaturas negativas, com possibilidade de geada frequentes e raros fenômenos de ocorrência de neve, porém no verão a ocorrência de geadas são praticamente inexistentes (Salton, Morais, Caramori & Borozzino, 2016).

Foi realizada pesquisa exploratória a partir de base de dados climáticos, conforme

caracterizam Pereira et al. (2018). O estudo compreende o período entre 01 de janeiro de 1976 a 31 de dezembro de 2018, totalizando uma série temporal histórica de 43 anos. Foram utilizados dados diários de temperaturas (média, máxima e mínima) e de precipitação obtidos do banco de dados da estação meteorológica da UNICENTRO-IAPAR e tendo como suporte para ajuste em período de deficiência de dados os arquivos disponibilizados pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). A partir dos dados diários, foram calculadas as médias em períodos mensal e anual para as variáveis em análise.

Para interpretação dos resultados e inferências inerentes às variações da série temporal das variáveis em análise, foram consideradas informações acerca da ocorrência das fases do ENOS, conforme CPTEC/INPE (2020), apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Ocorrência e intensidade das fases do ENOS na América do Sul no período entre 1976 a 2018.

<i>El Niño</i>	<i>La Niña</i>
1976-1977	1975-1976
1979-1980	1988-1989
1982-1983	1998-1999
1986-1987	1999-2000
1987-1988	2007-2008
1991-1992	2010-2011
1992-1993	2017-2018
1997-1998	Fraca
2002-2003	Moderada
2006-2007	Fraca
2009-2010	Moderada
2015-2016	Forte

**Fonte:** Adaptado de CPTEC/INPE (2020).

A tendência da série temporal foi analisada com utilização dos modelos de Box-Jenkins, auto regressivos integrados de médias móveis (ARIMA). A modelagem foi realizada utilizando-se o Software *R* - The R Project for Statistical Computing, v.3.5.3 (2018). No *R* foi aplicada a função `auto.arima` (AA) combinada com critério de informação de Akaike (AIC) e minimização do erro (teste *t* contra média única zero), para obter um modelo ARIMA

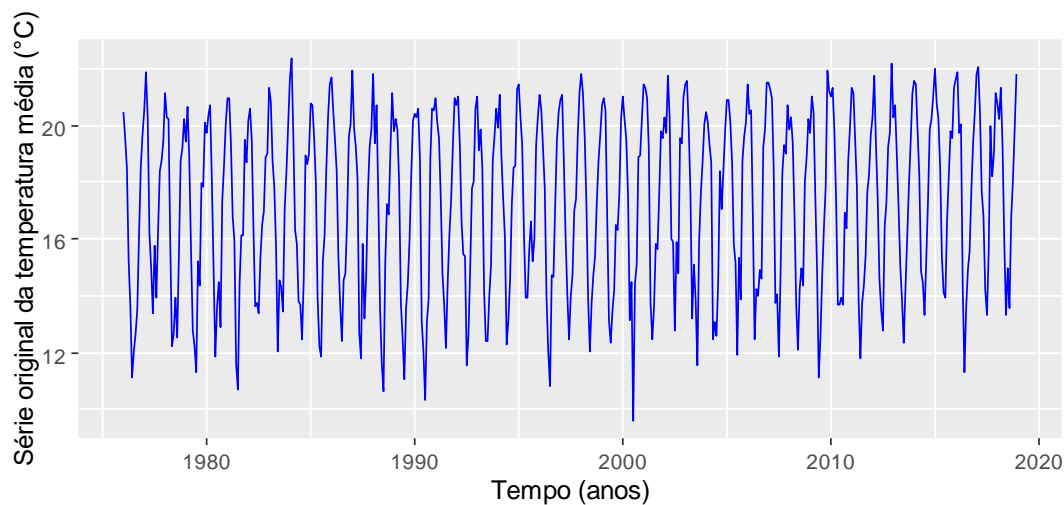
adequado para o ajuste da tendência decomposta da série temporal de cada variável. Também no ambiente R foi realizado o teste de KPSS visando determinar a estacionariedade da série temporal. A utilização da função `auto.arima` no ambiente R é descrita em Hyndman & Athanasopoulos (2019).

A partir da avaliação de tendência decomposta com aplicação de modelo ARIMA, e verificação da não estacionariedade da série, esta foi submetida a análise de regressão para ajuste de equação representativa do comportamento da variável no período considerado.

### 3. Resultados e Discussão

A série histórica para a temperatura média mensal de Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018 é apresentada na Figura 1.

**Figura 1** - Série original histórica para temperatura média mensal em Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

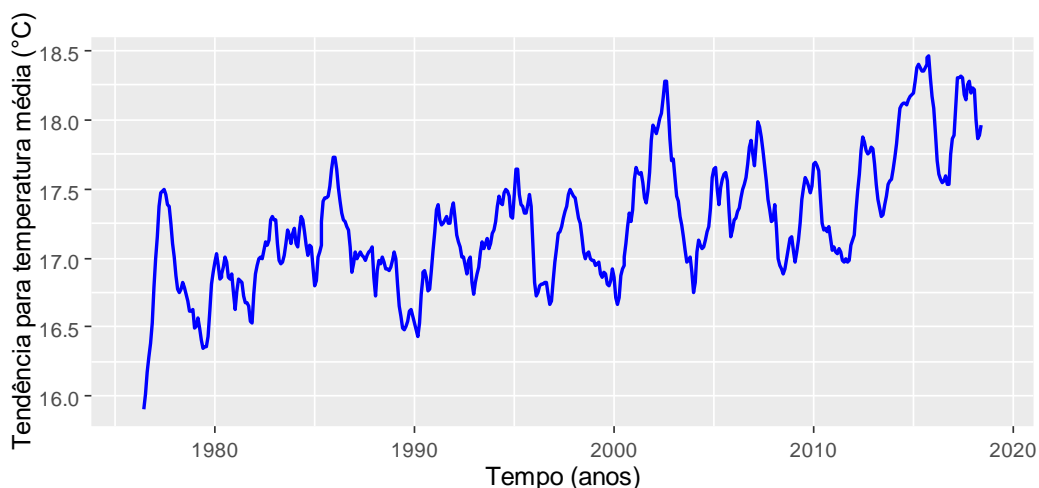
Verificou-se média de 17,55°C, com amplitude entre 9,62°C e 22,38°C, coeficiente de variação 17,91% e mediana de 17,75°C. As avaliações demonstraram que a temperatura, considerando os componentes de mínima, máxima e média, apresenta comportamento de sazonalidade, com inverno e verão bem definidos por temperatura. Resultado que considerando Nery (2005), reflete as condições de clima Cfb de parte da região sul, onde ocorre amplitude térmica bem definida ao longo do ano.

Quando os valores dos resíduos foram analisados pelo teste *t* contra média única zero,

a média dos resíduos para as temperaturas, média, mínima e máxima foi 0,00069, 0,00044 e 0,00051 e o quando comparado com média zero, o teste  $t$  apresentou-se não significativo ( $p=0,9868$ ,  $p=0,9782$  e  $p=0,9915$ ), respectivamente. Justificando-se a realização da modelagem da série temporal. Assim, considerando o penalizador de Critério de Informação de Akaike (AIC), foram estabelecidos os modelos ARIMA (1, 0, 0) (2, 1, 2)<sub>12</sub>; (1, 0, 0) (2, 1, 0)<sub>12</sub> e (0, 0, 1) (2, 1, 0)<sub>12</sub> como os mais ajustados para representar as tendências da temperatura média e suas componentes de mínima e máxima, respectivamente. A descrição detalhada destes modelos é apresentada por Hyndman & Athanasopoulos (2019).

Com a aplicação do modelo ARIMA (1, 0, 0) (2, 1, 2)<sub>12</sub>, foi elaborada a tendência decomposta da série histórica da temperatura média, evidenciando comportamento ascendente ao longo do tempo (Figura 2).

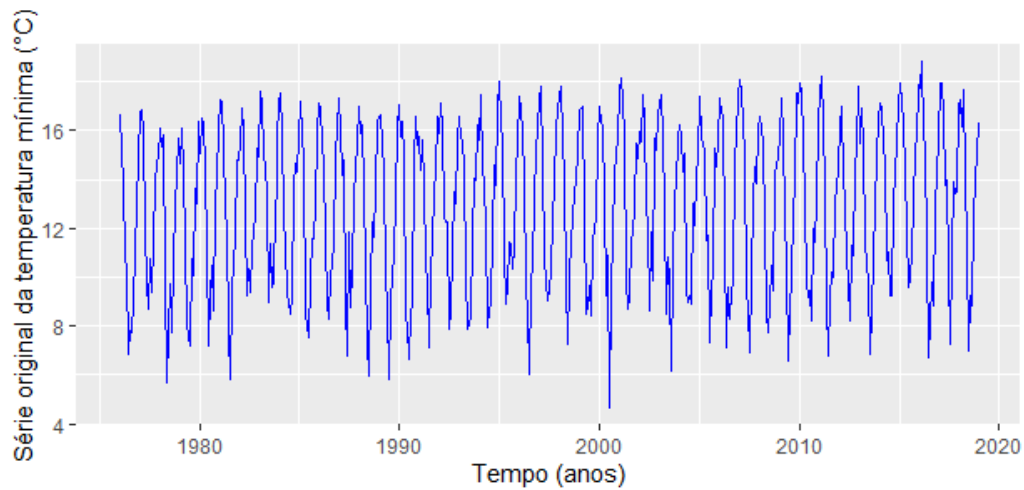
**Figura 2** - Tendência decomposta da série temporal histórica para temperatura média em Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A análise de regressão nos dados da série decomposta da temperatura média indicou tendência de elevação, cujos valores extremos são incrementados de 16,8°C para 18,2°C do início para o final do período. Esta tendência ascendente é representada a partir da equação linear  $Y = -49,384 + 0,0335X$  ( $R^2 = 0,87$ ), sendo  $X$  o ano entre 1976 e 2018 e  $Y$  a temperatura média do ar em graus Célcus. Na Figura 3 é apresentada a série histórica para a temperatura mínima mensal.

**Figura 3** - Série original histórica para temperatura mínima (média anual) em Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018.

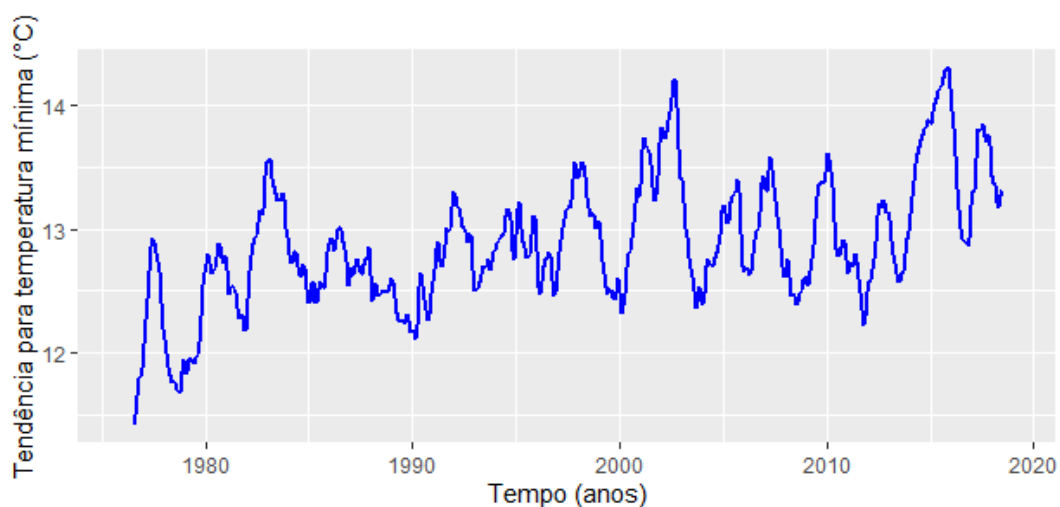


Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se variação dos extremos entre  $4,68^{\circ}\text{C}$  a  $18,8^{\circ}\text{C}$  com coeficiente de variação, 25,24%. As temperaturas mínimas médias e a mediana foram,  $12,87^{\circ}\text{C}$  e  $13,25^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

Com a aplicação do modelo ARIMA  $(1, 0, 0) (2, 1, 0)_{12}$ , foi elaborada a tendência decomposta da série histórica da temperatura mínima, que assim como a temperatura máxima, demonstrou comportamento ascendente (Figura 4).

**Figura 4** - Tendência decomposta da série temporal histórica para temperatura mínima em Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018.

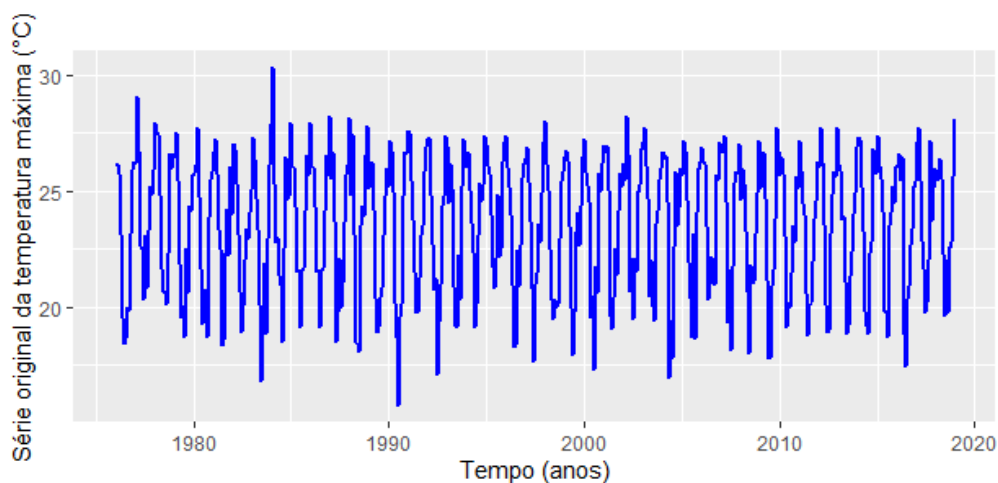


Fonte: Elaborado pelos autores.



A análise de regressão nos dados da série decomposta da temperatura mínima indicou tendência de elevação, cujos valores extremos são incrementados de 11,7°C para 13,6°C do início para o final do período. Esta tendência ascendente é representada a partir da equação linear  $Y = -84,88 + 0,0488X$  ( $R^2 = 0,82$ ), sendo X o ano entre 1976 e 2018 e Y a temperatura mínima do ar em graus Célcus. Na Figura 5 é apresentada a série histórica para a temperatura máxima mensal.

**Figura 5** - Série original histórica para temperatura máxima em Guarapuava no período entre 1976 a 2018.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

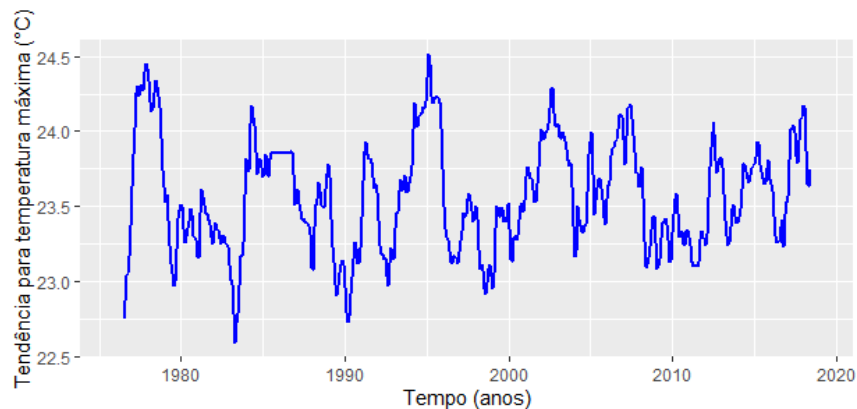
Observa-se variação dos extremos entre 17,8°C e 31°C com coeficiente de variação, 21,48%. As temperaturas máximas médias e a mediana foram, 23,55°C e 24,06°C, respectivamente.

Com a aplicação do modelo ARIMA (0, 0, 1) (2, 1, 0)<sub>12</sub>, foi elaborada a tendência decomposta da série histórica da temperatura máxima, que demonstrou discreto comportamento ascendente ao longo do tempo (Figura 6).

Comparando-se com as séries das temperaturas máxima e mínima, observa-se que a temperatura máxima é a variável que apresenta tendência de aumento menos acentuado, com menor coeficiente angular da equação linear. Neste contexto, Salton, Morais, Caramori & Borozzino (2016), descrevem que Guarapuava situa-se em uma estreita faixa na Serra da Esperança e Formação Serra Geral com clima Cfb, tipicamente mais frio em relação as demais regiões paranaenses. Desta forma, estes resultados, com aumento mais acentuado da temperatura mínima, indicam que a área da região geográfica de Guarapuava está passando

por incremento de temperatura, contudo, com o aumento da temperatura média sendo mais acentuadamente influenciado pelo aumento das temperaturas mínimas do que das máximas. Consequentemente, caracterizando que a região está ficando menos fria ao longo do tempo.

**Figura 6** - Tendência decomposta da série temporal histórica para temperatura máxima em Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A análise de regressão nos dados da série decomposta da temperatura máxima indicou tendência de elevação, representada a partir da equação linear  $Y = 0,4347 + 0,01163X$  ( $R^2 = 0,88$ ), sendo X o ano entre 1976 e 2018 e Y a temperatura máxima do ar em graus Célcus.

A partir da associação das linhas de tendências das variáveis temperaturas média, mínima e máxima (Figuras 2, 4 e 6) com os dados apresentados na Tabela 1, observa-se que em anos de La Niña, (1976, 1989, 1999, 2000, 2008, 2011 e 2018) a temperatura tende a apresentar menores valores nas séries de ambas as variáveis.

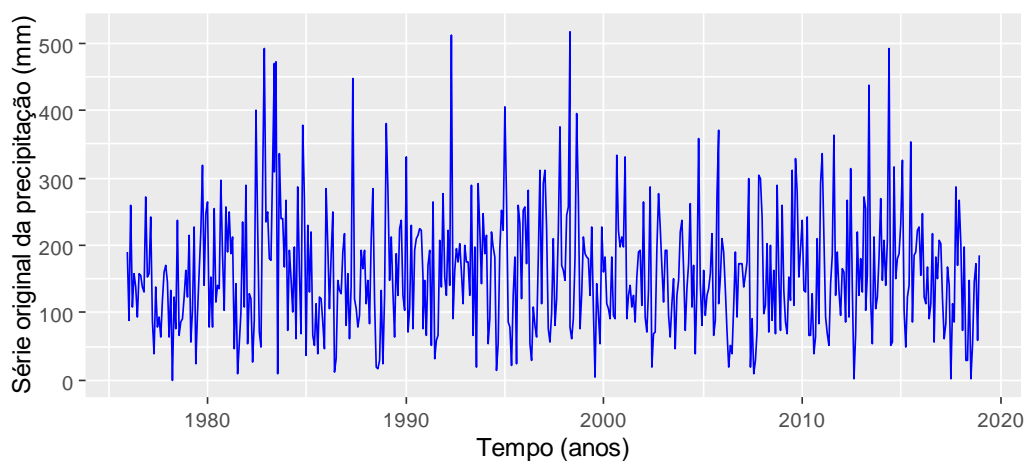
Em contrapartida nos anos de El Niño (1977, 1980, 1983, 1987, 1988, 1992, 1993, 1998, 2003, 2007, 2010 e 2016) ocorrem picos de temperaturas mais elevadas na série para ambas as variáveis, exceto para a temperatura máxima do ano de 1983, que, mesmo sendo este ano de El Niño forte, apresentou valor reduzido, porém, a temperatura média apresentou tendência de pico devido elevação da temperatura mínima (Figuras 2, 4 e 6). A respeito da temperatura máxima, verifica-se em Nogarolli (2007), que no ano de 1983 ocorreram elevados índices de precipitação nos meses de junho e julho na região, aumentando as temperaturas de inverno, entretanto tendo ocorrido um verão mais ameno.

Ainda considerando-se as Figuras 2, 4 e 6, observa-se que, em geral, anos de neutralidade apresentaram a tendência associada a fase subsequente do ENOS, com exceção expressiva do ano de 2013, que apresentou temperaturas mínimas reduzidas e conforme

descreve Salton, Morais, Caramori & Borozzino (2016) precipitação de neve no mês de junho, sendo um ano de Neutralidade que progrediu para El Niño forte em 2015.

A série original histórica da precipitação pluvial em média mensal é apresentada na Figura 7.

**Figura 7** - Série original histórica da precipitação pluvial em Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018.



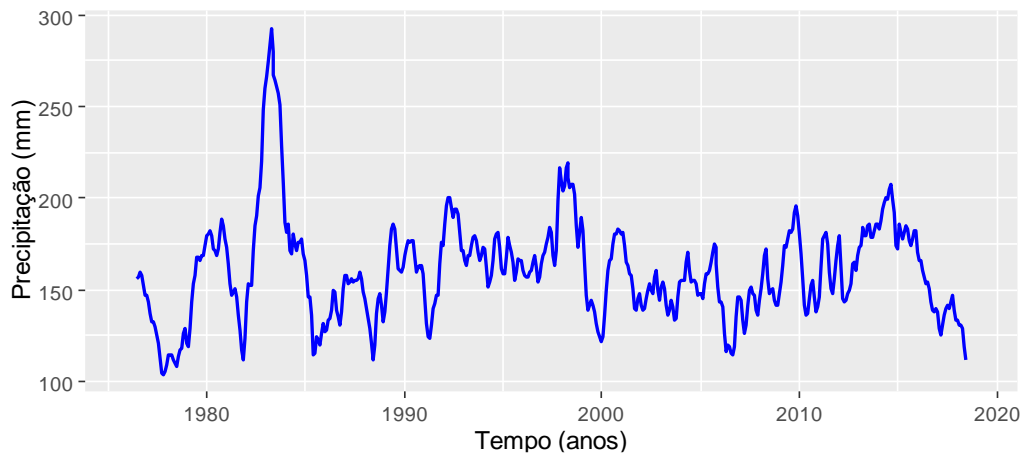
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Durante os 43 anos avaliados a média e mediana foram de 159,84mm e 148,40mm, respectivamente. Os valores mínimos e máximos para a precipitação nesta série histórica estão entre 0,60 e 518,00mm. O coeficiente de variação foi 174,60%, indicando grande variação dos níveis de precipitação na área de estudo, o que pode ser observado também em Oliveira & Borrozino (2018).

Os resultados da avaliação da Precipitação demonstram ocorrência de alguns picos de precipitação durante o período. Na análise pelo teste  $t$  contra média única zero, a média dos resíduos foi 0,0215 e apresentou-se não significativa ( $p=0,9953$ ), justificando-se a realização da modelagem da série temporal. A partir da função *auto.arima* e considerando o penalizador de Critério de Informação de Akaike (AIC) foi identificado que o modelo ARIMA (0, 0, 1) (1, 0, 0)<sub>12</sub> apresenta o melhor ajuste a série temporal de precipitação pluvial.

A decomposição da série temporal histórica da precipitação é apresentada no gráfico de tendência (Figura 8). Observam-se variações sazonais, porém, sem evidências de tendências de incremento ou redução ao longo do período analisado.

**Figura 8** - Tendência decomposta da série temporal histórica para precipitação em Guarapuava-PR no período de 1976 a 2018.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Observa-se que o maior pico de precipitação ocorre diferenciadamente no ano de 1983, quando houve elevado índice concentrado de precipitação pluvial na Região Sul do país, e conforme observa-se em Ely & Dubreuil (2017), ocasionando inundações em vários locais. O mesmo ano (1983), é marcado pela ocorrência de El Niño em índice muito forte (NOAA, 2019), sendo que um dos principais efeitos deste fenômeno para a região Sul do Brasil, é o aumento da precipitação pluvial (Barros, Doyle & Camilloni, 2008).

A análise de tendência com aplicação do teste de KPSS à série temporal apresentou valor de 0,0718, sendo este menor do que o valor crítico para este teste (0,4630). Este resultado demonstra que apesar das variações temporais demonstradas pelo modelo, na área de estudo a precipitação pluvial apresentou comportamento estacionário no período. O elevado coeficiente de variação da precipitação pluvial está de acordo com o que verificaram Pinheiro, Gracia & Severo (2013), porém estes autores avaliando série histórica em estações meteorológicas na região sul do país, verificaram tendência crescente da precipitação em períodos anuais distintos de alguns locais do estado do Paraná. Entretanto, a partir de Corte-Real (2015), entende-se que em regiões que apresentam médias elevadas de precipitação, como Guarapuava, os efeitos de aumento de temperatura são menos expressivos na elevação dos índices de precipitação.

Em relação as fases do ENOS, analisando-se a Figura oito em associação com a Tabela 1, percebe-se picos de precipitação em anos de ocorrência de El Niño, a exemplo do ano de 1983, em que ocorreu o maior volume anual de precipitação no período avaliado (3168mm), assim como comportamento oposto, com menores índices de precipitação em anos de La Niña. Fica também evidente um comportamento com índices médios da precipitação

em anos de Neutralidade atmosférica como 1978, 1981, 1984, 1985, 1994, 1995, 1996, 2004, 2005, 2012 e 2013. Exceto no ano de 2014 em que no mês de junho ocorreu aproximadamente 520mm de chuva, sendo 360 mm acima da média histórica mensal, como pode ser observado em IAPAR (2020).

Com as análises realizadas, observa-se que temperatura do ar apresenta comportamento não linear, com tendência de elevação ao longo da série temporal 1976 a 2018 e sendo a temperatura mínima mais ascendente em relação a temperatura máxima. A precipitação pluvial apresenta comportamento não linear e com variação elevada, mas com tendência estacionária no período. Com resultados análogos a estes, a partir de série temporal de 48 anos, Ricce, Caramori, Morais, Silva & Ataíde (2009), descrevem ter observado uma tendência de aumento da temperatura fortemente ligado ao aumento das mínimas e não verificaram tendência significativa de mudança na precipitação para Londrina-PR.

Verifica-se que os fenômenos das fases extremas do ENOS em geral afetam caracteristicamente ambas as variáveis, com picos de temperatura e precipitação em EL Niño e frio e redução de média pluvial em La Niña, estando de acordo com o descrito em CPTEC (2019) e com Kogima & Ely (2019), que avaliaram índices térmicos no estado do Paraná. Contudo, observa-se que em período de neutralidade, podem ocorrer oscilações expressivas, principalmente de temperatura, a exemplo do frio intenso incluindo precipitação de neve no ano de 2013.

#### **4. Considerações Finais**

Com a avaliação do comportamento das variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação pluvial na região de Guarapuava-PR utilizando a série temporal do período de 1976 a 2018, conclui-se que:

A precipitação pluvial apresenta comportamento estacionário no período.

Os índices de precipitação pluvial e a temperatura seguem a tendência característica de aumento em período de El Niño e redução em La Niña. A precipitação tende a índices intermediários em condições de neutralidade atmosférica.

A temperatura média do ar apresenta aumento de aproximadamente 1,4°C no período, elevando-se de 16,8 para 18,2°C.

A temperatura média do ar apresenta tendência linear crescente, sendo esta uma consequência da elevação mais relacionada ao aumento da temperatura mínima, do que da temperatura máxima ao longo do tempo.

O modelo ARIMA utilizando série temporal, apresentou eficiência para representar as tendências e sazonalidades das variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação pluvial.

Considerando os resultados deste trabalho, com adequada representação do comportamento longitudinal das variáveis avaliadas, torna-se viável sugerir a utilização do modelo ARIMA para previsão de tendências e sazonalidades de temperatura do ar e precipitação pluvial a partir de série temporal em condições de clima Cfb.

### **Agradecimento**

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, fornecendo bolsa de mestrado, suporte financeiro 001.

### **Referências**

Agrawal, A., Kumar, V., Pandey, A. & Khan, I. (2012). An application of time series analysis for weather forecasting. *International Journal of Engineering Research and Applications*, v. 2(1): 2248-9622.

Aguado-Rodríguez, G. Jr., Quevedo-Nolasco, A. & Castro-Popoca, M. et al. (2016). Predicción de variables meteorológicas por medio de modelos ARIMA. *Agrociencia*. 50(1): 1-13.

Antunes, J. L. F., Cardoso, M. R. A. (2015). Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. *Epistemologia e Serviços da Saúde*, 24(1): 565-576.

Bandura, E., Bueno, J. C. M., Jadoski, G. S., Junior, G. F. R. (2019). Aplicações do modelo ARIMA para estatística na análise de dados em série temporal. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 12(3): 145-150.

Barros, V. R., Doyle, M. E., Camilloni, I. A. (2008). Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 93: 19–33.

Bernert, M. R., Jadoski, S. O., Watzlawick, L. F., Lima, V. A., Zerbielli, L. C. (2020).

Influência de variáveis ambientais no incremento radial dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* L. *Research, Society and Development*. 9(3): 1-21. Disponível em: <https://rsd.unifei.edu.br/index.php/rsd/article/view/2472>. Acesso: 12 março/2020.

Bhering, S. B., Santos, H. G., Manzatto, C. V. W. et al. (2013). *Mapa de solos do Estado do Paraná*. Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná. Rio de Janeiro, 2013, 74 p.

CPTEC- INPE (2020). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *El Niño e La Niña*. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/> Acesso: 26 janeiro/2020.

Chae, S, Kwon, S., Lee, D. (2018). Predicting Infectious Disease Using Deep Learning and Big Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15: 1-19. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/326660803\\_Predicting\\_Infectious\\_Disease\\_Using\\_Deep\\_Learning\\_and\\_Big\\_Data](https://www.researchgate.net/publication/326660803_Predicting_Infectious_Disease_Using_Deep_Learning_and_Big_Data) Acesso: 16 janeiro/2020.

Corte-Real, J. (2015). The relevance of weather forecasting in the prevention of meteorological hazards. *Finisterran*, 100: 97-105.

Costa, C., Andrade, A. R. (2009). Dinâmica da precipitação pluviométrica na cidade de Guarapuava, PR: Condicionantes locais e regionais. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21: 205-224.

Ely, D. F., Dubreuil, V. (2017). Análise das tendências espaço-temporais da precipitações anuais para o estado do Paraná-Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21(1): 553-569.

Guimarães, D. P., Reis, R. dos. (2012). Impactos do Fenômeno Enos Sobre a Temperatura no Brasil. *Revista Espinhaço*, 1(1): 34-40, 2012.

Gunda, T., Bazui, J. T., Nay, J., Yeung, K. L. (2017). Impact of seasonal forecast use on agricultural income in a system with varying crop costs and returns: an empirically-grounded simulation. *Environmental Research Letters*, 12(3): 1-13.

Hyndman, R.J., Athanasopoulos, G. (2019). *Forecasting: principles and practice*. 3rd edition, OTexts: Melbourne/2019. Disponível em: <[OTexts.com/fpp3](http://OTexts.com/fpp3)>. Acesso: 9 dezembro/2019.

IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. (2020). *Desvios de precipitação e temperatura*. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-984.html>>. Acesso em: 10 janeiro/2020.

Kogima, K. C, Ely, D. F. (2019). Índices térmicos para a identificação de ondas de calor aplicados ao estado do Paraná, Brasil. *Geo UERJ*, 34: 1-27. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/viewFile/40947/28455>>. Acesso: 12 fevereiro/2020.

Nascimento, L. P., Reis, D. A., Roeser, H. M. P., Fonseca, S. A. da F. (2019). Relationship between land use and water quality in a watershed impacted by iron ore tailings and domestic sewage. *Revista Ambiente e Água*, 14(5): 1-11.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2019). *Climate Prediction Center*. U. S. A., 2019. Disponível em: <<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>>. Acesso: 20 dezembro/2019.

Nery, J. T. Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil. (2005). *Revista Brasileira de Climatologia*, 1(1):61-75.

Nogarolli, M. (2007). O Novo Clima do Paraná. *Percurso*, 6: 81-105.

Oliveira, D., Borrozzino, E. (2018). Sazonalidade das tendências de temperatura do ar e precipitação pluvial no estado do Paraná. *Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia*, 26(1): 139-144.

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1). Acesso: 21 fevereiro 2020.



Pinheiro, A., Gracia, R. L. G., Severo, D. L. (2013). Tendência das séries temporais de precipitação da região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(3): 281 – 290.

R Development Core Team. (2018). *R a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ricce, W. S., Caramori, P. H., Morais, H., Silva, D. A. B. E, Ataíde, L. T. (2009). Análise de tendências na temperatura e precipitação em Londrina, Estado do Paraná. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 15. Belo Horizonte, 22 a 25 de setembro de 2009.

Salton, F. G., Morais, H., Caramori, P. H., Borozzino, E. (2016). Climatologia dos episódios de precipitação em três localidades no estado do Paraná. *Revista brasileira de meteorologia*, 31(4): 626-638, supl.1.

Sillmann, J., Thorarinsdottir, T., Keenlyside, N. (2017). Understanding, modeling and predicting weather and climate extremes: Challenges and opportunities. *Weather and Climate Extremes*. 18: 65-74.

Tank, K. A. M. G., Zwiers, F. W., Zhang, X. (2009). Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. *Climate data and monitoring*. WCDMP. WMO-TD. N.72, 53p.

Wagner, M. W., Jadoski, S. O., Saito, L. R., Suchoronczek, A. & Scabeni, C. J. (2009). Comportamento de características climáticas para o manejo de culturas agrícolas em Guarapuava, centro-sul do estado do Paraná. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 2(3): 41-49.

Wood, S. A., Jina, A. S., Jain, M., Kristjanson, P. & Defries, R. S. (2014). Smallholder farmer cropping decisions related to climate variability across multiple regions *Global Environmental Change*, 25: 163–172. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378013002410>. Acesso 26 janeiro/2020.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Janaina Cosmedamiana Metinoski Bueno – 40%

Sidnei Osmar Jadoski – 30%

Vanderlei aparecido de Lima – 30%