



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA – UEPB  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO – CEDUC  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA

**DANIELSON JORGE DELGADO NEVES**

**TENDÊNCIAS DOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E SEUS  
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NAS ILHAS DE CABO VERDE**

**CAMPINA GRANDE  
2023**

DANIELSON JORGE DELGADO NEVES

**TENDÊNCIAS DOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E SEUS  
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NAS ILHAS DE CABO VERDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Geografia, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Geografia.

**Área de concentração:** Climatologia

**Orientador:** Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida

**CAMPINA GRANDE  
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

N518t Neves, Danielson Jorge Delgado.  
Tendência dos eventos extremos de chuva e seus impactos socioambientais nas ilhas de Cabo Verde [manuscrito] / Danielson Jorge Delgado Neves. - 2023.  
48 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, Coordenação do Curso de Geografia - CEDUC. "

1. Variabilidade climática. 2. Tendência climática. 3. Eventos extremos de chuvas. 4. Vulnerabilidade socioambiental. I. Título

21. ed. CDD 551.6

DANIELSON JORGE DELGADO NEVES

**TENDÊNCIAS DOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E SEUS  
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NAS ILHAS DE CABO VERDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Geografia, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Geografia.

Área de concentração: Climatologia

Aprovada em: 27 de junho de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof(a) Dra. Joana D'Arc Araújo Ferreira  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dra. Ayobami Badiru Moreira  
Serviço de Meteorologia da Alemanha (*Deutscher Wetterdienst - DWD*) e Universidade  
Albert-Ludwigs de Freiburg, Alemanha (Albert-Ludwigs-Universität).

DEDICO ao povo das ilhas de Cabo Verde.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, saúde e sabedoria, por me guiar e dar forças nos momentos de dificuldade e pela oportunidade de adquirir os conhecimentos que culminaram na conclusão deste trabalho, marcando assim, o fechamento de mais um ciclo de aprendizado.

Ao professor Dr. Hermes Alves de Almeida pela orientação, por ter acreditado na viabilidade desse estudo e pelo compartilhamento de ideias e ensinamentos, que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa.

À banca examinadora composta pela professora Dra. Joana D’Arc Araújo Ferreira e pela Dra. Ayobami Badiru Moreira, por terem aceitado avaliar este trabalho, e cujas valiosas considerações contribuíram sobremaneira para o aperfeiçoamento do documento final.

Aos professores e funcionários do departamento de Geografia, e demais departamentos da Universidade Estadual da Paraíba por todo o conhecimento facilitado e serviços prestados.

À minha esposa Nizely Costa, à minha filha Nina, aos familiares e amigos pelo suporte emocional e incentivo para a concretização de mais uma etapa da minha formação profissional. Obrigado pelo companheirismo e amor em todas as horas, compartilhando a aventura da vida e contribuindo para aliviar os momentos de estresse.

A todos os colegas de turma com quem tive o privilégio de conviver durante o período do curso, de realizar trabalhos, aulas de campo, socializar conhecimentos, experiências e compartilhar amizade. Em especial à dupla dinâmica Ana Gabriela Souza e Líbia Brenna Vieira Santos, companheiras de tantos trabalhos e seminários. Obrigado pela amizade!

Ao professor Dr. Nilton Évora do Rosário, por todo o apoio e conhecimentos compartilhados sobre a climatologia de Cabo Verde e pelas oportunidades de desenvolvimento científico proporcionado.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde pelos dados cedidos e pela habitual disponibilidade em cooperar com o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à climatologia em Cabo Verde.

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo principal analisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial em três ilhas da República de Cabo Verde, nomeadamente, São Vicente, Sal e Santiago, com ênfase nas tendências dos eventos extremos da precipitação pluvial. Tendo ainda, os seguintes objetivos específicos: analisar se as oscilações da chuva e temperatura do ar apresentam tendência de aumento ou diminuição; as respectivas frequências e tendências de ocorrências de eventos extremos de chuva e os impactos socioambientais. A metodologia deste estudo é quali-quantitativa, com análise exploratória e estatística de dados diários de temperatura média do ar e precipitação pluvial, referentes à 3ª normal climatológica (1991-2020), dos referidos locais. Além de pesquisa bibliográfica visando diagnosticar as ações governamentais associadas às vulnerabilidades socioambientais. As análises temporais dos dados de chuva e temperatura do ar foram feitas mediante critérios estatísticos das medidas de tendências centrais e de dispersão. A identificação de tendências foi por meio de teste de Mann-Kendall e a identificação dos eventos extremos de chuva pelo método dos Quantis. Os principais resultados indicaram que os modelos de distribuição de chuva são assimétricos e há existência de uma pequena tendência na diminuição da temperatura média do ar e aumento da precipitação, com significância estatística apenas em Mindelo na ilha de São Vicente. Os eventos extremos de chuva ocorreram entre os meses de agosto e outubro, coincidindo principalmente com os anos do fenômeno La Niña ou neutros, com dipolo do Atlântico positivo. Constatou-se, tendência, não significativa, de aumento dos eventos extremos de chuva na década de 2010-2020, quando comparada com as décadas anteriores. A vulnerabilidade socioambiental relacionada aos eventos extremos de chuvas é um tema que ainda está em discussão para políticas públicas, com indícios de articulação e parcerias nacionais e internacionais, visando ampliar estudos dos efeitos dos extremos do Tempo no referido arquipélago.

**Palavras-chave:** variabilidade climática; tendência climática; eventos extremos de chuvas; vulnerabilidade socioambiental.

## ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze the spatial and temporal variability of rainfall in three islands of the Republic of Cape Verde, namely, São Vicente, Sal and Santiago, with emphasis on trends in extreme rainfall events. Still having the following specific objectives: to analyze whether the oscillations of rain and air temperature tend to increase or decrease; the respective frequencies and trends in the occurrence of extreme rainfall events and socio-environmental impacts. The methodology of this study is quali-quantitative, with exploratory and statistical analysis of daily data on average air temperature and rainfall, referring to the 3rd climatological normal (1991-2020), of the referred locations. In addition to bibliographic research aimed at diagnosing government actions associated with socio-environmental vulnerabilities. Temporal analyzes of rainfall and air temperature data were performed using statistical criteria of central tendency and dispersion measures. Trends were identified using the Mann-Kendall test and extreme rainfall events were identified using the Quantile method. The main results indicated that the rainfall distribution models are asymmetrical and there is a slight tendency towards a decrease in average air temperature and an increase in precipitation, with statistical significance only in Mindelo on the island of São Vicente. Extreme rainfall events occurred between the months of August and October, coinciding mainly with La Niña or neutral years, with a positive Atlantic dipole. There was a non-significant trend towards an increase in extreme rainfall events in the 2010-2020 decade, when compared to previous decades. Socio-environmental vulnerability related to extreme rainfall events is a topic that is still under discussion for public policies, with evidence of articulation and national and international partnerships, aiming to expand studies of the effects of extreme weather in the referred archipelago.

**Keywords:** climate variability; climate trend; rainfall extreme events; socioenvironmental vulnerability.

## LISTA DE FIGURAS

<p>Figura 1. Representação das diferentes massas de ar ao redor do globo e localização do arquipélago de Cabo Verde (simbolizado pela estrela) em relação às massas de ar. Os símbolos na imagem denotam as seguintes massas de ar: mT – marítima Tropical; cT- continental Tropical; mP – marítimo polar, cP – continental Polar e cA – continental Artico. -----</p>	14
<p>Figura 2. Área de estudo - arquipélago de Cabo Verde -----</p>	19
<p>Figura 3. Médias mensais de precipitação pluvial (1996-2020) e temperatura média do ar (1999-2020) da cidade do Mindelo, ilha de São Vicente, Cabo Verde.-----</p>	25
<p>Figura 4. Médias mensais de precipitação pluvial e temperatura média do ar da cidade de Espargos, ilha do Sal, Cabo Verde. (Médias do período: 1991-2020). -</p>	26
<p>Figura 5 Médias mensais de precipitação pluvial e temperatura média do ar da cidade da Praia, ilha do Santiago, Cabo Verde. (Médias do período: 1991-2020).-----</p>	26
<p>Figura 6. Variação sazonal da precipitação pluvial mensal climatológica: mediana, média e desvio padrão, para a estação de Mindelo, de 1996 a 2020. ----</p>	27
<p>Figura 7. Variação sazonal da precipitação pluvial mensal climatológica: mediana, média e desvio padrão, para a estação de Espargos, de 1996 a 2020. ---</p>	27
<p>Figura 8. Variação sazonal da precipitação pluvial mensal climatológica: mediana, média e desvio padrão, para a estação de Praia, de 1996 a 2020. -----</p>	28
<p>Figura 9. Variação interanual da temperatura média do ar, na estação de Mindelo – São Vicente, de 1999 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série. -----</p>	29
<p>Figura 10. Variação interanual da temperatura média do ar, na estação de Espargos – Sal, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série.-----</p>	29
<p>Figura 11. Variação interanual da temperatura média do ar, na estação de Praia – Santiago, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série. -----</p>	30
<p>Figura 12. Variação interanual da precipitação pluvial acumulada, na estação de Mindelo – São Vicente, de 1996 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série. -----</p>	31
<p>Figura 13. Variação interanual da precipitação pluvial acumulada, na estação de Espargos – Sal, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha</p>	

tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série. -----	31
Figura 14. Variação interanual da precipitação pluvial acumulada, na estação de Praia – Santiago, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série. -----	32
Figura 15. Diagrama de caixa da precipitação diária registrada no trimestre chuvoso de agosto, setembro e outubro nas estações de (a) Mindelo de 1996-2020; (b) Espargos e (c) Praia de 1991 a 2020. -----	38
Figura 16. Imagens com manchete de notícia sobre ajuda da FAO a Cabo Verde para enfrentar a seca. -----	41
Figura 17. Imagens com manchetes de notícias sobre eventos extremos em Cabo Verde. -----	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes e intervalos dos quantis de precipitação diária aplicados às estações de Cabo Verde -----	23
Tabela 2. Valores do teste estatístico $Z^*$ de Mann-Kendall, para a temperatura média do ar. -----	30
Tabela 3. Valores do teste estatístico $Z^*$ de Mann-Kendall, para a precipitação total anual. -----	32
Tabela 4. Classes e intervalos dos quantílicos e respectivos limiares de precipitação diária em milímetros, aplicados às estações de Mindelo, Espargos e Praia. -----	33
Tabela 5. Características de anos com déficit de chuva na estação de Mindelo. -----	33
Tabela 6. Características de anos com déficit de chuva na estação de Espargos. -----	33
Tabela 7. Características de anos com déficit de chuva na estação de Praia. -----	34
Tabela 8. Características de anos chuvosos na estação de Mindelo. -----	35
Tabela 9. Características de anos chuvosos na estação de Espargos. -----	35
Tabela 10. Características de anos chuvosos na estação de Praia. -----	36
Tabela 11. Número de eventos extremos por década e por estação. -----	36
Tabela 12. Padrões de TSM, sobre os oceanos Pacífico e Atlântico, relacionados à quantidade de eventos extremos de precipitação ocorridos sobre as ilhas de Cabo Verde no período 1991-2020. -----	37

## LISTA DE SIGLAS

ATN	Atlântico Norte
ATS	Atlântico Sul
CPC	<i>Climate Prediction Center</i>
ENOS	El Niño/Oscilação Sul
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
INE	Instituto Nacional de Estatística
INMG	Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
NDC	<i>National Determined Contribution</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
OLA	Onda de Leste Africana
OMM	Organização Meteorologia Mundial
PIB	Produto Interno Bruto
SIDS	<i>Small Islands Developing States</i>
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
<b>2.1 Aspectos atmosféricos</b> .....	14
<b>2.2 Vulnerabilidade socioambiental</b> .....	17
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	19
<b>3.1 Caracterização da área de estudo</b> .....	19
<b>3.1.1 Aspectos demográficos e econômicos</b> .....	20
<b>3.2 Dados utilizados</b> .....	21
<b>3.3 Procedimentos metodológicos</b> .....	21
<b>3.3.1 Teste de Mann Kendall</b> .....	22
<b>3.3.2 Técnica dos Quantis</b> .....	23
<b>3.4 Procedimentos de análise</b> .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	25
<b>4.1 Caracterização climatológica sazonal</b> .....	25
<b>4.2 Variabilidade interanual e tendências climáticas</b> .....	28
<b>4.3 Eventos extremos de chuvas e sistemas atmosféricos e oceânicos associados.</b>	33
<b>4.3.1 Período de seca</b> .....	33
<b>4.3.2 Período chuvoso</b> .....	34
<b>4.4 Impactos na vulnerabilidade socioambiental</b> .....	39
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas, nas suas mais variadas formas, são profundamente condicionadas pelas condições do Tempo e pelas características da paisagem nos espaços ocupados pelo homem. A compreensão da variação temporal e espacial desses elementos permitiu ao homem passar da condição de nômade a sedentário, se fixando no espaço e estabelecendo territórios a partir do desenvolvimento de técnicas para domínio do cultivo de alimentos e domesticação de animais. Esses conhecimentos também foram úteis, posteriormente para o domínio sobre navegação marítima contribuindo para a expansão de territórios, entre outras atividades que conduziram a evolução da humanidade até o presente.

Atualmente, o conhecimento relacionado às oscilações do Tempo é importante, pois permite o planejamento de atividades domésticas, econômicas, agrícolas e industriais, além de questões ligadas à gestão de recursos hídricos, segurança e saúde das populações.

Quando ocorrem eventos de Tempo atípicos, que excedem os valores normais (médias de 30 anos) de ocorrência para mais ou para menos, em determinada localidade, esse evento é denominado de evento extremo e pode ser relacionado a excesso ou déficit precipitação pluvial, a ondas de frio ou de calor, entre outros. A ocorrência dos eventos extremos faz parte da dinâmica natural da atmosfera, que possui ciclos relacionados a sistemas meteorológicos e oceânicos de diferentes frequências.

Nas últimas décadas tem aumentando a discussão nas comunidades acadêmica e científica, na mídia, na política e em várias outras áreas, sobre como e em que medida a atividade humana pode interferir na intensidade e periodicidade, com que os eventos extremos ocorrem, assim como a forma como impactam as populações, de acordo com diferentes contextos sociais. Não há dúvidas que a Terra está passando por alterações climáticas, no entanto, a discussão principal tem sido sobre o papel do homem nessas alterações. Parte da comunidade científica credita ao homem responsabilidades por intensificar o efeito estufa natural da terra, ao lançar gases na atmosfera, resultantes da queima de combustíveis fósseis, desde a primeira revolução industrial, aumentando assim a temperatura global. Porém, essa tese é refutada por cientistas que afirmam que esse aquecimento é parte do ciclo natural de aquecimento e resfriamento da Terra e que a influência do homem não está comprovada como sendo preponderante para a intensificação do aquecimento global e suas demais repercussões.

Essa discussão é importante em várias áreas do conhecimento e mais especificamente na Geografia, uma ciência interdisciplinar, que estuda a relação do homem com a natureza, de como a sociedade transforma o meio e também é transformada pelo meio.

Pequenos Estados insulares são vulneráveis às oscilações do Tempo e, em especial, aos eventos extremos, em virtude de uma série de condições associadas à própria geografia, geomorfologia e hidrologia desses ambientes, normalmente, ocupando um espaço pequeno, com terreno acidentado, e rede de drenagem ou escoamento superficial que propiciam a erosão dos solos e o transporte dos sedimentos para o mar.

Esse é o cenário da República de Cabo Verde, um arquipélago formado por 10 ilhas, localizado na costa ocidental da África e inserido em um recorte geográfico, aonde o clima é predominantemente semiárido, integrando os domínios da região do Sahel.

O estudo de eventos extremos de chuvas sobre as ilhas de Cabo Verde justifica-se como de fundamental importância, para fornecer informações aos órgãos governamentais, à sociedade científica, acadêmica e civil, sobre a sua frequência de ocorrência e os cenários atmosféricos e oceânicos mais propícios para a ocorrência. Essas informações são úteis para elaboração de planos de contingência e mitigação, de modo a reduzir os impactos desses eventos sobre o meio, sobre as atividades desenvolvidas pela população, principalmente nas áreas da agricultura, pesca e turismo, importantes para a economia local.

Estudos e projeções climáticas têm indicado o aumento da temperatura do ar e da frequência dos eventos extremos de chuva a nível global e regional, no entanto, essa informação precisa ser avaliada a nível local também. O presente estudo considerando os dados climáticos históricos, observados sobre o arquipélago pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) de Cabo Verde, vai verificar a hipótese que há tendência de aumento na temperatura do ar e nos eventos extremos de chuva, nas últimas décadas sobre o arquipélago de Cabo Verde.

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho foi o de analisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial e da temperatura do ar, em três ilhas da República de Cabo Verde, com ênfase, aos eventos extremos, e seus efeitos na vulnerabilidade social e ambiental. Tendo ainda os seguintes objetivos específicos:

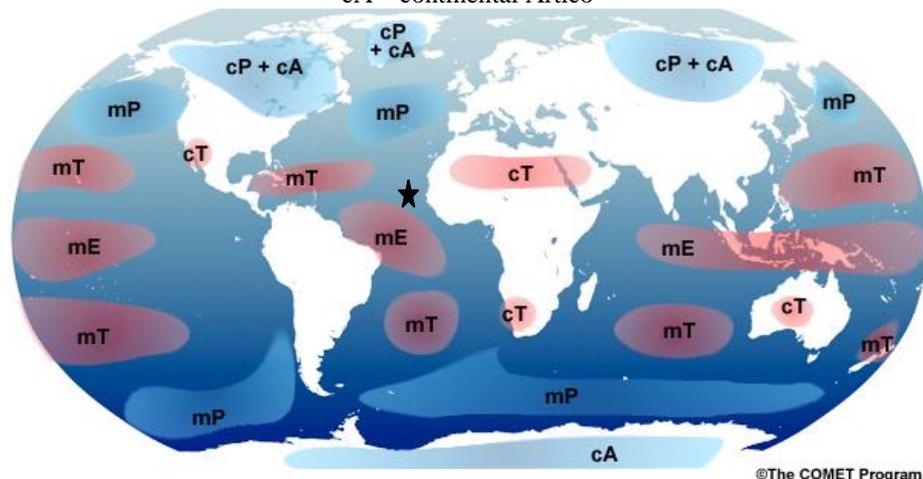
1. Analisar se as oscilações de precipitação pluvial e de temperatura do ar apresentam tendências de aumento ou diminuição ao longo do período de 1991-2020, por meio do teste de Mann-Kendall;
2. Quantificar os eventos extremos de precipitação pluvial, por meio da técnica dos quantis, e sua respectiva frequência e tendência de ocorrência;
3. Verificar os impactos socioambientais dos extremos pluviais nas referidas ilhas e quais medidas os órgãos governamentais têm adotado para lidar com os efeitos desses eventos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos atmosféricos

A República de Cabo Verde é um território tropical insular, localizado no Atlântico tropical norte (Figura 1 – estrela preta), próximo à costa ocidental da África. É influenciado pela oscilação de diferentes massas de ar, tais como a massa de ar marítima equatorial (mE), por deslocamentos das massas de ar marítima tropical (mT) sobre o oceano Atlântico norte (Alta dos Açores) e da massa de ar continental tropical (cT) presente ao norte do continente Africano. Essa interação de diferentes massas de ar sobre o arquipélago confere amplitude térmica reduzida e temperaturas amenas ao longo do ano (Correia, 1996).

**Figura 1.** Representação das diferentes massas de ar ao redor do globo e localização do arquipélago de Cabo Verde (simbolizado pela estrela) em relação às massas de ar. Os símbolos na imagem denotam as seguintes massas de ar: mT – marítima Tropical; cT- continental Tropical; mP – marítimo polar, cP – continental Polar e cA – continental Artico



Fonte: *The COMET Program* (2016, com adaptações).

A variação interanual na temperatura do ar pode ocorrer em função da dinâmica de sistemas atmosféricos de grande escala, assim como de eventos oceânicos como a corrente das Canárias, que modulam a temperatura da superfície do ar e do mar adjacente ao arquipélago (Correia, 1996).

De acordo com a normal climatológica de 1981-2010 do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde (INMG, 2019), as temperaturas do ar no arquipélago variam, entre valores médios mínimos de 18,5 °C, em fevereiro no inverno boreal, e médios máximos de 31,0 °C, em outubro no outono boreal.

Para Semedo (2004) o clima de Cabo Verde é influenciado pela sua localização, no Atlântico Oriental, onde os ventos Alísios integram uma vasta zona de climas áridos e semiáridos que abrange toda a África ao Sul do Sahara, na faixa de transição entre o deserto e

os climas úmidos tropicais. Essas condições fazem com que o clima do referido arquipélago seja do tipo subtropical seco e com influência oceânica.

Neves et al. (2017), ao analisar uma série de dados meteorológicos registrados em Cabo Verde indicou que o tipo de clima do arquipélago varia de árido a semiárido, contudo é possível encontrar algumas áreas com microclimas do tipo subúmido em regiões de altitude elevada.

Na região da Costa Ocidental Africana, em que Cabo Verde se localiza, os sistemas meteorológicos que mais contribuem para a precipitação são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Nicholson, 2018) e as Ondas de Leste Africanas (OLA), (Diehdiou et al., 2001) que estão na gênese de tempestades tropicais e furacões que geram grandes acumulados de chuva sobre o arquipélago (Thorncroft e Hodges, 2001).

A ZCIT é definida por Yan (2005) como a região de baixa pressão e próxima ao Equador, onde ocorre a confluência em superfície dos ventos Alísios de nordeste, provenientes do hemisfério norte, com os ventos Alísios de sudeste provenientes do hemisfério sul. A confluência dos ventos contribui para a formação de uma banda de nuvens com profundo desenvolvimento vertical. No seu deslocamento meridional a ZCIT atinge sua posição extrema no hemisfério norte em torno de 10 °N, em setembro favorecendo a precipitação em Cabo Verde.

OLA são sistemas atmosféricos sinóticos que se deslocam de oeste para leste, sobre a costa ocidental da África e o atlântico tropical. Esse sistema tem um comprimento de onda entre 1.500 km a 4.000 km, velocidade de 8 m.s<sup>-1</sup> e período entre 2.5 e 5.5 dias (Diehdiou et al., 2001). É caracterizado por provocar fortes precipitações pluviais em um curto intervalo de tempo e foi associada como um precursor de formação de furacões (Thorncroft e Hodges, 2001).

Segundo Babau et al. (1981) a atmosfera de Cabo Verde é governado pelas posições respectivas do anticiclone dos Açores, da Zona de Convergência Inter-tropical (ZCIT) e dos movimentos das massas de ar de macro escala do Atlântico médio, induzidas pelas suas mudanças sazonais de lugar. O movimento cíclico anual da ZCIT em torno do equador e a sua migração para as latitudes ao norte durante os meses de julho a outubro leva um clima monsônico temporário de sudoeste para Cabo Verde durante o verão. A presença da ZCIT sobre as latitudes de Cabo Verde é, no entanto afetada negativamente por flutuações do anticiclone dos Açores e por outros fluxos de massas de ar de altos níveis do norte do Oceano Atlântico Central. Um regime pluvial extremamente variável resulta das oscilações dessas zonas de altas e baixas pressões regionais.

A variabilidade interanual na precipitação em diferentes áreas do mundo é influenciada também pelas condições oceânicas do Pacífico, com a ocorrência do fenômeno El Niño, quando as águas equatoriais desse oceano estão anormalmente aquecidas, alterando assim a circulação atmosférica. Ocorre também o fenômeno La Niña quando as águas equatoriais do Pacífico estão anormalmente frias, interferindo na circulação atmosférica e no campo de precipitação (Didi et al., 2023)

Sobre o Atlântico temos a influência da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no posicionamento da ZCIT, com o Dipolo do Atlântico, que é a diferença entre a TSM do Atlântico Norte (ATN) e a do Atlântico Sul (ATS). Quando o dipolo é positivo, indica que a TSM do ATN é maior que a do ATS o que provoca a migração da ZCIT para norte, favorecendo a precipitação próxima a Cabo Verde, pois o sistema se mantém preferencialmente sobre águas mais aquecidas.

Quando o dipolo é negativo, indica que a TSM do ATN é menor que a do ATS e a ZCIT migra para sul se afastando de Cabo Verde, desfavorecendo a ocorrência de chuvas (Servain, 1991).

Os eventos extremos de precipitação pluvial ocorrem durante os meses de agosto, setembro e outubro, período chuvoso no arquipélago, denominado pela terminologia popular de “tempo das águas”, favorecidos pela monção africana e outros sistemas sazonais e transientes a nível sinótico e pela própria orografia das ilhas a nível local. Os meses de julho e dezembro são meses de transição da estação chuvosa para a estação seca que é denominada pela terminologia popular de “tempo das brisas” (Correia, 1996).

Há uma grande contribuição nas condições de Tempo nas Ilhas de Cabo Verde que provém dos ventos intensos de leste (lestadas), quentes e secos (Correia, 1996). Esses ventos carregam material do deserto do Sahara, reduzem a visibilidade horizontal, contribui para a queda da qualidade do ar nas ilhas do referido arquipélago, com impacto na saúde humana, nas atividades aéreas e portuárias.

O estudo dos sistemas meteorológicos atuantes sobre o arquipélago, a ocorrência de eventos extremos e de seus efeitos sobre o território, é importante e necessário, pois Cabo Verde como um país insular, possui um ecossistema frágil e bastante vulnerável a extremos climáticos, relacionados à seca, chuvas torrenciais, inundações, deslizamentos de vertentes, e também aos riscos decorrentes da elevação do nível médio do mar, devido ao aquecimento global como alerta o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*), (IPCC, 2007).

Nesse contexto observa-se uma carência de estudos nessa temática para Cabo Verde, com alguns poucos estudos focando na questão das tendências climáticas, com o teste de Mann-Kendall aplicada a precipitação, como o estudo de Chaves (2021), porém a série temporal analisada (9 anos) é curta para se identificar tendência de mudanças significativas.

Para Pinto et al. (2003), o conhecimento da variabilidade climática é de grande importância, uma vez que dependendo de sua magnitude ela pode trazer consequências para a humanidade e a biodiversidades dos sistemas naturais. Quando se trata de regiões semiáridas, estas são mais vulneráveis, de acordo com o IPCC (2007) e é imprescindível que essa vulnerabilidade seja quantificada, e estudada as possibilidades de mitigação e adaptação.

## 2.2 Vulnerabilidade socioambiental

De acordo com Confalonieri (2003) o conceito de vulnerabilidade social de uma população tem sido utilizado para a caracterização de grupos sociais, que são mais afetados por estresse de natureza ambiental, inclusive aqueles ligados ao clima. Os principais desenvolvimentos conceituais sobre vulnerabilidade têm vindo da comunidade científica, que estuda os efeitos e a prevenção de impactos dos desastres naturais.

Nesse contexto, Blaikie et al. (1994) definiram vulnerabilidade como “as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de antecipar, lidar com, resistir e recuperar-se dos impactos de um desastre climático”. Também, Pelling e Uitto (2002) definiram a vulnerabilidade como o “produto da exposição física, um perigo natural e da capacidade humana para se preparar para e recuperar-se dos impactos negativos dos desastres”.

O IPCC (2007) explica a vulnerabilidade como o grau em que um sistema está suscetível a, ou é incapaz de lidar com, efeitos adversos de eventos extremos, sendo uma função de três componentes:

1. **Exposição:** representa a extensão na qual um sistema está sujeito a um fenômeno atmosférico;
2. **Sensibilidade:** expressa o grau em que um sistema é afetado (tanto de forma positiva ou negativa) por eventos climáticos e;
3. **Capacidade de adaptação:** é a capacidade em mitigar o perigo e reduzir/anular o seu impacto.

Assim, o arquipélago de Cabo Verde pode ser caracterizado como vulnerável, por se localizar numa região exposta tanto a secas como a atuação de tempestades tropicais e

furacões, sendo sensível aos efeitos negativos dos eventos extremos e com limitada capacidade de adaptação devido às limitações financeiras e de infraestrutura.

O Estado de Cabo Verde, ao divulgar o Compromisso Climático Nacional (do inglês *Nationally Determined Contribution* - NDC), no âmbito do Acordo de Paris, afirma, por meio do ministério da agricultura e ambiente que:

“O arquipélago não possui cursos de água permanentes, não possui florestas naturais, tem recursos minerais limitados e escassez de áreas adequadas para agricultura, com apenas 12% do seu território com terras aráveis. Cabo Verde é particularmente exposto a um aumento nos eventos extremos meteorológicos, desertificação do solo e secas persistentes. Também são observadas de forma ocasional fortes chuvas que causam severos danos. Como consequência, o arquipélago enfrenta vários desafios associados, entre outros, a escassez de água, de alimentos e de segurança energética.” (Cabo Verde – NDC, 2021, p.8).

A escassez hídrica condiciona à prática da agricultura, ao regime de sequeiro, em grande parte das terras aráveis, dependendo exclusivamente da qualidade do período chuvoso para a produção agrícola.

Informações do NDC (2021) indicam que a temperatura média do ar em Cabo Verde vem aumentando desde 1990 a uma taxa de 0,04% ao ano e projeções apontam que deverá aumentar em até 1°C até 2040 e em até 3°C até o final do século. Em relação à precipitação as projeções apontam para uma redução na média anual de chuva em torno de 2%, uma ampliação temporal da estação seca e redução da estação chuvosa com mais chances de ocorrências de secas severas. As chuvas serão localizadas e torrenciais, concentradas num curto período de tempo, com grandes volumes de água gerando escoamento superficial e erosão dos solos.

As alterações climáticas nas últimas décadas e as projeções realizadas para as décadas seguintes têm potencial para impactar sobremaneira o povo cabo-verdiano tanto a nível social, em termos de segurança alimentar, quanto nas atividades econômicas, agro-pecuárias, turísticas, entre outras que contribuem para o Produto Interno Bruto (PIB) do país.

“Tal como outros Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (SIDS), Cabo Verde, apesar de pouco contribuir para o aquecimento global, está entre os países mais afetados pelas alterações climáticas devido à fragilidade dos seus ecossistemas. Os impactos incluem aumento da aridez climática e frequência de secas, agravamento da intrusão salina e deterioração das águas subterrâneas, degradação do solo e perda de biodiversidade, aumento da frequência e intensidade de furacões e tempestades tropicais, entre outros.” (Cabo Verde – NDC, 2021, prefácio).

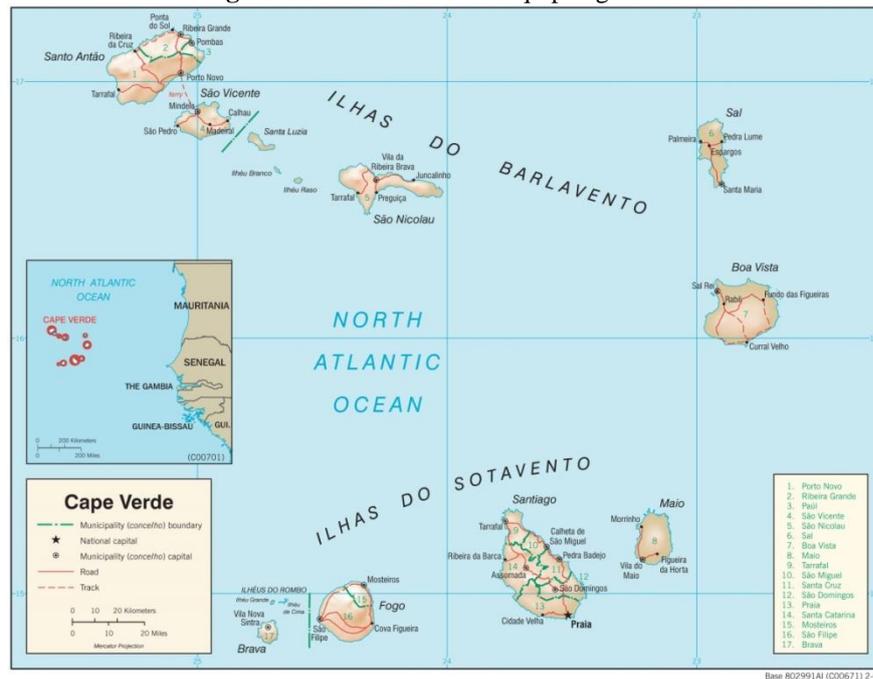
Assim, é importante conhecer como essas alterações vão impactar na vulnerabilidade social e ambiental dos povos, nos ambientes rural e urbano, para uma resposta proporcional à problemática.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

Cabo Verde é um pequeno arquipélago, localizado no oceano Atlântico, ocupando uma área total de aproximadamente 4.033 km<sup>2</sup>, entre as latitudes 17°12' e 14°48' N e longitudes 22°44' e 25°22' W, próximo à costa ocidental Africana, a aproximadamente 500 km de Dakar, capital do Senegal, conforme apresentado na Figura 2.

**Figura 2.** Área de estudo - arquipélago de Cabo Verde



Fonte: Perry-Castañeda Library Map Collection (2004)

O território de Cabo Verde compreende dez ilhas e algum ilhéus, divididos em dois grupos de acordo com a disposição em relação aos ventos Alísios que sopram de nordeste: a barlavento tem-se as ilhas ao norte, Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal, Boa Vista e os Ilhéus Boi, Pássaros, Rabo de Junco, Branco, Raso, Sal Rei e do Baluarte; enquanto a sotavento tem-se as ilhas ao sul, Maio, Santiago Fogo, Brava e os Ilhéus Rombo ou Secos, (Grande, Baixo, de Cima, do Rei, Luís Carneiro), Sapado e o Ilhéu de Santa Maria.

De acordo com o Livro Branco sobre o estado do Meio Ambiente em Cabo Verde (MAAP, 2004), o material geológico de Cabo Verde é composto essencialmente por rochas vulcânicas tais como os basaltos, fofolitos, tufos, escórias, traquitos, andesites e rochas sedimentares, principalmente calcárias. O relevo é geralmente muito acidentado, com grande declividade e com altitudes elevadas em algumas ilhas: São Nicolau com 1.340 m, Santiago com 1.395 m, Santo Antão com 1.979 m, sendo o ponto mais alto de Cabo Verde na ilha do Fogo com o pico do vulcão de mesmo nome, ainda ativo, a 2.829 m.

De acordo com Moreno (2009), os solos são majoritariamente de origem vulcânica, são desenvolvidos em substrato basáltico de textura grosseira ou média, acidentados, ricos em elementos minerais, mas rasos e pobres em matéria orgânica, mostrando sinais de degradação significativos.

### **3.1.1 Aspectos demográficos e econômicos**

Os dados do último censo realizado no país, em 2021 (INE, 2022) aponta que a população de Cabo Verde é de cerca de 491.233 habitantes, sendo 246.363 homens (50,2%) e 244.870 mulheres (49,8%). A maior parcela da população do país reside em ambiente urbano (74,1%) e os demais em ambiente rural (25,9%). A capital do país, cidade da Praia concentra 29,6% da população de Cabo Verde. Os concelhos mais densamente povoados do país são: Praia (1.485 habitantes/km<sup>2</sup>) e São Vicente (336,9 habitantes/km<sup>2</sup>). Cabo Verde possui uma população jovem com média de idade de 30 anos (homens: 29,0 anos e mulheres: 31,0 anos).

Segundo informações do Banco Mundial (2023), Cabo Verde tem apresentado progressos económicos significativos desde 1990, impulsionados em grande parte pelo rápido desenvolvimento do turismo (25% do PIB), associado a um desenvolvimento social considerável devido a políticas sociais fortes desde os anos 1970.

O turismo é beneficiado pelas condições climáticas de Cabo Verde, com temperaturas amenas ao longo do ano e pouca chuva, o que garante tempo bom para férias nas praias do país e atrai turistas europeus, principalmente, durante os meses de inverno boreal. Nesse cenário, cabe destacar o estabelecimento no país de grandes cadeias de hotéis que implantam o modelo “*all inclusive*”, onde o turista entra no território de Cabo Verde, mas não tem a oportunidade ou necessidade de vivenciar o país, pois tem tudo o que precisa no hotel, normalmente, muito bem equipados com infraestrutura de hospedagem, restauração e praias para o uso exclusivo dos clientes. O turismo movimenta a economia do país, principalmente com os impostos cobrados, mas a crítica que se põem, é que poderia ser mais explorado em benefício da população local.

A população com mais de 15 anos de idade em Cabo Verde foi classificada, de acordo com o último censo de 2021, em relação à condição de atividade econômica, como população ativa ocupada (56,5%), população inativa (38,3%) e população desempregada (5,1%). Grande parte da população ativa ocupada se encontra no setor de serviços. As limitações climáticas e geográficas, não permitem o desenvolvimento extensivo da agricultura ou pecuária, assim a como a indústria é quase que inexistente, ficando o país obrigado a importar quase tudo o que consome de alimento e de produtos industrializados. As limitações, impulsionadas por

períodos de seca extrema geraram várias ondas de migração do povo cabo-verdiano pelo mundo, ao longo de sua história, principalmente para a Europa e Estados Unidos da América, procurando por melhores condições de vida. A população na diáspora também contribuiu bastante para o desenvolvimento do país com o envio de divisas e investindo no país.

### **3.2 Dados utilizados**

Neste estudo são utilizados dados diários da precipitação pluvial e da temperatura média do ar, observados em Cabo Verde. Os dados foram registrados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde (INMG), para as cidades do Mindelo na ilha de São Vicente, Espargos na ilha do Sal e Praia na ilha de Santiago, onde se encontram as estações meteorológicas com disponibilidade de dados, compreendendo a normal climatológica mais recente (1991-2020), com séries de 30 anos de dados diários de precipitação e temperatura do ar.

A estação do Mindelo apresentou algumas falhas nos dados diários ao longo da série climatológica, e por isso, foram considerados apenas os anos sem falhas para as análises, ou seja, de 1996 a 2020 para a precipitação pluvial e de 1999 a 2020 para temperatura do ar. Já as outras duas estações (Espargos e Praia) não apresentaram falhas que comprometam as análises entre 1991 e 2020.

### **3.3 Procedimento metodológico**

Para a efetivação deste os dados foram organizados em planilhas do Excel para o cálculo dos acumulados mensais e anuais de precipitação pluvial e temperatura do ar. Utilizando-se os critérios da estatística climatológica e descritiva foram determinadas as medidas de tendências centrais (médias e medianas) e de dispersão.

As médias mensais das médias, medianas e desvio padrão foram plotadas em gráficos, além das oscilações anuais da chuva, em relação à mediana, e da mediana  $\pm$  o desvio padrão da série.

Esse procedimento permitiu identificar os anos com precipitação pluvial abaixo ou acima da mediana. Os anos nos quais os totais observados foram superiores ao valor da mediana + o desvio padrão, foram considerados com anos extremos. Análise semelhante foi feita com a variação interanual da temperatura média do ar na escala anual.

A temperatura média diária foi calculada pelo método padrão, recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e as médias mensais e anuais de temperatura do ar e de precipitação pluvial, foram calculadas pela média aritmética.

### 3.3.1 Teste de Mann Kendall

As tendências temporais dos totais anuais da precipitação pluvial e temperatura do ar foram analisadas através do teste de Mann-Kendall, Mann (1945) e Kendall (1975). Esse teste consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem seqüencial. É contado o número de vezes que os termos restantes são maiores do que o valor analisado. A estatística  $S$  é obtida pela soma de todas as contagens, como segue:

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

em que o  $\text{sin al}(x_i - x_j)$  é obtido da seguinte forma:

-1 para  $x_i - x_j < 0$ ,

0 para  $x_i - x_j = 0$ ,

1 para  $x_i - x_j > 0$ .

A estatística  $S$  tende a normalidade para  $n$  grande, com média e variância definidas como se segue:

$$E[S] = 0, \quad (2)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5)], \quad (3)$$

em que  $n$  é o tamanho da série temporal,  $t_p$  é o número de passos até o valor  $p$  e  $q$  é o número de valores iguais. O teste estatístico  $Z$  é dado por:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0, \\ 0 & \text{se } S = 0, \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0. \end{cases} \quad (4)$$

A presença de uma tendência estatisticamente significativa na série temporal foi avaliada usando-se o valor de  $Z$ . Essa estatística é usada para testar a hipótese nula de que nenhuma tendência existe. O valor positivo de  $Z$  indica uma tendência crescente. Para testar qualquer tendência constante crescente ou decrescente para um nível significativo de  $p$ , é rejeitada a hipótese nula se o valor absoluto de  $Z$  é maior que  $Z_{1-p/2}$ , o qual é obtido na tabela da distribuição normal. Foram aplicados os níveis de significância de  $p = 0,01$  e  $0,05$ . Por outro lado, se  $t$  estiver entre  $1,96$  e  $2,57$  ou maior do que  $2,57$ , rejeita-se a hipótese nula aos níveis de  $5\%$  e  $1\%$ , respectivamente. Assim, as médias são estatisticamente diferentes nesses níveis de significância.

### 3.3.2 Técnica dos Quantis

A técnica dos Quantis (Xavier, 2002), foi aplicada sobre a série precipitação pluvial, para classificar os eventos extremos diários de precipitação. Consideradas as probabilidades contínuas relacionadas à determinada variável aleatória  $X$  (chuva), pode-se definir o quantil ( $Q_p$ ) para cada número real entre zero e um, respondendo à seguinte condição:

$$\text{Prob}(X \leq Q_p) = p$$

Em que  $p$  é a ordem quantílica relacionada ao quantil  $Q_p$  em termos percentuais e  $X$  é a variável aleatória relacionada à precipitação.

A estimativa dos quantis foi realizada seguindo os seguintes passos de acordo com Santos (2011), na manipulação da série temporal diária de precipitação:

1. Disponibilização dos dados  $y_j$ , sendo  $N$  o número de observações;
2. Ordenação crescente dos dados:  $y_1 < y_2 < \dots < y_j < \dots < y_N$
3. Enumeração da ordem  $j$  de cada elemento da série
4. Determinação da ordem quantílica  $p_j$  (percentil) referente a cada elemento da série:

$$p_j = [j/(N+1)] * 100$$

5. Cálculo do quantil  $Q_p$ , para uma ordem quantílica “ $p$ ” qualquer:

$$Q(p) = y_j + \{[p - p_j] / [p_{j+1} - p_j]\} * [y_{j+1} - y_j]$$

Os eventos de precipitação pluvial diários foram agrupados em classes quantílicas considerando os intervalos dispostos na Tabela 1, de forma adaptada as divisões propostas por Duarte et al. (2015).

**Tabela 1.** Classes e intervalos dos quantis de precipitação diária aplicados às estações de Cabo Verde

<b>Classes quantílicas</b>	<b>Intervalos quantílicos</b>
Muito Fraca	$Q_p \leq 0,15$
Fraca	$0,15 < Q_p \leq 0,35$
Habitual	$0,35 < Q_p \leq 0,65$
Forte	$0,65 < Q_p \leq 0,85$
Muito forte	$0,85 < Q_p \leq 0,95$
<b>Extremamente forte</b>	<b><math>Q_p &gt; 0,95</math></b>

Fonte: Adaptado de Duarte et al. (2015)

### 3.4 Procedimentos de análise

A análise e discussão sobre vulnerabilidade aos eventos extremos foram realizadas a partir da identificação de períodos de seca, em que as chuvas anuais foram menores que a diferença entre a mediana e o desvio padrão, enquanto, períodos chuvosos são identificados quando as chuvas anuais foram maiores que a soma da mediana com o desvio padrão. Os

eventos de precipitação extrema na série diária de chuva foram identificados pelos valores de chuva que superaram o quantil  $Q_{95}$ .

Tendo em vista, o efeito das anomalias de temperatura da superfície do mar sobre os oceanos Pacífico e Atlântico, na circulação atmosférica e no regime de precipitação, foram consultados registros históricos de ocorrência de El Niño/La Niña disponibilizados pelo Centro de Previsão Climática, órgão da Administração Nacional da Atmosfera e Oceanos (CPC/NOAA) dos Estados Unidos da América pelo link ([https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)) e também registros de ocorrência do Dipolo do Atlântico, disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, pelo link ([http://www3.funceme.br/produtos/manual/oceanografia/Campos\\_TSM/dipolo.htm](http://www3.funceme.br/produtos/manual/oceanografia/Campos_TSM/dipolo.htm)).

A investigação dos impactos de eventos extremos foi realizada a partir de divulgações, imagens e relatos em veículos de imprensa local e da análise de documentos oficiais dos órgãos governamentais de Cabo Verde, sobre as medidas de mitigação e controle de danos implementados em situações de eventos extremos.

O presente estudo se insere na categoria de análise do espaço geográfico num sentido mais amplo e de paisagem de forma mais específica. É analisado como as variáveis atmosféricas de temperatura média do ar e de precipitação têm evoluído e as oscilações climáticas que têm ocorrido nos últimos 30 anos, com seus impactos na paisagem e no espaço geográfico. Os extremos de chuva, tanto de déficit como de excesso, alteram a paisagem e afetam as atividades humanas em vários níveis.

Nesse contexto, os impactos socioambientais precisam ser estudados, tendo em vista que se trata de um país com poucos recursos, em termos financeiros e de infraestrutura, com capacidade de resposta limitada às catástrofes naturais, apesar do que afirma o Censo de 2021 que “desde que Cabo Verde se tornou independente de Portugal, em 1975, tem trilhado um percurso virado para o desenvolvimento, tendo efetuado diversas conquistas em diferentes frentes, o que lhe permitiu estar hoje colocado entre os Países de Rendimento Médio.” (INE, 2022. p. 8).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação das metodologias listadas anteriormente, aos dados disponibilizados pelo INMG conduziu a resultados que são apresentados, analisados e discutidos no presente capítulo, com enfoque na variabilidade interanual e tendências na precipitação pluvial e na temperatura do ar, assim como, na identificação dos eventos extremos de chuva e sua variabilidade.

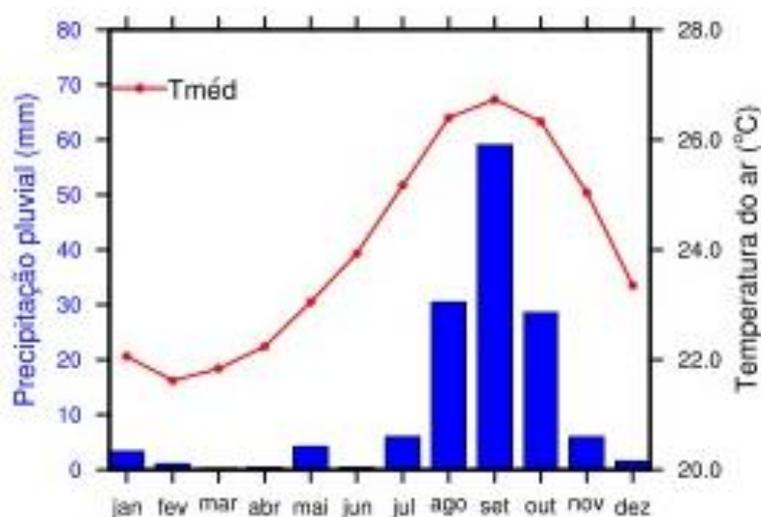
### 4.1 Caracterização climatológica sazonal

É possível compreender a variação sazonal da temperatura média do ar e da precipitação pluvial, médias para os períodos disponíveis, com base nos dados observados pelo INMG, em alguns pontos do arquipélago.

Observa-se que o máximo de precipitação pluvial e temperatura do ar no período analisado, ocorrem durante o verão e outono boreal, nos meses de agosto, setembro e outubro (Figuras 3, 4 e 5), na terminologia popular tempo das águas, enquanto nos meses de janeiro, fevereiro e março se observam as menores temperaturas do ar e ausência de precipitação, tempo das brisas, durante o inverno boreal, como indicado também por Correia (1996).

A estação na cidade do Mindelo, registra em fevereiro os menores valores de temperatura média do ar, em torno de 22 °C e precipitação pluvial aproximadamente nula, enquanto os maiores valores de temperatura média do ar, de aproximadamente 27 °C e da precipitação pluvial, de aproximadamente 60 mm ocorrem em setembro, em termos de valores médios para o período analisado, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

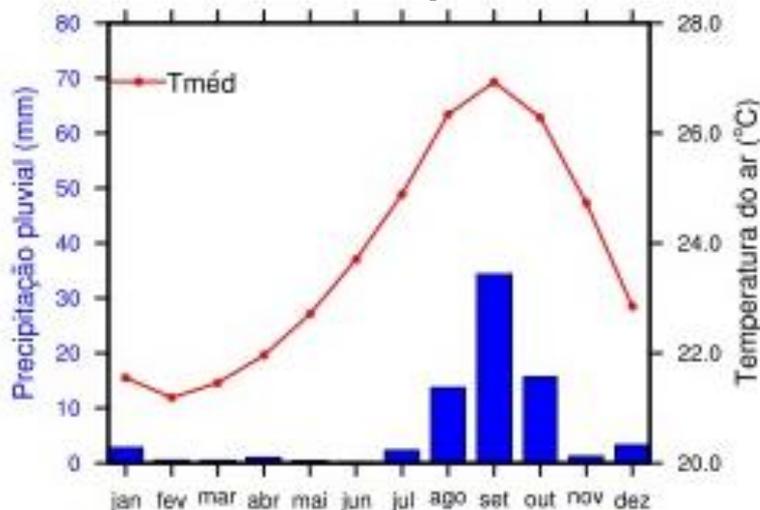
**Figura 3.** Médias mensais de precipitação pluvial (1996-2020) e temperatura média do ar (1999-2020) da cidade do Mindelo, ilha de São Vicente, Cabo Verde.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

A estação na cidade de Espargos, registra também em fevereiro os menores valores de temperatura média do ar, em torno de 21 °C e precipitação pluvial aproximadamente nula, enquanto os maiores valores de temperatura média do ar, de aproximadamente 27 °C e da precipitação pluvial, de aproximadamente 35 mm ocorrem em setembro, em termos de valores médios para o período analisado, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

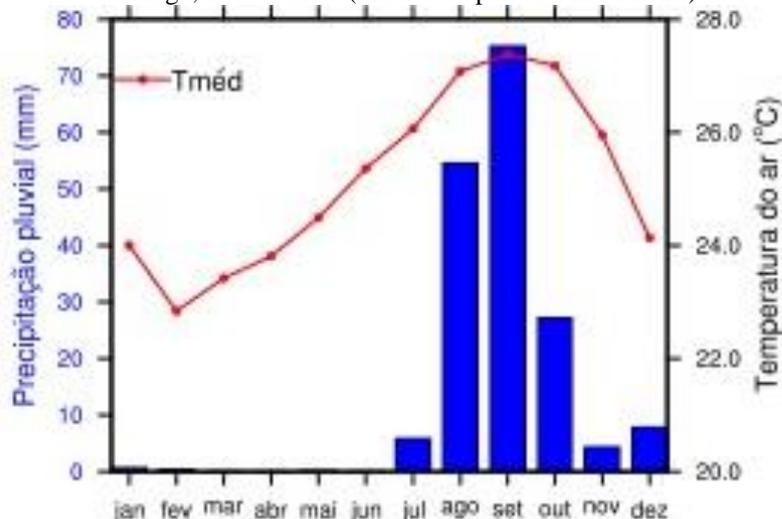
**Figura 4.** Médias mensais de precipitação pluvial e temperatura média do ar da cidade de Espargos, ilha do Sal, Cabo Verde. (Médias do período: 1991-2020).



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

De forma semelhante, a estação na cidade da Praia, registra em fevereiro os menores valores de temperatura média do ar, em torno de 23 °C e precipitação pluvial aproximadamente nula, enquanto os maiores valores de temperatura média do ar, de aproximadamente 27,5 °C e da precipitação pluvial, de aproximadamente 75 mm ocorrem em setembro, em termos de valores médios para o período analisado, conforme pode ser visualizado na Figura 5.

**Figura 5.** Médias mensais de precipitação pluvial e temperatura média do ar da cidade da Praia, ilha do Santiago, Cabo Verde. (Médias do período: 1991-2020).

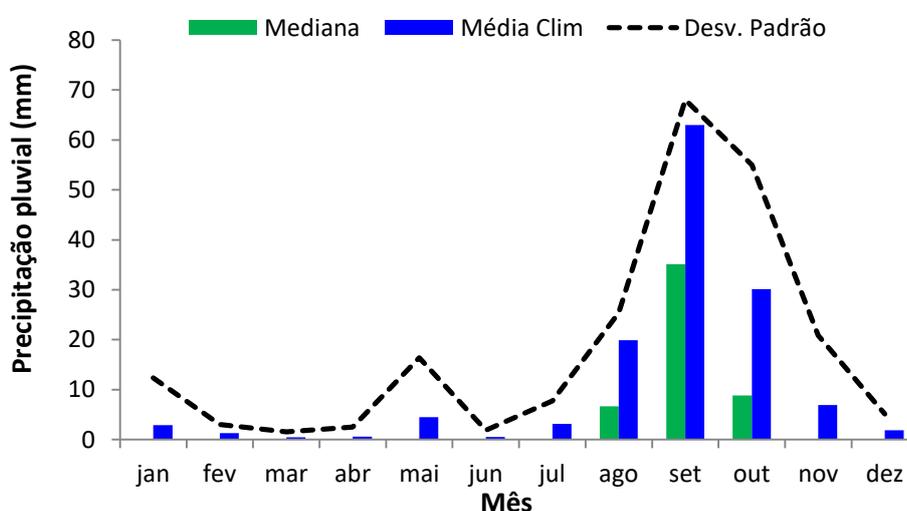


**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

Os maiores valores de temperatura média do ar e de precipitação pluvial na estação da Praia podem ser associados à sua posição geográfica na ilha de Santiago localizada no sul do arquipélago de Cabo Verde, mas próxima da faixa equatorial (quente e úmida).

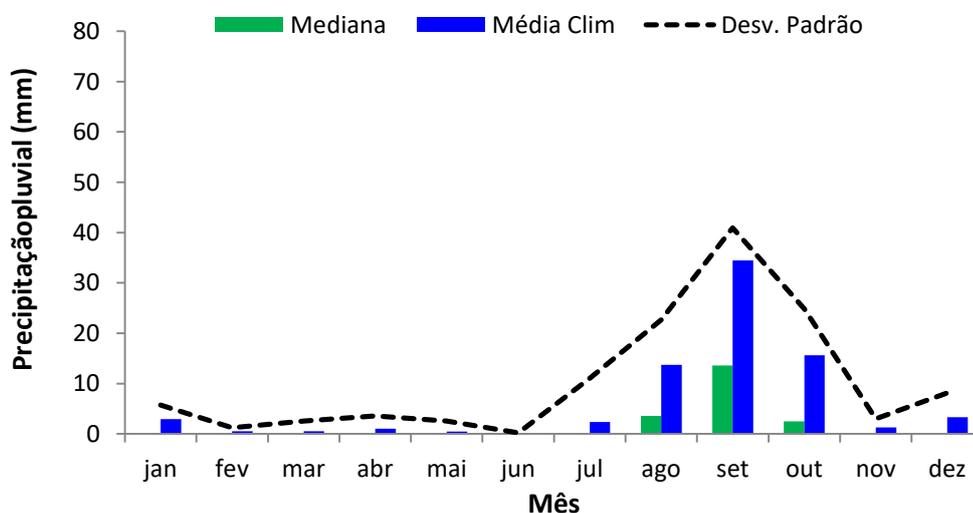
A variação climatológica da média, mediana e do desvio padrão da precipitação para as estações de Mindelo, Espargos e Praia é apresentada nas Figuras 6, 7 e 8, respectivamente. Pode-se observar que todas as estações apresentam o mesmo padrão de evolução das medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão) ao longo do ano.

**Figura 6.** Variação sazonal da precipitação pluvial mensal climatológica: mediana, média e desvio padrão, para a estação de Mindelo, de 1996 a 2020.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

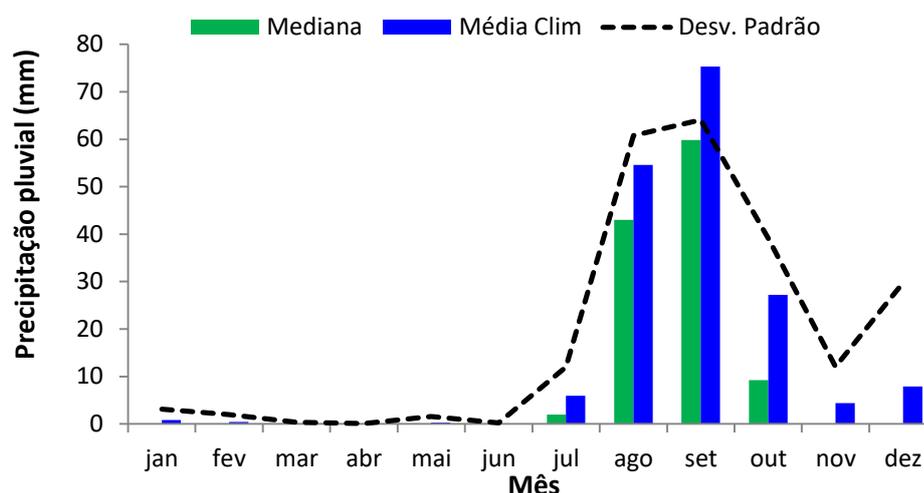
**Figura 7.** Variação sazonal da precipitação pluvial mensal climatológica: mediana, média e desvio padrão, para a estação de Espargos, de 1996 a 2020.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

Observa-se também uma assimetria entre a média e a mediana e acentuada variação no desvio padrão, se aproximando aos valores da média no período chuvoso (agosto, setembro e outubro) o que indica grande variação nos acumulados de precipitação pluvial nesse período.

**Figura 8.** Variação sazonal da precipitação pluvial mensal climatológica: mediana, média e desvio padrão, para a estação de Praia, de 1996 a 2020.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

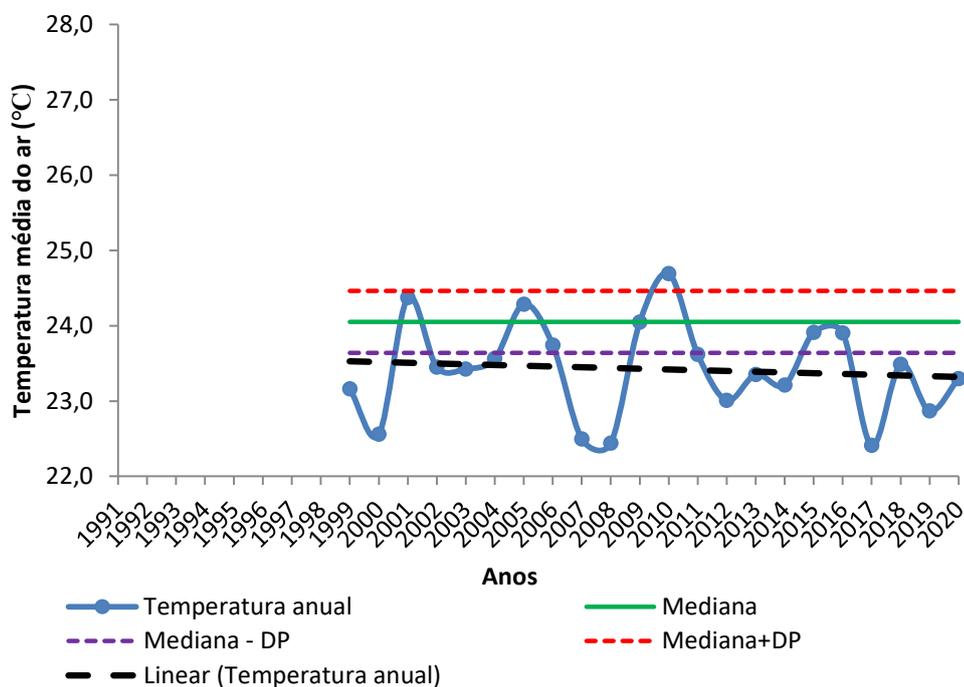
Nesse contexto, para fins de análise dos eventos extremos foi considerada a mediana em vez da média de precipitação, pois a média, do ponto de vista estatístico, pode mascarar a realidade, de acordo com Monteiro e Zanella (2023).

## 4.2 Variabilidade interanual e tendências climáticas

A análise das séries temporais diárias e os resultados das estatísticas aplicadas permitiram verificar que a temperatura média climatológica do ar oscila entre 22,5 °C e 26,5 °C, em todas as estações analisadas, a nível sazonal e interanual. Na escala diária a amplitude térmica é maior ao longo da série histórica de cada estação, com Mindelo registrando temperaturas variando entre 19,4 °C e 30,2 °C, enquanto Sal teve temperaturas entre 18,3 °C e 31,1 °C e Praia registrou temperaturas entre 19,3 °C e 31,8 °C.

A temperatura do ar anual em 2010 superou 1 desvio padrão positivo em relação a mediana nas estações do Mindelo e de Espargos (Figuras 9 e 10) associada a fase positiva do Dipolo do Atlântico. Já em 2018, a temperatura do ar foi menor que 1 desvio padrão negativo em relação a mediana, nas estações de Espargos e Praia (Figuras 10 e 11) associados a fase negativa do Dipolo do Atlântico.

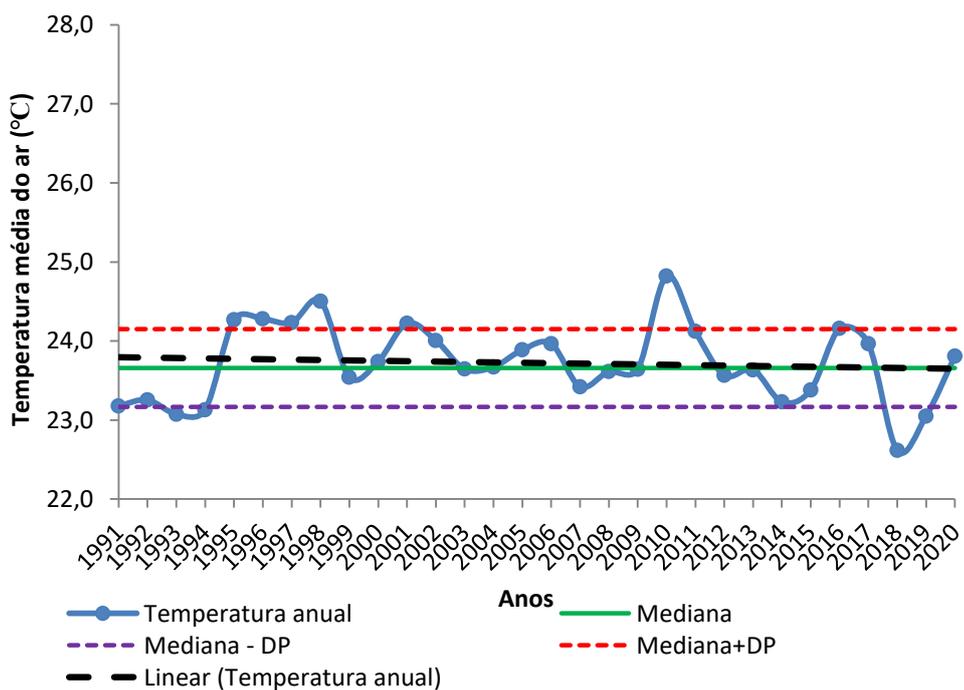
**Figura 9.** Variação interanual da temperatura média do ar, na estação de Mindelo – São Vicente, de 1999 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

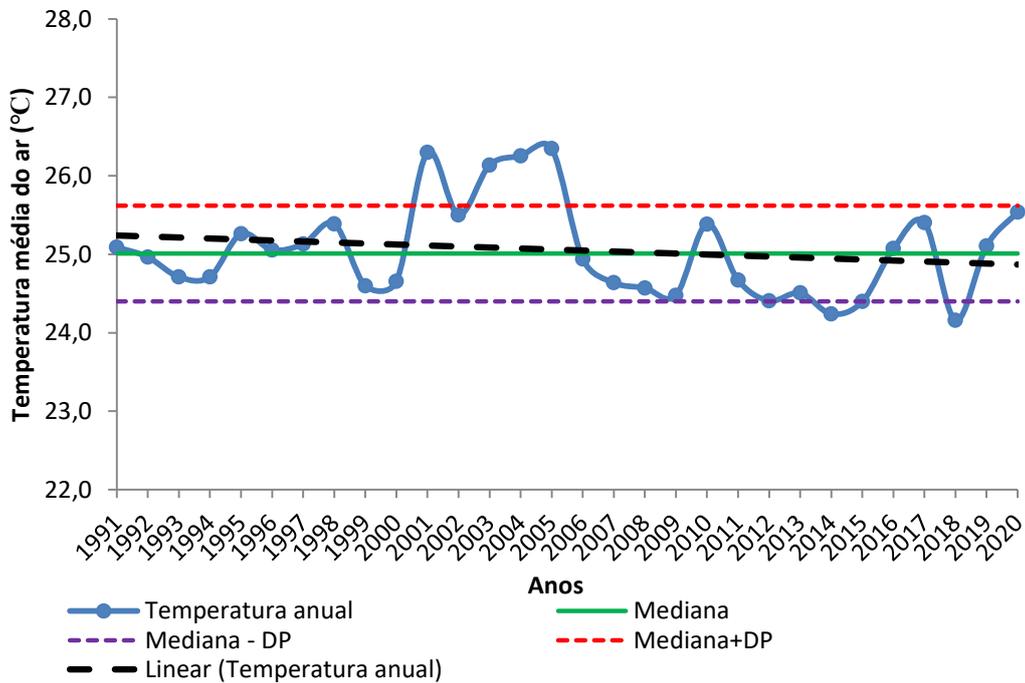
A Figura 9 apresenta os dados de temperatura do ar a partir de 1999 até 2020, pois na estação de Mindelo – São Vicente, os anos anteriores apresentaram falhas na série de dados.

**Figura 10.** Variação interanual da temperatura média do ar, na estação de Espargos – Sal, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

**Figura 11.** Variação interanual da temperatura média do ar, na estação de Praia – Santiago, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

As estações apresentaram uma tendência de diminuição da temperatura média do ar, ao longo da última normal climatológica (1991-2020), no entanto, essa tendência é reduzida e não possui significância estatística, conforme ilustrado na Tabela 2. Esse resultado contraria a literatura referente a mudanças climáticas, porém como não é estatisticamente significativo, mostra-se insuficiente para afirmar se o arquipélago está vivenciando ou não os efeitos das alterações climáticas globais, no que se refere a aumento da temperatura do ar.

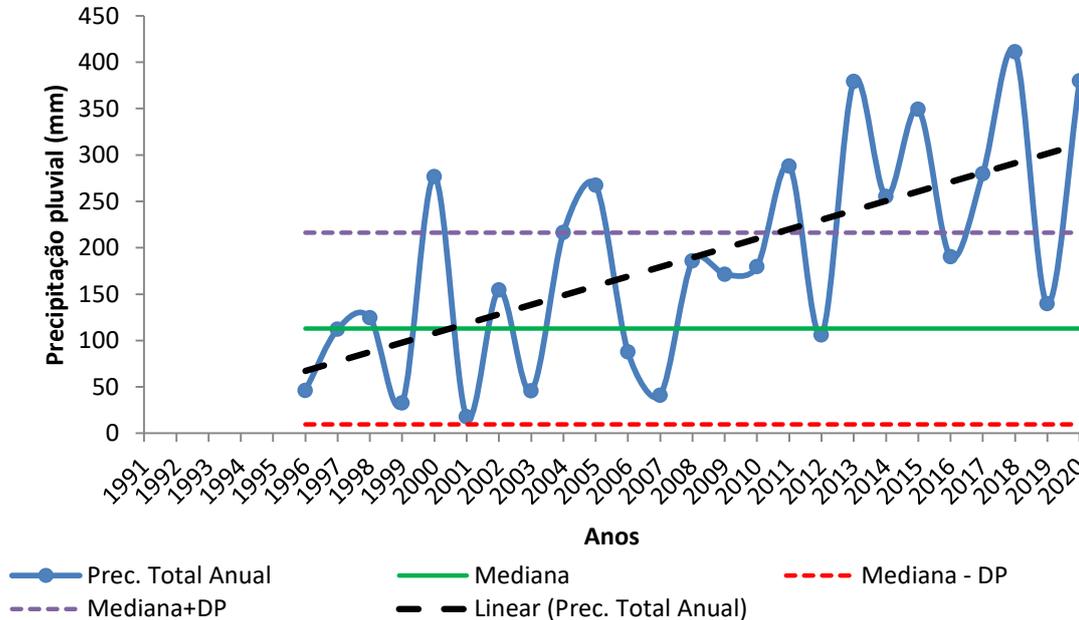
**Tabela 2.** Valores do teste estatístico  $Z^*$  de Mann-Kendall, para a temperatura média do ar.

Estação	Estatística $Z^*$	Tendência	Significância
Mindelo – São Vicente	-0,59	Diminuição	Sem significância
Espargos - Sal	-0,76	Diminuição	Sem significância
Praia - Santiago	-1,23	Diminuição	Sem significância

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2023.

A variação interanual da precipitação pluvial apresenta períodos com características distintas: um período na primeira metade da série temporal, com oscilação dos totais anuais em torno da mediana e outro período na segunda metade da série temporal, com tendência de aumento de até 1 desvio padrão acima da mediana, conforme ilustram as Figuras 12, 13 e 14.

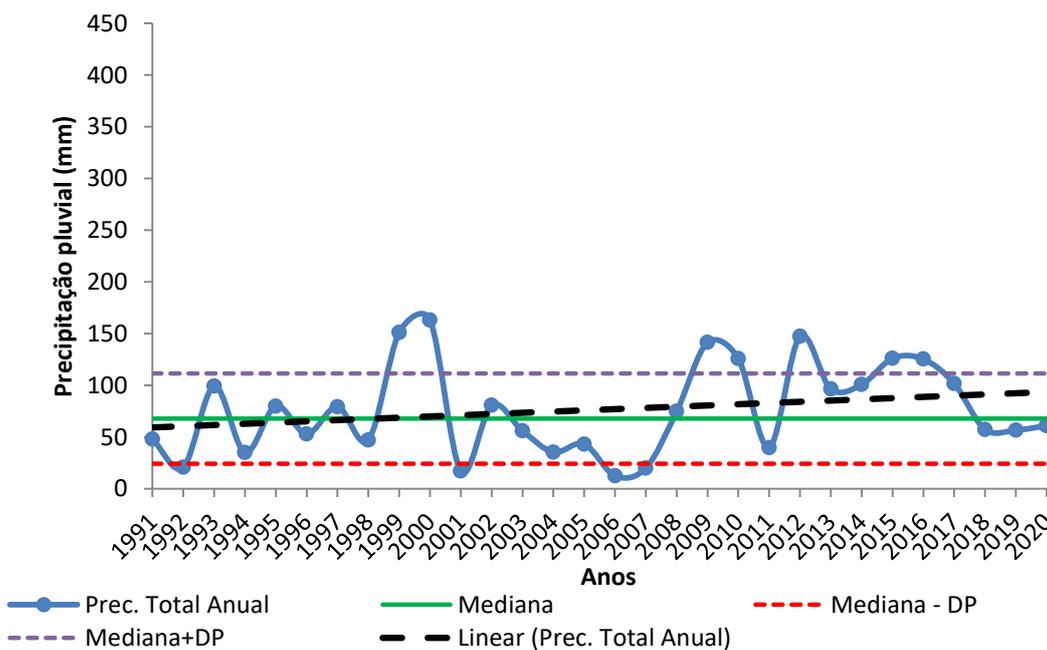
**Figura 12.** Variação interanual da precipitação pluvial acumulada, na estação de Mindelo – São Vicente, de 1996 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

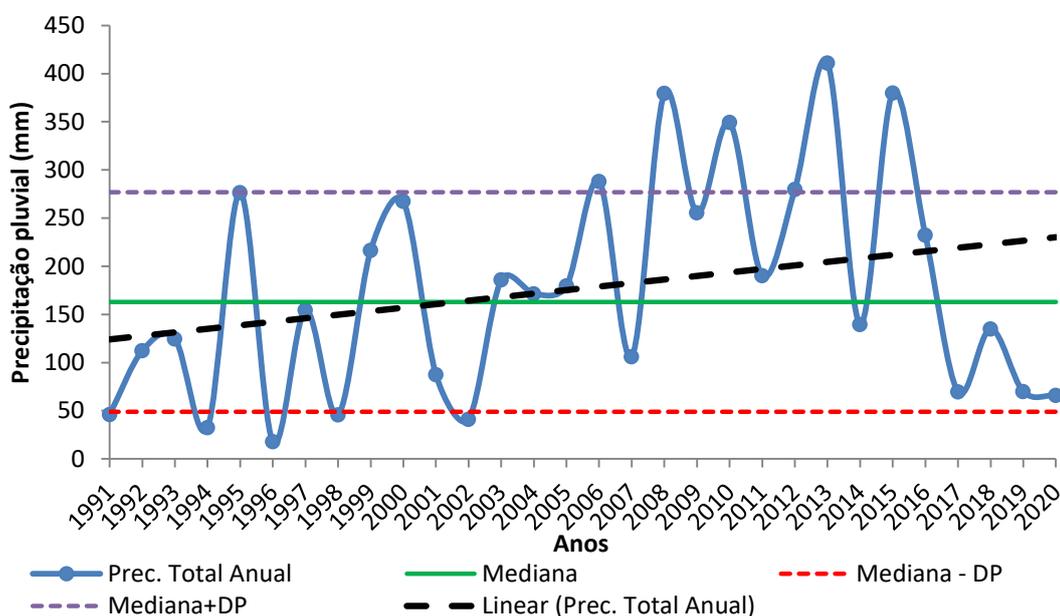
A Figura 12 apresenta os dados de precipitação pluvial a partir de 1996 até 2020, pois na estação de Mindelo – São Vicente, os anos anteriores também apresentaram falhas na série.

**Figura 13.** Variação interanual da precipitação pluvial acumulada, na estação de Espargos – Sal, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborado pelo autor, 2023.

**Figura 14.** Variação interanual da precipitação pluvial acumulada, na estação de Praia – Santiago, de 1991 a 2020 em relação à mediana (linha verde); à mediana + desvio padrão (linha tracejada vermelha) e à mediana - desvio padrão (linha tracejada roxa). A linha tracejada preta indica a tendência no comportamento da série.



**Fonte:** Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde e elaborada pelo autor, 2023.

Por meio das Figuras 12-14, observa-se que há um período de 1991 a 2007 em que o total anual precipitado oscila em torno da mediana, mas com a maior parte dos anos com um acumulado deficitário, ou seja, abaixo da mediana, impactando o país com secas. Já, a partir de 2008 os acumulados anuais entraram num ciclo com precipitações quase sempre acima da mediana e superando 1 desvio padrão até 2017 e depois as chuvas voltam ao ciclo deficitário. A estação do Mindelo (Figura 12) apresenta uma tendência de aumento da precipitação ao longo da série analisada de 1996 a 2020, com significância estatística ao nível de 1%, enquanto as demais estações de Espargos (Figura 13) e Praia (Figura 14) apresentam a tendência de aumento da precipitação, no entanto, sem significância estatística (Tabela 3).

Nesse caso, é necessário se atentar ao fato que a série temporal da estação de Mindelo não apresenta as informações completas para se realizar uma análise também dos anos 1991 a 1995, que nas outras estações se apresentam com déficit de precipitação, o que pode ter influenciado a significância da tendência de aumento da precipitação das demais estações.

**Tabela 3.** Valores do teste estatístico  $Z^*$  de Mann-Kendall, para a precipitação total anual.

Estação	Estatística $Z^*$	Tendência	Significância
Mindelo – São Vicente	3,17	Aumento	Significância ao nível de 1%
Espargos - Sal	1,26	Aumento	Sem significância
Praia - Santiago	1,51	Aumento	Sem significância

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

### 4.3 Eventos extremos de chuvas e sistemas atmosféricos e oceânicos associados.

Usando o método dos quantis, foram calculados os intervalos de precipitação associados a cada classe, com interesse específico na classe extremamente forte, vinculado ao quantil Q95 e observa-se que os valores variam de estação para estação (Tabela 4). Foram classificados como eventos extremos, aqueles que apresentam precipitação diária superior ao limiar de 44,4 mm para Mindelo, 30,6 mm para Espargos e 45,9 mm para Praia.

**Tabela 4.** Classes e intervalos dos quantílicos e respectivos limiares de precipitação diária em milímetros, aplicados às estações de Mindelo, Espargos e Praia.

Classes quantílicas	Intervalos quantílicos	Limiares dos quantis em milímetros de chuva		
		Mindelo	Espargos	Praia
Muito Fraca	$Q_p \leq 0,15$	0,2	0,2	0,6
Fraca	$0,15 < Q_p \leq 0,35$	0,2 a 0,6	0,2 a 0,7	0,6 a 2,2
Habitual	$0,35 < Q_p \leq 0,65$	0,6 a 4,67	0,7 a 4,0	2,2 a 8,2
Forte	$0,65 < Q_p \leq 0,85$	4,67 a 18,0	4,0 a 11,4	8,2 a 25,0
Muito forte	$0,85 < Q_p \leq 0,95$	18,0 a 44,4	11,4 a 30,6	25,0 a 45,9
<b>Extremamente forte</b>	<b><math>Q_p &gt; 0,95</math></b>	<b>44,4</b>	<b>30,6</b>	<b>45,9</b>

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

#### 4.3.1 Período de seca

De acordo com a Figura 12, os anos de 1996, 1999, 2001, 2003, e 2007 apresentaram precipitação deficitária na estação de Mindelo, sendo os valores observados, menores ou próximos a um desvio padrão negativo em relação à mediana para o período analisado de 1996 a 2020. Algumas características desses períodos secos em termos de ocorrência de El Niño/La Niña, Dipolo do Atlântico e eventos extremos estão sumarizadas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Características de anos com déficit de chuva na estação de Mindelo.

Ano	ENOS	Dipolo do Atlântico	Nº de Eventos extremos	Data/Chuva
1996	Neutro	Negativo (ATN frio)	0	--
1999	La Niña	Negativo (ATN frio)	1	05/09: 44,7 mm
2001	Neutro	Positivo (ATN quente)	2	28/08: 44,4 mm 13/10: 57,6 mm
2003	Neutro	Negativo (ATN frio)	1	12/09: 48,6 mm
2007	La Niña	Negativo (ATN frio)	0	--

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Para a estação de Espargos, da variação anual do total precipitado apresentado na figura 13, destacam-se os anos com precipitação deficitária de 1992, 2001, 2006, 2007, cujas características estão dispostas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Características de anos com déficit de chuva na estação de Espargos.

Ano	ENOS	Dipolo do Atlântico	Nº de Eventos extremos	Data/Chuva
1992	Neutro	Positivo (ATN quente)	0	--
2001	Neutro	Positivo (ATN quente)	0	--
2006	Neutro	Positivo (ATN quente)	0	--
2007	La Niña	Negativo (ATN frio)	0	--

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

E para a estação da Praia (Figura 14) destacam-se os anos com precipitação deficitária de 1991, 1994, 1996, 1998, 2002, 2017, 2019, 2020, cujas características estão expostas na Tabela 7.

**Tabela 7.** Características de anos com déficit de chuva na estação de Praia.

Ano	ENOS	Dipolo do Atlântico	Nº de Eventos extremos	Data/Chuva
1991	El Niño	Positivo (ATN quente)	0	--
1994	Neutro	Negativo (ATN frio)	0	--
1996	Neutro	Negativo (ATN frio)	0	--
1998	La Niña	Negativo (ATN frio)	0	--
2002	Neutro	Negativo (ATN frio)	0	--
2017	Neutro	Positivo (ATN quente)	1	28/08: 57,8 mm
2019	Neutro	Positivo (ATN quente)	1	06/09: 45,9 mm
2020	La Niña	Negativo (ATN frio)	0	--

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Esse padrão de seca ocorre principalmente na primeira década da normal climatológica associado a configurações de TSM do Pacífico equatorial e do Atlântico tropical, no entanto, mesmo em anos secos ocorrem eventos extremos de chuva como consta nas tabelas 5 e 7.

Os eventos extremos de precipitação pluvial nos anos secos ocorreram em condições de La Niña ou de TSM neutro sobre o Pacífico e com dipolo do Atlântico positivo, ou seja, com a TSM do Atlântico norte mais quente que a TSM do Atlântico Sul. Essa condição favorece a precipitação sobre Cabo Verde, com a ZCIT se posicionando no hemisfério norte, próximo ao arquipélago e reforça o fluxo de umidade na monção africana.

#### 4.3.2 Período chuvoso

Os períodos chuvosos variaram de estação para estação, com alguns anos comumente chuvosos para todas as estações. Nesse caso, são considerados anos chuvosos, os que apresentam valores totais acumulados superiores a soma da mediana com o desvio padrão. As estações possuem regimes pluviais com totais acumulados distintos entre si, portanto, os valores precipitados numa estação podem caracterizar um ano chuvoso para o histórico apresentado nela, e não conferir a mesma classificação para outra estação, por exemplo, com mediana mais elevada de chuva.

De acordo com a figura 12 a estação de Mindelo apresentou os seguintes anos chuvosos: 2000, 2005, 2011, 2013 a 2015, 2017, 2018 e 2020, com valores totais observados, maior ou próximo a um desvio padrão positivo, em relação à mediana da estação, para o período analisado de 1996 a 2020. Algumas características desses períodos chuvosos em termos de ocorrência de El Niño/La Niña, Dipolo do Atlântico e eventos extremos de chuva estão dispostos na Tabela 8.

**Tabela 8.** Características de anos chuvosos na estação de Mindelo.

Ano	ENOS	Dipolo do Atlântico	Nº de Eventos extremos	Data/Chuva
2000	La Niña	Negativo (ATN frio)	1	18/10: 173,6 mm
2005	Neutro	Positivo (ATN quente)	0	--
2011	La Niña	Positivo (ATN quente)	3	21/08: 50,1 mm 24/10: 92,8 mm 25/10: 47,0 mm
2013	Neutro	Positivo (ATN quente)	0	--
2014	Neutro	Positivo (ATN quente)	1	06/09: 73,77 mm
2015	El Niño	Positivo (ATN quente)	2	25/09: 93,7 mm 31/09: 44,62 mm
2017	Neutro	Positivo (ATN quente)	0	--
2018	El Niño	Negativo (ATN frio)	0	--
2020	La Niña	Negativo (ATN frio)	0	--

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Para a estação de Espargos, a variação anual do total precipitado é apresentada na figura 13, e destacam-se os seguintes anos chuvosos: 1999, 2000, 2009, 2010, 2012, 2015 e 2016, cujas características estão dispostas na Tabela 9.

**Tabela 9.** Características de anos chuvosos na estação de Espargos.

Ano	ENOS	Dipolo do Atlântico	Nº de Eventos extremos	Data/Chuva
1999	La Niña	Positivo (ATN quente)	1	19/10: 47,4 mm
2000	La Niña	Negativo (ATN frio)	2	19/09: 48,3 mm 17/10: 33,6 mm
2009	El Niño	Negativo (ATN frio)	0	--
2010	La Niña	Positivo (ATN quente)	1	22/10: 45,4 mm
2012	Neutro	Positivo (ATN quente)	1	06/09: 48,1 mm 31/08: 52,90 mm
2015	El Niño	Positivo (ATN quente)	3	09/09: 32,00 mm 20/10: 55,50 mm
2016	La Niña	Negativo (ATN frio)	0	--

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Para a estação de Praia, figura 14, a variação anual do total precipitado é apresentada na figura 5 (c), e destacam-se os seguintes anos chuvosos: 1995, 2000, 2006, 2008 a 2010, 2012, 2013 e 2015, cujas características estão dispostas na Tabela 10.

A partir da análise das informações expostas nas tabelas 5 a 10, referente aos períodos secos e chuvosos, pode-se constatar que em todas as estações há registro de ocorrência de eventos extremos de chuva e esses eventos foram mais frequentes no período dos anos chuvosos, sendo contabilizados 26 eventos, enquanto no período de seca foram contabilizados 6 eventos, no somatório de todas as estações meteorológicas, durante o período estudado. Ocorreram eventos extremos também em anos em que a precipitação total anual ficou nos limites dos desvios padrão de cada estação.

**Tabela 10.** Características de anos chuvosos na estação de Praia.

Ano	ENOS	Dipolo do Atlântico	Nº de Eventos extremos	Data/Chuva
1995	La Niña	Positivo (ATN quente)	0	--
2000	La Niña	Negativo (ATN frio)	1	03/10: 76 mm
2006	El Niño	Positivo (ATN quente)	0	--
2008	Neutro	Negativo (ATN frio)	2	17/08: 65,2 mm 25/08: 132 mm
2009	El Niño	Negativo (ATN frio)	0	--
2010	La Niña	Positivo (ATN quente)	2	21/08: 78,6 mm 22/10: 115 mm
2012	Neutro	Positivo (ATN quente)	4	08/08: 50,0 mm 09/09: 59,0 mm 10/09: 85,0 mm 18/09: 69,1 mm
2013	Neutro	Positivo (ATN quente)	1	29/09: 65 mm
2015	El Niño	Positivo (ATN quente)	1	12/08: 47 mm 21/08: 57 mm

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2023.

A tabela 11 mostra a quantidade eventos extremos de chuva observados durante a série climatológica de Cabo Verde de 1991 a 2020, a cada 10 anos e com os respectivos cenários oceânicos combinados, e conclui-se que houve um aumento na frequência desses eventos extremos na última década, que foi a mais chuvosa da série temporal. Esse aumento pode estar relacionado à em algum ciclo de baixa frequência, ou pode ser interpretado como reflexo das alterações climáticas no planeta.

**Tabela 11.** Número de eventos extremos por década e por estação.

Estação	1991 a 2000	2001 a 2010	2011 a 2020	Total
Mindelo	2	6	8	16
Espargos	5	2	9	16
Praia	2	9	10	21
Total	9	17	27	53

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2023.

Os sistemas meteorológicos que contribuem para a precipitação sobre o arquipélago de Cabo Verde são ZCIT, as Ondas de Leste Africanas, tempestades tropicais e sistemas convectivos de mesoescala que são sensíveis à variação da temperatura da superfície do mar, ou seja, dependem de águas aquecidas, principalmente sobre o oceano Atlântico norte, para o aporte de vapor d'água e assim gerar precipitação ao longo do seu percurso.

Por isso, foram analisadas as informações sobre as condições oceânicas em cada evento extremo identificado ao longo da série temporal, com a finalidade de verificar a frequência dos eventos extremos sobre Cabo Verde, nas diferentes configurações e combinações de sinais do ENOS no Pacífico e do dipolo do Atlântico, conforme detalhado na tabela 12.

**Tabela 12.** Padrões de TSM, sobre os oceanos Pacífico e Atlântico, relacionados à quantidade de eventos extremos de precipitação ocorridos sobre as ilhas de Cabo Verde no período 1991-2020.

Oceano Pacífico Equatorial	Oceano Atlântico Tropical	Nº de Eventos Extremos
El Niño (Anomalia de TSM positiva – quente)	Dipolo positivo (ATN quente)	9
El Niño (Anomalia de TSM positiva – quente)	Dipolo negativo (ATN frio)	1
La Niña (Anomalia de TSM negativa – frio)	Dipolo positivo (ATN quente)	10
La Niña (Anomalia de TSM negativa – frio)	Dipolo negativo (ATN frio)	6
Neutro	Dipolo positivo (ATN quente)	22
Neutro	Dipolo negativo (ATN frio)	5

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2023.

As configurações de TSM do Pacífico e do Atlântico foram variadas e com combinações de sinal que influencia no regime de precipitação pluvial sobre Cabo Verde.

A maior parcela dos eventos extremos de chuva em Cabo Verde, nos períodos chuvosos, ocorreram em anos de La Niña, ou anos neutros sobre o Pacífico e com dipolo do Atlântico positivo, ou seja, com a TSM do Atlântico norte mais quente que a TSM do Atlântico Sul, favorecendo assim, a posição da ZCIT no hemisfério norte, próximo ao arquipélago e o reforço no fluxo de umidade na monção africana.

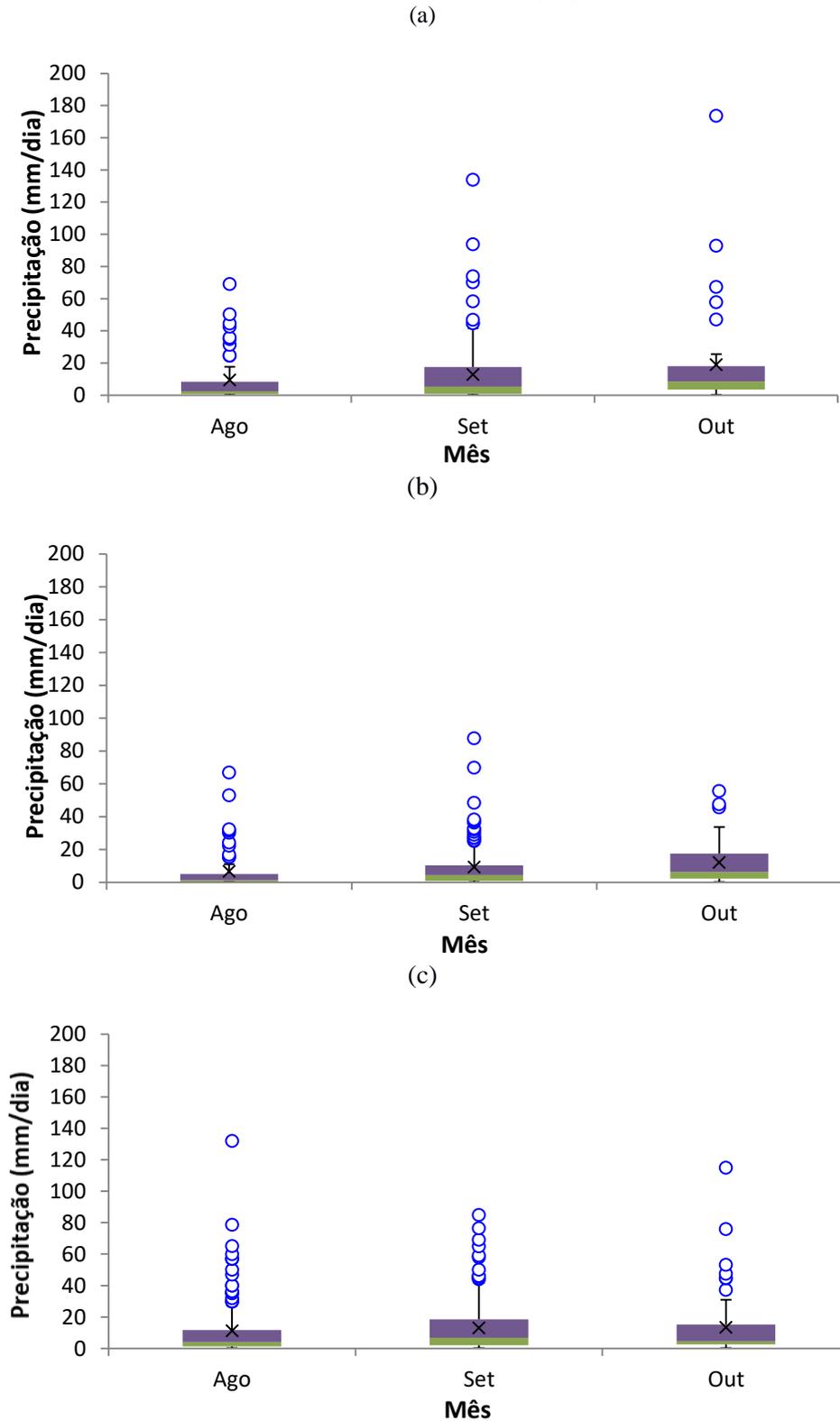
Este resultado, é corroborado com o que diz Didi et al. (2023) que investigaram a influência remota das anomalias de TSM do Pacífico equatorial sobre a variabilidade interanual de precipitação extrema sobre a costa ocidental africana. Concluíram que mudanças na circulação média zonal, associado a TSM do Pacífico gera mudanças significativas na dinâmica e termodinâmica da monção oeste africana, que também atua sobre Cabo Verde. Segundo estes autores, em anos de El Niño, com o aquecimento anômalo das águas do Pacífico equatorial, há um enfraquecimento no fluxo da monção africana, com diminuição da umidade e da ocorrência de eventos extremos de precipitação pluvial, enquanto em anos de La Niña ocorre o contrário, com o fortalecimento da monção africana e aumento de umidade e de precipitação pluvial extrema.

Na análise das séries temporais diárias de precipitação de Cabo Verde, foi importante destacar informações dos valores extremos (máximos), normalmente associados à passagem de tempestades tropicais e furacões sobre as ilhas, que geram em poucos dias valores significativos de chuva, a ponto de superar a climatologia. Ao calcular a média ou mediana esses valores extremos são diluídos no período e não fica evidente a ocorrência de eventos extremos.

A técnica de diagrama de caixa, conhecida como “*boxplot*” permite plotar medianas, junto com os tercís inferiores e superiores e os valores extremos, chamados de “*outliers*”. Assim, tem-se uma noção mais realista, da distribuição de chuva ao longo da estação chuvosa, concentrada no trimestre de agosto, setembro e outubro, conforme apresentado na Figura 15.

Nota-se o valor reduzido da mediana e dos quantis face ao valor elevado dos “outliers”, que são associados aos eventos extremos de precipitação, ocorridos durante o período chuvoso da normal climatológica de 1991 a 2020.

**Figura 15.** Diagrama de caixa da precipitação diária registrada no trimestre chuvoso de agosto, setembro e outubro nas estações de (a) Mindelo de 1996-2020; (b) Espargos e (c) Praia de 1991 a 2020.



#### 4.4 Impactos na vulnerabilidade socioambiental

O estudo da vulnerabilidade social e ambiental das populações, sujeitas aos efeitos das alterações climáticas, na sua integridade física, bem-estar, e desenvolvimento de atividades econômicas é de fundamental importância para a orientação de ações preventivas e de mitigação, pelos órgãos de defesa civil e gestores públicos.

Os sistemas relacionados aos eventos extremos de precipitação pluvial sobre Cabo Verde, são normalmente Ondas de Leste Africanas, que se intensificam à medida que se aproximam de Cabo Verde, e interagem com o aporte de umidade proveniente da monção oeste Africana, evoluindo para estágios de tempestades tropicais, ondas tropicais ou mesmo furacão, com aumento na velocidade do vento (rajadas), precipitação de intensidade variável e aumento na altura da ondulação marítima, gerando impactos mais intensos nas ilhas que estiverem no seu percurso. Os impactos vão desde, cheias, interdição de estradas com as quedas de vertentes, alagamentos, paralização de atividades de navegação aérea e marítima por questões de segurança, e constrangimentos vários à população mais vulnerável.

O compromisso climático nacional de Cabo Verde (NDC, 2021), lista algumas ameaças climáticas que apresentam maior potencial de perigo e de ocorrência no país, tais como a seca, cheias, deslizamento de vertentes, incêndios florestais, aumento do nível do mar, erosão das praias e das encostas, além de epidemias. O documento informa que 80% do território do arquipélago tem elevada suscetibilidade às secas, principalmente nas ilhas planas, como Sal, Boa Vista, Maio e também em São Vicente.

Os eventos de seca têm impactos significativos para a agricultura e pecuária, afetando a economia e a produção de alimentos pelas comunidades rurais. Devido às restrições climáticas, pedológicas e hídricas, Cabo Verde é muito dependente da importação de alimentos, ainda mais quando a produção nacional é afetada pela seca que acarreta em maus anos agrícolas. Nesses cenários de pouca oferta de alimentos, aumenta a demanda por mais importações, o que encarece o preço dos produtos e aumenta o gasto das famílias para suprirem as necessidades alimentares. Assim, as famílias mais vulneráveis, nas comunidades rurais, piscatórias e nos bairros pobres das cidades têm menos acesso aos alimentos em virtude dos preços maiores dos produtos.

“A definição de grupos vulneráveis face às mudanças climáticas, assim como as conexões entre gênero e as políticas climáticas e de planeamento ainda não estão suficientemente estabelecidas ou institucionalizadas em Cabo Verde. As maiores vulnerabilidades às mudanças climáticas tendem a se localizar nas cidades, nas ilhas planas, nas áreas agrícolas e florestais íngremes e nas linhas costeiras. A população e os bens estão concentrados nas cidades costeiras. Considerando a pequena e dispersa área geográfica de Cabo Verde, os desastres podem assumir proporções em todo o país.” (NDC, 2021, p. 9)

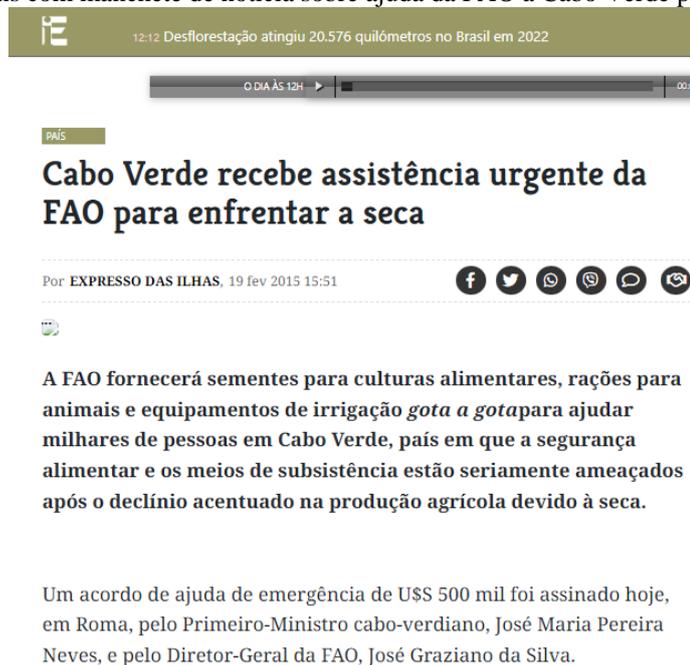
O Estado de Cabo Verde listou as principais vulnerabilidades das comunidades, relacionadas às questões climáticas, como consta no documento do NDC (2021, p. 12):

- **Agricultura:** emprega 15% da população e é responsável pelo abastecimento local de alimentos.
- **Importação de alimentos:** 80% dos alimentos consumidos no país são importados, sujeitos a flutuações nos preços, cotação de moedas e interrupção no abastecimento internacional.
- **Energia:** Dependente da importação de todos os combustíveis fósseis utilizados.
- **Água:** O abastecimento de água é feito via dessalinização da água do mar, processo que consome 10% da energia elétrica do país gerada por meio de combustíveis fósseis.
- **Urbanização e Infraestrutura:** Expansão urbana sem planejamento com falta de habitações e serviços essenciais.
- **Aumento do nível do mar:** Comunidades e cidades costeiras vulneráveis a possível aumento do nível do mar em casos de tempestades com ventos fortes, precipitação intensa e maremotos.
- **Saúde pública:** Cabo Verde é menos preparado em relação a outros países para enfrentar futuros surtos epidêmicos e pandêmicos.
- **Grupos vulneráveis:** Grupos ou pessoas expostas à pobreza ou com baixos rendimentos que podem ter dificuldade para se recuperar por si só de adversidades climáticas;
- **Ameaças digitais:** Eventos extremos de chuva podem comprometer a conectividade via satélite e digital do país com o mundo, impactando as funções sociais e de segurança relacionadas.
- **Resiliência financeira:** Os custos dos eventos extremos podem aumentar a exposição financeira do país e afetar a sua resiliência financeira.

Como medida para combater as alterações climáticas o Estado de Cabo Verde propõe implantar a economia inclusiva, diversificada, circular, resiliente e de baixo carbono até 2030 e mudar a matriz energética com a redução dos combustíveis fósseis e ampliação do uso de energias renováveis, conforme informações do NDC (2021, pag. 17).

Em cenários delicados, onde há risco de fome, como em casos de seca o Estado de Cabo Verde, conta com ajuda financeira dos parceiros internacionais, como a União Europeia, o Banco Mundial, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), entre outros, conforme ilustra a imagem da reportagem do jornal online Expresso das Ilhas (figura 16). A ajuda da FAO foi relativo ao mau ano agrícola de 2014, quando choveu menos que o esperado para a estação chuvosa.

**Figura 16.** Imagens com manchete de notícia sobre ajuda da FAO a Cabo Verde para enfrentar a seca.



**Fonte:** Jornal Expresso das Ilhas (2015)

Dos eventos extremos registrados ao longo da série de dados destacam-se os seguintes ocorridos em 18 de outubro de 2000 com 173,6 mm em Mindelo e 33,6 mm em Espargos; em 25 de agosto de 2008 com 135 mm em Praia; em 22 de outubro de 2010 com 67,1 mm em Mindelo, 45,4 mm em Espargos e 115 mm em Praia e em 20 de setembro de 2019 com 133 mm em Mindelo. Essa proporção de chuva em um único dia, por si só causa um grande impacto, pois é uma quantidade elevada de água precipitada num curto intervalo de tempo. Acrescenta-se o fato das ilhas terem uma topografia acidentada e solo raso, o que contribui para a saturação rápida do solo e escoamento superficial e cheias nos principais cursos d'água (ribeiras), onde que se localizam povoados rurais e comunidades carentes, nas principais cidades do país. Nesses eventos, há perdas materiais e até humanas em decorrência da rapidez com que ocorrem, exigindo uma atuação também rápida dos órgãos de defesa civil na evacuação das pessoas em áreas de risco e em situação de vulnerabilidade.

A figura 17 apresenta algumas reportagens de outro jornal de Cabo Verde, chamado A Semana, com algumas notícias relacionadas a eventos extremos e as ações realizadas pelas autoridades competentes, como programas de emergências para atuação em casos de eventos extremos de precipitação pluvial, interdição de navegação marítima em casos de bruma seca com redução de visibilidade e de ventos intensos que geram perigo às embarcações, principalmente de pescas. Essas medidas são acionadas pelas autoridades competentes com a finalidade de controlar danos, de mitigação dos efeitos e até mesmo para evitar acidentes.

**Figura 17.** Imagens com manchetes de notícias sobre eventos extremos em Cabo Verde

(a)

English

# ASemana

Segunda-feira  
12 Junho 2023

ACOLHIMENTO
ASEMANA
CABO VERDE
100% PRÁTICO
CULTURA

## ACTUALIDADE

### Cabo Verde anuncia programa de emergência após fortes chuvas

15 Setembro 2020

O primeiro-ministro cabo-verdiano revelou que está a ser elaborado um programa de emergência para fazer face à destruição provocada pelas fortes chuvas que caíram nos últimos dias no arquipélago, sobretudo na cidade da Praia.



O chefe do Governo cabo-verdiano fez o anúncio numa mensagem publicada ao final da tarde de domingo (13.09), após visitar durante a manhã vários bairros da cidade da Praia mais atingidos pelas fortes chuvas que caem desde a madrugada de sábado (12.09).

(b)

English

# ASemana

Segunda-feira  
12 Junho 2023

ACOLHIMENTO
ASEMANA
CABO VERDE
100% PRÁTICO
CULTURA

## AMBIENTE

### Cabo Verde interdita saída de embarcações por causa de bruma seca e vento

19 Junho 2020

As embarcações de pesca local e pequenas embarcações de boca aberta em Cabo Verde estão proibidas de sair ao mar nas próximas 24 horas por causa da bruma seca e do vento, informou hoje a autoridade marítima do país.



"A Autoridade Marítima informa a todos os armadores, proprietários, patrões e pescadores em geral, que, por razões de segurança, encontra-se interdita de saída para o mar das embarcações de pesca local, bofes e pequenas embarcações de boca aberta a nível nacional enquanto se mantiverem estas condições do estado do tempo", informou o Instituto Marítimo e Portuário citado pela Lusa.

Figura 17. Continuação.

(c)



## AMBIENTE

### Onda tropical: Ruas de São Vicente inundadas pela chuva de hoje

06 Setembro 2022

Imagens divulgadas numa rede social mostram ruas da ilha de São Vicente alagadas em consequência das chuvas caídas na manhã de hoje, de forma a dificultar a circulação das pessoas.



As informações para o estado de tempo de hoje, conforme Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), com sua deslocação em direção a Oeste-Noroeste, continuarão com ocorrência de chuvas, com maior incidência na região Ocidental onde as chuvas serão acompanhadas de trovoadas ao longo do dia.

"O vento poderá soprar fresco por vezes muito fresco a Noroeste do Arquipélago. Estado do mar com ligeiro agravamento a Noroeste do Arquipélago durante a tarde/noite", notifica a instituição.

O INMG reforça que está a fazer vigilância permanente do estado do tempo, divulgando as informações que se mostrarem pertinentes.

(d)



## ACTUALIDADE

### Responsável Protecção Civil: Chuvas causam alguns estragos nas ilhas Brava, Fogo e Santiago

13 Setembro 2020

O presidente do Serviço Nacional de Protecção Civil e Bombeiros (SNPCB) confirmou hoje que as últimas chuvas causaram alguns estragos nas ilhas Brava, Fogo e Santiago, mas no tempo previsto conseguiram intervir para mitigar algumas situações.



Cabo Verde está desde a madrugada de sábado, 12, sob a influência de uma onda tropical que poderá transformar-se em depressão tropical, informou o Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG).

Desde sábado, 12, o SNPCB, com o apoio dos agentes da protecção civil e dos bombeiros, das Forças Armadas e da Polícia Nacional, têm estado no terreno para

Fonte: Jornal A Semana (2020, 2022).

A questão da vulnerabilidade socioambiental relacionada às questões climáticas ainda é um assunto que está sendo debatido e estudado pelo governo de Cabo Verde, que ainda não possui uma definição clara dos grupos vulneráveis, mas que vem articulando parcerias com atores nacionais e parceiros internacionais e estabelecendo planos, para guiar as políticas públicas e a economia do país nesse cenário mundial de adaptação as alterações climáticas e mitigação dos efeitos, tanto de secas como de precipitações volumosas, associadas à passagem de tempestades tropicais sobre o arquipélago.

O conhecimento dos padrões climatológicos e dos cenários oceânicos e de circulação atmosférica, associados a cada evento, tanto de seca como de chuva acentuada, permite um planejamento antecipado das ações de preparação, convivência e mitigação com relação aos efeitos dos eventos extremos que de acordo com as projeções climáticas vão acontecer cada vez mais frequentes no futuro próximo.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, conclui-se que:

1. A temperatura do ar apresentou tendência de diminuição, porém sem significância estatística, enquanto a precipitação pluvial apresentou tendência de aumento em todas as estações, mas com significância estatística ao nível de 5% apenas na estação de São Vicente, considerando o período de 1991 a 2020.

2. Os eventos extremos de precipitação pluvial ocorrem tanto nos períodos secos como chuvosos, preferencialmente em anos de La Niña, ou anos neutros sobre o Pacífico e com dipolo do Atlântico positivo.

3. Houve um aumento na frequência de eventos extremos de precipitação pluvial na última década, de 2011 a 2020, com 27 eventos, enquanto na década de 1991 a 2000 foram 7 eventos e na década de 2001 a 2010 foram 17 eventos.

4. O Estado de Cabo Verde não possui uma definição clara dos grupos vulneráveis, mas vem articulando parcerias com atores nacionais e parceiros internacionais e estabelecendo planos, para guiar as políticas públicas e estabelecer uma economia inclusiva, diversificada, circular, resiliente e de baixo carbono.

## REFERENCIAS

- BABAU, M.C. ; SILVA, R. ; ALVES, A. **Approche et contraintes climatiques et évaluation des ressources en eau.** Document de travail project Agrhymet: OMM/RAF/78/004 de l'Organization Météorologique Mondiale des Nations Unies. Ministère de Développement Rural, Praia, Cap Vert, 1981.
- BLAIKIE, P.; WISNER, B.; CANNON, T.; DAVIS, I. **At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters.** London. Routledge, p. 284, 1994.
- CHAVES, V. G. Tendência dos valores de precipitação em Cabo Verde e sua influência sobre a disponibilidade hídrica. **15º Congresso da Água** – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Lisboa, 2021. Disponível em: [https://www.aprh.pt/congressoagua2021/docs/15ca\\_132.pdf](https://www.aprh.pt/congressoagua2021/docs/15ca_132.pdf). Acessado em 26 de junho de 2023.
- CONFALONIERI, U.E.C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**, Ano 19, v.1, n. 20, p.193-204, São Paulo, jan/jul. 2003.
- CORREIA, E. Contribuições para o conhecimento do clima de Cabo Verde. **García de Orta. Serie de Geografia.** Lisboa, v. 15, n.2, p. 81-107, 1996.
- DIDI, S. R.; DIAKHATÉ, M.; DIEDHIU, A. Changes in the West Africa Monsoon Precipitation Extremes during ENSO developing Phases, **Atmosphere-Ocean**, 2023. DOI: 10.1080/07055900.2023.2202656. Acesso em 22 de junho de 2023.
- DIEDHIU, A.; JANICOT, S.; VILTARD, A.; DE FÉLICE, P. Composite patterns of easterly disturbances over West Africa and the tropical Atlantic: a climatology from the 1979-95 NCEP/NCAR reanalyses. **Climate Dynamics**, v. 18, p. 241–253, 2001. doi:10.1007/s003820100173.
- DUARTE, C.C.; NÓBREGA, R.S.; COUTINHO, R.Q. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município de Ipojuca, Pernambuco. **Revista de Geografia (UFPE)**. v.32, n. 2, p.158-176, 2015.
- IPCC, 2007: **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- KENDALL, M. G. Rank **Correlation Methods**. London: Charles Griffin, 1975, 120 p.
- MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, p.245 - 259, 1945.
- MAAP, **Livro Branco sobre o Estado do Meio Ambiente em Cabo Verde**, Ministério do Ambiente Agricultura e Pescas, Direção Geral do Ambiente, 2004.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia estatística dos eventos extremos de precipitação: uma proposta autoral para análise de episódios pluviométricos diários. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 494–516, 2023.  
DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16323.

MORENO, C. S. V. Aplicação de SIG no processamento do inventário florestal nacional – Cabo Verde. Originalmente apresentada como **Relatório de estágio** – mestrado em Ciências de Sistemas de Informação Geográfica, Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2009.

NEVES, D. J. D.; SILVA, V.P.R.; ALMEIDA, R. S. R.; Sousa, F. A. S.; Silva, B.B. General aspects of the climate in the Cabo Verde archipelago. **AMBIÊNCIA**, v. 13, p. 59-73, 2017.

NICHOLSON, S.E. The ITCZ and the seasonal cycle over equatorial Africa. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 99, p. 337–348. 2018. <https://doi.org/10.1175/bams-d-16-0287.1>

PELLING, M. UITTO, J. I. Small Island Developing States: natural disaster vulnerability and global change. *Global Environ. Change, Part B*, **Environmental Hazards**, v. 3, n. 2, p. 49-62, 2001.

PERRY-CASTAÑEDA LIBRARY MAP COLLECTION. Cape Verde Maps: political. Austin: **University of Texas**, 2004. Disponível em:  
<[http://www.lib.utexas.edu/maps/cape\\_verde.html](http://www.lib.utexas.edu/maps/cape_verde.html)>. Acesso em: 12 junho de 2023.

PINTO, S.A.; ASSAD, E.D.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Variabilidade climática. In: HAMADA, E. (Ed.). Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2003.

SEMEDO, J.M. O Parque Natural da ilha do Fogo, Cabo Verde – Subsídios para a sua gestão e seu desenvolvimento. **Dissertação** de mestrado em Gestão e Auditoria Ambiental, Universidade de Las Palmas de Gran Canárias, Fundação Universitária Ibero-americana, Espanha/Brasil, 2004.

SERVAIN, J. Simple Climatic Indices for the Tropical Atlantic Ocean and Some Applications. **Journal of Geophysical Research**, v. 96, n.C8, p. 15137-15146, 1991.

THORNCROFT, C. D. & K. HODGES, K., African easterly wave variability and its relationship to Atlantic tropical cyclone activity. **Journal of Climate**, n. 14, p. 1166–1179. 2001.

XAVIER, T. M. B. S. A técnica dos quantis e suas aplicações em meteorologia, climatologia e hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras. Brasília: **Thesaurus**, 140 p., 2002.

YAN, Y. Y. Intertropical convergence zone (ITCZ). **Encyclopedia of World Climatology**, J. E. Oliver, Ed., Springer, p. 429–432. 2005

**Links consultados:**

Banco Mundial (2023): <https://www.worldbank.org/pt/country/caboverde/overview> - Acesso em 10/06/2023.

Cabo Verde – NDC, (2021): <https://unfccc.int/documents/497420> - Acesso em 10/06/2023.

INE (2022): [https://ine.cv/censo\\_quadros/estado-e-estrutura-da-populacao/](https://ine.cv/censo_quadros/estado-e-estrutura-da-populacao/) - Acesso em 10/06/2023.

INMG (2019): <https://www.inmg.gov.cv/index.php/servicos/servicos-climaticos> - Acesso em 10/06/2023.

ONU - Cabo Verde (2021): <https://caboverde.un.org/pt/126259-cabo-verde-lanca-novo-compromisso-nacional-sobre-o-clima-no-ambito-do-acordo-de-paris> – Acesso em 07/12/2022

**Link de consulta a imagens:**

Figura 1 - *The COMET program* (2016):

[https://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook\\_2nd\\_edition/media/graphics/air\\_masses\\_on\\_globe.jpg](https://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition/media/graphics/air_masses_on_globe.jpg) - Acesso em 20/06/2023

*The source of this material is the COMET® Website at <http://meted.ucar.edu/> of the University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), sponsored in part through cooperative agreement(s) with the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), U.S. Department of Commerce (DOC). ©1997-2023 University Corporation for Atmospheric Research. All Rights Reserved.*

Figura 16 - Expresso das Ilhas (2015): <https://expressodasilhas.cv/> - Acesso em 12/06/2023.

Reportagem consultada no jornal Expresso das Ilhas:

Figura 16 - <https://expressodasilhas.cv/pais/2015/02/19/cabo-verde-recebe-assistencia-urgente-da-fao-para-enfrentar-a-seca/44018> - Acesso em 12/06/2023.

Figura 17 - Jornal A Semana (2020, 2022): <https://www.asemana.publ.cv/> Acesso em 12/06/2023

Reportagens consultadas no jornal A Semana:

Figura 17 (a) - <https://www.asemana.publ.cv/?Cabo-Verde-interdita-saida-de-embarcacoes-por-cao-de-bruma-seca-e-vento&ak=1> - Acesso em 12/06/2023

Figura 17 (b) - <https://www.asemana.publ.cv/?Cabo-Verde-anuncia-programa-de-emergencia-apos-fortes-chuvas&ak=1> - Acesso em 12/06/2023

Figura 17 (c) - <https://www.asemana.publ.cv/?Onda-tropical-Ruas-de-Sao-Vicente-inundadas-pela-chuva-de-hoje&ak=1> - Acesso em 12/06/2023

Figura 17 (d) - <https://www.asemana.publ.cv/?Responsavel-Porteacao-Civil-Chuvas-causam-alguns-estragos-nas-ilha-Brava-Fogo-e&ak=1> - Acesso em 12/06/2023