

TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO CENTRAL DE MOÇAMBIQUE

FRANCISCO JOSÉ NORIS¹; LISETT ROCIO ORTEGA ZAMORA²; ALEXANDRE DAL PAI³; ENZO DAL PAI⁴; SERGIO AUGUSTO RODRIGUES⁵ E VALÉRIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN⁶

¹ *Doutorando do Curso de Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Rural – UNESP/FCA, Av. Universitária, 3780 – Altos Paraíso – Fazenda Experimental Lageado – Botucatu – CEP 18610-034, Brasil. Email: f.noris@unesp.br*

² *Doutora em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural – UNESP/FCA, Av. Universitária, 3780 – Altos Paraíso – Fazenda Experimental Lageado – Botucatu – CEP 18610-034, Brasil. Email: rocio.ortega@unesp.br*

³ *Docente Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia - UNESP/FCA, Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso - Fazenda Experimental Lageado - Botucatu/SP - CEP 18610-034 – Brasil. E-mail: dal.pai@unesp.br*

⁴ *Docente Departamento de Engenharia Rural - UNESP/FCA, Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso - Fazenda Experimental Lageado - Botucatu/SP - CEP 18610-034 – Brasil. E-mail: enzo-dal.pai@unesp.br*

⁵ *Docente Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia - Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso - Fazenda Experimental Lageado - Botucatu/SP - CEP 18610-034 – Brasil. E-mail: sergio.rodrigues@unesp.br*

⁶ *Docente Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia - Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso - Fazenda Experimental Lageado - Botucatu/SP - CEP 18610-034 – Brasil. E-mail: valeria.sarnighausen@unesp.br*

1 RESUMO

As emissões de gases de efeito estufa têm contribuído com mudanças climáticas, ocasionando ocorrências de eventos extremos, influenciando a variabilidade do regime de chuvas nas regiões. Mudanças substanciais na precipitação trazem grandes consequências a países focados na agricultura familiar devido a sua dependência das precipitações para o alcance de altas produtividades. Desse modo, o objetivo do trabalho foi verificar a tendência da precipitação pluviométrica na região central de Moçambique. Os dados foram classificados com variabilidade moderada, com o coeficiente de variação 20 a 30, verificando-se tendência não significativa pelo teste de Mann Kendall. O índice de anomalia padronizada indicou a presença de secas em baixa porcentagem que variam de moderadamente seco (MS) a extremamente seco (ES) nas cidades de Chimoio, Beira e Tete. Já o comportamento quase normal (QN) foi maior com ocorrência em 69,23% dos dados. A cidade de Quelimane apresentou um comportamento diferente, com mais de 97,4% dos dados classificados como extremamente úmido (EU) e menos de 2,56% como quase normal (QN).

Palavras chaves: regimes de Chuvas, variabilidade de precipitação, secas.

NORIS, F. J.; ZAMORA, L. R.O.; DAL PAI, A.; DAL PAI, E.; RODRIGUES, S. S.; SARNIGHAUSEN, V. C. R
RAINFALL TRENDS IN THE CENTRAL REGION OF MOZAMBIQUE

2 ABSTRACT

The emission of greenhouse gases has contributed to climate change, causing the occurrence of extreme events and influencing rainfall variability. Substantial changes in precipitation have

major consequences for countries focused on family farming because of their dependence on rainfall to achieve high yields. Therefore, the objective of this work was to verify the rainfall trend in the central region of Mozambique. The data were classified as having moderate variability, with the coefficient of variation in the range of 20--30, with a nonsignificant trend according to the Mann–Kendall test. The standardized anomaly index indicated the presence of droughts in low percentages, ranging from moderately dry (MD) to extremely dry (ED) in the cities of Chimoio, Beira, and Tete. The behavior almost normal (AN) was observed in 69.23% of the data. The city of Quelimane behaved differently, with more than 97.4% of the data classified as extremely humid (EH) and less than 2.56% as almost normal (AN).

Keywords: rainfall regimes, precipitation variability, droughts.

3 INTRODUÇÃO

Emissões de gases de efeito estufa (GEE) contribuem para o aumento das mudanças climáticas e aquecimento global. O quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) aponta que as mudanças climáticas são os principais desafios ambientais do século 21 devido às ocorrências de eventos climáticos extremos no globo, como o aumento da temperatura média global, a variabilidade do regime de chuvas, as incidências de secas e até mesmo a ocorrência de ciclones (EICKEMEIER *et al.*, 2014; RODRIGUES, 2023; SUMILA; FERRAZ; DURIGON, 2023). Essas mudanças muitas vezes são ocasionadas pela variação do regime de precipitação e afetam diretamente as atividades agrícolas (Silva *et al.*, 2022).

A precipitação é crucial para o manejo das culturas irrigadas, assim como a disponibilidade de recursos hídricos nas áreas de interesse, pois permite classificar as regiões, oferecendo dados para a viabilidade de atividades como a produção de energia hidrelétrica, planejamento de atividades agrícolas, turismo entre outras atividades (MENEZES; FERNANDES, 2016; LOPES *et al.*, 2022; BRAIMAH *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2022).

Em Moçambique, a agricultura é a principal base da economia, com relevância para a produção familiar, dependendo da

disponibilidade da precipitação ao longo das fases fenomenológicas das culturas para o alcance de altas produtividades. Os sistemas de produção em geral são susceptíveis aos impactos das mudanças climáticas, demandando pesquisas que orientem as políticas governamentais no processo de tomada de decisões no setor agrícola, baseadas em atualizações do zoneamento agroclimático (CASSAMO *et al.*, 2023; FERREIRA *et al.*, 2021; UELE; LYRA; OLIVEIRA JÚNIOR, 2017).

A região central de Moçambique tem sido o epicentro dos efeitos das mudanças climáticas, que estão associadas, principalmente à variabilidade no volume da precipitação, alterações de temperatura e do nível do mar, bem como modificações quanto aos episódios de secas e inundações, além de outras ocorrências como a observação de ciclones tropicais durante o ano todo.

Dessa forma, é extremamente relevante o desenvolvimento de estudos que visam demonstrar a variabilidade e a tendência do clima ao longo dos anos. Para isso, a modelagem estatística é uma ferramenta essencial, uma vez que é capaz de mostrar a relação existente entre as variáveis por meio de modelos que permitem a visualização de previsões quanto às mudanças na dinâmica climática (BAIG *et al.*, 2021).

O coeficiente de variação e o índice de anomalia padronizada são instrumentos

para a análise da variabilidade da precipitação. Altos valores de coeficientes de variação representam regiões propícias à seca, enquanto baixos indicam riscos de inundação (ALEMU; BAWOKE, 2020; KANELLOPOULOU, 2002; KISAKA *et al.*, 2015).

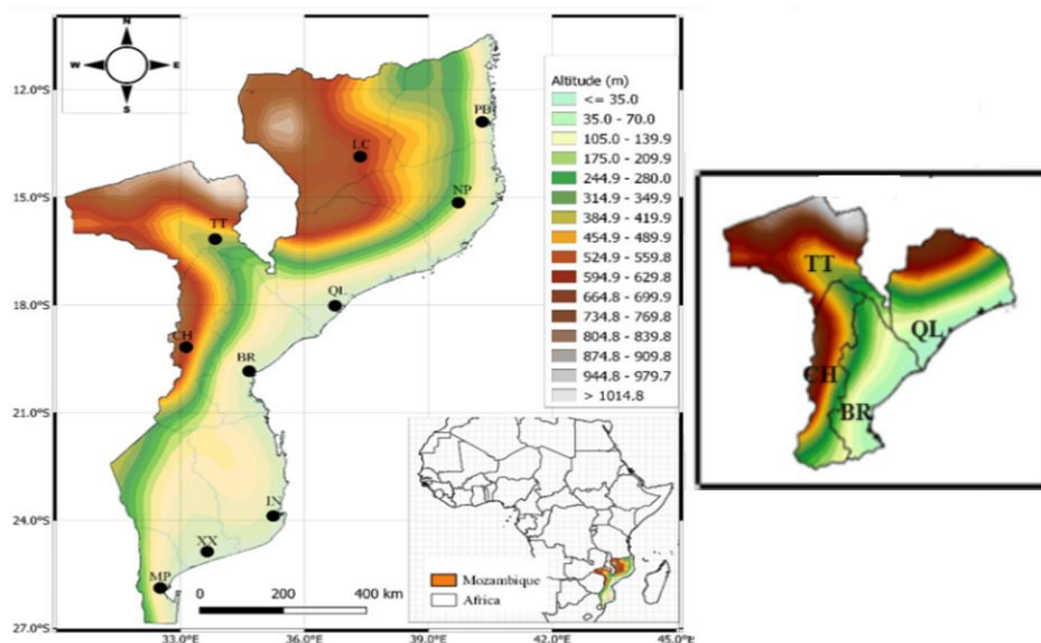
Em virtude das possíveis mudanças climáticas e da possibilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação, este artigo teve como objetivo de analisar a tendência espacial e temporal da precipitação pluviométrica na região central de Moçambique, utilizando uma série histórica de dados de 1982 a 2020.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada utilizando uma série histórica (1982-2020) de dados de precipitação de cidades localizadas na região central de Moçambique, onde mais de 90% das atividades econômicas são baseadas na agricultura.

A Figura 1 faz referência a localização geográfica e à topografia de Moçambique (com um recorte da área em estudo).

Figura 1. Topografia e localização da área em estudo (Centro de Moçambique) na África



Fonte: Sumila; Ferraz; Durigon (2023)

As cores no gráfico representam as altitudes topográficas, que variaram entre valores menores que 14 a maiores de 1000 metros acima do nível do mar.

A região possui quatro principais cidades, a saber: Quelimane, Beira Chimoio e Tete (Tabela 1) que apresenta clima favorável para a produção agrícola, com temperatura oscilando entre 10°C e 45,4°C,

umidade relativa do ar entre 11 a 100% e precipitações médias anual entre 300 e 1800 mm, com a época mais chuvosa acontecendo no período compreendido entre os meses de novembro e março. Os fatores latitude e corrente quente que desce o canal de Moçambique são os que mais influenciam o clima nessa região (INE, 2021).

Tabela 1. Localização geográfica das cidades localizadas na região central de Moçambique

Cidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Class. Climática
Quelimane	- 17°52'42"S	36°53'17"L	9	Aw
Beira	- 19°49'53.74"S	34°50'13.27"L	6	Aw
Tete	- 16° 7'58.12"S	33°36'22.99"L	150	BSh
Chimoio	- 19° 6'19.76"S	33°27'38.79"L	709	Cwa

Class. Climática – classificação climática; *Aw* – clima tropical de savana (chuva no verão); *BSh* – clima seco, semiárido quente; *Cwa* – clima subtropical, invernos secos e verão quente;

Fonte: Autores (2023)

Os dados utilizados foram obtidos da *Langley Research Center* (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>), que apresenta dados para variáveis meteorológicas e solares. Foi utilizada uma série histórica de precipitação de 38 anos, compreendendo o período de 01 de janeiro de 1982 a 31 de dezembro de 2020, das cidades de Quelimane, Tete, Beira e Chimoio. Os dados foram agrupados em períodos de 30 dias.

Calculou-se as estatísticas descritivas com intuito de averiguar a distribuição dos dados ao longo dos anos. Recorreu-se ao teste estatístico de Mann Kendall para determinar a tendência temporal e ao índice de anomalia padronizado para aferir a susceptibilidade a anos secos e chuvosos (ocorrência de severidade de secas) em uma série histórica de dados (FERNANDES *et al.*, 2022).

4.1 Análise estatística

Calculou-se a média, mediana, desvio padrão, erro padrão, máximo, mínimo, coeficiente de variação (CV) e nível de confiança de 95%. Para avaliar a variabilidade dos dados, utilizou-se o CV,

que foi categorizamos como: baixo ($CV < 20$), moderado ($20 < CV < 30$), alto ($CV > 30$) e muito alto ($CV > 40$) (ASFAN *et al.*, 2018; GETAHUN; LI; PUN, 2021).

4.2 Índice de Anomalia padronizado (IAP)

O índice de anomalia padronizado (IAP) tem sido um excelente instrumento para apurar a natureza das tendências e sazonalidade da distribuição temporal e espacial da precipitação (HARKA; JILO; BEHULU, 2021; MOHAMED; EL-AFANDI; EL-MAHDY, 2022; TAYE *et al.*, 2021). A fórmula matemática para cálculo desse índice é apresentada na Equação 1:

$$Z = \frac{(x - \mu)}{\sigma} \quad (1)$$

Em que: x = precipitação anual (mm/ano), σ = desvio padrão e μ = média da série temporal. Obs.: O valor negativo do IAP revela seca, enquanto o valor positivo sugere umidade.

A Tabela 2 apresenta a classificação do Índice de Anomalia Padronizada.

Tabela 2. Classificação do IAP para a região central de Moçambique no período de 1982 a 2020.

Condição	IAP (Z)
Extremamente Seco (ES)	$Z < -2$
Severamente Seco (SS)	$-1,99 < Z < -1,5$
Moderadamente Seco (MS)	$-1,49 < Z < -1$
Quase Normal (QN)	$-0,99 < Z < 0,99$
Moderadamente Úmido (MODU)	$1 < Z < 1,49$
Muito Úmido (MMU)	$1,5 < Z < 1,9$
Extremamente Úmido (EU)	$Z > 2$

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023)

4.3 Teste de Mann Kendall

A estatística do teste proposta por Kendall (Equação 2), de acordo com Forthofer; Lehnen (1981) é dada por:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (2)$$

Em que: S é a estatística S do teste, n é o número de dados observados, x_i e x_j , os valores da série temporal i e j ($j > i$) e $\text{sign}(x_j - x_i)$ é calculada conforme a Equação 3:

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{se } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{se } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{se } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Se existirem maior número de observações (n), os dados tendem a ter uma distribuição (S) normal de probabilidade, com média de zero e a variância (Var) calculada segundo a Equação 4:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (4)$$

Em que: T_p é o número de dados com valores iguais em certo grupo; e q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p.

Obs.: A estatística do teste de Mann-Kendall é baseada no valor da variável ZMK, a qual é calculada conforme a Equação 5:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Valores positivos de Z_{MK} indicam uma tendência crescente, ao passo que valores negativos revelam uma tendência decrescente. Rejeita-se a hipótese de que não há tendência quando o valor de p for inferior ao nível de significância. O teste de Mann-Kendall foi realizado com um nível de 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estatística descritiva, variabilidade e tendência da precipitação

Na análise dos dados da série histórica de precipitação (1982-2020), observou-se uma maior incidência de chuvas em Chimoio, seguida pela cidade de Quelimane, representando 29,25% e 27,76%, respectivamente, do total de chuvas

na região estudada. As cidades de Beira e Tete tiveram, respectivamente, 21,92% e 21,06% de participação no total médio da precipitação anual. Na região central de Moçambique, o período chuvoso vai de novembro a abril e o período seco de maio a outubro. O mês mais chuvoso é janeiro, com 24,41% do total da precipitação média anual, seguido pelos meses de fevereiro e

dezembro, que concentram 19,21% e 18,56%, respectivamente, da precipitação média anual. Já o mês mais seco é agosto, que corresponde apenas a 0,67% do total da precipitação média anual. As cidades de Chimoio, Quelimane, Beira e Tete apresentaram médias para a precipitação anual iguais a 1.106,61; 1.050,49; 829,55 e 796,96 mm/ano (Tabela 3).

Tabela 3. Dados de Precipitação

Estatística Descritiva	Chimoio	Tete	Quelimane	Beira
	Precipitação (mm)			
Média	1.106,61	796,96	1.050,49	829,55
Erro padrão	46,53	35,94	39,52	32,65
Mediana	1.123,23	785,74	980,86	849,02
Desvio padrão	290,56	224,46	246,79	203,94
CV (%)	26	28	23	24
Mínimo	595,90	337,50	580,07	411,32
Máximo	1.850,97	1.302,54	1.829,88	1281,46
Nível de confiança (5%)	94,18	72,76	80,00	66,11

Fonte: Autores (2023)

Para os dados em análise, o coeficiente de variação foi classificado como moderado, pois a variabilidade dos dados se concentrou no intervalo compreendido entre $20 < CV < 30$ (Tabela 3). O maior CV, igual a 28%, foi obtido para os dados da cidade de Tete, enquanto o menor CV, igual a 23%, foi observado nos dados da cidade de Quelimane.

5.2 Teste de Mann Kendall

Para o teste não paramétrico de Mann Kendall, definiu-se as seguintes hipóteses: H_0 : não há uma tendência na série; H_1 : há uma tendência positiva na série.

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o teste de Mann Kendall referentes à análise de tendência da série temporal.

Tabela 4. Resultados obtidos no teste de Mann Kendall com dados da série de precipitação anual (1982 a 2020)

Cidades	Resultados	
	s	p-valor
Beira	- 66	0,432
Chimoio	84	0,315
Tete	34	0,689
Quelimane	- 19	0,828

Fonte: Autores (2023)

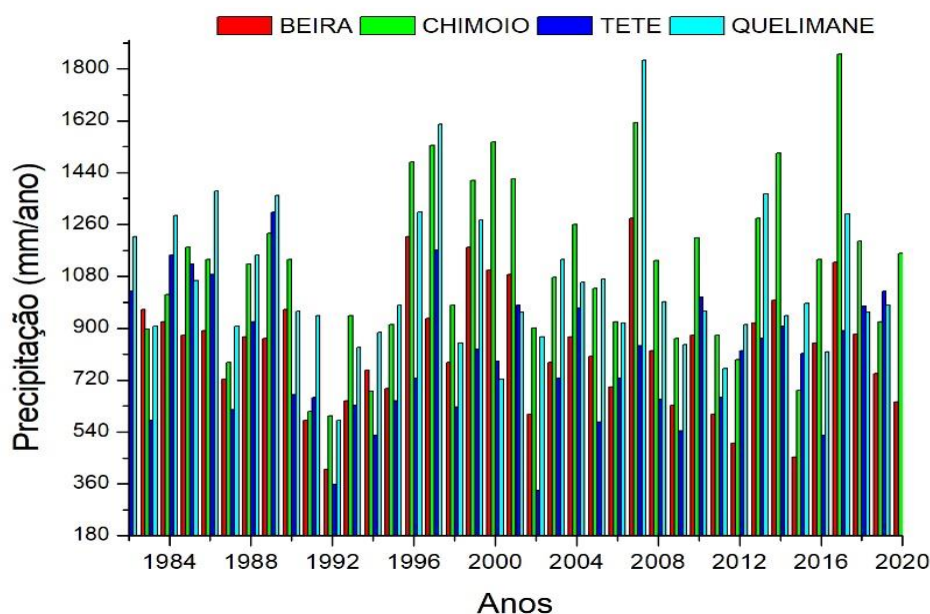
Para fazer o Teste de Mann Kendall, utilizou-se o nível de confiança de 95% e constatou-se da Tabela 5, que o valor p é

maior que o alfa (0,05) em todas as cidades, isto é, superior ao nível de significância estatística de 5%; portanto, não há

evidências suficientes para que se rejeite a hipótese H_0 de igualdade das médias na série temporal, logo, pode-se afirmar que a série estudada não apresentou tendência (positiva ou negativa) significativa.

A distribuição anual da precipitação pluviométrica na região no período avaliado é apresentada na Figura 1.

Figura 1. Precipitação acumulada anual na região central de Moçambique no período de 1982 a 2020



Fonte: Autores (2023)

Observando a Figura 1, constata-se que ao longo dos anos houve uma variabilidade na quantidade de chuva nas cidades de Chimoio, Tete, Quelimane e Beira. Nota-se também variabilidade da precipitação entre as cidades da região em estudo, que pode ter sido causada pela topografia ou relevo, bem como, como consequência do efeito orográfico, ou ainda devido à movimentação de massas de ar fria vindas do canal de Moçambique ou pelo efeito da continentalidade. A maior precipitação anual na série de dados avaliada, igual 1.850,97 mm/ano, ocorreu em 2017 na cidade de Chimoio. Enquanto a menor, igual a 358,59 mm/ano, observada em 1992, ocorreu na cidade de Tete. Já nas cidades Beira e Quelimane, onde ocorre o princípio de maritimidade, a precipitação

tendeu a ser mais elevada ao longo da série em virtude da alta umidade.

Alguns pesquisadores correlacionam a presença de menores e maiores precipitações à ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, que alteram a posição da Zona de Convergência Intertropical (LUCIANA *et al.*, 2017; ROCHA; SIMMONDS, 1997; SUMILA; FERRAZ; DURIGON, 2023; MACHAIEIE *et al.* 2020) identificaram os anos de 1982-1983, 1988-1989, 1991-1992, 1994 -1995, 1999-2000 e 2015-2016 como os anos em que o fenômeno El Niño e La Niña ocorreu em Quelimane. A Figura 1 mostra inequivocamente uma diminuição significativa no regime de chuva na região central de Moçambique, denotando que o ENSO influenciou na variabilidade da precipitação anual acumulada nesta região

durante este período, o que é corroborado pelo estudo desenvolvido por Alahacoon *et al.* (2021), que observaram a ocorrência de El Niño e La Niña.

5.3 Índice de Anomalia Padronizado

O índice de anomalia padronizado tem sido usado na previsão de inundações e secas (ARYAL *et al.*, 2022; KOUDAHE *et al.*, 2017; NKIAKA; NAWAZ; LOVETT, 2017; WMO, 2011). A Tabela 5 ilustra os resultados do índice de anomalia padronizado para as cidades em análise de 1982 a 2020.

Tabela 5. Índice de anomalia padronizado para a região central de Moçambique no período de 1982 a 2002

Ano	Z Beira	Condição	Z Chimoio	Condição
1982	-0.085	QN	-0.033	QN
1983	0.664	QN	-0.723	QN
1984	0.457	QN	-0.306	QN
1985	0.225	QN	0.257	QN
1986	0.302	QN	0.112	QN
1987	-0.525	QN	-1.122	MS
1988	0.199	QN	0.057	QN
1989	0.173	QN	0.42	QN
1990	0.664	QN	0.112	QN
1991	-1.223	MS	-1.703	SS
1992	-2.051	ES	-1.758	SS
1993	-0.887	QN	-0.56	QN
1994	-0.37	QN	-1.467	MS
1995	-0.68	QN	-0.669	QN
1996	1.905	MMU	1.273	MODU
1997	0.509	QN	1.473	MODU
1998	-0.241	QN	-0.433	QN
1999	1.725	MMU	1.055	MMU
2000	1.337	MODU	1.509	MODU
2001	1.259	MODU	1.074	QN
2002	-1.12	MS	-0.705	QN

QN: Quase normal; MS: Moderadamente seco; SS: Severamente seco; ES: Extremamente seco; MODU: Moderadamente úmido; MMU: Muito úmido; EU: Extremamente úmido,

Fonte: Autores (2023)

Tabela 6. Índice de anomalia padronizado para a região central de Moçambique no período de 2003 a 2020

Ano	Z Beira	Condição	Z Chimoio	Condição
2003	-0.241	QN	-0.106	QN
2004	0.199	QN	0.529	QN
2005	-0.137	QN	-0.233	QN
2006	-0.654	QN	-0.632	MMU
2007	2.216	EU	1.745	QN
2008	-0.034	QN	0.094	QN
2009	-0.965	QN	-0.832	QN
2010	0.225	QN	0.366	QN
2011	-1.12	MS	-0.796	MS
2012	-1.611	SS	-1.086	QN
2013	0.432	QN	0.602	MODU
2014	0.819	QN	1.382	MS
2015	-1.844	SS	-1.449	QN
2016	0.095	QN	0.112	EU
2017	1.466	MODU	2.562	QN
2018	0.251	QN	0.329	QN
2019	-0.422	QN	-0.632	QN
2020	-0.913	QN	0.184	MMU

QN: Quase normal; MS: Moderadamente seco; SS: Severamente seco; ES: Extremamente seco; MODU: Moderadamente úmido; MMU: Muito úmido; EU: Extremamente úmido,

Fonte: Autores (2023)

Tabela 7. Índice de anomalia padronizado para a região central de Moçambique no período de 1982 a 1986

Ano	Z Tete	Condição	Z Quelimane	Condição
1982	1.0307	MODU	0.6794	QN
1983	-0.9662	QN	2.6753	EU
1984	1.5945	MMU	5.2351	EU
1985	1.4536	MODU	4.3162	EU
1986	1.2891	MODU	5.5771	EU

QN: Quase normal; MS: Moderadamente seco; SS: Severamente seco; ES: Extremamente seco; MODU: Moderadamente úmido; MMU: Muito úmido; EU: Extremamente úmido,

Fonte: Autores (2023)

Tabela 8. Índice de anomalia padronizado para a região central de Moçambique no período de 1987 a 2013

Ano	Z Tete	Condição	Z Quelimane	Condição
1987	-0.8018	QN	3.6752	EU
1988	0.5608	QN	4.6796	EU
1989	2.2524	EU	5.5130	EU
1990	-0.5668	QN	3.8890	EU
1991	-0.6138	QN	3.8249	EU
1992	-1.9530	SS	2.3504	EU
1993	-0.7313	QN	3.3762	EU
1994	-1.2012	MS	3.5899	EU
1995	-0.6608	QN	3.9744	EU
1996	-0.3084	QN	5.2779	EU
1997	1.6650	MMU	6.5172	EU
1998	-0.7548	QN	3.4402	EU
1999	0.1380	QN	5.1710	EU
2000	-0.0500	QN	2.9274	EU
2001	0.8193	QN	3.8676	EU
2002	-2.0470	ES	3.5257	EU
2003	-0.3084	QN	4.6155	EU
2004	0.7723	QN	4.2949	EU
2005	-0.9898	QN	4.3377	EU
2006	-0.3084	QN	3.7180	EU
2007	0.1850	QN	7.4147	EU
2008	-0.6373	QN	4.0172	EU
2009	-1.1307	MS	3.4188	EU
2010	0.9368	QN	3.8890	EU
2011	-0.6138	QN	3.0769	EU
2012	0.1145	QN	3.6966	EU
2013	0.3024	QN	5.5343	EU

QN: Quase normal; MS: Moderadamente seco; SS: Severamente seco; ES: Extremamente seco; MODU: Moderadamente úmido; MMU: Muito úmido; EU: Extremamente úmido,

Fonte: Autores (2023)

Tabela 9. Índice de anomalia padronizado para a região central de Moçambique no período de 2014 a 2020

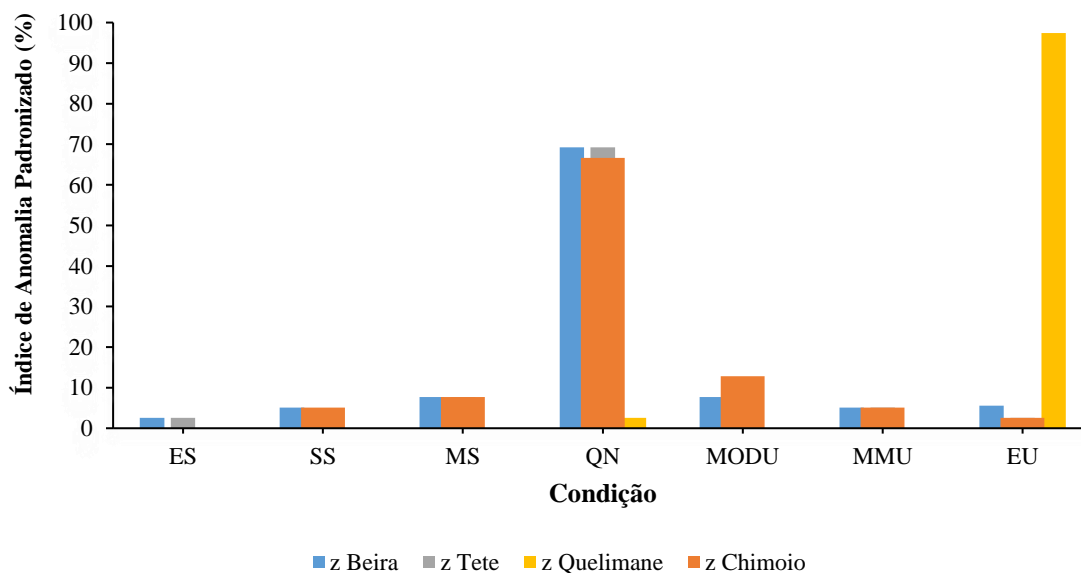
Ano	Z Tete	Condição	Z Quelimane	Condição
2014	0.4904	QN	3.8248	EU
2015	0.0675	QN	3.9958	EU
2016	-1.2012	MS	3.312	EU
2017	0.4199	QN	5.2565	EU
2018	0.7958	QN	3.8675	EU
2019	1.0307	MODU	3.9745	EU
2020	-0.0735	QN	4.4231	EU

QN: Quase normal; MS: Moderadamente seco; SS: Severamente seco; ES: Extremamente seco; MODU: Moderadamente úmido; MMU: Muito úmido; EU: Extremamente úmido,

Fonte: Autores (2023)

Verifica-se que dos índices de anomalia padronizados da cidade Beira, 69,23% apresentaram comportamento quase normal (QN), seguido pelos comportamentos moderadamente seco (MS) e moderadamente úmido (MODU), cada um representado 7,69% dos dados. O comportamento extremamente seco (SS) e muito úmido (MMU) representaram 5,13%

dos dados, enquanto o comportamento extremamente seco (ES) e extremamente úmido (EU) representaram, cada um, 2,56% dos dados. Já na cidade de Chimoio, 64,10% dos índices apresentaram comportamento QN, 12,82% MODU, 10,26% MS, 5,13% SS, 2,56% MMU e 2,56% EU (Tabela 5, Figura 2).

Figura 2. Índice de anomalia padronizada em porcentagem para a região central de Moçambique

QN: Quase normal; MS: Moderadamente seco; SS: Severamente seco; ES: Extremamente seco; MODU: Moderadamente úmido; MMU: Muito úmido; EU: Extremamente úmido.

Fonte: Autores (2023)

Analisando a Figura 2, observa-se que a cidade de Tete apresentou 69,23% dos índices na classificação quase normal, 10,26% como moderadamente úmido, 7,69% como moderadamente seco, 5,13% como muito úmido, 2,56% como severamente seco, 2,56% como extremamente úmido e 2,56% como extremamente seco. Enquanto a cidade de Quelimane apresentou 97,4% os índices na classificação extremamente úmido e 2,56% como quase normal.

Verificou-se a ocorrência de secas em 6 (seis) anos: 1987, 1991, 1992, 1994, 2012 e 2015 na cidade de Chimoio. A cidade Beira também registrou igual número de secas, as quais ocorreram nos anos de 1991, 1992, 2002, 2011, 2012 e 2015.

Já na cidade de Tete, as secas ocorreram nos anos 1992, 1994, 2002 e 2009. Ao passo que a cidade de Quelimane não registrou nenhum período de seca nos anos avaliados. O total de seca registrada na região foi de 13,90% (Tabela 4). Estudos desenvolvidos na região central de Moçambique confirmam a presença de secas nos anos supracitados (ARANEDA-CABRERA; BERMUDEZ; PUERTAS, 2021a; ARANEDA-CABRERA; BERMUDEZ; PUERTAS, 2021b ; USMAN; REASON, 2004).

Os anos mais úmidos variaram de cidade para cidade, com Quelimane sendo a mais úmida, apresentando valor de umidade maior que 2 em todos os anos do período de 1983 a 2020, e umidade menor que 2 em 1982. Destaca-se que a cidade Beira teve maior umidade nos anos de 1996, 1999 e 2007, enquanto a cidade de Chimoio teve alta umidade em 1997, 2000 e 2017, já a cidade de Tete apresentou alta umidade nos anos: 1984, 1989 e 1997 (Tabela 4).

A Figura 2 apresenta visualmente o padrão de comportamento do índice de anomalia padronizado para a região central de Moçambique. Pode-se constatar que durante o período em estudo, registrou-se nas cidades Beira, Tete e Chimoio, três tipos

de anomalias relacionadas aos regimes de precipitação: extremamente seco, severamente seco e moderadamente seco (Figura 2).

É evidente que Moçambique tem vindo a registar mudanças significativas nos padrões de precipitação nos últimos anos, que resultaram em várias cheias de grande magnitude, incluindo as registadas em 1977, 1981, 1988, 1996, 2000, 2007/2008, 2013, 2019, 2022 e 2023. Além disso, registaram-se ciclones de grande magnitude que causaram inúmeras destruições, embora em menor escala (MILLER, 2002; INGC, 2009; MANANE; VAZ; VIVEROS, 2019; NDAPASSOA; MATOS, 2020; CARDOSO, 2023).

Uamusse, Tussopova e Persson (2020) verificaram tendência decrescente no regime de precipitação anual de Moçambique, com um declínio médio de 2,5 mm por mês (3,1% por década) entre 1960 e 2006.

Para lidar com as secas recorrentes, o Ministério da Agricultura lançou em 2013 a estratégia nacional de irrigação que visa contribuir para o aumento da produtividade e produção agrária com vistas a garantir a segurança alimentar e o manejo sustentável dos recursos hídricos (MICOA, 2005; Ministério da Agricultura, 2013).

6 CONCLUSÃO

Constatou-se que não existe variabilidade significativa nos dados, o índice de anomalia padronizado constatado predominantemente foi o quase normal, o qual foi observado nas cidades da Beira, Chimoio e Tete, cujos valores de participação variaram entre 66,6%; 69,23%; em contrapartida, a cidade de Quelimane apresentou um comportamento preponderantemente extremamente úmido com 97,4% de participação. As secas foram um fenômeno recorrente em todas as cidades, exceto em Quelimane, com

anomalias que variaram de extremamente seco a moderadamente seco, com valores de participação iguais a 2,56% e 7,69%, respectivamente, Os anos que apresentaram o padrão para seca foram 1991, 1992, 2002, 2011, 2012 e 2015 nas cidades de Beira, Chimoio e Tete.

7 REFERÊNCIAS

- ALAHACON, N.; EDIRISINGHE, M.; SIMWANDA, M.; PERERA, E.; NYIRENDA, V. R.; RANAGALAGE, M. Rainfall Variability and Trends over the African Continent Using TAMSAT Data (1983–2020): Towards Climate Change Resilience and Adaptation. **Remote Sensing**, Basel, v. 14, n. 96, p. 1-26, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14010096>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/1/96>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- ALEMU, M. M.; BAWOKE, G. T. Analysis of spatial variability and temporal trends of rainfall in Amhara Region, Ethiopia. **Journal of Water & Climate Change**, London, v. 11, n. 4, p. 1505-1520, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2019.084>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwcc/article/11/4/1505/70022/Analysis-of-spatial-variability-and-temporal>. Acesso em: 28 ago. 2024.
- ARANEDA-CABRERA, R. J.; BERMUDEZ, M.; PUERTAS, J. Revealing the spatio-temporal characteristics of drought in Mozambique and their relationship with large-scale climate variability. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, Amsterdam, v. 38, p. 1-16, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100938>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581821001671>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- ARANEDA-CABRERA, R. J.; BERMUDEZ, M.; PUERTAS, J. Assessment of the performance of drought indices for explaining crop yield variability at the national scale: Methodological framework and application to Mozambique. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 246, p. 1-11, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106692>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377420322368>. Acesso em: 30 ago. 2024.
- ARYAL, A.; MAHARJAN, M.; TALCHABHADEL, R.; THAPA, B. R. Characterizing Meteorological Droughts in Nepal: A Comparative Analysis of Standardized Precipitation Index and Rainfall Anomaly Index. **Earth**, Basel, v. 3, p. 409-432, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/earth3010025>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4834/3/1/25>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- ASFAW, A.; SIMANE, B.; HASSEN, A.; BANTIDER, A. Variability and time series trend analysis of rainfall and temperature in northcentral Ethiopia: A case study in Woleka sub-basin. **Weather and Climate Extremes**, Victoria, v. 19, p. 29-41, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.12.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094717300932>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- BAIG, M. A.; ZAMAN, Q.; BAIG, S. A.; QASIM, M.; KHALIL, U.; KHAN, S. A.; ISMAIL, M.; MUHAMMAD, S.; ALI, S. Regression analysis of hydro-meteorological variables for climate change prediction: A case study of Chitral Basin,

- Hindukush region. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 793, p. 1-7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148595>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721036676>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- LOPES, C. B. M.; DOURADO, F.; DE SOUZA, L. S.; DE GOIS, G.; PINTO, M. G. M. Análise Da Distribuição Pluviométrica na Baixada Fluminense, Rio De Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 31, p. 1-21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15225>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15225>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- BRAIMAH, M., ASANTE, V. A., AHIATAKU, M. A., ANSAH, S. O., OTULARBI, F., YAHAYA, B., AYABILAH, J. B.; NKRUMAH, F. Variability of the minor season rainfall over southern Ghana (1981–2018). **Advances in Meteorology**, London, v. 2022, p. 1-14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/1861130>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/1861130>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- CARDOSO, H. R. **ONU apoia resposta ao ciclone Freddy**. Maputo: Nações Unidas Moçambique, 2023. Disponível em: <https://mozambique.un.org/pt/223253-onu-apoia-resposta-ao-ciclone-freddy>. Acesso em: 16 abr. 2024.
- CASSAMO, C. T.; DRAPER, D.; ROMEIRAS, M. M.; MARQUES, I.; CHIULELE, R.; RODRIGUES, M.; STALMANS, M.; PARTLLI, F. L.; RIBEIRO-BARROS, A.; RAMALHO, J. C. Impact of Climate Changes in the Suitable Areas for Coffea Arabica l. Production in Mozambique: Agroforestry as an Alternative Management System to Strengthen Crop Sustainability. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 346, p. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108341>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788092200490X>. Acesso em: 28 ago. 2024.
- FERREIRA, F. E. P.; LOPES, J. R. F.; NERY, A. R.; Análise Espacial Das Tendências Climáticas e sua Influência na Agricultura Irrigada No Ceará, BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 29, p. 602-625, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15571>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- FERNANDES, A. C. G.; BORGES, I. M. S.; SILVA, J. A.; DA SILVA, E. C. B.; SANTOS, M. J. R.; PESSOA, D. de S.; MARTINS, M. S.; DA SILVA, J. A.; CAMPOS, J. O.; DE ARAUJO MEDEIROS, L. R. The use of the Mann Kendall test for detection of precipitation trends in a semi-arid region of Pernambuco. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 11, p. 1-11, 2022. DOI: [10.33448/rsd-v11i11.33925](https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33925). Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33925>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- FORTHOFER, R. N.; LEHNEN, R. G. **Public Programs Analysis**. A New Categorical Data Approach. Belmont: Lifetime Learning Publications, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6683-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4684-6683-6>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- GETAHUN, Y. S.; LI, M. H.; PUN, I. F.; Trend and change-point detection analyses of rainfall and temperature over the Awash

- River basin of Ethiopia, **Heliyon**, Amsterdam, v. 7, n. 9, p. 1-16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021021277>. Acesso em 24 ago. 2024.
- HARKA, A. E.; JILO, N. B.; BEHULU, F. Spatial-temporal rainfall trend and variability assessment in the Upper Wabe Shebelle River Basin, Ethiopia: Application of innovative trend analysis method. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, Amsterdam, v. 37, p. 1-24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100915>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581821001440>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- INE. **Anuário Estatístico de Moçambique 2020**. Maputo: Instituto Nacional de Estatística, 2021. Disponível em: <https://ine.gov.mz/web/guest/d/anuario-2022>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- INGC. **Estudo sobre o impacto das alterações climáticas no risco de calamidades em Moçambique**: relatório síntese. Maputo: INGC, maio 2009. v. 2. Disponível em: https://biblioteca.biofund.org.mz/wp-content/uploads/2019/01/1548337662-INGC_Segunda_Versao_Alteracoes_Climaticas_Low.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.
- KANELLOPOULOU, E. A. Spatial distribution of rainfall seasonality in Greece. **Weather**, London, v. 57, n. 6, p. 215-219, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1256/004316502760053576>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1256/004316502760053576>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- KISAKA, O.; MUCHERU-MUNA, P. W.; NGETICH, F. K.; MUGWE, J.; MUGENDI, D. N.; MAIRURA, F.S. Rainfall variability, drought characterization, and efficacy of rainfall data reconstruction: case of eastern Kenya. **Advances in Meteorology**, London, 2015, p. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/380404>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2015/380404>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- KOUDAHE, K.; KAYODE, A.; SAMSON, A.; ADEBOLA, A.; DJAMAN, K. Trend Analysis in Standardized Precipitation Index and Standardized Anomaly Index in the Context of Climate Change in Southern Togo. **Atmospheric and Climate Sciences**, Zurich, v. 7, p. 401-423, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4236/acs.2017.74030>. Disponível em: https://www.scirp.org/html/1-4700575_78494.htm. Acesso em: 24 ago. 2024.
- LOPES, C. B.; DOURADO, F.; SOUZA, L. S.; GOIS, G.; PINTO, P. M. G. M. Análise da distribuição pluviométrica na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 31, n. 18, p. 413-433, 2022. DOI: [10.55761/abclima.v31i18.15225](https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15225). Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15225>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- MACHAIEIE, H. A.; SILVA, C. G.; OLIVEIRA, E. N.; JÚNIOR, H. I. T.; ALMEIDA, H. A. Variability and trends of precipitation in Quelimane, Central Mozambique, and their relation to El Niño Southern Oscillation. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, Amsterdam, v. 8, n. 7, p. 1-16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4236/gep.2020.87001>. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=101455>. Acesso em: 31 ago. 2024.

MANANE, J.; VAZ, A. C.; VIVEROS, C. Avaliação do risco de cheias: uma aplicação à planície do rio Limpopo em Moçambique. *In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA*, 14., 2019, Praia. **Anais [...]**. Praia: APRH, 2019. p. 1-4. Disponível em: https://www.aprh.pt/14silusba/docs/14SILUSBA_88.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

MENEZES, F.; FERNANDES, L. Análise de Tendência e Variabilidade da Precipitação no Estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 13, n. 24, 2016. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1150>. Acesso em: 26 ago. 2024.

MICOA. **Avaliação da vulnerabilidade às Mudanças climáticas e estratégias de adaptação**. Maputo, 2005. Disponível em: <https://www.portaldogoverno.gov.mz/por/content/download/1420/12055/version/1/file/Avalia%C3%A7%C3%A3o+da+vulnerabilidade+a+mudan%C3%A7as+clim%C3%A1ticas.pdf>. Acesso em 26 ago. 2024.

MILLER, J. **Moçambique – Cheias 1999-2000 - Avaliação de Impacto: Actividade de Doação para o Reassentamento da População**. Maputo: USAID, jul. 2002. Disponível em: https://sarpn.org/documents/d0000811/P907-Mozambique_floods_1999-2000_USAID_072002_P.pdf. Acesso em 16 abr. 2024.

MOHAMED, M. A.; EL-AFANDI, G. S.; EL-MAHDY, M. E. S. Impact of climate change on rainfall variability in the Blue Nile basin, **Alexandria Engineering Journal**, Amsterdam, v. 61, n. 4, p. 3265-3275, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.08.056> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016821005718>. Acesso em: 24 ago. 2024.

NDAPASSOA. A. M.; MATOS, P. A. O ciclone Idai e os desafios da ajuda humanitária em Moçambique. **Revista Veredas de Direito**, Belo Horizonte, v. 17, n. 38, p. 167-188, maio/ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18623/rvd.v17i38.1819>. Disponível em: <http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/1819>. Acesso em 16 abr. 2024.

NKIAKA, E.; NAWAZ, N. R.; LOVETT, J. C. Using standardized indicators to analyse dry/wet conditions and their application for monitoring drought/floods: a study in the Logone catchment, Lake Chad basin. **Hydrological Sciences Journal**, Wallingford, v. 62, n. 16, p. 2720-2736, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1409427>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2017.1409427>. Acesso em: 24 ago. 2024.

ROCHA, A.; SIMMONDS, I. Interannual Variability Of South-Eastern African Summer Rainfall, Part 1 : Relationships With Air – Sea Interaction Processes. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 17, p. 235-265, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(19970315\)17:3<235::AID-JOC123>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19970315)17:3<235::AID-JOC123>3.0.CO;2-N). Disponível em: [https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(19970315\)17:3%3C235::AID-JOC123%3E3.0.CO;2-N](https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-0088(19970315)17:3%3C235::AID-JOC123%3E3.0.CO;2-N). Acesso em: 26 ago. 2024.

RODRIGUES, A. A.; SIQUEIRA, T. M.; CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; NUNES, A. B. Tendência e variabilidade da chuva no rio grande do sul, brasil. **Revista**

- Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 32, p. 177-207, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16179>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16179>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- SILVA, J. R. D. S.; COSTA, C. F. D.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. D. V. Variabilidade da precipitação e relação com a produtividade de mandioca (manihot esculenta) na cidade de Cruzeiro Do Sul, Acre. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 8, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30771>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/30771/26526/353554>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- SUMILA, T. C. A.; FERRAZ, S. E. T.; DURIGON, A. Evaluating possible changes in air temperature and precipitation patterns in Mozambique by comparing present and future RegCM4 simulation. **Meteorology**, Bournemouth, v. 2, n. 1, p. 15–36, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/meteorology2010002>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2674-0494/2/1/2>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- TAYE, M. T.; DYER, E.; CHARLES, K.; HIRONS, L. Potential predictability of the Ethiopian summer rains: understanding local variations and their implications for water management decisions. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 755, n. 1, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142604>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720361337>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- UAMUSSE, M. M.; TUSSUPOVA, K.; PERSSON, K. M. Efeitos das mudanças climáticas na energia hidroelétrica em Moçambique. **Cogent Engineering**, London, v. 7, p. 1-18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1765688>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2020.1765688>. Acesso em: 28 ago. 2024.
- UELE, D. I.; LYRA, G. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. Variabilidade espacial e intranual das chuvas na região sul de Moçambique, África Austral. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 32, n. 3, p. 473-484, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863230013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/CR7mxnsDYWDNKgmxSSFMT3H/?lang=pt>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- USMAN, M. T.; REASON, C. J. C. Dry spell frequencies and their variability over southern Africa. **Climate Research**, Oldendorf, v. 26, n. 3, p. 199-211, 2004. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr026199>. Disponível em: <https://www.int-res.com/articles/cr2004/26/c026p199.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- WMO. **Manual on flood forecasting and warning**. Geneva: WMO, 2011. (WNO, n. 1072) Disponível em: https://library.wmo.int/viewer/35881/download?file=1072_en.pdf&type=pdf&navigator=1. Acesso em: 26 ago. 2024.