

---

## Identificação de tendências climáticas para o município de Maringá, Paraná

### Identification of climate trends for the municipality of Maringá, Paraná

### Identificación de tendencias climáticas para el municipio de Maringá, Paraná

Cíntia Minaki <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1581-1303>

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Maringá, UEM, Maringá, Paraná, Brasil, [cminaki@uem.br](mailto:cminaki@uem.br)

---

Recebido em: 27/08/2024

Aceito para publicação em: 03/11/2024

---

#### Resumo

Abordagens sobre mudança climática e aquecimento global também geram questionamentos sobre o que está acontecendo na atmosfera a nível local. Estudos de tendência e de variabilidade representam formas de responder a esses questionamentos. Nesta pesquisa utilizou-se a série temporal de Maringá-PR, de 1980 a 2020, com o objetivo de identificar a existência de tendência da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação. Para verificar a normalidade dos dados, aplicou-se os testes de Shapiro Wilk e o de Lilliefors, e a partir destes resultados, a metodologia utilizada para a estimativa de tendências anual foi a regressão linear simples. As modalidades de temperatura apresentaram tendência de aumento, enquanto a precipitação e a umidade relativa não apresentaram tendência significativa.

**Palavras-chave:** Série temporal; variabilidade climática; regressão linear simples.

---

#### Abstract

Approaches to climate change and global warming also raise questions about what is going on in the atmosphere at a local level. Trend and variability studies represent ways to answer these questions. This research used the Maringá-PR time series from 1980 to 2020 to identify the existence of trends in temperature, relative humidity and precipitation. To check data normality, the Shapiro Wilk and Lilliefors tests were applied, and based on these results, the methodology used to estimate annual trends was the simple linear regression. Temperature modalities showed an increasing trend, whereas precipitation and relative humidity did not show a significant trend.

**Key words:** Time series; climate variability; simple linear regression.

---

## Resumen

Los enfoques sobre el cambio climático y el calentamiento global también plantean preguntas sobre lo que está sucediendo en la atmósfera a nivel local. Los estudios de tendencia y variabilidad son formas de responder a estas preguntas. Esta investigación utilizó las series de tiempo de Maringá-PR, de 1980 a 2020, con el objetivo de identificar la existencia de tendencias en la temperatura, humedad relativa y precipitación. Se aplicaron las pruebas de Shapiro Wilk y Lilliefors para comprobar la normalidad de los datos y, a partir de estos resultados, la metodología utilizada para estimar las tendencias anuales fue la regresión lineal simple. Las modalidades de temperatura mostraron una tendencia ascendente, mientras que la precipitación y la humedad relativa no mostraron ninguna tendencia significativa.

**Palabras clave:** Series temporales; variabilidad climática; regresión lineal simple.

---

## Introdução

A tendência climática corresponde a uma alteração lenta do clima, que incorre no aumento ou na diminuição dos valores médios dentro de uma série temporal. Nesta pesquisa buscou-se analisar a existência de tendências, positiva ou negativa, para elementos climáticos mensurados em Maringá-PR, no período de 1980 a 2022. O estudo se justifica pela necessidade de comprovar estatisticamente se os dados registrados estão refletindo além de padrões de variabilidade, com uso de uma série de dados superior ao período de uma normal climatológica.

Os objetivos consistiram em verificar se dentro da variabilidade climática do município há tendências; caracterizar a dinâmica da temperatura do ar (média, média máxima e média mínima), da precipitação e da umidade relativa do ar e responder, para cada um destes elementos, se está ocorrendo tendência anual.

Utilizou-se séries temporais da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), para o período de 1980 a 2020, com a aplicação de regressão linear simples para a obtenção dos resultados. Havendo tendência, a análise considerou a verificação se esta foi crescente ou decrescente, aproveitando-se para isso, a interpretação do valor do coeficiente angular. Para as análises estatísticas realizou-se teste de hipótese convencional e uma simulação de Monte Carlo (Science Direct,

2024) para a temperatura do ar, que foi a única variável com tendências significativas de aumento.

Embora a umidade relativa do ar e a precipitação tenham apresentado, respectivamente, tendências negativa e positiva, ambas tiveram valor  $q$  acima do nível de significância adotado. Por sua vez, a temperatura em todas as suas modalidades, apresentou tendência positiva corroborando com outros estudos realizados para o Paraná, conforme seção “Referencial Teórico. Considerando que uma variação não tende a ocorrer isoladamente, e os atributos climáticos não possuem o mesmo tempo de resposta, é possível que a partir da análise de séries temporais distintas para a mesma área, aspectos de tendência ou de variabilidade sejam mais bem vislumbrados.

Em geral, os procedimentos foram satisfatórios para o cumprimento dos objetivos da pesquisa. O estudo de tendência apresentou-se necessário para compreender e apontar dinâmicas que podem se repetir na área de estudo.

### **Metodologia**

Utilizou-se séries sem falhas de temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar registradas por estação meteorológica do tipo convencional. Com relação à precisão da mensuração destes elementos, considerou-se as seguintes resoluções: 0,1°C para temperatura do ar, 0,1 mm para precipitação e 1% para umidade relativa do ar (WMO, 2021).

Os instrumentos dos quais se obteve os registros foram termômetro comum, termômetro de máxima, termômetro de mínima, termômetro de bulbo úmido e pluviômetro Ville de Paris. A ECPM localiza-se nas coordenadas de 23°24'S e 51°55'W, com altitude de 542 m e pertence à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com código 83767, perante a Organização Meteorológica Mundial (OMM). Os dados foram coletados no escritório da ECPM, mas encontram-se disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do INMET.

Em todos os casos realizou-se testes de tendência anual, logo, os dados foram organizados nesta escala temporal, e avaliou-se a possibilidade de usar a regressão linear simples para verificar a tendência linear ao longo da série temporal, uma vez que tais modelos de regressão “[...] exploram a relação existente entre um grupo de variáveis para prever o comportamento de outra” (GARBER, 1995, p. 94). A regressão foi utilizada em trabalhos como os de Back (2001), Ferrari, Vecchia e Colabone (2012) e Sanches, Verdum e Fisch (2013).

Considerou-se os valores médios anuais como a variável “y”, enquanto o período de 1980 a 2020 foi considerado a variável “x”. Dos resultados da regressão utilizou-se o valor  $q$  em comparação ao nível de significância adotado que foi de 5%. Logo, se valor  $q \leq \alpha$ , aceitou-se a hipótese de que há tendência na série ( $h_1$ ); por outro lado, se valor  $q > \alpha$ , não foi rejeitada a hipótese nula ( $h_0$ ), de que não há tendência na série. No caso de existência de tendência, a análise também considerou a verificação se ela é crescente ou decrescente, por meio da interpretação do valor do coeficiente angular.

Por ser um teste paramétrico, o uso da regressão necessita atender algumas exigências, a saber: a relação linear entre  $x$  e  $y$ ; os erros não variarem com  $x$ ; os resíduos serem independentes; e para cada valor de  $x$ , os erros possuem uma distribuição normal sobre a reta de regressão (Rogerson, 2012, p. 201). Logo, o suporte para a escolha da regressão linear se deu em função dos testes de normalidade aplicados aos resíduos. Para um total de pouco mais de 40 anos, estes testes consistiram no de Shapiro Wilk e no de Lilliefors, que é uma adaptação do teste de Kolmogorov-Smirnov. A maioria dos resultados alcançou valores acima do valor  $q$ , para ambos os testes, podendo-se assumir que os resíduos possuem distribuição normal, o que possibilitou o uso da regressão linear simples para a análise de tendências.

Um último procedimento estatístico foi aplicado para verificação adicional das tendências observadas na temperatura do ar (conforme será apresentado na seção “Resultados e discussão”, essa foi a única variável que demonstrou consistentemente

tendências significativas de aumento). Além do teste de hipótese convencional, elaborou-se uma simulação de Monte Carlo (Science Direct, 2024) em que os dados originais de temperatura do ar foram alterados, conforme uma distribuição normal com média equivalente à própria medida e desvio-padrão de  $0,05^{\circ}\text{C}$  (WMO, 2021). Após a geração de valores simulados, eles foram utilizados no cálculo das médias anuais e a regressão linear foi aplicada sobre cada série gerada. Foram computadas 10.000 simulações, e para cada interação se registrou o valor-p e o coeficiente angular resultante da regressão. Esses procedimentos foram elaborados com uso de linguagem Python (Van Rossum; Drake, 2009).

A simulação de Monte Carlo é uma opção nesta situação, pois se entende que o valor verdadeiro da temperatura do ar não é conhecido, mas se conhece sua distribuição de probabilidades. Segundo (WMO, 2021), a resolução de  $0,1^{\circ}\text{C}$  dos termômetros utilizados nas estações convencionais é equivalente a 95% de uma distribuição normal, igual a  $2\sigma$ , sendo o desvio-padrão de  $0,05^{\circ}\text{C}$ . Dessa forma, é possível observar por meio de muitas simulações, se os resultados são consistentes com aqueles feitos com a série de dados registrada.

## Referencial teórico

Vários autores utilizaram o estudo de tendências aplicado à série de dados climatológicos, a exemplo de Blain (2010), Alves, Prado e Specian (2011) e Obregón e Marengo (2011). Back (2001), Ferrari, Vecchia e Colabone (2012), Sanches, Verdum e Fisch (2013) também embasaram a presente pesquisa e utilizaram a regressão linear como meio de se concluir a respeito de tendências.

Minuzzi, Caramori e Borrozino (2011) concluíram a respeito da tendência de aumento da temperatura do ar no Paraná, de forma discreta para a temperatura máxima e de forma mais representativa, para a temperatura mínima. Por sua vez, Minuzzi e Caramori (2011) identificaram aumento de precipitação a nível do Estado, principalmente durante o verão e a primavera. Assim, este estudo específico sobre

Maringá se apoiou em outros trabalhos com maior abrangência escalar e que detectaram tendências de aumento para alguns dos mesmos elementos climáticos considerados.

## Resultados e Discussão

A regressão linear testada apontou tendência de aumento para a temperatura média e as temperaturas médias extremas – mínima e máxima, enquanto a umidade registrou uma leve tendência de redução, mas não significativa, e a precipitação registrou leve tendência de aumento, também não significativa. Logo, não é possível afirmar que há tendência linear constante na umidade relativa do ar e na precipitação registradas pela ECPM, na série considerada (Tabela 1). No entanto, rejeitar a hipótese de que existe tendência não constitui uma prova de que não há tendência, pois se trata de uma afirmação de que as evidências disponíveis são insuficientes para a conclusão esperada (Helsel; Hirsch, 2002, p. 324).

Tabela 1 – Tendências anuais dos elementos climáticos

Elemento analisado	Tendência	Valor p ( $\alpha = 95\%$ )
Temperatura máxima (°C)	Positiva (0,0453)	Significativo ( $5,63e^{-09}$ )
Temperatura mínima (°C)	Positiva (0,0325)	Significativo ( $1,68 e^{-06}$ )
Temperatura média (°C)	Positiva (0,0358)	Significativo ( $1,94 e^{-08}$ )
Umidade relativa do ar (%)	Negativa (-0,0437)	Não significativo (0,2208)
Precipitação (mm)	Positiva (2,993)	Não significativo (0,460)

Fonte: Minaki(2024)

Os resultados da simulação de Monte Carlo estão resumidos na Tabela 2. A coluna “Maior valor p” apresenta o maior valor encontrado, segundo os resultados das 10.000 simulações geradas para cada variável. Assim, em nenhum caso o valor p foi maior do que o nível de significância adotado (0,05), os quais ainda se mostraram muito pequenos. Como mesmo em muitas simulações aleatórias, não se observou nenhum resultado contrário aos apresentados na Tabela 1, pode-se afirmar que as tendências não são resultantes das margens de erro inerentes às medições.

Tabela 2 – Resultados das simulações de Monte Carlo

Elemento analisado	Menor tendencia(°C)	Maior tendencia(°C)	Maior valor
--------------------	---------------------	---------------------	-------------

	Anual	Série total	Anual	Serie total	p
<b>Temperatura máxima (°C)</b>	0,0443	1,7702	0,0459	1,8371	8,049e <sup>-9</sup>
<b>Temperatura mínima (°C)</b>	0,0320	1,2800	0,0336	1,3423	2,33e <sup>-6</sup>
<b>Temperatura média (°C)</b>	0,0350	1,4016	0,0364	1,4575	3,605e <sup>-8</sup>

Fonte: Minaki (2024)

Outra informação constante na Tabela 2 refere-se aos coeficientes angulares das retas ajustadas, apresentados para as três variáveis, por ano e para a série total (1980- 2020). Considerando as 10.000 simulações, a menor tendência de aumento da temperatura máxima foi de 1,77°C e a máxima de 1,83°C. Levando em conta que a variação obtida com os dados registrados foi de 1,81°C, nota-se que mesmo em situações pouco prováveis, os resultados seriam pouco diferentes daqueles apresentados na Tabela 1. Resultados similares foram observados para as temperaturas mínima e máxima.

Entre as décadas de 1990 a 2000, houve o aumento da média da temperatura mínima, corroborando com Minuzzi, Caramori e Borrozino (2011), que identificaram uma tendência de aumento da temperatura do ar no Paraná, de forma discreta para a temperatura máxima e mais perceptível para a temperatura mínima, independente da homogeneidade ou não das séries temporais utilizadas. Os autores ainda apresentaram a premissa de que a temperatura mínima esteja sendo influenciada por variabilidades climáticas de escalas perceptíveis a um período inferior a 45 anos (Minuzzi; Caramori; Borrozino, 2011, p. 473). Para Londrina-PR, Ricce et al. (2009) também identificaram tendência de aumento da temperatura fortemente associado ao aumento das mínimas.

Portanto, todas as modalidades de temperatura tiveram aumento na análise de variabilidade, sobretudo nas décadas de 1990 a 2000, coincidindo com o resultado de tendência linear positiva.

Ressalta-se os valores extremos dentro de cada série, em alguns momentos observados sob a ocorrência de uma das fases do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), e o ano de 2019 destacando-se com temperaturas mais elevadas.

Quanto à umidade relativa do ar, é possível observar decréscimos desde a década de 1990 até a década de 2010, indicando que os anos mais recentes foram mais secos. Este elemento climático atingiu média de 69%, variando de 61,3% (2020) a 74,2% (1986, ano de El Niño).

A precipitação decresceu entre as décadas de 1990 a 2000 e aumentou principalmente desde a década de 2000 até a de 2010, com um período de chuvas significativas de 2013 a 2018, para Maringá que possui média de 1689,6 mm. Na série 1980-2020, a precipitação variou de 1280,6 mm (1988, ano de El Niño e La Niña) a 2724 mm (2015, ano de El Niño).

### Considerações Finais

Os procedimentos utilizados mostraram-se aptos ao cumprimento dos objetivos, de acordo com os materiais disponíveis para a pesquisa. O estudo de tendência demonstrou-se necessário para compreender e apontar dinâmicas que podem se repetir na área de estudo (Minaki, 2024)

Embora a análise da variabilidade climática indicasse aumento na média de alguns elementos, o resultado da análise de tendências nem sempre foi compatível com tais percepções. Pela análise de tendência anual, as modalidades de temperatura consideradas apresentaram tendência de aumento, enquanto a precipitação e a umidade relativa do ar não apresentaram tendência significativa (Minaki, 2024).

Há necessidade de ampliar o estudo das interações entre as tendências e o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), além de ampliar a análise anual para a análise sazonal, pois as estações podem passar por mudanças em razão da variação na variável “y” (Helsel; Hirsch, 2002, p. 337).

### Referências

ALVES, E. D. L.; PRADO, M. F. do; SPECIAN, V. Análise da variabilidade climática da precipitação pluvial em Barra do Garças, Mato Grosso. **Brazilian Geographical Journal**:



Geosciences and Humanities research medium, Uberlândia-MG, v. 2, n. 2, p. 512-523, jul-dec. 2011. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/281208945\\_Analise\\_da\\_Variabilidade\\_Climatica\\_da\\_Precipitacao\\_pluvial\\_em\\_Barra\\_do\\_Garcas\\_Mato\\_Grosso](https://www.researchgate.net/publication/281208945_Analise_da_Variabilidade_Climatica_da_Precipitacao_pluvial_em_Barra_do_Garcas_Mato_Grosso). Acesso em: 28 out. 2021.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio 2001. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/26350413\\_Aplicacao\\_de\\_analise\\_estadistica\\_para\\_identificacao\\_de\\_tendencias\\_climaticas](https://www.researchgate.net/publication/26350413_Aplicacao_de_analise_estadistica_para_identificacao_de_tendencias_climaticas). Acesso em: 22 out. 2021.

BLAIN, G. C. Detecção de tendências monótonas em séries mensais de precipitação pluvial do estado de São Paulo. **Revista Bragantia**, Campinas-SP, v. 69, n. 4, p. 1027- 1033, 2010.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/LkKYwjtpn3x3CpXbcZ5znm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 out. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400031>

FERRARI, A. L.; VECCHIA, F. A. da S.; COLABONE, R. de O. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 8, v. 10, p. 30-46, jan-jun 2012. Disponível

em:<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/30585>. Acesso em: 26 out. 2021.

<https://doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30585>

<https://doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30585>

GARBER, R. **Análise de séries temporais**. São Paulo: 1995.

HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. Trend Analysis. In: HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. **Statistical Methods in Water Resources**. Book 4. U.S. Department of the interior; U.S. Geological Survey, set. 2002. p. 323-355.

INMET. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa – BDMEP. Disponível em:

<https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 13 ago. 2024.

MINAKI, C. Análise de tendência de elementos climáticos de Maringá-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 98, p. 1–16, 2024. DOI: 10.14393/RCG259869072. Disponível

em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/69072>. Acesso em: 2 dez. 2024.

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

<https://www.scielo.br/j/rceres/a/Z9f7dSH94QdQnM9DwWJhTBt/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 8 nov. 2022. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000500009>

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H.; BORROZINO, E. Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas,

v. 70, n. 2, p. 471-479, 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/X4tpnYCRPLWd6WYnJLhCzBm/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 12 jan. 2022. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000200031>

OBREGÓN; G.; MARENGO, J. A. Variabilidade e tendências climáticas. In: MARENGO; J. A. (coord.) **Riscos das mudanças climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**, 2011. p. 19-20. Disponível em:

<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP7W/3DJGBBE>. Acesso em: 31 out. 2021.

RICCE, W. da S.; CARAMORI, P. H.; MORAIS, H.; SILVA, D. A. B.; ATAÍDE, L. T. Análise de tendências na temperatura e precipitação em Londrina, estado do Paraná. 2009. Disponível em: <http://sbagro.org/files/biblioteca/2504.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2023.

ROGERSON, P. A. **Métodos estatísticos para geografia**: um guia para o estudante. Tradução técnica: Paulo Fernando Braga Carvalho, José Irineu Rangel Rigotti. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SANCHES, F. de O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v. 8, n. 3, p. 214-228, set-dez 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/gbC9CdGTsxkxxNbR9HCbjzg/?lang=pt>. Acesso em: 05 maio 2014.

SCIENCE DIRECT. Monte Carlo simulation. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/economics-econometrics-and-finance/monte-carlo-simulation>. Acesso em: 21 jan. 2024.

VAN ROSSUM, G.; DRAKE, F. L. **Python 3 Reference Manual**. Scotts Valley, CA: CreateSpace. 2009.

WMO. World Meteorological Organization. Guide to Instruments and Methods of Observation. Volume I – Measurement of Meteorological Variables. Vol. I, n. 8, 2021. Disponível em: [https://library.wmo.int/records/item/41650-guide-to-instruments-and-methods-of-observation?language\\_id=13&back=&offset=](https://library.wmo.int/records/item/41650-guide-to-instruments-and-methods-of-observation?language_id=13&back=&offset=). Acesso em: 05 jan. 2023.