Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
ISSN 2237-8642

MODELAGEM DA TENDÊNCIA TEMPORAL DOS EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE QUELIMANE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Modeling the Temporal Trend of Extreme Temperature and Precipitation Events in the City of Quelimane, Zambézia Province

Modelado de la Tendência Temporal de Eventos Extremos de Temperatura y Precipitación en la Ciudad de Quelimane, Provincia de Zambézia

Richard Boaventura Inosse Zinenda
Departamento de Investigação, Parque Nacional do Limpopo (PNL)
richardboaventura4@gmail.com

Arlindo Meque
Instituto Nacional de Meteorologia (INAM)
arlindo.meque2@gmail.com

Martes Domingos Louvane Macajo
Departamento de Investigação, Iniciativa para o Desenvolvimento e Resiliência Climática (IDERC)
martesdomingos@gmail.com

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo analisar a tendência temporal dos eventos extremos de temperatura e precipitação na cidade de Quelimane. Foram obtidos dados meteorológicos diários dos últimos 38 anos no Instituto Nacional de Meteorologia, com objetivo de identificar tendências de eventos extremos. Após a verificação e correção dos dados, foram utilizados 14 índices recomendados internacionalmente para avaliar e realizar a previsão dos eventos extremos. A análise indicou aumentos graduais nas temperaturas médias, com máximas ao redor de 30,6°C e mínimas de 20,5°C, além de uma tendência estatisticamente significativa de aquecimento ao longo do tempo. Observou-se também uma redução no período seco, com uma diminuição média de 70 dias desde 1985, e um aumento no período húmido, que passou de cerca de 60 para 70 dias. A intensidade das chuvas apresentou picos em anos de 1996 e 2012. As previsões para os próximos 10 anos, com base em modelos ARIMA (Média Móvel Integrada AutoRegressiva), indicam estabilidade nas temperaturas máximas (34°C a 35°C) e aumento gradual das mínimas (24°C a 26°C). Para a precipitação, espera-se

uma redução nos totais de chuva extrema (R95PTOT), e um possível aumento nos dias com chuvas intensas (R50mm), chegando a até 7 dias por ano até 2027.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, extremos climáticos, temperatura, precipitação, previsão, modelo ARIMA.

Abstract: This study aims to analyse the temporal trends of extreme temperature and precipitation events in Quelimane City. Daily meteorological data from the past 38 years were obtained from the National Institute of Meteorology with the objective of identifying the trends in extreme events. After data verification and correction, fourteen internationally recommended climate indices were applied to evaluate and to predict the extreme events. The analysis indicated a gradual increase in average temperatures, with maximums around 30,6 °C and minimums around 20,5 °C, and a statistically significant warming trend over the time. A reduction in dry period was observed with an average decrease of 70 days since 1985, as well as increase in wet period from approximately 60 to 70 days. Rainfall intensity showed notable peak in 1992 and 2012. Forecasts, based on the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) models, indicate that over the next 10 years, maximum temperatures will remain stable (34 °C to 35 °C) while minimum temperatures will gradually rise (25 °C to 26 °C). For precipitation, a decrease in the total amount of extreme rainfall (R95PTOT) is expected alongside a possible increase in the number of days with heavy rainfall (R50mm) reaching up to seven days per year by 2027.

Keywords: Climate changes, Climatic extremes, temperature, precipitation, forecasting, ARIMA model.

Resumen: Este estudio tiene como objetivo analizar las tendencias temporales de los eventos extremos de temperatura y precipitación en la ciudad de Quelimane. Se obtuvieron datos meteorológicos diarios de los últimos 38 años del Instituto Nacional de Meteorología, con el objetivo de identificar las tendencias de los eventos extremos. Tras la verificación y corrección de los datos, se aplicaron catorce índices climáticos recomendados a nivel internacional para evaluar y prever dichos eventos extremos. El análisis indicó un aumento gradual de las temperaturas medias, con máximas en torno a los 30,6 °C y mínimas alrededor de los 20,5 °C, así como una tendencia de calentamiento estadísticamente significativa a lo largo del tiempo. Se observó una reducción en el período seco, con una disminución media de 70 días desde 1985, así como un aumento en el período húmedo, pasando de aproximadamente 60 a 70 días. La intensidad de las precipitaciones mostró picos notables en los años 1992 y 2012. Las proyecciones basadas en los modelos ARIMA (Promedio Móvil Integrado Autoregresivo) indican que, en los próximos 10 años, las temperaturas máximas se mantendrán estables (entre 34 °C y 35 °C), mientras que las temperaturas mínimas aumentarán gradualmente (entre 25 °C y 26 °C). En cuanto a la precipitación, se prevé una disminución en el total de lluvias extremas (R95PTOT), junto con un posible aumento en el número de días con lluvias intensas (R50mm), alcanzando hasta siete días por año hacia 2027.

Palabras clave: Cambios climáticos, extremos climáticos, temperatura, precipitación, predicción, modelo ARIMA.

Submetido em: 10/06/2025
Aceito para publicação em: 20/08/2025
Publicado em: 27/09/2025

1. INTRODUÇÃO

Desde o final do século XX, tem-se observado alterações nos padrões climáticos globais, intensificadas principalmente a partir dos anos 2000, impulsionadas pelo aumento da temperatura da superfície terrestre. Esse fenômeno tem provocado impactos significativos nos ciclos biogeoquímicos do planeta (Talacuece, 2018). Essas alterações, conhecidas como mudanças climáticas, representam atualmente uma das maiores ameaças enfrentadas pela humanidade, afetando bilhões de pessoas em todo o mundo, além de comprometer o equilíbrio ambiental, econômico, cultural e social (Mavume et al., 2021).

Os desastres associados às mudanças climáticas como ondas de calor, secas prolongadas e inundações intensas têm se tornado mais frequentes e severos. conforme relatado pelos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) da ONU e da Organização Meteorológica Mundial (OMM). De acordo com o Relatório Especial do IPCC (2022), esses eventos já ocorrem com maior frequência e intensidade, e espera-se que se tornem ainda mais comuns nas próximas décadas.

No continente africano, as projeções indicavam que, até 2023, cerca de 118 milhões de pessoas em situação de extrema pobreza estariam expostas a eventos climáticos extremos, como secas, inundações, ondas de calor e ciclones. Essa realidade compromete o progresso rumo à erradicação da pobreza e ao desenvolvimento sustentável (Boudreau; Robinson; Farooqi, 2022; Faridzad, 2019). Em particular, Moçambique tem se mostrado extremamente vulnerável a esses desastres. De acordo com o Relatório do Estado do Clima de Moçambique do Instituto Nacional de Meteorologia, o país é o terceiro mais suscetível da África ao risco de desastres (Instituto nacional de Meteorologia, 2023). Nos últimos três anos, enfrentou duas secas e sete ciclones, incluindo o ciclone Freddy em 2023, o mais forte a atingir a província de Zambézia (PDPMCN, 2017).

Sendo assim, fatores como a presença de zonas áridas e semiáridas e a vasta extensão territorial sujeita a variações extremas de umidade agravam ainda mais essa vulnerabilidade (INGC, 2012). As comunidades costeiras são especialmente impactadas, enfrentando ameaças recorrentes como a elevação do nível do mar e eventos climáticos extremos (Flores *et al.,* 2017).

Diante desse cenário, a modelagem de eventos climáticos extremos tem se mostrado uma ferramenta essencial para a previsão e mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

Entre os diversos modelos utilizados, o ARIMA (Média Móvel Integrada Auto Regressiva) tem se destacado por sua eficácia na captura de padrões temporais complexos em séries climáticas. Ao contrário de outros métodos, o ARIMA é capaz de lidar com dados que apresentam sazonalidade e tendências não lineares, características comuns nos registros meteorológicos. Estudos como os de Xavier (2016) e Zwiers, Zhang e Feng (2011) demonstram a aplicabilidade e eficiência do modelo ARIMA na previsão de eventos extremos e que contribui significativamente para o desenvolvimento de estratégias de adaptação e resiliência climática.

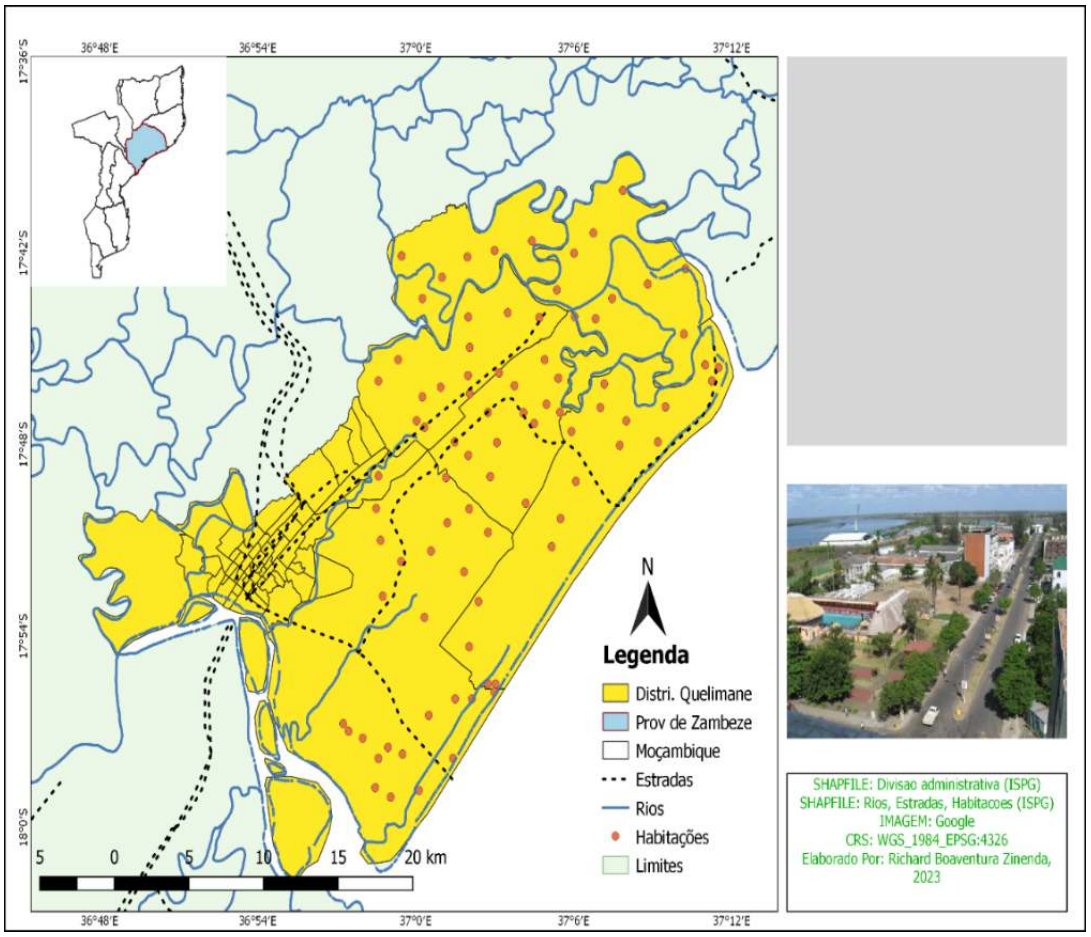
Portanto, diante da crescente preocupação global com a frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos, a presente pesquisa tem como objetivo analisar a tendência temporal dos eventos extremos de precipitação na cidade de Quelimane, utilizando índices de eventos extremos e o modelo ARIMA, de modo a identificar padrões históricos e prever futuras ocorrências de eventos.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. Descrição da área de estudo

A área de estudo ocupa uma superfície de 117 km² e está situada na província da Zambézia, no município de Quelimane, que é a sede do distrito com o mesmo nome. Esta área está localizada entre os paralelos 17° 47’ e 17° 57’ Sul e os meridianos 36° 50’ e 36° 57’ Este (Figura 1). Faz fronteira ao norte, sul e leste com o distrito de Nicoadala e, predominantemente, a oeste com o distrito de Inhassunge, além de uma parte menor com o distrito de Nicoadala (MICOA, 2012).

Figura 1-Mapa de localização do distrito de Quelimane



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os principais rios da área de estudo incluem o rio Chipaca, Bazar, Janeiro e o rio dos Bons Sinais. No entanto, conforme relatado por Scholten (1987) a planície próxima ao rio Mucelo é intensamente cortada por pequenos riachos, alguns dos quais mantêm água durante todo o ano. Durante a estação seca, o lençol freático na planície costuma estar entre 1 e 1,5 metros de profundidade, com indícios de que sobe a profundidades menores na estação chuvosa.

Nas áreas mais próximas ao litoral, compostas principalmente por um sistema de barras costeiras, localmente chamadas de morundas e baixas, a drenagem é feita por canais de baixo gradiente, muitos dos quais também contêm água o ano todo, correndo em leitos pouco definidos. Essas zonas, especialmente aquelas próximas aos rios, são mais suscetíveis a cheias durante a estação chuvosa, quando o aumento do caudal faz com que as águas invadam as residências próximas (MICOA, 2012).

3. Aquisição e Tratamento de Dados

Para este estudo, os dados foram obtidos do arquivo do Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) da província de Zambézia situada na cidade de Quelimane, a estação localiza-se no Aeroporto Internacional de Quelimane, o período analisado vai de 01/01/1985 á 31/12/2022 correspondendo a 38 anos. Foram observados dados mensais de temperaturas máximas e mínimas e precipitação diária.

O controle de qualidade dos dados consistiu em duas etapas principais. A primeira envolveu a verificação de inconsistências simples, como datas duplicadas, falhas de leitura e valores incorretos. Foram definidos intervalos aceitáveis com base em referências regionais: no caso das temperaturas, consideraram-se valores válidos aqueles entre 10°C e 45°C, enquanto para a precipitação diária os valores foram limitados ao intervalo entre 0 mm e 400 mm. Valores fora desses intervalos foram considerados fora do domínio físico esperado para a cidade de Quelimane e foram eliminados ou corrigidos com base em dados adjacentes.

A segunda etapa consistiu em uma análise estatística exploratória para detectar outliers e valores atípicos dentro dos dados válidos. Para isso, utilizou-se o método do intervalo interquartil (IQR) e análise de boxplots.

Os dados foram tratados com técnicas estatísticas descritivas e exploratórias: média, mediana, amplitude, valor máximo e mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação. Posteriormente, foram elaborados gráficos no software Excel representando o regime de precipitação e temperatura.

3.1. Índices descritivos de extremos

Foram analisados 14 índices climáticos, baseados nas recomendações do ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices). Este processo foi realizado utilizando programação em Python no ambiente do Google Colaboratory. Foram utilizadas bibliotecas como Pandas para manipulação de dados, NumPy para operações numéricas, e a biblioteca climate indices para o cálculo dos índices.

A Tabela 1 lista os índices apresentados neste estudo, enquanto descrições detalhadas dos índices e as fórmulas exatas para calculá-los estão disponíveis na página web do ETCCDI (http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml).

Tabela 1: Os índices extremos de temperatura e precipitação recomendados pelo ETCCDI

Símbolo	Significado	Unid	Formula
Rx1day	Máximo mensal de precipitação em um dia	mm	$Rx1day = \max(RR_i)$
Rx5day	Máximo mensal de precipitação consecutiva em 5 dias	mm	$Rx5day = \max(\sum_{j=i}^{i+4} RR_j$
SDII	SDII- Índice de intensidade de precipitação simples; $RR_i \geq 1\ mm\ e\ N$ é $o\ número\ de\ dias\ com\ RR_i \geq 1\ mm$	mm/dia	$SDII = \frac{\sum RR_i}{N}$
R10mm	Contagem anual de dias com precipitação ≥ 10 mm; $\delta\ e\ 1\ quando\ a\ condição$ é $verdadeira\ e\ 0\ quando\ e\ falsa$	Dias	$R10mm = \sum \delta(RR_i \geq 10)$
R20mm	Contagem anual de dias com precipitação ≥ 20 mm	Dias	$R20mm = \sum \delta(RR_i \geq 20)$
Rnnmm	Contagem anual de dias com precipitação ≥ nn mm	Dias	$Rnnmm = \sum \delta(RR_i \geq nn)$
CDD	Comprimento máximo do período seco; L_{dry}-número de dias consecutivos com $RR_i \geq 1\ mm$	Dias	$CDD = \max(L_{dry})$
CWD	Comprimento máximo do período húmido; L_{wet} éo número de dias consecutivos com $RR_i \geq 1\ mm$	Dias	$CWD = \max(L_{wet})$
R95Ptot	Total anual de precipitação quando RR > 95º percentil	mm	$R95pTOT = \sum RR_i$
R99Ptot	Total anual de precipitação quando RR > 99º percentil	mm	$R99pTOT = \sum RR_i$
TXx	Valor máximo mensal da temperatura máxima	°C	$TXx = \max(TX_i)$
TNx	Valor máximo mensal da temperatura mínima	°C	$TNx = \max(TN_i)$
TXn	Valor mínimo mensal da temperatura máxima	°C	$TXn = min(TX_i)$
TNn	Valor mínimo mensal da temperatura mínima	°C	$TNn = \min(TN_i)$

Os índices foram baseados em limiares de nível regional calculados ao longo de um período base, como os valores máximo mensal da temperatura máxima (TXx), valor máximo mensal da temperatura mínima (TNx), valor mínimo mensal da temperatura máxima (TXn) e valor mínimo mensal da temperatura mínima (TNn). No entanto, alguns índices de precipitação basearam-se em valores de extremos absolutos, como a maior quantidade de precipitação em cinco dias num mês (RX5day).

3.2. Teste estatístico

Para a avaliação de tendências climáticas foi utilizado o teste estatístico não paramétrico Mann-Kendall (MK) que é o método mais apropriado para analisar a significância de possíveis mudanças climáticas em séries climatológicas (Goossens & Berger, 1986). O nível de confiança adotado foi de 95%, onde o valor do teste Z deve estar dentro do intervalo de confiança [-1,96; +1,96], ou seja, se o valor de Z foi inferior a -1,96 há, de acordo com o teste MK, significativas tendências de queda nos valores da série e quando Z é superior a 1,96, há significativas tendências de elevação nos valores da série.

3.3. Modelagem e Previsão com modelo ARIMA

Para realizar as estimativas foram selecionados quatro índices representativos de eventos extremos, sendo dois relacionados à temperatura (TNX e TXX) e dois à precipitação (R50mm e R95PTOT). Esses índices foram escolhidos com base em sua frequência e ocorrência ao longo dos anos.

Foram feitas a análise preliminar dos dados de séries temporais para identificar padrões e características subjacentes, que justificam a aplicação dos modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). O modelo foi escolhido devido a sua capacidade de prever series temporais com componentes sazonais e não sazonais. Esses modelos são definidos por três parâmetros essenciais: p (ordem autorregressiva), d (número de diferenciações para tornar a série estacionária) e q (ordem do termo de média móvel).

Para a verificação da estacionariedade das séries temporais dos índices climáticos foram utilizadas as funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF). foram analisados gráficos de ACF e PACF para identificar padrões de autocorrelação que indicassem a presença de tendências ou sazonalidades. Com base nessas análises, verificou-se que as séries temporais não eram estacionárias, sendo assim, aplicou-se a diferenciação dos dados uma ou mais vezes até que a estacionariedade fosse alcançada.

Depois de alcançar a estacionariedade, foram ajustados os modelos e comparados por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC), e também foi calculado o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), com objetivo de avaliar a proporção da variabilidade explicada por cada modelo, fornecendo uma medida da sua qualidade de ajuste.

Com base nos modelos selecionados, foram realizadas previsões para o horizonte de cinco anos, abrangendo o período de 2023 a 2027. As previsões visam identificar possíveis tendências futuras na ocorrência de eventos climáticos extremos, tanto de temperatura quanto de precipitação. As projeções geradas baseiam-se na seguinte representação funcional do modelo ARIMA:

$$\hat{Y}_{t+h} = \emptyset_1 \hat{Y}_{t+h-1} + \emptyset_2 \hat{Y}_{t+h-2} + \cdots + \epsilon_t \quad (1)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise descritiva de temperatura e precipitação

A tabela abaixo (Tabela 2), apresenta as estatísticas descritivas das variáveis climáticas para a cidade de Quelimane ao longo do período histórico (1985-2022). A análise descritiva foi realizada para cinco variáveis, nomeadamente: Temperatura Máxima (T.Máx), Temperatura Mínima (T.Mín), Temperatura Média (T.Média), Precipitação Máxima Diária (Prec. Máx) e Precipitação Mensal (Prec. Mensal), e resume-se no seguinte:

Observa-se que a média das temperaturas é relativamente alta, com 30,7°C para a Temperatura Máxima, 20,5°C para a Temperatura Mínima e 25,4°C para a Temperatura Média. Além disso, a média de precipitação máxima diária foi de 35,8 mm, e a média de precipitação mensal foi de 104,9 mm.

Os valores do erro-padrão indicam a precisão das médias estimadas, sendo relativamente baixos para todas as variáveis, variando de 0,1 a 5,7.

As medianas são muito próximas das médias para as temperaturas, indicando distribuições pouco assimétricas. Por outro lado, a mediana das precipitações máximas diárias e mensais é menor do que sua média, indicando uma possível assimetria positiva nos dados de precipitação.

Os desvios-padrão são relativamente baixos para as temperaturas que variou de 2,4 a 2,6 ºC, indicando que os dados tendem a se concentrar em torno das médias. No entanto, o desvio-padrão das precipitações foi de 41,5 a 122,9 mm, que foi consideravelmente maior, o que indica uma maior variabilidade nos valores de precipitação.

As variâncias da amostra para as temperaturas são baixas variando de 5,6 a 6,9 ºC, o que corrobora com a baixa dispersão dos dados em relação às médias. Já a variância da

amostra para a precipitação é consideravelmente alta que variou de 1726 mm nos valores máximos diários à 15117 mm nos valores mensais, evidenciando a maior variabilidade nos valores de precipitação ao longo do período histórico.

Os valores mínimo e máximo para cada variável mostram os extremos do conjunto de dados. Observa-se que as temperaturas variam de 25,8°C a 35,8°C, enquanto as precipitações variam de 0 mm a 345 mm para a precipitação máxima diária e de 0 mm a 640,3 mm para a precipitação mensal.

Tabela 2: Estatísticas Descritivas das Variáveis Climáticas em Quelimane (Período Histórico: 1985-2022).

Variáveis	T.Máx	T.Mín	T.Média	Prec. Máx	Prec. Mensal
Média	30,7	20,5	25,4	35,8	104,9
Erro-padrão	0,1	0,1	0,1	1,9	5,8
Mediana	31	21	26	22	53,6
Desvio-padrão	2,4	3,1	2,6	41,5	122,9
Variância da amostra	5,6	9,8	6,9	1726	15117,3
Mínimo	25,8	13,6	13,8	0	0
Máximo	35,8	25,5	30,2	345	640,3

Legenda: T.Máx-Temperatura Máxima (°C); T.Mín-Temperatura Mínima (°C); T. Média-Temperatura Média (°C); Prec. Máx-Precipitação Máxima Diária (mm); Prec. Mensal-Precipitação Mensal (mm).

Com base nas estatísticas descritivas apresentadas, torna-se pertinente explorar como essas variáveis evoluíram ao longo do tempo. A seguir, realiza-se uma análise da série histórica de temperatura média anual, com o objetivo de identificar possíveis tendências e oscilações climáticas relevantes para a cidade de Quelimane.

4.2. Análise de série histórica de Temperatura

A figura abaixo (figura 2), ilustra a análise de série histórica de temperatura média do ar ao longo dos anos (1985 a 2022) na cidade de Quelimane. Observa-se que houve uma oscilação nas temperaturas médias durante período histórico. Alguns anos, como 2009 (26,2 °C) e 2010 (26 °C), registraram temperaturas médias mais elevadas, enquanto outros anos, como 1994 (24,9 °C) e 1991 (24,8 °C), tiveram temperaturas médias mais baixas. Essas

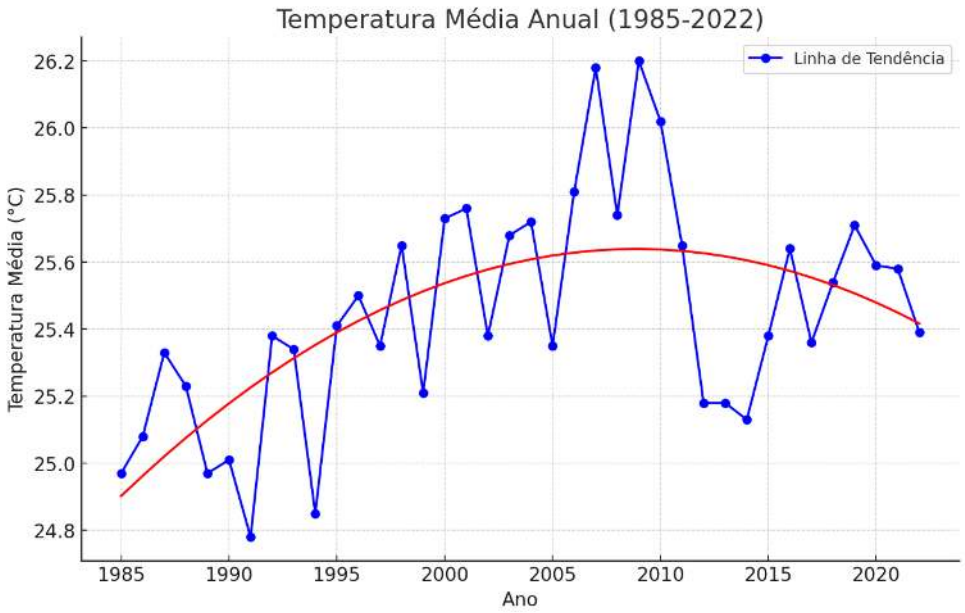
variações podem ser influenciadas por fatores climáticos de curto prazo, como eventos El Niño e La Niña, bem como por mudanças climáticas em longo prazo.

No entanto, os anos entre 2007 e 2010, houve um período de aumento acentuado nas temperaturas médias, com valores superiores a 26 ºC em 2007 e 2009. Verifica-se que, após 2010, as temperaturas médias estabilizaram em torno de 25,5 a 25,7 ºC, com algumas variações interanuais.

Observa-se que a tendência da temperatura média tem aumentado ao longo dos últimos anos com um aumento de cerca de 0,2 °C por década. De acordo com a linha de tendência, em 1985, a temperatura média anual era de 25,2 °C. Em 2022, a temperatura média anual era de 26,2 °C, o que representa uma taxa de 0.03 por ano e 0.26 por década).

O Instituto nacional de Meteorologia (2023), identificou resultados convergentes, indicando que a temperatura média anual na cidade registrou um acréscimo de 0,2 °C por década no intervalo de 1985 a 2015.

Figura 2: Variação anual de temperatura média da cidade de Quelimane. A linha de cor laranja representa a tendência da temperatura ao longo do período de estudo.



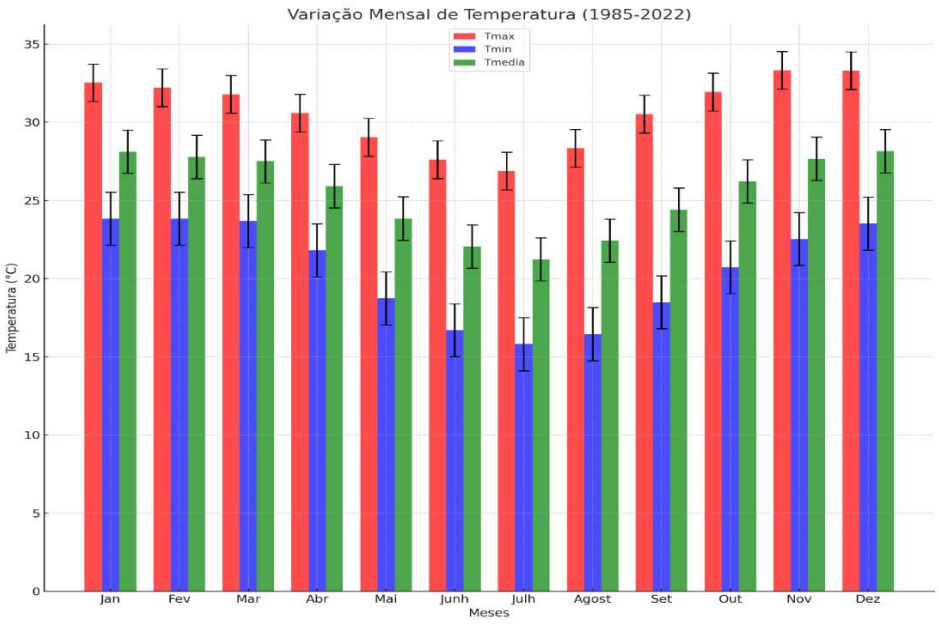
Os resultados deste estudo são semelhantes aos de Júnior (2019), que estudou a variação temporal da temperatura, precipitação e umidade relativa do ar em Quelimane e sua relação com índices oceânicos no período de 1981 a 2016. Foi observado um aumento gradual da temperatura entre 1984 e 2009, com pequenas oscilações ao longo desse intervalo. A

década de 1980 registrou temperaturas baixas, enquanto a década de 2000 foi caracterizada por temperaturas elevadas. No geral, houve uma tendência de aumento da temperatura ao longo do período estudado, com uma taxa média de 0,01 °C.

4.3. Variação Mensal de Temperatura

A figura a seguir (figura 3), apresenta os dados climáticos mensais da cidade de Quelimane, referentes ao período de 1985 a 2022. Foram analisadas três variáveis climáticas Temperatura Máxima (T.Máx), Temperatura Mínima (T.Mín) e Temperatura Média (T.Média). Os valores são expressos em graus Celsius (°C) e foram coletados ao longo dos doze meses do ano.

Figura 3: Variação sazonal de temperatura da cidade de Quelimane



Observa-se que para a temperatura máxima (T.Máx), os meses de novembro e dezembro apresentam as maiores temperaturas, alcançando valores médios de 33,4 °C e 33,3 °C, respectivamente. Estes meses correspondem à estação de verão em Moçambique e são caracterizados por condições quentes (Instituto nacional de Meteorologia, 2023). Janeiro, Fevereiro e Março também registram temperaturas máximas elevadas, acima de 32 °C. Este padrão indica que os meses de verão são marcados por temperaturas mais altas na cidade de Quelimane.

Para a temperatura mínima (T.Mín), os meses de Junho e Julho apresentam as menores temperaturas, com médias de 16,7 °C e 15,8 °C, respectivamente. Estes meses correspondem à estação de inverno e são caracterizados por condições mais frescas e amenas (INAM, 2015). Maio a Agosto registram temperaturas mínimas mais baixas, abaixo de 18 °C em média. Além disso, Novembro e Dezembro também apresentam temperaturas mínimas mais altas, indicando noites relativamente mais quentes nesses meses.

Para a temperatura Média (T.Média) os meses de Novembro e Dezembro registram as maiores temperaturas médias, com valores médios de 27 °C e 28 °C, respectivamente. Esses meses correspondem à estação de verão e são marcados por temperaturas mais elevadas durante o dia e noite. Os meses de Junho e Julho apresentam as menores temperaturas médias, com valores em torno de 22 °C, indicando que o período de inverno é caracterizado por temperaturas mais amenas ao longo do dia.

Estudo realizado por Irish AID (2016), sobre mudanças climáticas, verificou-se que a temperatura média anual no intervalo de 1970-2000 foi de 23.8 ºC e o desvio padrão foi de 1.4, e a precipitação média anual foi de 994 mm e um desvio padrão de 224.

E no presente estudo no intervalo de 1985-2022 a temperatura média anual foi de 25,5 °C, o que demostrou um aumento de temperatura de forma constante ao longo dos últimos anos com um aumento de cerca de 0,2 °C por década, porem nas projeções feitas por Nganhane et al., (2023) na avaliação dos efeitos das mudanças climáticas nos sistemas de produção em Moçambique previu que a temperatura média anual viria aumentar entre 1 e 2,8 °C até a década de 2060 e entre 1,4 e 4,6 °C até a década de 2090.

Steinke; Souza; Saito (2005), associam a variabilidade das variáveis meteorológicas a diversos fatores, como ciclos de manchas solares, ciclos lunares, atividades vulcânicas e episódios de El Niño-Oscilação Sul (ENSO). Esses fatores podem estar correlacionados com as variações observadas nas condições meteorológicas.

4.4. Análise de série histórica de Precipitação

A figura 4 apresenta os valores anuais da precipitação em milímetros (mm) na cidade de Quelimane, ao longo de um período de 38 anos, de 1985 a 2022. Observa-se que o ano de 1989 apresentou a maior quantidade de precipitação total anual, com um registro de 2088

mm. Em contrapartida, o ano de 2010 registrou a menor quantidade de chuva anual, com apenas 800 mm.

Esta diminuição era de se esperar, pois, segundo Colher (2020), que analisou os dados de precipitação da estação meteorológica de Quelimane no período de 1985 a 2018, houve uma redução média anual de aproximadamente 12 mm na precipitação na cidade ao longo de cada década. Esse resultado corrobora com o do presente estudo, que também identificou uma redução na linha de tendência ao longo do período histórico. Essa diminuição na precipitação pode estar associada a diversos fatores, como desmatamento, urbanização e a influência de corpos de água, que afetam a distribuição regional das chuvas.

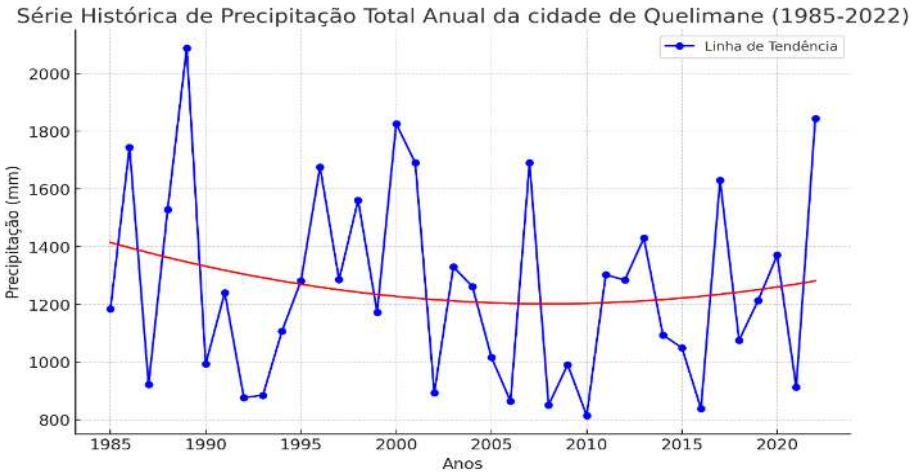
O IPCC (2022) estimou que a precipitação média global pode diminuir entre 5 a 10% até o final do século XXI. Essa redução será mais pronunciada em algumas regiões, como o Mediterrâneo, a Austrália e a África. Essa diminuição da precipitação a nível global está causando uma série de mudanças no clima global, incluindo um aumento da temperatura média global, um aumento do nível do mar e um aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (IPCC, 2018).

No entanto, espera-se que a situação se agrave no intermédio e severo, prevendo-se uma redução da precipitação entre 50 e 100 mm ao longo da costa e no centro do país. No cenário severo, espera-se que a maior redução da precipitação ocorra também na região centro, com particular ênfase na província da Zambézia, em particular nos distritos de Gurué, Lugela, Milange e Namarrói, até 165 mm, pois é a área que atualmente apresenta níveis mais elevados de precipitação (entre 1300 e 1900 mm), (Palé; Simbe; Miguel, 2023).

Mavume et al. (2021), ao analisarem projeções climáticas para Moçambique com base nos diferentes cenários de concentração representativa (RCPs), identificaram uma redução na precipitação, particularmente no centro e norte do país.

Outros valores semelhantes foram encontrados no estudo feito por Alexander et al. (2006), que analisou dados de precipitação de 1901 a 2018 de 16.900 estações meteorológicas em todo o mundo. Os resultados do estudo mostraram que, globalmente, a precipitação média anual diminuiu em cerca de 1,5% desde o início do século XX. A redução da precipitação foi mais acentuada nos trópicos, onde a precipitação média anual diminuiu em cerca de 2,5%.

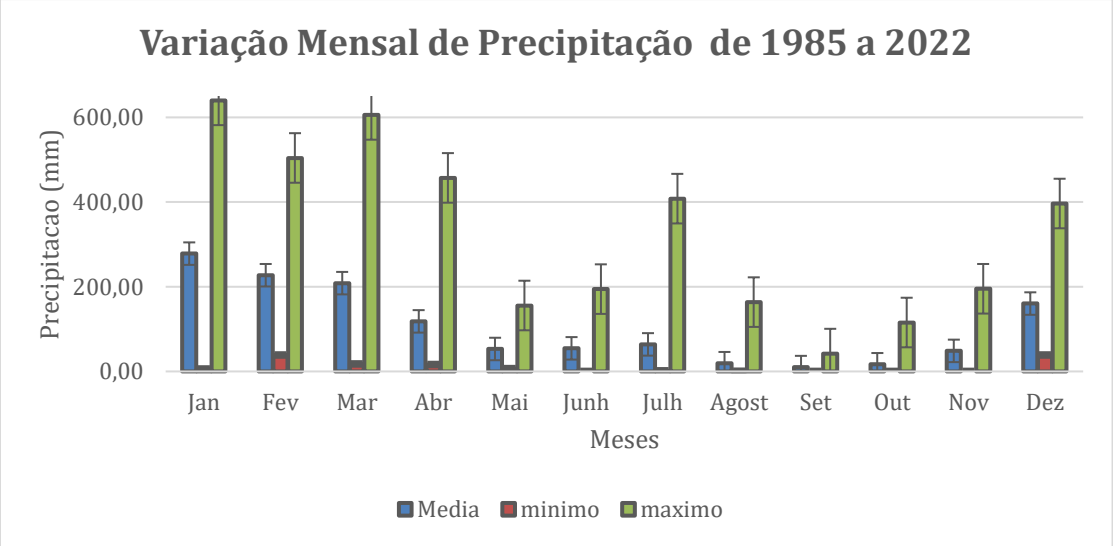
Figura 4: Variação anual de precipitação na cidade de Quelimane.



4.5. Variação Mensal de Precipitação

Os dados apresentados na figura abaixo (figura 5), representam a análise mensal da precipitação na cidade de Quelimane, referente ao período de 1985 a 2022. Foram avaliadas três variáveis relacionadas à precipitação: Precipitação Média (Prec Média), Precipitação Máxima (Prec Máx) e Precipitação Mínima (Prec Mín). Os valores estão expressos em milímetros (mm).

Figura 5: Variação mensal de precipitação na cidade de Quelimane.



Durante o período histórico analisado, a cidade de Quelimane apresentou um padrão bimodal na distribuição de precipitação ao longo do ano. Os meses de Janeiro a Março foram os mais chuvosos, com médias significativas de precipitação. Janeiro registrou a maior média de precipitação, cerca de 278,2 mm, seguido por Fevereiro com aproximadamente 227,2 mm e Março com cerca de 208,5 mm. Em contraste, o mês de Julho apresentou a menor amplitude de precipitação, com valores máximos e mínimos mais baixos

Nos meses de Abril a Setembro, a precipitação diminui, sendo os meses de Junho, Agosto e Setembro os mais secos, com valores de precipitação média em torno de 54,5 mm, 19,4 mm e 10,2 mm, respectivamente.

Tendo em vista os padrões mensais e interanuais observados, torna-se relevante testar estatisticamente a presença de tendências ao longo do tempo. Para isso, aplicou-se o teste de Mann-Kendall.

4.6. Análise da Tendência Temporal das Variáveis Climáticas

Os resultados do teste de Mann-Kendall para as variáveis climáticas de temperatura e precipitação são apresentados na tabela 3. Para cada variável, foram calculados os valores de Kendall's tau, S, Var(S), p-value (bilateral) e um nível de significância alpha de 0,05.

Tabela 3: Teste de Mann-Kendall para temperatura e precipitação.

Parâmetros	**Variáveis Climáticas**	
	Temperatura média anual	**Precipitação total anual**
Kendall's tau	0,32	-0,06
S	222	-41
Var(S)	6326	6327
P-value (bilateral)	0,005	0,615
Alfa	0,05	0,05

Para a temperatura, o valor calculado para o coeficiente de correlação Kendall's tau foi de 0,32. O valor de S, que mede a soma dos sinais das diferenças entre os pares de valores consecutivos na série, foi de 222. Quanto maior o valor absoluto de S, maior a magnitude da

tendência. A variância de S, foi de 6326, o que auxilia a quantificar a dispersão dos dados em relação à tendência.

O valor do p-value bilateral associado à temperatura foi de 0,005. Este valor é menor que o nível de significância alfa de 0,05, o que nos leva a rejeitar a hipótese nula (H0) de ausência de tendência. Portanto, com um nível de confiança de 95%, há evidências estatísticas para suportar a hipótese alternativa (Ha) de que existe uma tendência significativa na série temporal de temperatura.

Sendo assim, a evidência estatística de uma tendência positiva significativa que implica que ao longo do período de 1985 a 2022, houve um aumento sistemático nas temperaturas. Isso pode indicar um padrão de aquecimento ao longo do tempo.

No entanto, para a precipitação, o coeficiente de correlação Kendall's tau foi de -0,06. Esse valor indica uma correlação negativa muito fraca entre o tempo e a precipitação. O valor de S é -41, o que indica uma discreta magnitude na direção da tendência. A variância de S, Var(S), foi de 6327.

Estudo feito por Machaieie, Silva, Oliveira, Júnior, & Almeida (2020), ao analisar a variabilidade e tendência de precipitação na cidade de Quelimane, observaram que a precipitação na cidade está diminuindo. A análise de tendência de Mann-Kendall indicou que a taxa de diminuição se intensificou após a mudança climática dos anos 70. No entanto, apenas três das quarenta e cinco séries temporais analisadas apresentaram tendências estatisticamente significativas.

Por outro lado, estudo Lhamo et al., (2023), apresentou uma tendência decrescente insignificante do teste de Mann-Kendall para precipitação anual no período de 1996 a 2021 no Butão.

O p-value bilateral associado à precipitação é substancialmente maior, que foi de 0,615. Esse valor é muito maior do que o nível de significância alpha de 0,05, e, portanto, não temos evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de ausência de tendência na série temporal de precipitação. Deste modo, não temos evidencias suficientes para concluir que existe uma tendência significativa ao longo do tempo na precipitação.

Portanto, o coeficiente de correlação negativo muito fraco indica que em média, não houve uma diminuição ou aumento sistemático nas quantidades de precipitação ao longo do tempo no período de 1985 a 2022. No entanto, é importante destacar que a ausência de uma

tendência estatisticamente significativa não implica que não possa haver variações temporais na precipitação em escalas menores ou em eventos extremos.

Além de identificar tendências passadas, é igualmente relevante prever o comportamento futuro das variáveis climáticas extremas.

4.7. Previsão de Eventos Climáticos Extremos

A tabela abaixo (Tabela 4), apresenta os resultados da modelagem de séries temporais utilizando o modelo ARIMA para quatro (4) índices climáticos sendo dois (2) de temperatura (TNx e TXx) e dois (2) de precipitação (R95PTOT e R50mm). Foram calculados os critérios de informação de Akaike (AIC) e o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) para avaliar o desempenho de cada modelo.

Tabela 4: Desempenho dos Modelos ARIMA para Diferentes Índices Climáticos

Índices	Modelo	AIC	R^2 ajustado
TNx	ARIMA (1, 1, 1)	64.4	0.9
TXX	ARIMA (1, 0, 2)	109.5	0.8
R95PTOT	ARIMA (4, 2, 3)	514	0.8
R50mm	ARIMA (1, 0, 1)	191.7	0.8

O modelo ARIMA (1, 1, 1) ajustado ao índice TNx, que representa a temperatura mínima anual, resultou em um AIC de 64,4 e um R^2 ajustado de 0,9. Este valor moderado de R^2 ajustado indica que o modelo conseguiu capturar 90% da variabilidade presente na série temporal. Este resultado é consistente com a observação de que modelos com pouco (simples) termos autorregressivos, podem capturar estruturas autocorrelacionadas complexas, mas nem sempre proporcionam um bom ajuste quando a série contém elementos que não são bem modelados apenas por termos autorregressivos (Manatsa; Chingombe; Matarira, 2008; Otto et al., 2015)

Para o índice TXX, que representa a temperatura máxima anual, o modelo ARIMA (1, 0, 2) foi selecionado, resultando em um AIC de 109,5 e um R^2 ajustado de 0,8. Este elevado R^2 ajustado indica que o modelo foi eficaz em capturar 80% da variabilidade dos dados. A ausência de diferenciação (d=0) indicou que a série já estava estacionária, sem a presença de

tendências ou sazonalidades. Este resultado está em linha com as observações de Costa (2019); Xavier (2016), que afirmam que séries temporais que já são estacionárias são mais fáceis de modelar e prever com precisão.

O modelo ARIMA (4, 2, 3), aplicado ao índice R95PTOT, apresentou um AIC de 514 e um R^2 ajustado de 0,8, indicando que o modelo explica 80% da variabilidade na série. Apesar do bom desempenho em termos de R^2 ajustado, o valor elevado do AIC indicou que a complexidade do modelo é alta, o que pode ser resultado da necessidade de dois níveis de diferenciação para estabilizar a série temporal. Este cenário é consistente com o que foi observado por Xavier, (2016), que apontam que séries com fortes tendências ou sazonalidades muitas vezes requerem diferenciações múltiplas, o que pode aumentar a complexidade do modelo.

O modelo ARIMA (1, 0, 1) aplicado ao índice R50mm resultou em um AIC de 191,7 e um R^2 ajustado de 0,8, indicando que este foi o modelo que apresentou o melhor desempenho em termos de capacidade explicativa.

Este resultado reflete a observação de Costa (2019) de que, em séries temporais com estrutura simples, modelos ARIMA básicos podem ser altamente eficazes. Além disso, Gasparrini et al., (2017) reforça que critérios de informação como o AIC são fundamentais para evitar o sobreajuste.

4.8. Previsão de Eventos Climáticos Extremos

4.8.1. TXx (Temperatura máxima anual)

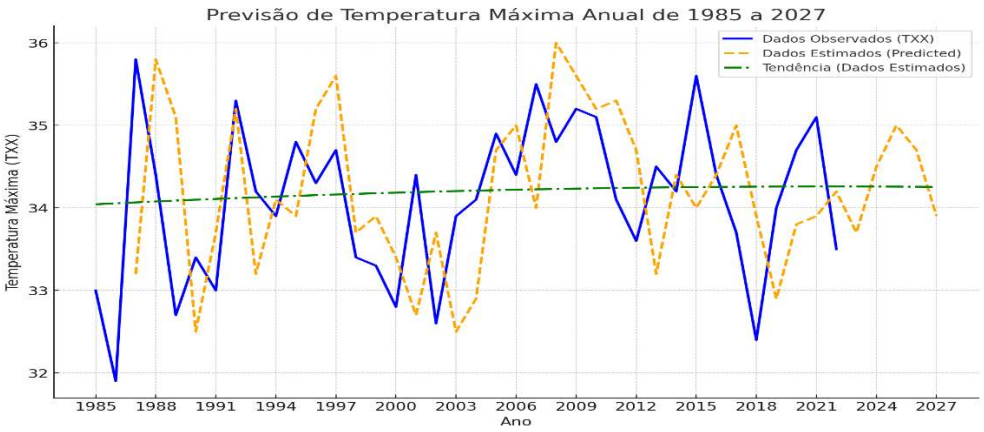
Na figura 6, observa-se que nas temperaturas observadas, os anos de 1987, 2015 e 2021 registaram maior temperatura, atingindo cerca de 36 °C. Em contraste, os anos de 1986, 2000, 2002 e 2018 apresentaram a menor temperatura máxima observada, com valores que variam de 32 a 33 °C. Já os dados estimados tendem a ser estável ao longo dos anos, com temperaturas oscilando entre 34 °C e 35 °C para os anos 2024 a 2025, sem grandes variações ao longo do tempo.

Essas variações nas temperaturas máximas mensais ao longo do tempo podem ser influenciadas por diversos fatores. Estudos de Li *et al.* (2022), destacam que as variações de temperatura podem ser controladas por fatores como a circulação oceânica e atmosférica,

além de fenômenos externos como atividade solar e vulcânica. Além disso, a influência humana no clima, através de gases de efeito estufa e aerossóis sulfatos, também pode desempenhar um papel importante, como evidenciado por (Steinke; Souza; Saito, 2005) .

A discrepância entre as temperaturas observadas e estimadas pode ser atribuída às limitações dos modelos climáticos utilizados. Segundo Lawrimore et al., (2011), os modelos climáticos tendem a suavizar a variabilidade natural, resultando em previsões mais estáveis e menos extremas. Ainda o mesmo autor enfatiza que os modelos climáticos são essenciais para identificar tendências de longo prazo, eles podem não capturar completamente os eventos climáticos extremos e as variações interanuais.

Figura 6: Previsão de temperatura máxima anual no período de 1985-2027.



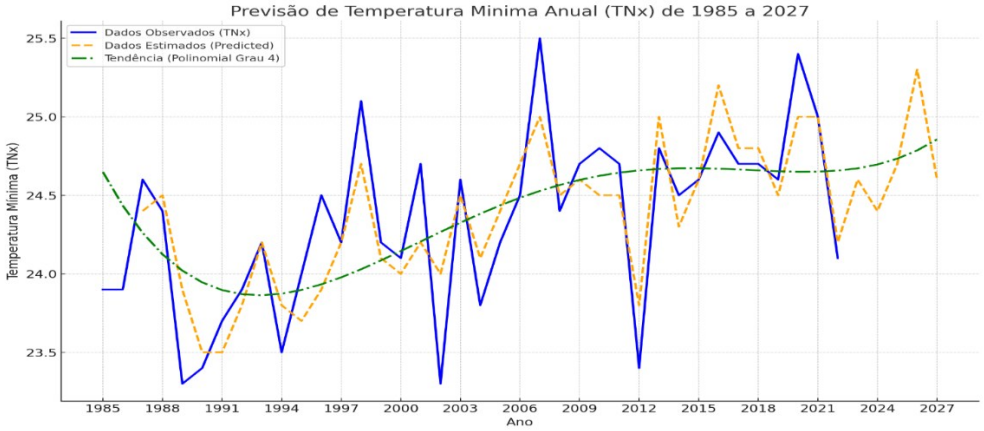
4.8.2. TNx (Temperatura mínima anual)

Ao analisar a figura 7 de temperatura mínima máxima mensal (TNx), verifica-se que a TNx observado indica uma variabilidade nas temperaturas ao longo dos anos. Os valores mais baixos foram verificados nos anos de 1989, 1994, 2002 e 2012 estando em torno de 23 a 23.5 ^{o}C. Já o período mais quente ocorreu entre 2007 e 2020, com temperaturas mínimas entorno de 25,5 °C.

A TNx estimado (2023 a 2027) indica um aumento gradual na temperatura mínima anual prevista, variando entre 24 °C e 26 °C. Por exemplo, em 2025, a previsão indica uma temperatura mínima de 25 °C, e em 2027, estima-se que a temperatura mínima possa atingir aproximadamente 25,3 °C. Esta tendência de aumento nas temperaturas mínimas indica que as noites serão gradualmente mais quentes nos próximos anos.

Estes resultados são similares com os de outros estudos que indicam tendências de aumento nas temperaturas máximas e mínimas em diversas regiões. Por exemplo, estudos mostram que tanto as temperaturas máximas quanto as mínimas aumentaram mais rapidamente em altitudes mais elevadas, enquanto a precipitação tem diminuído mais lentamente em altitudes mais baixas (Khand, KC, Dhungana, & Dhungana, 2020). Além disso, análises de tendências de longo prazo em outras regiões também reportaram aumentos significativos nas temperaturas máximas e decréscimos nas temperaturas mínimas, contribuindo para um aumento geral na temperatura média (Desalegn, Getachew, & Kassa, 2021).

Figura 7: Previsão de temperatura mínima anual no período de 1985-2027.



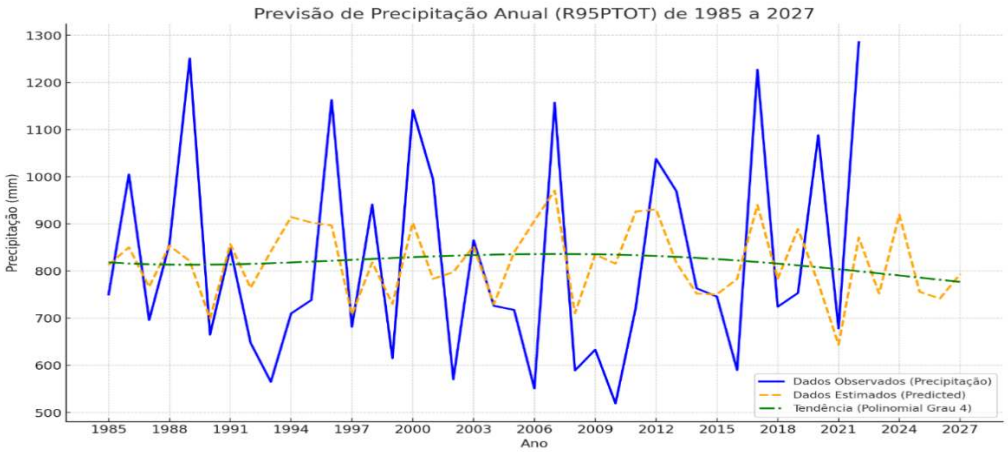
4.9. Previsão de Eventos extremos de precipitação

4.9.1. R95PTOT (Total anual de precipitação)

Observa-se que os anos de 1989, 1998, 2007 e 2022 (figura 8), apresentam altos picos de precipitação nos dados observados, atingindo valores próximos a 1300 mm. Por outro lado, alguns anos apresentaram valores de precipitação relativamente baixos, indicando uma menor propensão a eventos extremos de chuva. Por exemplo, o ano 2010 registou uma precipitação de 519,2 mm, enquanto 2002 apresentou 570,6 mm.

A previsão para a precipitação anual acumulada de 2023 a 2027, indica um decréscimo na tendência de precipitação extrema, com valores entre 750 a 900 mm. Em particular, o ano de 2024 a previsão para a precipitação variou em torno de 900 mm, enquanto o ano de 2027 se aproxima de 800 mm.

Figura 8: Previsão de R95PTOT na cidade de Quelimane no período de 1985-2027.



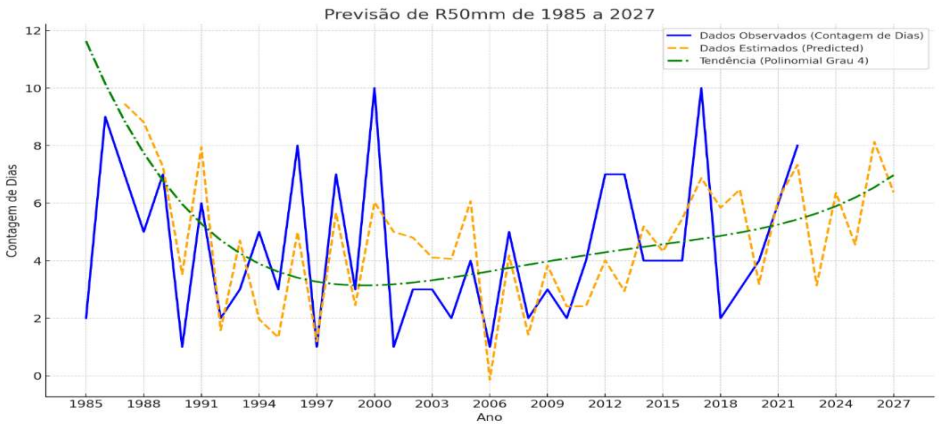
4.9.2. R50mm (Contagem anual de dias com precipitação >= 50mm)

A figura 9 ilustra a previsão de dias com precipitação ≥ 50 mm entre os anos de 1985 e 2027, comparando valores observados e estimados. Durante o período de 1985 a 2005, observa-se uma variação significativa nos dias com precipitação elevada, com picos entre os anos de 1990 e 2000, onde os dias com precipitação excedem em até 10 dias a média anual.

Já para os dias estimados o período de 2023 a 2027, verifica-se um aumento gradual na frequência de dias com R50mm. A previsão indica que, até 2027, a contagem de dias com precipitação extrema pode variar entre 4 e 8 dias por ano. Esse aumento gradual indica uma mudança no regime de precipitação da região, onde eventos extremos se tornam mais frequentes com o passar do tempo. Por exemplo, em 2025, a previsão indica uma média de 6 dias, enquanto em 2027, o valor previsto é de aproximadamente 7 dias.

Vários estudos afirmam que a variabilidade interanual observada pode estar associada a fenômenos como El Niño e La Niña, que influenciam significativamente os padrões de precipitação (Guimarães et al., 2021; Rahmstorf, 2012).

Figura 9: Previsão de R50mm na cidade de Quelimane no período de 1985-2027.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os resultados indicam um aumento consistente nas temperaturas médias anuais. Esse aumento foi acompanhado por variações sazonais, com os meses de Outubro a Março apresentando os valores mais elevados, enquanto o período de Abril a Setembro registrou temperaturas relativamente mais baixas. Além disso, observou-se uma elevação na frequência de valores elevados de temperatura ao longo dos anos, enquanto os valores mais baixos de temperatura tornaram-se menos frequentes, indicando uma possível mudança no regime térmico em Quelimane.

Em relação à precipitação, os meses entre Dezembro e Abril concentraram os maiores volumes de chuva, enquanto de Maio a Novembro prevaleceu a seca. Os índices de extremos mostraram que eventos de chuvas muito intensas (R95p e R50mm) tornaram-se mais frequentes, assim como aumentaram os acumulados de precipitação em curtos períodos.

As projeções climáticas com base no modelo ARIMA para o período de 2023 a 2027 indicam que as temperaturas máximas deverão permanecer estáveis, situando-se entre 34°C e 35°C. No entanto, as temperaturas mínimas mostram uma tendência de elevação, podendo atingir entre 24°C e 26°C, o que indicam para noites progressivamente mais quentes. Quanto à precipitação, espera-se uma redução nos eventos extremos, com totais anuais variando entre 750 mm e 900 mm.

No entanto, recomenda-se a replicação da pesquisa em outras cidades costeiras e do interior de Moçambique, de modo a permitir análises comparativas regionais.

6.REFERÊNCIAS

BOUDREAU, K.; ROBINSON, M.; FAROOQI, Z. IPCC Sixth Assessment Report. **Canadian Journal of Emergency Management**, v. 2, n. 1, 2022. Disponível em: https://cjem.ca. Acesso em: 6 set. 2023.

COLHER, C. M. Análise da variabilidade da temperatura e precipitação e sua correlação na ocorrência da malária em Quelimane, Moçambique. **Geografia (Londrina),** v. 29, n. 1, p. 65, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.5433/2447-1747.2020v29n1p65. Acesso em: 11 jul. 2023.

COSTA, E. S. da. **Análise da série temporal de precipitação total mensal do município de Cruz das Almas-BA**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

DESALEGN, A.; GETACHEW, T.; KASSA, G. Analysis of long term trends of rainfall and temperature of Andit Tid watershed, central highland of Ethiopia. **International Journal of Environmental, Sustainability, and Social Science**, v. 2, n. 3, p. 192-203, 30 nov. 2021. DOI: 10.38142/ijesss.v2i3.124.

FARIDZAD, M. **Extreme precipitation modeling using remotely-sensed information and advanced statistical techniques**. 2019. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of California, Irvine, 2019.

FLORES, T. et al. Método para avaliação de eventos extremos de precipitação a partir de dados sub-horários obtidos por estação meteorológica automática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2017. DOI: 10.5380/abclima.v20i1.123456.

GASPARRINI, A. et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. **The Lancet Planetary Health**, v. 1, n. 9, p. e360-e367, 2017. DOI: 10.1016/S2542-5196(17)30156-0.

GUIMARÃES, D. F. da S. et al. A relação entre eventos climáticos extremos e desastres ambientais fluviais no Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. 1-10, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i9.12345.

INGC. Responding to climate change in Mozambique. Maputo: INGC, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Relatório do Estado do Clima de Moçambique em 2023.** Maputo: INAM, 2023. Disponível em: http://www.inam.gov.mz. Acesso em: 6 set. 2023.

IRISH AID. **Mozambique climate action report for 2016**. Maputo: Irish Aid, 2016. Disponível em:https://www.irishaid.ie/media/irishaid/allwebsitemedia/30whatwedo/climatechange/Tanzania-Country-Climate-Action-Report-2016.pdf. Acesso em: 6 set. 2023.

KHAND, P. B. et al. Assessing the trend of climate change in the Western Nepal. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 16, n. 6, p. 112-121, 22 dez. 2020. DOI: 10.3844/ajessp.2020.112.121.

LAWRIMORE, J. H. et al. An overview of the Global Historical Climatology Network monthly mean temperature data set, version 3. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 116, n. D19, p. 19121, 16 out. 2011. DOI: 10.1029/2011JD016187.

LHAMO, T. et al. Trends in extreme precipitation indices over Bhutan. **Atmosphere**, v. 14, n. 7, p. 1-16, 1 jul. 2023. DOI: 10.3390/atmos14070987.

LI, Q. et al. Temperature variations during the past 20 ka at Huguangyan Maar Lake in tropical China and dynamic link. **Authorea Preprints**, n. 23, 22 nov. 2022. DOI: 10.22541/au.167111721.33005737/v1.

MACHAIEIE, H. A. et al. Variability and trends of precipitation in Quelimane, Central Mozambique, and their relation to El Niño Southern Oscillation. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, v. 8, n. 7, p. 1-16, 2020. DOI: 10.4236/gep.2020.87001.

MANATSA, D.; CHINGOMBE, W.; MATARIRA, C. H. The impact of the positive Indian Ocean dipole on Zimbabwe droughts. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 2011-2029, 2008. DOI: 10.1002/joc.1760.

MAVUME, A. F. et al. Analysis of climate change projections for Mozambique under the representative concentration pathways. **Atmosphere**, v. 12, n. 5, p. 588, 1 maio 2021. DOI: 10.3390/atmos12050588.

MICOA. **Perfil ambiental e mapeamento do uso actual da terra nos distritos da zona costeira de Moçambique. Maputo**: Ministério para a Coordenação da Ação Ambiental, 2012.

NGANHANE, H. et al**.** Eventos meteorológicos extremos de ciclones tropicais e seus grandes impactos em Moçambique, no período de 1926 a 2021. In: **Congresso Internacional de Climatologia**, 2023, Coimbra. Anais [...]. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2023.

OTTO, F. E. L. et al. Attribution of extreme weather events in Africa: a preliminary exploration of the science and policy implications. **Climatic Change**, v. 132, n. 4, p. 531-543, 2015. DOI: 10.1007/s10584-015-1432-0.

PDPMCN. **Plano diretor para a redução do risco de desastres 2017-2030.** Maputo: PDPMCN, 2017.

RAHMSTORF, S.; COUMOU, D. A decade of weather extremes. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 491-496, jul. 2012. DOI: 10.1038/nclimate1452.

STEINKE, E. T.; SOUZA, G. A.; SAITO, C. H. Análise da variabilidade da temperatura do ar e da precipitação no Distrito Federal no período de 1965/2003 e sua relação com uma possível alteração climática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 131-145, 2005. DOI: 10.5380/abclima.v1i1.12345.

TALACUECE, M. A. D. **Extremos climáticos na África Sub-Sahariana**: 1976-2005 e 2020-2050. 2018. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

XAVIER, J. M. N. **Análise e previsão de séries temporais com modelos ARIMA e análise espectral singular.** 2016. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Aberta, Lisboa, 2016.