



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**CURSO DE MESTRADO EM GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES E ADAPTAÇÃO ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Dissertação de Mestrado

Vulnerabilidade Climática em Cidades Costeiras:

Caso de estudo-Município de Maputo

Tomás Rafael Faife

Maputo, Março de 2024



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**CURSO DE MESTRADO EM GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES E ADAPTAÇÃO ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Vulnerabilidade Climática em Cidades Costeiras:

Caso de Estudo-Município de Maputo

Autor:

Tomás Rafael Faife

Supervisor:

Prof. Doutor António Queface

Faculdade de Ciências, Departamento de Física

Maputo, Março de 2024

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Declaro que esta dissertação nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito, e que ela constitui o resultado do meu trabalho de investigação. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de *Mestre em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas* na Universidade Eduardo Mondlane (UEM).

Maputo, Março de 2024

O autor

(Tomás Rafael Faife)

Professor Doutor Alberto Mavume

(Director do Curso)

O Júri de Avaliação

O Presidente do Júri

O Examinador

O Supervisor

(Prof. Doutor Alberto Mavume)

(Prof. Doutor Elidio Massuanganhe)

(Prof. Doutor Antonio Queface)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Doutor António Queface e Prof. Doutor Luís Miguel S. T. Buchir meus Supervisores, por terem-me auxiliado na germinação de ideias para a abordagem do Tema da Dissertação, e durante todo o processo de desenvolvimento deste presente trabalho de pesquisa. Meu agradecimento especial pela disponibilidade, paciência, auxílio e atenção prestada durante todo o tempo de desenvolvimento da Dissertação. Para mim foram mais que um Supervisores... Os meus agradecimentos extensivos a todos os professores do Curso de Mestrado em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas 2ª edição, pela partilha do seu saber, ao Prof. Doutor Alberto Mavume (Director do Curso) pela pronta orientação sobre os procedimentos e Regulamento que regem o Curso e a todos funcionários em geral do Registo académico e da Faculdade de Ciências da UEM.

Não posso menosprezar, nem deixar de agradecer a todos aqueles, que directa ou indirectamente, contribuíram motivando-me para o alcance deste objectivo.

"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo"

Nelson Mandela

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado em primeiro lugar a Deus, causa primordial de todas as coisas.

Dedico-o também à minha esposa Olímpia de Jesus e à minha filha Acrícia Felizarda Faife cuja presença foi essencial para a conclusão deste trabalho e conseqüentemente do Curso. Grato pela vossa compreensão com as minhas horas de ausência. Amo-vos.

Igualmente dedico-o aos meus pais, (em memória) pilares da minha formação como ser humano. Com muita satisfação, dedico este trabalho de pesquisa aos colegas do Curso pelo apoio e suporte que me deram durante todo o Curso e pelas incontáveis horas de interação e ajuda.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Frequência de ocorrência de eventos extremos em Moçambique 1956-2020.....	1
Figura 2: Gráfico de precipitação média anual no Município de Maputo	2
Figura 3: Organograma das Etapas de desenvolvimento da Metodologia.....	9
Figura 4: Mapa de localização do Município de Maputo.	15
Figura 5: Gráfico dos eventos extremos ocorridos no Município de Maputo.	16
Figura 6: Gráfico do número de pessoas afectadas pelos eventos extremos no Município de Maputo	17
Figura 7: Gráfico de percentagens de áreas afectadas pelos eventos extremos no Município de Maputo.	18
Figura 8: Mapa do IVC em cada distrito Urbano do Município de Maputo.....	20

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Processo de Fuzzificação	13
Tabela 2: Processo de Inferência	13
Tabela 3: Processo de Defuzzificação	14
Tabela 4: Instrumentos legais sobre a Gestão do Risco de Desastres.....	19

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Padronização de dados	10
Equação 2: Padronização de dados	11
Equação 3: Cálculo do valor de cada componente	11
Equação 4: Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Climática	11
Equação 5: Atribuição de pesos aos componentes.....	12
Equação 6: Definição de pesos por cada componente.....	12

ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE	I
DEDICATÓRIA	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABELAS.....	IV
RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
LISTA DE ABREVIATURAS	VII
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Eventos climáticos extremos e seus impactos no Município de Maputo.....	2
1.3 Capacidade da adaptação do Município de Maputo aos eventos Extremos.....	3
1.4 Motivação.....	4
1.5 Objectivos.....	4
1.5.1 Objectivo Geral.....	4
1.5.2 Objectivos Específicos.....	4
1.6 Problema.....	4
1.7 Contribuição.....	5
CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA.....	6
CAPÍTULO III: METODOLOGIA	9
3.1 Índice de Vulnerabilidade Climática.....	10
3.2 Método	10
3.2.1 Padronização de dados	10
3.3 Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Climática	11
3.3.1 Atribuição de Pesos aos Indicadores.....	11

3.4	Lógica de Fuzzy	12
3.5	Etapas da lógica Fuzzy	13
3.6	Fuzzificação	13
3.6.1	Inferência	13
3.6.2	Defuzzificação	13
3.7	ArcGIS	14
3.8	Área de estudo	14
CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		16
4.1	Nível de exposição do Município de Maputo a eventos extremos.....	16
4.2	Nível de sensibilidade do Município de Maputo a eventos Extremos	17
4.3	Capacidade da adaptação do Município de Maputo.....	18
4.4	Índice de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo.....	20
CAPÍTULO V CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		22
5.1	Conclusões	22
ANEXOS		26
APÊNDICES.....		42

RESUMO

A frequência e intensidade cada vez maiores dos eventos climáticos extremos, tais como chuvas intensas, tempestades ou ventos fortes, podem aumentar o risco de deslizamentos de terra e inundações principalmente nas cidades costeiras, afectando as infraestruturas, equipamentos sociais e consequentemente a vida das comunidades locais. Uma das principais conclusões do sexto relatório de avaliação, feito pelo IPCC, sobre o impacto, adaptação e vulnerabilidade às mudanças climáticas, indica que as cidades e assentamentos costeiros estão na primeira linha de defesa, enfrentando maiores riscos dos eventos climáticos extremos. Portanto, a subida do nível médio das águas do mar é uma ameaça para as cidades costeiras em todo mundo, e por isso, no processo de tomada de decisão a nível local, deve-se tomar em conta a resiliência climática nessas cidades. É nesse contexto, que o presente estudo analisa a vulnerabilidade climática em cidades costeiras no caso vertente, no Município de Maputo, através do Índice de Vulnerabilidade Climática (IVC), que avalia a exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação da área em causa, aferindo desse modo o grau de Vulnerabilidade Climática. Os resultados mostraram que à semelhança de muitas cidades costeiras, o Município de Maputo também é vulnerável aos eventos climáticos extremos. Entretanto, a sua vulnerabilidade é relativamente baixa ($IVC_{\text{Município de Maputo}} = 0,49$), sendo que as chuvas intensas e ventos fortes são os eventos que ocorrem com maior frequência. No entanto, as inundações que se verificam, resultam de altos níveis de precipitação, agravados pelo crescimento demográfico e deficiente ordenamento territorial, caracterizado por construções em locais impróprios e a inoperância dos sistemas de escoamento das águas. Assim, conclui-se que o Município de Maputo é vulnerável aos eventos climáticos extremos, sendo que a sua vulnerabilidade está associada a questões de uso e aproveitamento do solo, concretamente ao cumprimento dos instrumentos de ordenamento territorial.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Climática, Cidades Costeiras, Adaptação.

ABSTRACT

The increasing frequency and intensity of extreme weather events, such as heavy rains, storms or strong winds, may increase the risk of landslides and floods, especially in coastal cities, affecting infrastructure, social facilities and consequently the lives of local communities. . One of the main conclusions of the sixth assessment report, made by the IPCC, on the impact, adaptation and vulnerability to climate change, indicates that coastal cities and settlements are in the first line of defense, facing greater risks from extreme weather events. Therefore, the rise in mean sea level is a threat to coastal cities around the world, and therefore, in the decision-making process at the local level, the climate resilience in these cities must be taken into account. It is in this context that the present study analyzes the climate vulnerability in coastal cities in this case, in the Municipality of Maputo, through the Climate Vulnerability Index (CVI), which assesses the exposure, sensitivity and adaptability of the area in question, measuring thus the degree of Climate Vulnerability. The results showed that, like many coastal cities, the Municipality of Maputo is also vulnerable to extreme weather events. However, its vulnerability is relatively low ($IVC_{\text{Municipality of Maputo}}=0.49$), with heavy rains and strong winds being the events that occur most frequently. However, the floods that occur result from high levels of precipitation, aggravated by population growth and poor territorial order, characterized by constructions in inappropriate places and the ineffectiveness of water drainage systems. Thus, it is concluded that the Municipality of Maputo is vulnerable to extreme weather events, and its vulnerability is associated with issues of land use and exploitation, specifically compliance with territorial planning instruments.

Key-words: Climate Vulnerability, Coastal Cities, Adaptation.

LISTA DE ABREVIATURAS

SIGLA	DENOMINAÇÃO
CCFVI	Índice de Vulnerabilidade das Cidades Costeiras às Inundações.
CENOE	Centro Nacional de Operações de Emergência.
CLGRC	Comité Local de Gestão de Risco de Calamidades.
CMCM	Conselho Municipal da Cidade de Maputo.
COE	Centro Operativo de Emergência.
CoMSSA	Pacto de Autarcas para a África Subsariana.
CVI	Índice de Validade de Conteúdo.
GIS	Geographic Information System.
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia.
INGC	Instituto Nacional de Gestão de Calamidades.
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change.
MHDA	Modelo de Hierarquia Dephi-Analitical.
PBCM	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.
PDPMCEN	Plano Director de prevenção e Mitigação das Calamidades Naturais.
PDRRD	Plano Director de Redução do Risco de Desastres.
QPGAS	Quadro de Política de Gestão Ambiental e Social.
RRD	Redução do Risco de Desastres.
SOVI	Social Vulnerability Index.
UNAPROC	Unidade Nacional de Protecção Civil.
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas).

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A frequência cada vez maior da ocorrência dos eventos climáticos extremos tais como chuvas intensas que resultam em inundações, ventos fortes e secas, é observada em diversas partes do planeta (Field et al., 2012). Segundo o PDRRD (2017), Moçambique é considerado um dos países mais vulneráveis ao risco de desastres onde nos últimos 30 anos, pelo menos 14% da população foi afectada por uma seca, uma cheia ou uma tempestade tropical (Figura 1). Mais ainda, estudos mostram que mais da metade dos eventos (53%), resultaram em desastres, lembrando também que mais da metade da população moçambicana vive na linha da costa e a maioria nas zonas rurais. Deste modo, pode-se assumir que a vulnerabilidade face aos desastres é resultado da sua fraca capacidade socioeconómica associada a sua localização, pois o país encontra-se na foz de nove rios internacionais e na zona de convergência intertropical (Queface, 2009; Field et al., 2014; PDRRD, 2017; Buchir, 2021). Estas situações exigem acções específicas dos governos locais, com vista a ampliar o nível de prontidão e a capacidade de adaptação das suas populações, aplicando medidas directas e indirectas que reduzam a vulnerabilidade sócio-ambiental e climática dos habitantes (Rosenzweig et al., 2015).

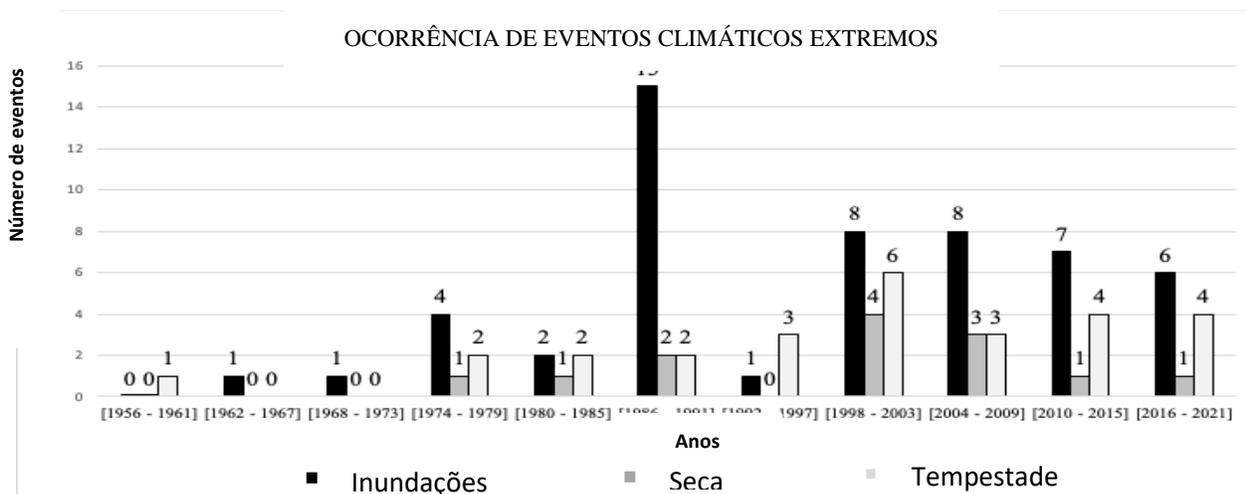


Figura 1: Frequência de ocorrência de eventos extremos em Moçambique 1956-2020

Fonte: Buchir et al., (2022).

Ciente da frequência e magnitude dos eventos climáticos extremos, o Governo de Moçambique definiu a Redução do Risco de Desastres como uma das prioridades nacionais e, a partir do ano 2000, o país adoptou uma abordagem proactiva visando reduzir a vulnerabilidade aos eventos extremos, nas comunidades locais, na economia e nas infraestruturas. Foi este cenário que em parte ditou a origem do Plano Director de Prevenção e Mitigação das Calamidades Naturais (PDPMCN) que entrou em funcionamento em 2006. (PDRRD, 2017).

1.2 Eventos climáticos extremos e seus impactos no Município de Maputo

Os eventos climáticos extremos bem como os seus impactos, constituem uma grande preocupação da sociedade actual. Segundo Santos (2011), entende-se por eventos climáticos extremos como sendo os fenómenos que ocorrem com uma magnitude ou intensidade que possa provocar danos ambientais e perdas socioeconómicos. À semelhança de algumas cidades Moçambicanas, o Município de Maputo, é propenso ao impacto negativo dos eventos climáticos extremos que com o passar do tempo vão aumentando a sua frequência e intensidade. Dados do CENOE (2022), indicam que a época chuvosa em Moçambique, inicia em Outubro de um ano e termina em Março do ano seguinte e, a cidade de Maputo, em todas épocas chuvosas e ciclónicas sofre o impacto dos eventos extremos principalmente de inundações, sejam elas de baixa, moderada ou alta magnitude, dependendo da quantidade de precipitação que se regista em cada época (Figura 2)

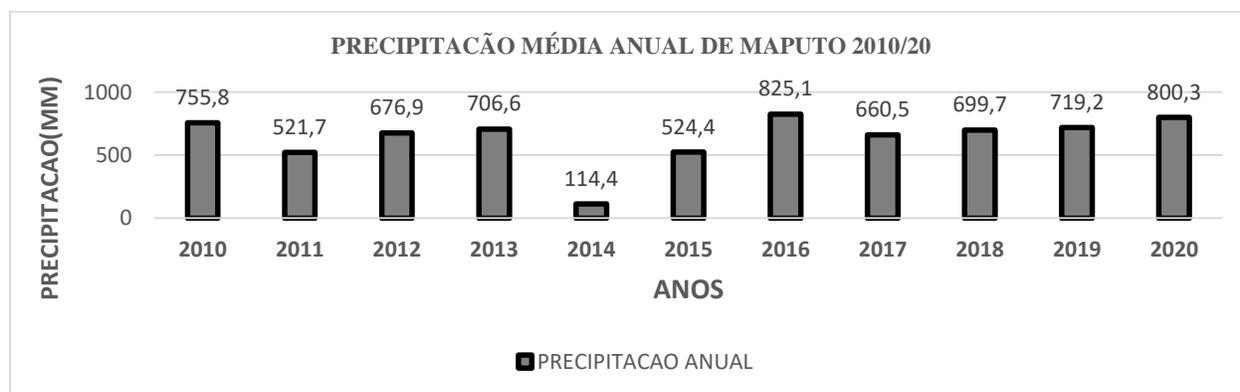


Figura 2: Gráfico de precipitação média anual no Município de Maputo

Fonte: INAM (2022).

Os principais eventos climáticos extremos ocorridos no Município de Maputo entre 2010-2020, período em análise, são chuvas intensas, descargas atmosféricas, ventos fortes e vendavais, que

tiveram impactos negativos nas infraestruturas e equipamentos sociais, afectando um número considerável de famílias nas zonas de risco (CENOE, 2022). Segundo CMCM (2011), os impactos dos eventos climáticos extremos neste Município, são observados principalmente através das inundações e erosão dos solos que trazem consigo problemas de mobilidade, eclosão de doenças, destruição de habitações e necessidade de reassentamento.

1.3 Capacidade da adaptação do Município de Maputo aos eventos Extremos

Segundo o IPCC (2014), a Adaptação é um conjunto de acções que a sociedade pode realizar para minimizar os impactos ou aproveitar-se dos benefícios relacionados às condições climáticas actuais ou previstas para o futuro. A capacidade Adaptativa de um sistema, está relacionada ao quanto ele está preparado para lidar com os efeitos das mudanças climáticas, podendo ser ampliada ou reduzida através de acções individuais ou por políticas públicas. Caso este sistema consiga absorver estas alterações e manter o seu funcionamento original, ele será considerado um sistema resiliente (Word Bank, 2011). De acordo com UNFCCC (2006), o primeiro passo no estabelecimento de estratégias de adaptação nas zonas costeiras consiste na colecta de informações socioeconómicas e biofísicas salientando que actualmente existem vários métodos de colecta de dados, incluindo muitos tipos de equipamentos, desde os medidores das marés aos sensores remotos de satélite, cujos resultados podem ser combinados com as experiências humanas recolhidas através de questionários e outras pesquisas.

Quanto à capacidade de adaptação aos eventos climáticos extremos, o Município de Maputo, guiando-se dos instrumentos legais sobre a Gestão do Risco de Desastres, possui um programa de reflorestamento da zona costeira para a redução dos níveis de erosão e a conservação do mangal em áreas com alto risco a tempestades e inundações na zona da KaTembe. O Município prevê igualmente a reabilitação das comportas que permitem controlar a entrada e saída das águas do mar na zona do mangal da Costa de Sol e, espera-se que com esta acção, seja possível ter um controle do fluxo da água que chega a essa área e poder retê-la por mais tempo e assim permitir um alagamento controlado para o desenvolvimento do mangal (CoM SSA, 2021). De acordo com Di Giului et al. (2016), as incertezas e controvérsias sobre os efeitos das mudanças climáticas, bem como as diferentes percepções de risco frente aos impactos por estas gerados, associadas ao uso de linguagem técnica e o distanciamento entre os pesquisadores e os tomadores de decisão,

constituem barreiras que devem ser ultrapassadas para a ampliação da capacidade adaptativa ao nível local.

1.4 Motivação

O desejo de desenvolver o estudo em causa, nasce primeiramente da pretensão de querer analisar o grau de vulnerabilidade do Município de Maputo face aos eventos extremos, e paralelamente a isso, colocar em prática os conhecimentos obtidos sobre a Redução do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas durante o Curso, onde foram abordados conceitos sobre Exposição, Sensibilidade, Vulnerabilidade, Resiliência e Capacidade de Adaptação aos desastres naturais, contribuindo dessa forma para tornar o Município de Maputo, área do presente estudo, resiliente aos eventos extremos. Face ao exposto, o presente trabalho contribui com uma análise sobre a Vulnerabilidade Climática em Cidades Costeiras tendo como área de estudo o Município de Maputo, sendo que o mesmo é composto por cinco capítulos com a seguinte ordem: O primeiro compreende à introdução que de forma geral contextualiza o tema em abordagem seguido da revisão de literatura, parte necessária para melhor compreender o tema, sendo que o terceiro capítulo aborda a metodologia que guiou o estudo, seguido da apresentação e discussão dos resultados alcançados e por fim as conclusões que reflectem as ilações tiradas e as recomendações.

1.5 Objectivos

1.5.1 Objectivo Geral

- ✓ Avaliar o grau de Vulnerabilidade do Município de Maputo aos eventos Extremos.

1.5.2 Objectivos Específicos

- ✓ Analisar o nível de exposição do Município de Maputo a eventos extremos.
- ✓ Analisar o nível de sensibilidade do Município de Maputo aos eventos Extremos.
- ✓ Avaliar a capacidade da adaptação do Município de Maputo aos eventos Extremos.

1.6 Problema

O Município de Maputo incluindo a sua zona costeira, com uma extensão de 17,9 km, estendendo-se do clube Naval que faz parte da Baía de Maputo ao Bairro dos Pescadores, tem evidenciado desde há alguns anos problema de inundações e elevados índices de erosão causados por chuvas intensas principalmente nas épocas chuvosas e pouca cobertura vegetal, verificando-se a assim,

recuos significativos da linha da costa, com implicações nas faixas marginais que resultam nas perdas de areias, destruição de dunas, aumento dos riscos de galgamento da água do mar para a zona continental, com consequência para danos nas estruturas de defesa costeira existentes. Por outro lado, esta zona pela sua grande apetência para ocupação e actividade turística, está submetida a uma crescente ocupação humana, traduzida por novas edificações, arruamentos e outras infraestruturas, acções que contribuem para a destruição do mangal e tornam a zona particularmente vulnerável ao impacto dos eventos extremos tais como chuvas intensas que resultam em inundações e a ventos fortes. Este cenário, levanta a seguinte questão de pesquisa: *Será que a Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo é devido aos eventos climáticos extremos?*

Hipótese: Ao nível do Município de Maputo, existe uma fraca capacidade Institucional para fazer frente aos eventos climáticos extremos.

1.7 Contribuição

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios globais, uma vez que envolvem acções coordenadas em diversas dimensões, tais como a ciência, a economia e a dimensão social. A problemática das mudanças climáticas é transversal, na medida em que afecta de forma negativa diversas estruturas da sociedade e economia. Neste sentido, dada a forma como o método científico é conduzido no presente estudo o mesmo poderá despertar a comunidade científica local para uma reflexão sobre o estabelecimento de uma plataforma nacional de monitoramento da erosão, mapeamento das zonas com alto risco de inundações nas cidades costeiras e no desenvolvimento de tecnologias de infraestruturas de escoamento das águas pluviais visto que o país possui uma extensa zona costeira. O mesmo poderá também enriquecer estudos já existentes sobre a mesma temática.

Na dimensão económica, sendo a área de estudo uma zona de potencial turístico, esta pesquisa poderá contribuir para melhor encaminhamento dos recursos financeiros direccionados a investimentos para o combate da degradação das zonas costeiras com o objectivo de garantir a protecção de infraestruturas económicas e equipamentos sociais. Por fim, na dimensão social, o estudo poderá contribuir para a redução do número de pessoas afectadas pelo impacto das inundações e erosão dos solos, identificando melhores áreas para a implantação de infraestruturas e equipamentos sociais tendo como base os instrumentos de ordenamento territorial.

CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

Segundo G. Yoo et al. (2011), no seu estudo sobre o desenvolvimento de uma nova metodologia para avaliação da vulnerabilidade climáticas nas cidades costeiras, no Sul da Coreia, o autor usa uma abordagem estatística que analisa a subida do nível médio das águas do mar, com o factor de exposição e o índice de sensibilidade calculado com base na percentagem da área inundada e a densidade populacional, fazendo simulação de inundação com a ferramenta GIS. No que diz respeito a capacidade adaptativa os autores avaliaram 3 componentes, nomeadamente a capacidade económica da população afectada, infraestruturas e a capacidade institucional. Com isto concluíram que embora a ferramenta seja de grande utilidade, o envolvimento das partes interessadas, pode trazer mais sensibilidade ao instrumento.

Entretanto, Balica (2012), na sua pesquisa onde propõe o desenvolvimento de uma ferramenta para avaliar o índice de vulnerabilidade das cidades costeiras às inundações (CCFVI), o autor usa indicadores de exposição, sensibilidade e resiliência, para definir o nível de vulnerabilidade climática, através de uma abordagem quantitativa que atribui pesos de 0 a 1 para indicar o nível baixo ou alto da vulnerabilidade e dessa forma demonstrar o grau de vulnerabilidade das cidades costeiras. Esta ferramenta mostrou-se eficaz e sem complexidade tendo os autores concluído que a mesma é de fácil aplicação mas carece de dados produzidos com regularidade sobre avaliação dos impactos das mudanças climáticas nas cidades costeiras. Por sua vez, Nascimento e Neto (2018), no seu estudo sobre o risco climático na cidade de Maputo, afirma que é fundamental entender que o risco e a vulnerabilidade são processos que direccionam questões ligadas aos direitos sociais e suas formas de acesso com base nos parâmetros legais de conhecimento, controle e prevenção de desastres. Neste estudo, através do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI), o autor concluiu que a desigualdade social para o Município de Maputo, é a principal componente que condiciona a vulnerabilidade dos Municípios.

Enquanto isso, Molinaroli (2019), no seu estudo sobre lições aprendidas no processo de adaptação às Mudanças Climáticas nas cidades costeiras, tendo como área de estudo as cidades de Miami e Veneza, o autor mostra como as questões de adaptação aos eventos extremos são inseridas nas políticas normativas. O mesmo faz uma abordagem qualitativa baseando-se em observações, discussões com autoridades governamentais, representantes de grupos cívicos e cientistas, analisando aspectos tais como prontidão, e a capacidade institucional. Com base nisso, o autor

concluiu que a integração dos aspectos de adaptação através da protecção dos activos por meio de elevação de barreiras de protecção contra a subida do nível das águas do mar e o melhoramento dos sistemas de drenagem, é um mecanismo de resiliência climática de fácil adaptação e possível de ser replicado em outras cidades.

Ainda sobre a mesma temática, Oktari et al. (2019), na sua pesquisa intitulada Medindo a resiliência climática das cidades costeiras, onde desenvolvem ferramenta de análise da resiliência climática face à subida do nível médio das águas do mar, associando perigos costeiros tais como a erosão e inundações, neste processo os autores propõem uma análise em três etapas nomeadamente, a colecta de dados, identificação de variáveis e definição de indicadores e como terceira o teste de validade da ferramenta, usando o Índice de Validade de Conteúdo (CVI). Nesta pesquisa, os autores concluíram que o instrumento possui um nível adequado para análise e avaliação da resiliência nas cidades costeiras, contudo, a sua fiabilidade depende mais da opinião de especialistas interessados, representando formuladores de políticas, profissionais da área e académicos.

Para Y. Zhang et al. (2021), no seu estudo sobre a vulnerabilidade climática que tem como objectivo desenvolver uma estrutura para avaliação de vulnerabilidade, integrando aspectos ecológicos, físicos e socioeconómicos na Orla Económica de Bohai na China, o autor usa uma ferramenta de código aberto, modelo de vulnerabilidade costeira Invest, que quantifica os impactos do aumento do nível médio das águas do mar através de atribuição de pesos aos índices de exposição. Paralelamente, o índice de sensibilidade foi calculado agregando factores tais como área urbanizada, densidade populacional, taxa de crescimento populacional e população vulnerável. Do mesmo modo, o índice de capacidade adaptativa foi calculado agregando factores como comunicação, educação, transporte e serviços médicos. Deste estudo, os autores concluíram que a integração destes diferentes aspectos numa única representação espacial caracteriza da melhor forma a vulnerabilidade biofísica nas zonas costeiras. Contudo a falta de dados sobre a dinâmica das zonas costeiras e seus habitats, bem como as características das comunidades que nelas habitam, pode ser uma limitação para a estrutura proposta.

Numa outra visão, Bagheri (2021), no seu trabalho que aborda a temática sobre a avaliação da vulnerabilidade no meio urbano costeiro, tendo como área de estudo a cidade costeira de Kuala Terengganu na Malásia, o autor avalia o potencial social, ambiental e económico bem como os impactos dos eventos extremos nesta área de estudo. Nesta pesquisa, o autor usou a combinação

do Modelo Hierarquia Delphi-Analytical que se baseou na opinião e julgamento de especialistas, para além de grupos anónimos e o resultado do mapeamento e análise da vulnerabilidade costeira usando a ferramenta GIS. No entanto, embora eficiente o processo é complexo e exige a disponibilidade de dados fornecidos de forma regular e colectados em intervalos de tempo apropriados para permitir uma avaliação de vulnerabilidade costeira precisa.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

O presente trabalho de pesquisa, foi desenvolvido a partir da necessidade de aferir o grau de vulnerabilidade das cidades costeiras face aos eventos extremos, tendo como caso de estudo o Município de Maputo. Numa primeira fase definimos o objectivo geral e os específicos da pesquisa com base no problema relacionado com a análise da vulnerabilidade climática em cidades costeiras. De seguida, para melhor orientação na recolha de dados, definiram-se os principais indicadores necessários para o alcance dos objectivos do trabalho. Uma vez definidos os indicadores, a terceira fase foi referente a recolha de dados em instituições públicas com mandato sobre questões relacionadas com a gestão de risco de desastres e adaptação às mudanças climáticas. A quarta fase coube a análise e interpretação dos dados com base em métodos estatísticos básicos e o Índice de Vulnerabilidade Climática, para ajudar a entender o grau de vulnerabilidade do Município de Maputo aos eventos extremos. A quinta fase, permitiu que através de ilustrações gráficas e mapas produzidos com recurso ao software ArcGIS, um sistema de informação geográfica (Geographic Information System GIS) utilizado para criar, gerenciar, compartilhar e analisar dados espaciais, fosse possível apresentar os resultados e com base nestes propor alternativas sustentáveis.

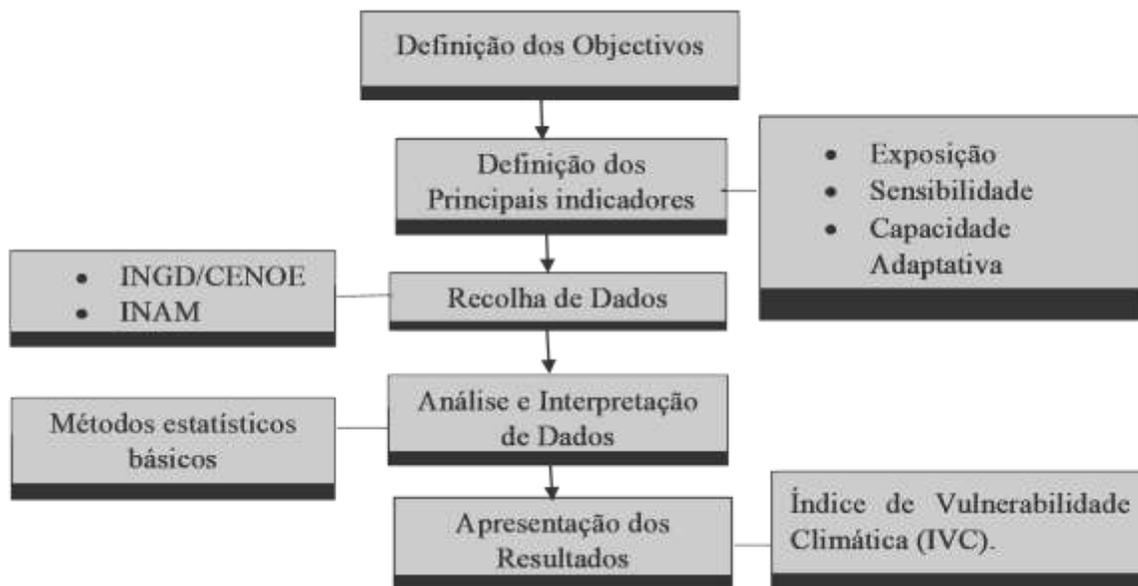


Figura 3: Organograma das Etapas de desenvolvimento da Metodologia

3.1 Índice de Vulnerabilidade Climática

O presente estudo teve como base o Índice de Vulnerabilidade Climática, proposto por Buchir (2021), no seu estudo intitulado *Vulnerability and adaptation capacity to climate change: An alternative approach to climate vulnerability indices*, ferramenta que auxilia na compreensão do estado de um sistema relativamente ao impacto dos eventos climáticos extremos. De acordo o IPCC (2007), vulnerabilidade é definida como o grau de susceptibilidade de um sistema aos efeitos adversos dos eventos climáticos extremos, ou a sua incapacidade de gerir esses efeitos. A mesma vulnerabilidade pode ser definida também em função da relação entre os três componentes fundamentais nomeadamente Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, cuja essa relação se expressa em função de $V = f(E, S, CA)$, onde (E) Exposição, expressa o grau em que um sistema está próximo a variações climáticas significativas, (S) Sensibilidade, é o grau em que um sistema é afectado pelos eventos extremos, e (CA) Capacidade Adaptativa, reflecte a flexibilidade do sistema para se ajustar às mudanças climáticas (Krishnamurthy et al. 2014; KC et al. 2015; Oculi and Stephenson, cEeswa2018; Koutroulis et al. 2018). Para tal, a esses componentes foram atribuídos pesos de 0-1, para determinar o grau em que a área de estudo pode ser considerada vulnerável ou não, segundo os dados disponíveis na pesquisa, considerando que 1 representa o nível alto de vulnerabilidade e 0 o nível baixo.

3.2 Método

3.2.1 Padronização de dados

A padronização de dados é um processo que consiste em atribuir o mesmo padrão a dados de diferente natureza. Segundo Anandhi e Kannan (2018), os indicadores na maior parte das vezes, apresentam-se em diferentes escalas ou unidades. Assim sendo, estes devem ser padronizados para permitir a sua comparação e interpretação. No entanto, o autor salienta que é muito importante saber a relação entre o indicador e o objectivo principal que se pretende que neste caso, é o Índice de Vulnerabilidade Climática. Deste modo, se o indicador aumentar o seu valor e a meta principal também aumentar, é sugerida a equação (1), caso contrário, se o indicador aumentar o seu valor e a meta principal diminuir, é recomendada a equação (2) (Buchir, 2022).

$$X = \frac{X_V - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

Ou:

$$X = \frac{X_{max} - X_v}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

Onde X é o valor padronizado ou seja o resultado, X_v é o valor a ser padronizado, X_{max} e X_{min} são os valores máximo e mínimo do indicador na área do impacto. Com os dados já padronizados, a equação (3) é usada para achar o valor de cada componente.

$$V(E, S, CA) = \frac{(\sum_{i=1}^{ni} P_{li} \cdot X_i + \sum_{i=1}^{ii} X_i)}{\sum_{i=1}^{ni} P_{li}} \quad (3)$$

Onde V é o valor de cada componente nomeadamente Exposição, Sensibilidade, Capacidade adaptativa, X_i é o valor do indicador na respectiva componente, P_{li} é o peso por indicador, e ni é o número de indicadores por componente. Assim, de acordo com IPCC (2017), Buchir (2022), o Índice de Vulnerabilidade Climática (IVC) é determinado pela seguinte equação (4):

3.3 Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Climática

O Índice de Vulnerabilidade Climática, é uma ferramenta que serve para retratar o grau de vulnerabilidade de um sistema. O mesmo, tem como variáveis para a sua análise, a Exposição (E) que refere á proximidade do sistema a possíveis riscos climáticos, a Sensibilidade (S) que é o grau do impacto do evento climático sobre o sistema e a Capacidade Adaptativa (CA) que refere ás diferentes formas de fazer face ao evento climático e, para o seu cálculo é usada a equação abaixo (4).

$$IVC = \frac{P_E \cdot E + P_S \cdot S + P_{CA} \cdot CA}{P_E + P_S + P_{CA}} \quad (4)$$

Onde P_E, P_S, P_{CA} são os pesos determinados para cada componente principal e E, S, CA são os valores de cada componente principal.

3.3.1 Atribuição de Pesos aos Indicadores

A atribuição de pesos por cada indicador, é um procedimento que tem como objectivo representar através de valores numéricos, o grau de Vulnerabilidade Climática de um sistema. Deste modo,

como forma de reduzir a subjectividade na atribuição dos pesos, os mesmos para o seu cálculo, foram agregados num determinado nível de variância e que segundo Iyengar & Sudershan (1982), quanto maior for a variância, menor será o peso atribuído e desta forma, obteve-se a seguinte equação (5):

$$P_i = \frac{C_p}{\sqrt{\text{var}(V_p)}} \quad (5)$$

Onde P_i é peso de cada indicador, C_p é a constante de padronização, V_p o valor padronizado. A definição de pesos por cada componente, foi determinada pela seguinte equação (6):

$$PC = \frac{(\sum_{i=1}^{n_i} P_i.N_i + \sum_{i=1}^{n_i} P_i.N_i)}{\sum_{i=1}^{n_i} P_i} \quad (6)$$

Onde PC é peso do componente, P_i é o peso por indicador, n_i número de indicadores por Componente e N_i é o número de repetições das variáveis de um indicador.

3.4 Lógica de Fuzzy

A lógica fuzzy é uma técnica baseada em graus de pertinência da verdade representado por valores numéricos. Os valores 0 e 1 ficam nas extremidades e entre eles estão os vários estados da verdade que permitem especificar o quanto uma determinada situação ou objecto satisfaz a descrição feita. De acordo com Marro et al. (2009), A Lógica Fuzzy também chamada de lógica multivalorada, foi introduzida em 1930 pelo filósofo e lógico polonês Jan Lukasiewicz, através do estudo de termos como alto, velho e quente. Ele propôs a utilização de um intervalo de valores de 0 a 1 para indicar a possibilidade de uma declaração ser verdadeira ou falsa. Em 1937, o filósofo Max Black propôs a idéia de que a continuidade entre esses valores, descreveria ainda mais graus. Assim, ele definiu o primeiro conjunto fuzzy e descreveu idéias básicas de operações com conjuntos fuzzy. Em 1965 Lofti Zadeh publicou o artigo Fuzzy Sets, e se tornou conhecido como a origem da Lógica Fuzzy, entretanto, na verdade Zadeh redescobriu a idéia de fuzzyficação, identificou e explorou esse conceito, tendo lutado por ele até ser conhecido como o mestre da Lógica Fuzzy.

3.5 Etapas da lógica Fuzzy

3.6 Fuzzificação

É a etapa na qual as variáveis linguísticas e as funções de pertinência são definidas de forma subjectiva. Assim, a definição das variáveis em forma de intervalos de classes, são expressas em valores numéricos.

Tabela 1: **Processo de Fuzzificação**

Classes	Variância
Muito Baixo	[0.0 - 0.3]
Baixo	[0.2 - 0.5]
Médio	[0.3 - 0.6]
Alto	[0.5 - 0.8]
Muito Alto	[0.7 - 1.0]

Fonte: Autor (2022)

3.6.1 Inferência

Nesta etapa as proposições ou regras são definidas e depois examinadas paralelamente para relacionar e analisar as variáveis do conjunto Fuzzi.

Tabela 2: **Processo de Inferência**

Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa	IVC
Alta	Alta	Baixa	Alto
Baixa	Baixa	Baixa	Médio
Baixa	Baixa	Alta	Baixo
Alta	Alta	Alta	Médio

Fonte: Autor (2022)

3.6.2 Defuzzificação

Para se obter uma saída numérica é necessário defuzzificar a saída obtida na etapa anterior. Nesta fase ocorre o processo inverso ao da fuzzificação . Aqui são produzidos valores numéricos de saída

variando de 0 a 1, que depois são convertidos em variáveis linguísticas, permitindo desta forma analisar qualitativamente os dados numéricos obtidos.

Tabela 3: Processo de Defuzzificação

[0.0 - 0.3]	Muito Baixo
[0.2 - 0.5]	Baixo
[0.3 - 0.6]	Médio
[0.5 - 0.8]	Alto
[0.7 - 1.0]	Muito Alto

Fonte: Autor (2022)

3.7 ArcGIS

É um sistema de informação geográfica (Geographic Information System GIS) utilizado para criar, gerenciar, compartilhar e analisar dados espaciais. O sistema fornece uma infraestrutura para criar mapas e buscar informações geográficas. O ArcGIS oferece um conjunto de funcionalidades baseadas em localização para diversas análises, usando ferramentas para analisar e visualizar dados. Essas informações podem ser compartilhadas com outras pessoas por meio de aplicativos, mapas e relatórios.

3.8 Área de estudo

A cidade de Maputo é a capital de Moçambique, onde se encontra o centro administrativo, financeiro e mercantil do país (Figura 4). O clima de Maputo é tropical seco, e o período mais quente do ano ocorre entre os meses de novembro a abril sendo que o mais frio vai de maio a outubro (Pimentel, 2012). O Município de Maputo é constituído pela cidade de Maputo, Catembe e ilhas (Xefina Grande, Inhaca e dos Portugueses) e possui uma área de 346,77 km², com uma população estimada em cerca de 1.127.565 pessoas. A cidade desenvolve-se sobre uma morfologia diversificada composta por arriba costeira, encosta, vale e planície litoral (Pimentel, 2012).

Segundo Araújo (2006), os bairros mais populosos com mais de 30 mil habitantes, localizam-se nos distritos urbanos menos urbanizados. Dos 6 distritos que compõem o Município, Ka Nhlamanculo e Ka Maxaquene que representam 9,4%, da área territorial do Município de Maputo, albergam mais de metade da população (52,4%). Por outro lado, o distrito Municipal Ka Mpfumo,

que constitui a região central do Município, é o que regista menor densidade populacional, se comparado com as zonas suburbanas.

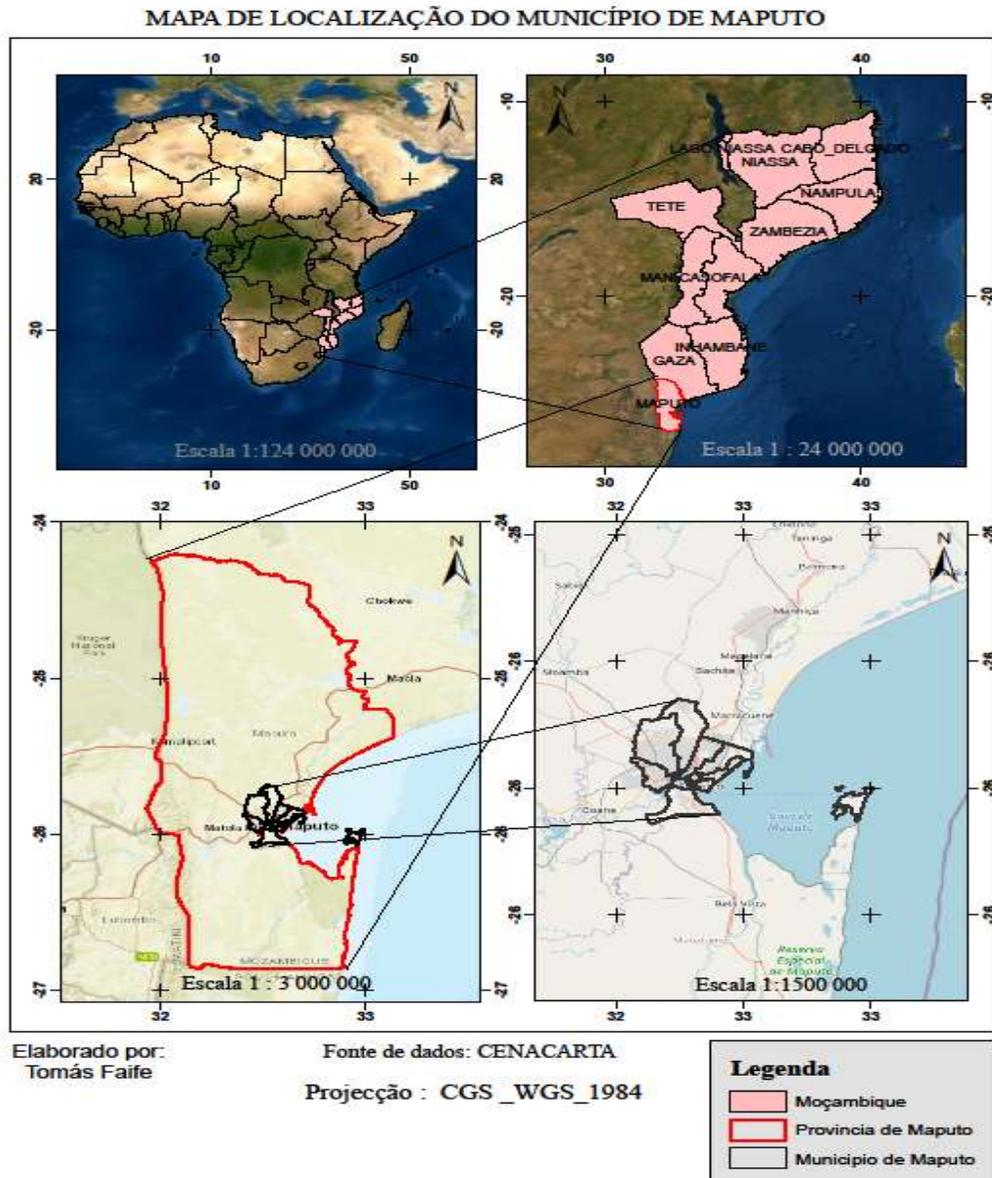


Figura 4: Mapa de localização do Município de Maputo.

Fonte: Autor (2022).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Nível de exposição do Município de Maputo a eventos extremos

No período de 2010 a 2020, ocorreram no Município de Maputo, um total de 21 eventos extremos, entre chuvas intensas que resultaram em inundações, ventos fortes e a seca, sendo que em cada ano do mesmo período registou-se uma variação de 2 a 3 eventos, destacando-se chuvas intensas e ventos fortes (CENOE, 2022). Portanto, quanto ao nível de exposição do Município de Maputo aos eventos extremos no período de 2010 a 2020, pode-se observar que o mesmo esteve ciclicamente exposto ao evento de chuvas intensas que resultaram em inundações. Contudo, pode-se destacar a ocorrência de ventos fortes em 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 e 2020, para além de períodos tímidos de seca nos anos 2013 e 2015 (figura 5).

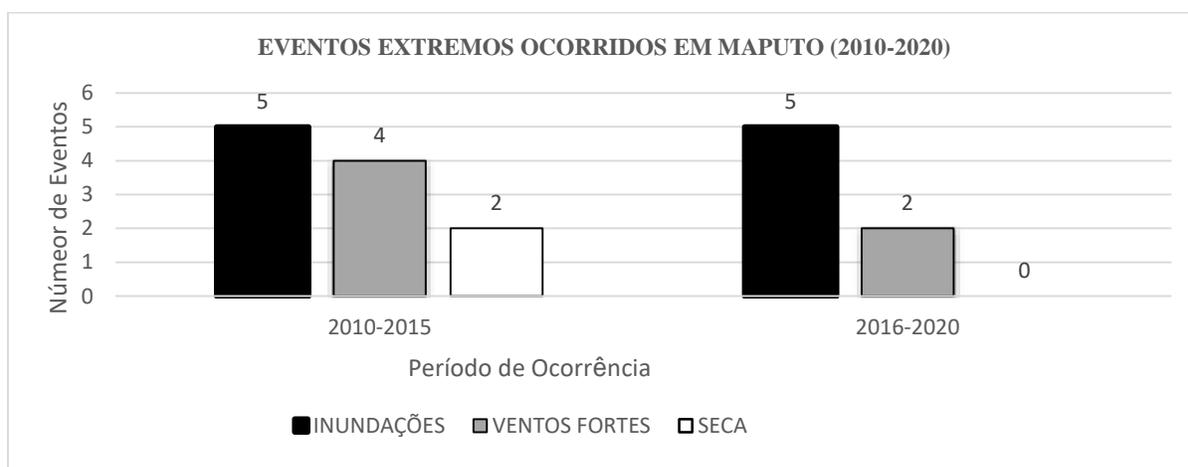


Figura 5: Gráfico dos eventos extremos ocorridos no Município de Maputo.

Fonte: CENOE (2022).

As constatações acima mencionadas, indicam claramente o número de ocorrência dos respectivos eventos no período em análise, sendo que as chuvas intensas que resultaram em inundações foram as que apresentaram um comportamento constante, significando que a cada época chuvosa, este evento ocorreu com a mesma frequência, enquanto que os ventos fortes e a seca, tiveram menor frequência. Pode-se entender que através deste panorama o Município de Maputo possui alto nível de exposição a eventos extremos, principalmente a chuvas intensas que resultam em inundações.

4.2 Nível de sensibilidade do Município de Maputo a eventos Extremos

No que diz respeito ao nível de sensibilidade do Município de Maputo aos eventos extremos no período em análise, nota-se que há um número crescente de pessoas afectadas tendo saído de 11.159 em 2010 para 35.624 em 2020 (figura 6). Essa variação surge em função da frequência e intensidade cada vez maiores dos eventos extremos no período em referência, facto também demonstrado por outros pesquisadores. Segundo Mavume (2008), a tendência histórica dos desastres causados por eventos extremos bem como a frequência e a sua intensidade em Moçambique e em particular no Município de Maputo área de estudo, é uma manifestação e demonstração claras das evidências das Mudanças Climáticas.

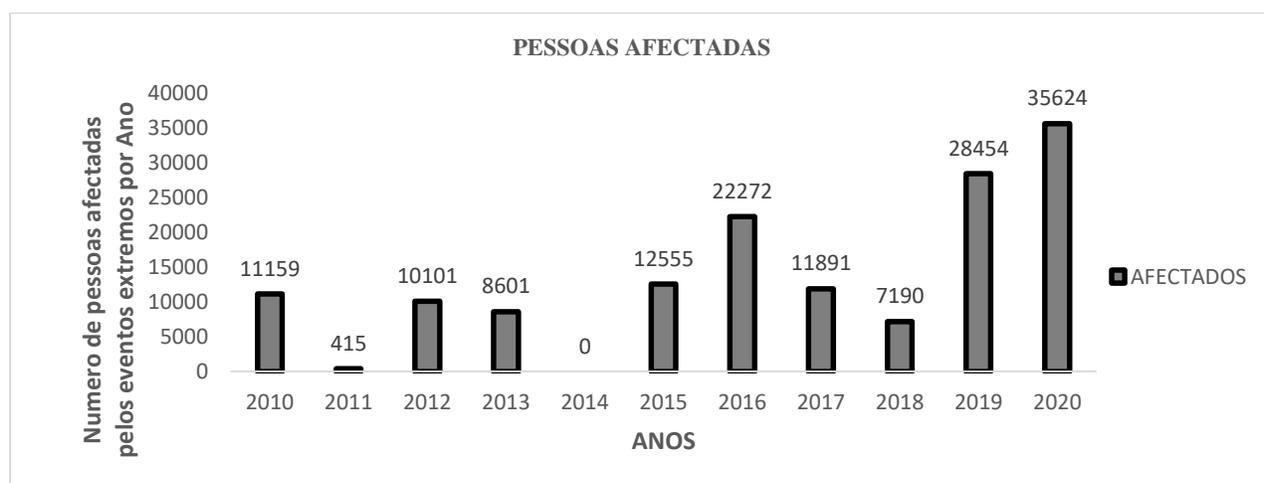


Figura 6: Gráfico do número de pessoas afectadas pelos eventos extremos no Município de Maputo.

Fonte: CENOE (2022).

Por outro lado, em relação as áreas afectadas pode se observar que os distritos Municipais ka Mavota e ka Lhamankulo são os que apresentam a maior percentagem de áreas inundadas (figura 7), mostrando dessa forma o alto nível de sensibilidade do Município de Maputo aos eventos extremos. Este facto, deve-se principalmente ao problema de ordenamento territorial nos distritos Municipais em referência, associado à deficiência das infraestruturas de escoamento das águas e à impermeabilidade dos solos.

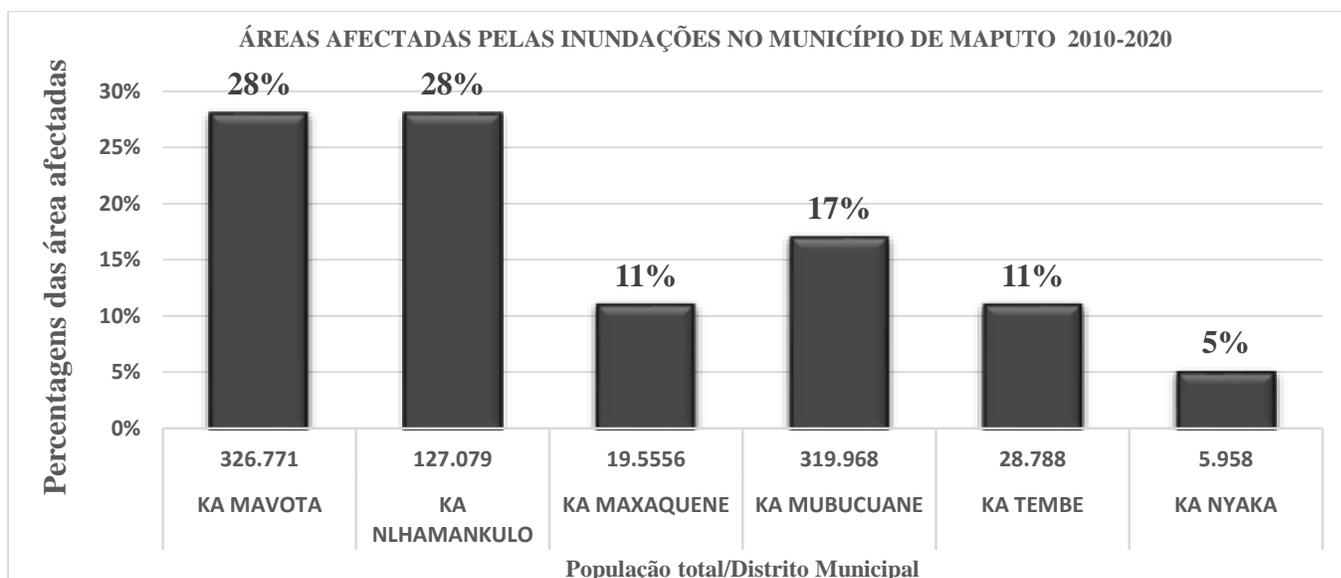


Figura 7: Gráfico de percentagens de áreas afectadas pelos eventos extremos no Município de Maputo.

Fonte: CENOE (2022).

Portanto, no período em análise, em termos de perdas e danos, estima-se que 29.332 famílias tenham sido afectadas o que corresponde a 112.638 pessoas. No que diz respeito a equipamentos sociais, há um registo de 29.062 casas afectadas, adicionadas a 21 salas de aula e 18 unidades sanitárias (CENOE, 2022). Supõe-se que o número elevado de perdas e danos pelos impactos negativos dos eventos extremos no período em análise, pode estar relacionado com a aprovação tardia dos instrumentos legais para fazer face a estes eventos. O que se observa é que estes instrumentos foram na sua maioria aprovados a partir do ano de 2014. Paralelamente, foram criadas unidades técnicas de resposta aos eventos extremos, destacando-se a nova estrutura do INGC que estabeleceu o CENOE, COE e a UNAPROC. Estima-se que nesse período tenham sido investidos cerca de 39.010.851.000.00 MZN, para fazer face aos eventos extremos (CENOE, 2022). Estes factores, podem também ter contribuído para o aumento cada vez mais do número de perdas e danos pelos eventos extremos no Município de Maputo.

4.3 Capacidade da adaptação do Município de Maputo

Para responder a capacidade de adaptação do Município de Maputo face aos eventos extremos, foram aprovados instrumentos do nível Nacional e Municipal tais como Plano de Acção para a

Prevenção e Controle da Erosão de Solos (2008-2018), Plano Geral de Urbanização, Plano de Estrutura Urbana entre outros que, orientam e regulamentam as actividades de Gestão e Redução do Risco de Desastres (Tabela 4). Paralelamente, foram alocados fundos e capacitados técnicos de diversas áreas em matérias de Mudanças Climáticas (CENOE, 2022).

Tabela 4: Instrumentos legais sobre a Gestão do Risco de Desastres

Instrumentos	Período de aprovação
Programa de acção Nacional para Adaptação às Mudanças Climáticas	2007
Plano de Acção para a Prevenção e Controle da Erosão de Solos	2008-2018
Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas	2010-2025
Sistema Nacional de Monitoria e Avaliação das Mudanças Climáticas	2014
Decreto n.º 7/2016: Aprova o Regulamento da Lei n.º 15/2014, estabelece o regime jurídico da gestão das calamidades.	20 de junho 2014
Plano Nacional de Adaptação	2016
Quadro de Indicadores de Redução do Risco de Desastres	2017-2019
Plano Director para a Redução do Risco de Desastres 2017-2030	2017-2030
Lei nr.º 10/2020 de 24 de agosto Lei de gestão e Redução do Risco de Desastres	24 de agosto 2020
Decreto n.º 76/2020 Aprova o Regulamento da Lei de Gestão e Redução do Risco de Desastres.	2020
Decreto n.º 79/2020 Declara a Situação de Calamidade Pública e Activa o Alerta Vermelho.	2020
Plano Local de Adaptação às mudanças climáticas	
Plano de Estrutura Urbana (2008)	2008
Plano Geral de Urbanização	
Plano Parcial de Urbanização	
Plano de Pormenor	

Fonte: Autor (2022).

Estão igualmente contemplados no plano de acção climática do Município de Maputo, o programa de reflorestamento da zona costeira, a reabilitação das comportas que permitem controlar a entrada e saída da água das marés na área do mangal da zona da Costa dos Sol, a implementação de um projecto de recuperação do mangal, no qual a preservação da zona costeira e a educação ambiental permanecem como pilares fundamentais de adaptação e sustentabilidade. No distrito Municipal Ka Katembe, o município tem o plano de regenerar 102 hectares de mangal com plantas que irá produzir no viveiro municipal. No âmbito do Plano Local de Adaptação às mudanças climáticas

no distrito urbano Ka Lhamankulo, constam ações tais como reabilitação e limpeza periódica de valas de drenagem bem como a construção de novas valas, nivelamento das ruas de modo a facilitar o escoamento das águas bem como a educação ambiental da comunidade incluindo mudanças climáticas. (CMCM, 2016 citado por CoM SSA, 2021).

4.4 Índice de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo

Dos resultados obtidos na análise, constatou-se que o Índice de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo é médio baixo ($IVC_{\text{Município de Maputo}} = 0,49$) Sendo que cada distrito urbano apresenta os seguintes IVC: (figura 8). ($IVC_{\text{KaMpfumo}}=0,23$) baixo, ($IVC_{\text{KaMavota}}=0,52$) medio alto, ($IVC_{\text{DeLhamanculo}}=0,39$) medio baixo, ($IVC_{\text{Ka Maxaquene}}=0,42$) medio baixo, ($IVC_{\text{KaMubucwane}}=0,58$)media alto, ($IVC_{\text{KaTembe}}=0,53$) medio alto, ($IVC_{\text{KaNyaka}}=0,74$)medio alto.

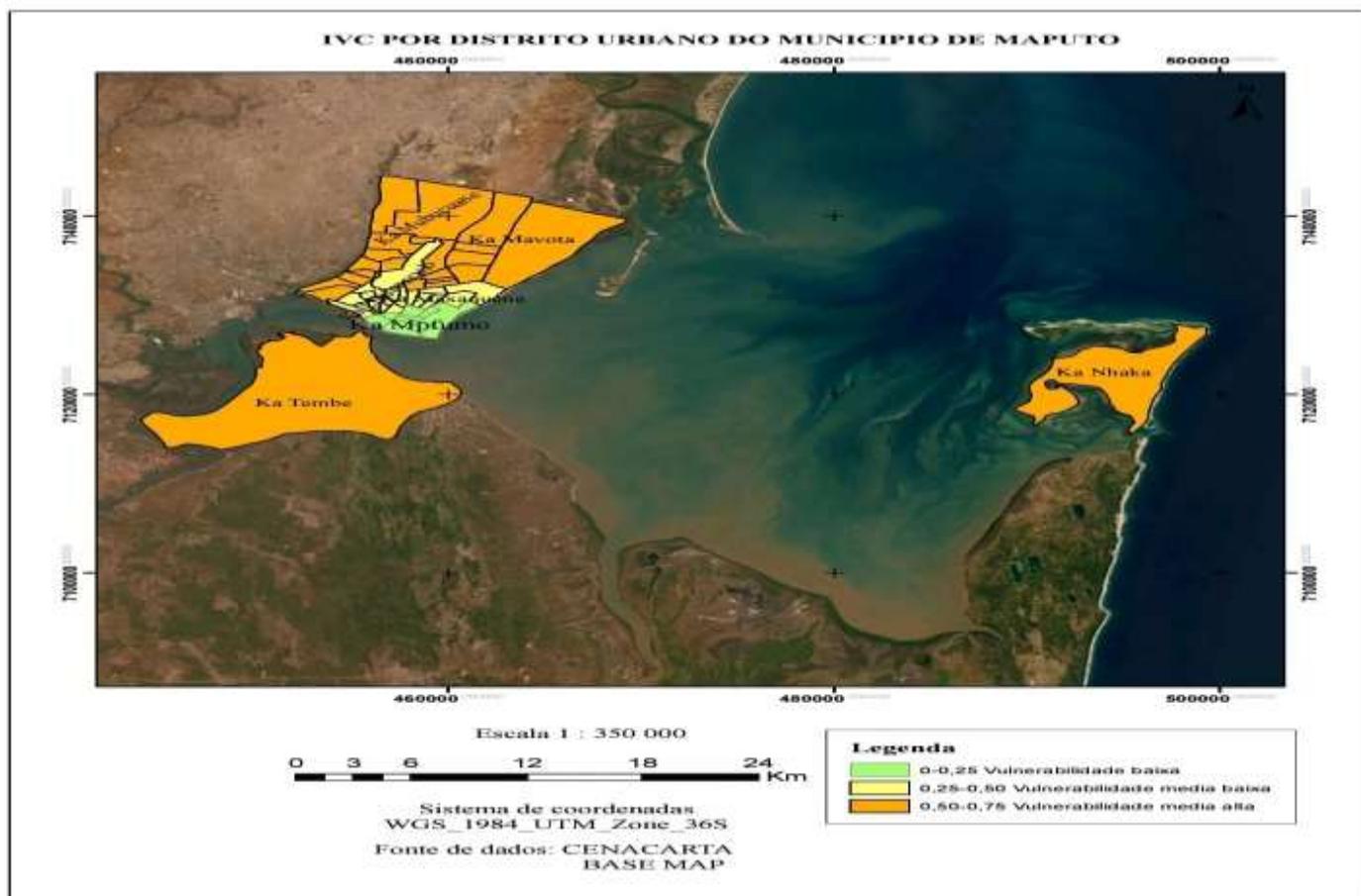


Figura 8: Mapa do IVC em cada distrito Urbano do Município de Maputo.

Fonte: Autor (2024).

Estas constatações, aproximam-se aos resultados de estudos semelhantes tais como de Buchir & Deztel (2022), que obtiveram como Índice de Vulnerabilidade Climática para Moçambique ($IVC_{\text{Moçambique}} = 0,51$), que representa uma Vulnerabilidade média alta. Pese embora a Vulnerabilidade do país face aos eventos climáticos extremos tende a alta, o Município de Maputo possui o IVC relativamente baixa. Esta tendência, pode estar relacionada com os programas de adaptação executadas pelo Município, que consistem no reflorestamento da zona costeira, reabilitação das comportas que permitem controlar a entrada e saída da água das marés, para além da construção de quebra ondas ao longo de toda costa. Paralelamente a isso, destaca-se a reabilitação e limpeza de valas de drenagem bem como a construção de outras novas no distrito urbano Ka Lhamankulo. Entretanto, a deficiente implementação dos instrumentos de ordenamento territorial que se reflecte na forma de uso e ocupação do solo urbano, associada a aprovação tardia dos instrumentos legais sobre a gestão do Risco de desastres incluindo a sua fiscalização, são factores que podem concorrer para a subida do Índice de Vulnerabilidade do Município de Maputo. Por outro lado, e de acordo com o IPCC, as cidades e assentamentos costeiros estão e estarão sempre na primeira linha de defesa.

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

A frequente ocorrência dos eventos climáticos extremos, têm sido uma das maiores preocupações não só da comunidade científica mas também para os tomadores de decisão. É dentro deste contexto, que esta pesquisa pretende avaliar o grau de Vulnerabilidade do Município de Maputo aos eventos extremos, propondo como parâmetros de Análise, o nível de exposição, o grau de sensibilidade e a capacidade da adaptação deste aos eventos climáticos extremos. Desta avaliação, observou-se que o Município de Maputo apresenta um grau de Vulnerabilidade Climático médio baixo, de acordo com os resultados obtidos no cálculo do Índice de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo ($IVC_{\text{Município de Maputo}}=0,49$). Paralelamente a isso, constatou-se que as inundações e a erosão dos solos, são os impactos negativos com maior destaque, resultantes dos eventos climáticos extremos, principalmente chuvas intensas. Por outro lado, segundo alguns pesquisadores, a ocupação da zona costeira para construções habitacionais, infraestruturas turísticas e outros empreendimentos, provoca uma pressão e afectam o equilíbrio dos sistemas locais (Queface, 2009; Pimentel, 2012; Midgely, S. 2012). Estas evidências e factores associados levam-nos a concluir que o Município de Maputo é realmente vulnerável aos eventos climáticos extremos, contudo, a sua vulnerabilidade está associada a questões de uso e aproveitamento do solo, portanto, de ordenamento territorial. Perante estas conclusões, recomenda-se:

- Melhorar a articulação entre os sectores de licenciamento territorial.
- Mapear áreas com alto risco aos impactos dos eventos climáticos extremos.
- Envolver as comunidades locais na identificação de soluções.
- Requalificar os bairros em situação de risco.
- Promover campanhas de divulgação da legislação sobre o ordenamento territorial e redução do risco de desastres.

Contudo, é de salientar que a falta quase generalizada de dados e informação sistematizada para avaliar o grau de Vulnerabilidade no Município de Maputo foi um grande desafio no desenvolvimento desta pesquisa. Assim, é necessário fortalecer o sistema de informação sobre a Gestão do Risco de Desastres ao nível do Município de Maputo, de modo a acompanhar a dinâmica dos eventos extremos que ocorrem bem como os seus impactos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe África (2020). *Revista da Associação Brasileira de Estudos Africanos*, v.04, n.04, Abril de 2020.
- Anandhi, A., & kannan, N. (2018). *Vulnerability assessment of water resources – Translating a theoretical concept to an operational framework using systems thinking approach in a changing climate : Case study in Ogallala Aquifer*, 557, 460–474.
- Araújo, M. (2003). *Os espaços urbanos em Moçambique. Geosp-Espaço Tempo, São Paulo*, n° 14, p.165-182, 2003
- Balica S. F. Wright N. G., Van der Meulen F. (2012). *A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. UNESCO-IHE, Institute for Water Education, Delft, Netherlands*. Acessado em 25 de junho 2022.
- Bagheri. M. (2011). *Developing a Climate Change Vulnerability Index for Coastal City Sustainability, Mitigation, and Adaptation: A Case Study of Kuala Terengganu, Malaysia Land* 2021, 10, 1271. <https://doi.org/10.3390/land10111271>
<https://www.mdpi.com/journal/land>. Acessado em 19 de abril 2022.
- Buchir, L. (2021). *Vulnerability and Adaptation Capacity to Climate Change: An Alternative Approach to Climate Vulnerability Indices. Theses*.
- CMCM (2011). Conselho Municipal da Cidade de Maputo. *Plano director da cidade de Maputo*.
- CoM SSA (2021). Pacto de Autarcas para a África Subsariana. *Projectos de adaptação às mudanças climáticas*, <https://comssa.org/pt/news/climate-change-adaptation-projects-are-a-priority-for-signatory-city-maputo>. Acessado em 22 de outubro 2022.
- Cutter, S. L. (2003). *The vulnerability of Science and the Science of vulnerability. Annals of the Associaton of American Geographers*, v. 93, n 1. 2003.
- Cutter, S. L. (2011). *A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. Revista Crítica de Ciências Sociais*, v. 93, n. 1, p. 59-70, jun. 2011.
- Di-Giului, G.M.; Martins, A.M B.; Lemos, M.C.(2016). *Adaptação Climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. Estudos Avançados. V.30, nr. 88, p.25-41, 2016*. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000300025&lng=pt&tlng=pt.

- Field, C.B.; Barros, V.; Stocker, T.F.; et al. IPCC. (2012). *Summary for Policymaker. In: Managing The Risk of Extreme Events and Disasters to advance Climate Change Adaptation. New York, 2012.*
- INGD-CENOE (2022). *Informação de impactos da época chuvosa e ciclónica no período entre as épocas 2010/2021 e 2021/2022, na província e cidade de Maputo.*
- IPCC. Climate Change (2007). *impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel. Genebra, Suíça. 2007. <https://doi.org/10.1256/004316502320517344>*
- IPCC, Climate Change. (2014). *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 2014.*
- Maloa, J. M; nascimento Jr., L. (2019). *A dispersão urbana em Moçambique: uma contribuição ao estudo da produção do espaço urbano em Maputo. Raega - O Espaço Geográfico em Análise, v. 45, n. 1, p. 91-109.*
- Molinaroli. E. (2019). *Do the Adaptations of Venice and Miami to Sea Level Rise Offer Lessons for Other Vulnerable Coastal Cities? Springer Science Business Media, LLC, part of Springer Nature. Acessado em 19 de abril 2022.*
- Marro, A. A., Sousa, A. M. M. C., (2009). *Lógica Fuzzy: Conceitos e Aplicações. Departamento de Informática e Matemática Aplicada. UFRN.*
- Mavume, A. F., (2008). *Tropical Cyclones in the Swouth-West Indian Ocean: Intensity Changes, Oceanic interaction and Impacts. Ph.D. Theses.*
- Midgely, S. D. A., Mattick, A., (2012). *Adaptation to Climate Change in Semi-Arid Environments -Experience and Lessons From Mozambique; FAO, Rome.*
- Nascimento, Jr. L., (2019). *O clima urbano como risco climático. Geo UERJ, n. 34, p. 40956.*
- Oktari. R., (2019). *Measuring coastal cities' resilience toward coastal hazards: Instrument development and validation. Progress in Disaster Science www.elsevier.com/locate/pdisas acessado em 19 de abril 2022.*
- PBMC (2016). *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às Mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p.*
- PDRRD (2017-2030). *Plano Director para a Redução do Risco de Desastres 2017-2030.*

- Pimentel, J., (2012). *The power of shade. The green infrastructure in African slums. Maputo's case study*, in *Proceedings of ECLAS 2012. The power of Landscape, ECLAS 2012 Press*, pp 224-228.
- Queface, A. (2009). *Abordagem Geral sobre Desastres Naturais Mudanças Climáticas em Moçambique*. INGD-UEM.
- Santos, R. S. (2011). *Avaliação da relação seca/produktividade agrícola em cenário de mudanças climáticas*. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 2, p. 313-321, 2011.
- Rosenzweig, C.; Solecki, W.; Romero, P. et al. *Climate Change and Cities. Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. New York, 2015.
- Yoo. G. (2011). *Development and application of a methodology for vulnerability assessment of climate change in coastal cities*. *Ocean & Coastal Management: www.elsevier.com/locate/ocecoaman*. Acessado em 19 de abril 2022.
- UNFCCC (2006). *Technologies for Adaptation to Climate Change*. Germany: UNFCCC
- Zhang. Y. (2021). *Coastal vulnerability to climate change in China's Bohai Economic Rim* *Environment International journal www.elsevier.com/locate/envint*: acessado em 19 de abril 2022.

ANEXOS

Anexo 1: Tabelas de dados sobre os impactos das épocas chuvosas e ciclónicas no período 2010/2020, no Município de Maputo

ORDEM	DISTRITOS	AFECTADOS				CASAS			Salas de Aulas	Unidades Sanitárias
		Óbitos	Feridos	Pessoas	Famílias	Dest. Parc.	Dest. Total	Inundadas		
EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2010/2011	KaMavota	0	0	650	130	3	3	124	0	0
	KaMubukwana	0	0	874	187	0	0	187	0	0
	KaMpfumu	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nlamamkulo	0	0	135	27	0	1	26	0	0
	Kamaxakeni	0	0	9,500	1,900	0	0	1,900	0	0
	KaTembe	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KaNyaka	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SubTotal		0	0	11,159	2,244	3	4	2,237	0	0

ORDEM	DISTRITOS	AFECTADOS				CASAS				
		Óbitos	Feridos	Pessoas	Famílias	Dest. Parc.	Dest. Total	Inundadas	Salas de Aulas	Unidades Sanitárias

EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2011/2012	KaMavota	0	0	5	1	1	0	207	0	0
	KaMubukwana	0	0	359	70	0	0	80	0	0
	KaMpfumu	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nlamamkulo	0	0	44	13	0	2	12	0	0
	Kamaxakeni	0	0	7	2	0	2	209	0	0
	KaTembe	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KaNyaka	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total		0	0	415	86	1	4	508	0	0

ORDEM	DISTRITOS	AFECTADOS				CASAS			Salas de Aulas	Unidades Sanitárias
		Óbitos	Feridos	Pessoas	Famílias	Dest. Parc	Dest. Total	Inundadas		

EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2012/2013	KaMavota	2	0	3,101	931	253	113	951	3	0
	KaMubukwana	0	0	2,824	659	2	1	1,058	6	0
	KaMpfumu	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nlamamkulo	0	0	640	93	0	0	93	4	0
	Kamaxakeni	3	0	3,536	759	15	17	759	2	0
	KaTembe	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KaNyaka	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total		5	0	10,101	2,442	270	131	2,861	15	0

ORDEM	DISTRITOS	AFECTADOS				CASAS			Salas de Aulas	Unidades Sanitárias
		Óbitos	Feridos	Pessoas	Famílias	Dest. Parc	Dest. Total	Inundadas		

EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2013/2014	KaMavota	0	0	959	189	0	2	189	0	0
	KaMubukwana	0	0	1,629	262	2	0	262	0	0
	KaMpfumu	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nlamamkulo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kamaxakeni	0	0	6,013	1,265	0	0	1,265	0	0
	KaTembe	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KaNyaka	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total		0	0	8,601	1,716	2	2	1,716	0	0

ORDEM	DISTRITOS	AFECTADOS				CASAS			Salas de Aulas	Unidades Sanitárias
		Óbitos	Feridos	Pessoas	Famílias	Dest. Parc	Dest. Total	Inundadas		

EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2014/2015	KaMavota	0	0		2,672	0	2	2,670	0	1
	KaMubukwana	0	0		1,601	75	11	1,515	6	0
	KaMpfumu	0	0		0	0	0	0	0	0
	Nlamamkulo	0	0		74	0	0	74	0	0
	Kamaxakeni	0	0		421	8	6	407	0	0
	KaTembe	0	0		7	0	1	6	0	0
	KaNyaka	0	2		0	0	0	6	0	0
Sub Total		0	0	0	4,775	83	20	4,678	6	1

Província	Distrito	Pessoas afectadas	famílias afectadas	Feridos	Casas Parcialmente Destr.	Casas Totalmente Destr.	Casas Inundadas	Casas de Culto	Unidades Sanitárias	Postes de Energia
Maputo_Cidade	KaMavota	2,865	573		2	2	569		2	4
EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2016/2017	KaMaxakeni	1,960	392		1	5	356			
	KaMpfumo	2,255	451	117	436	15		1	2	
	KaMubukwane	4,000	800			1	800		1	
	KaTembe	315	63		4		59			
	Nlhamankulo	1,160	232				232	1		20
Grand Total		12,555	2,511	117	443	23	2,016	2	5	24

Província	Distrito	Pessoas afectadas	famílias afectadas	Feridos	Casas Parcialmente Dest.	Casas Totalmente Destr.	Casas Inundadas	Casas de Culto	Unidades Sanitárias	Postes de Energia
Maputo_Cidade	KaMavota	11,475	2,276	4		6	2,316			15
EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2017/2018	KaMaxakeni	8,645	1,729		4		1,725			
	KaMubukwane	2,147	1,055				1,055			
	KaNhaca	5	1		1					
Grand Total		22,272	5,061	4	5	6	5,096			15

Província	Distrito	Pessoas afectadas	famílias afectadas	Feridos	Casas Parcialmente Dest.	Casas Totalmente Destr.	Casas Inundadas	Casas de Culto	Unidades Sanitárias	Postes de Energia
Maputo_Cidade	KaMavota	3,989	767		2	1	767	2	2	6
EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2018/2019	KaMaxakeni	6,325	1,265				1,090			
	KaMubukwane	1,472	287	1			287			
	KaNhaca	5	1			1	1			
	KaTembe	80	16				16			
	Nlhamankulo	20	4				4			
Grand Total		11,891	2,340	1	2	2	2,165	2	2	6

Província	Distrito	Pessoas afectadas	famílias afectadas	Feridos	Casas Parcialmente Dest.	Casas Totalmente Destr.	Casas Inundadas	Casas de Culto	Unidades Sanitárias	Postes de Energia
Maputo_Cidade	KaMavota	2,332	446				467		2	
EPÓCA CHUVOSA E CICLONICA 2019/2020	KaMaxakeni	3,273	1,696		2	2	1,364			
	KaMpfumo	25	5				5			
	KaMubukwane	1,300	260				259		2	
	KaNhaca					1			1	
	KaTembe	20					4			
	Nlhamankulo	240	48				48			
Grand Total		7,190	2,455		2	3	2,147		5	

Fonte: INGD/CENOE (2022)

Anexo 2: Zonas de Risco à inundações no Município de Maputo

DISTRITO	Bairro	Local (Quarteirao)	Famílias	Pessoas	Evento	Grau de vulnerabilidade
KaMavota	Costa do Sol	Q. A, 7, 16, 56, 57, 58 , 60 e 67	364	1820	inundação	Alto
	FPLM	Q: 1, 2,3. 4, 5, 17, 18 e 19	105	525	inundação	
	Mahotas	(Q. 3, 14, 16 , 17 e 28)			inundação	
	Hulene B	Q:14,26, 40, 43,48, 61, 69,70, 80, 106, 107 e 120.	569	1046	inundação	
	Ferroviário	Minguene Q: 07 , 29 e 32; rua da Tamega	256	1.280	inundação	
	Albazine	Q: 1, 3, 4, 6, 21, 86,145,	168	840	inundação	
	Mavalane A	Q 46, 47 e EPC de Mavalane A	132	615	inundação	Medio
	3 de Fevereiro	Q 23, 26, 46 e 59	36	180	inundação	
	Hulene A	Centro de saude de Hulene A			inundação	
	Laulane	Av. Major Cândido Mondlane				Baixo
Sub Total			1630	5026		
Nihamankulu	Minkadjuíne	Q. 28 e E.P. Completa de Minkadjuine			inundação	Alto
	Chamanculo D	Q:12	1	5	Vento forte	
	Chamanculo B	Q.: 20 e 53, rua Estacio Dias e Marcelino dos Santos	5	25	inundação	
	Xipamanine	Q. 52			inundação	

	Chamanculo C		237	1185	inundação	
	Munhuana	Q: 7, 11, 12. 13 e 17	13	65	inundação	
Sub Total			250	1250		
KaMaxaqueni	Mafalala	Q :30 a 57	415	2075	inundação	Medio
	Polana Canico A	Q: 35,36.37,50,60,62 e 63	321	1.605	inundação	
	Maxaquene B	Q. 53, 54 e 61	108	540	inundação	Baixo
	Maxaquene C	Q:25, 26, 28, 29, 30, 39 e 41	571	2.855	inundação	
	Polana Canico B	Golfo, 53, e 54	206	1029	inundação	
	Maxaquene A	Q:7	8	40	inundação	
Sub Total			1629	3684		
KaMubukwana	Inhagoia-A	Q:7	1	5	inundação	Alto
	Luis Cabral	Q:61, 67, 86, 89	239	1195	inundação	
	Inhagoia-B	Q:3	2	10	inundação	
	25 de Junho- A	Q. 1, 3, 4, 5, 13, 34, 44 e 46.	65	325	inundação	Medio
	Magoanine C	Q: 13, 51, 35, 36 e 79	24	120	inundação	
	Magoanine A	Q: 1, 11, 12, 13, 21C ,25,37, 39D, 41, 43 e 44D	276	1.380	Enundação	Baixo
	25 de Junho- B	Q: (2, 4, 6, 14, 43, 46, 47, 50 e 51)Rua de sao Paulo e Unidade 30	92	460	Enundação	

	Magoanine B	Q:30, 35,36, 37, 40 e 44: Av. Graca Machel	36	180	inundação	
	George Dimitrov	Q: 33, 37 e 39	23	115	inundação	Alto
	Malhazine	Q: 7 e18	15	75	inundação	Baixo
Sub Total			773	2485		
KaTembe	Incassane	Q: 1			inundação	
	Inguide					
	Chali					
	Guaxene		246	1.230	inundação	Medio
	Chamissava	Q 1 e 11	23	115	inundação	
Sub Total			269	115		
KaNyaka	Nhaquene				inundação	Baixo
	Ribweni	Q:1, 2, 3 e 5	49	245	inundação	
	Inguane					
Sub Total			49	245		
Total			4600	12805		

Fonte: INGD/CENOE (2022)

Anexo 3: Dados de precipitação registados em todas as estações meteorológicas de Moçambique no período 1981-2020

INAM- Instituto Nacional de Meteorologia

Acesse em: <https://www.inam.gov.mz/index.php/pt/>

Apêndice 2: Tabela que ilustra os componentes e os principais indicadores definidos para o trabalho.

VARIÁVEIS	INDICADORES	INTERPRETAÇÃO	FONTE
EXPOSIÇÃO	Número de eventos extremos de ciclones por ano	Este indicador refere à quantidade de eventos que ocorrem e a proximidade do sistema a um determinado risco devido a sua localização geográfica.	INGD, INAM
	Número de eventos extremos de inundações por ano	Este indicador Refere à quantidade de eventos que ocorrem numa determinada área e a proximidade do sistema a um determinado risco devido a sua localização geográfica.	
	Número de eventos extremos de secas por ano	Este indicador refere a quantidade de eventos que ocorrem numa determinada área num determinado período de tempo devido à sua localização geográfica.	
SENSIBILIDADE	Porcentagem da área afectada pelo evento extremo.	Este indicador refere à cobertura da área afectada pelo evento	INGD
	Orçamento anual necessário para recuperação pós evento extremo.	Este indicador refere ao suporte financeiro para programas de recuperação	
	Porcentagem da população afectada pelo evento extremo.	Este indicador, refere ao universo de pessoas afectadas pelo evento.	
Capacidade de Adaptação	Número de instrumentos legais aprovados sobre as mudanças climáticas;	Este indicador refere aos instrumentos legais existentes que regem a questão das mudanças climáticas	INGD
	Orçamento alocado anualmente para fazer face aos eventos extremos:	Este indicador refere a capacidade financeira institucional disponível para a estratégias de adaptação	
	Número de unidades técnicas de resposta ao impacto dos eventos extremos.	Este indicador refere a capacidade técnica institucional para fazer face as estratégias de adaptação	
	Número de técnicos capacitados em matérias das mudanças climáticas.	Este indicador, refere a capacidade técnica dos recursos humanos para fazer face às estratégias de adaptação	

Apêndice 3: Quadro legal sobre a Gestão e Redução do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas.

Instrumentos	Período de aprovação
Programa de acção Nacional para Adaptação às Mudanças Climáticas	2007
Plano de Acção para a Prevenção e Controle da Erosão de Solos	2008-2018
Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas	201-2025
Sistema Nacional de Monitoria e Avaliação das Mudanças Climáticas	2014
Decreto n.º 7/2016: Aprova o Regulamento da Lei n.º 15/2014, estabelece o regime jurídico da gestão das calamidades.	20 de junho 2014
Plano Nacional de Adaptação	201
Plano Nacional de Adaptação	6
Quadro de Indicadores de Redução do Risco de Desastres	2017-2019
Plano Director para a Redução do Risco de Desastres 2017-2030	2017-2030
Lei n.º 10/2020 de 24 de agosto Lei de gestão e Redução do Risco de Desastres	24 de agosto 2020
Decreto n.º 76/2020 Aprova o Regulamento da Lei de Gestão e Redução do Risco de Desastres.	2020
Decreto n.º 79/2020 Declara a Situação de Calamidade Pública e Activa o Alerta Vermelho.	2020
Plano Local de Adaptação às mudanças climáticas	
Plano de Estrutura Urbana (2008)	2008
Plano Geral de Urbanização	
Plano Parcial de Urbanização	
Plano de Pormenor	

Apêndice 4: Tabela do gráfico que mostra os valores de Precipitação Média Anual de Maputo 2010/2020.

ANOS	PRECIPITACAO ANUAL
2010	755,8
2011	521,7
2012	676,9
2013	706,6
2014	114,4
2015	524,4
2016	825,1
2017	660,5
2018	699,7
2019	719,2
2020	800,3

Apêndice 5: Tabela do gráfico que ilustra o número e os eventos extremos ocorridos em Maputo no período 2010/2020.

	INUNDAÇÕES	VENTOS FORTES	SECA
2010-2015	5	4	2
2016-2020	5	2	0

Apêndice 6: Tabela com dados do gráfico que ilustra o número de pessoas afectadas pelos eventos extremos em Maputo no período 2010/2020.

ANO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
AFECTADOS	11159	415	10101	8601	0	12555	22272	11891	7190	28454	35624

Apêndice 7: Tabela com dados do gráfico que ilustra a percentagem da área afectada pelos eventos extremos em cada distrito urbano do Município de Maputo.

DISTRITO URBANO	ÁREA AFECTADA
KA MAVOTA	28%
NLHAMANKULO	28%
KA MAXAQUENE	11%
KA MUBUCUANE	17%
KA TEMBE	11%
KA NYAKA	5%

Apêndice 8: Manuscrito da Dissertação

VULNERABILIDADE CLIMÁTICA EM CIDADES COSTEIRAS:

Estudo de caso - Município de Maputo

Tomás Rafael Faife¹, Luís Miguel Samussone Tomás Buchir^{1,2}

¹Faculdade de Física, Universidade Eduardo Mondlane

²Ministério da Terra e Ambiente

Resumo

A frequência e intensidade cada vez maiores dos eventos climáticos extremos, tais como inundações e tempestades ou ventos fortes, podem aumentar o risco de deslizamentos de terra principalmente nas cidades costeiras, afectando as infraestruturas, equipamentos sociais e consequentemente a vida das comunidades locais. Uma das principais conclusões do sexto relatório de avaliação, feito pelo IPCC, sobre o impacto, adaptação e vulnerabilidade às mudanças climáticas, indica que as cidades e assentamentos costeiros estão na primeira linha de defesa portanto, os mais expostos aos impactos dos eventos climáticos extremos. É nesse contexto, que o presente estudo analisa a vulnerabilidade climática em cidades costeiras no caso vertente, no Município de Maputo. Com esta pesquisa pretende-se avaliar a exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação da área em causa, através do Índice de Vulnerabilidade Climática (IVC), aferindo desse modo o grau de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo. Os resultados mostraram que à semelhança de muitas cidades costeiras, o Município de Maputo também é vulneável aos eventos climáticos extremos. Entretanto, a sua vulnerabilidade é relativamente baixa ($IVC_{\text{Município de Maputo}} = 0,49$), sendo que as inundações e ventos fortes são os eventos que ocorrem com maior frequência. No entanto, estas inundações que se verificam, resultam de altos níveis de precipitação, agravados pelo crescimento demográfico e deficiente ordenamento territorial, caracterizado por construções em locais impróprios e inexistência de sistemas de escoamento das águas. Assim conclui-se, que a vulnerabilidade climática do Município de Maputo, não está necessariamente associado aos eventos climáticos extremos, mas sim ao cumprimento dos instrumentos de ordenamento territorial.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Climática, Cidades Costeiras, Adaptação.

Abstract

The increasing frequency and intensity of extreme weather events, such as floods and storms or strong winds, may increase the risk of landslides, especially in coastal cities, affecting infrastructure, social facilities and consequently the lives of local communities. One of the main conclusions of the sixth assessment report, made by the IPCC, on the impact, adaptation and vulnerability to climate change, indicates that coastal cities and settlements are in the first line of defense, therefore, the most exposed to the impacts of extreme weather events. It is in this context that the present study analyzes the climate vulnerability in coastal cities in this case, in the Municipality of Maputo. This research intends to assess the exposure, sensitivity and adaptability of the area in question, through the Climate Vulnerability Index (CVI), thus assessing the degree of Climate Vulnerability of the Municipality of Maputo. The results showed that, like many coastal cities, the Municipality of Maputo is also vulnerable to extreme weather events. However, its vulnerability is relatively low ($IVC_{\text{Municipality of Maputo}} = 0.49$), with floods and strong winds being the events that occur most frequently. However, these floods that occur result from high levels of precipitation, aggravated by population growth and poor territorial order, characterized by constructions in inappropriate places and lack of water drainage systems. Thus, it is concluded that the climate vulnerability of the Municipality of Maputo is not necessarily associated with extreme weather events, but with compliance with territorial planning instruments.

***Key-words:* Climate Vulnerability, Coastal Cities, Adaptation.**

Introdução

A frequência ocorrência dos eventos climáticos extremos tais como chuvas intensas, tempestades ou ventos fortes, é observada em diversas partes do planeta (Field et al., 2012). Segundo o PDRRD (2017), Moçambique é considerado um dos países mais vulneráveis ao risco de desastres onde nos últimos 30 anos, pelo menos 14% da população foi afectada por uma seca, uma cheia ou uma tempestade tropical (Figura 1). Mais ainda, estudos mostram que mais da metade dos eventos (53%), resultaram em desastres, lembrando também que mais da metade da população moçambicana vive na linha da costa e a maioria nas zonas rurais. Deste modo, pode-se assumir que a vulnerabilidade face aos desastres é resultado da sua fraca capacidade socioeconómica associada a sua localização, pois o país encontra-se na foz de nove rios internacionais e na zona de convergência intertropical (PDRRD, 2017; Mavume, 2009; Buchir 2021; Field et al., 2014). Estas situações exigem acções específicas dos governos locais, com vista a ampliar o nível de prontidão e a capacidade de adaptação das suas populações, aplicando medidas directas e indirectas que reduzam a vulnerabilidade sócio-ambiental e climática dos habitantes (Rosenzweig et al., 2015).

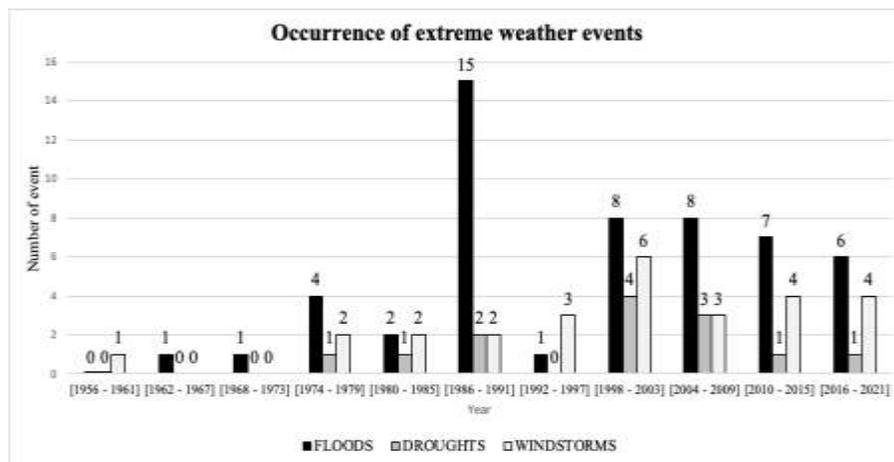


Figura1: Frequência de ocorrência de eventos extremosem Moçambique 1956-2020

Fonte: Buchir et al., (2022).

Eventos climáticos extremos e seus impactos no Município de Maputo

Os eventos climáticos extremos bem como os seus impactos, constituem uma grande preocupação da sociedade actual. Segundo Santos (2011), entende-se por eventos climáticos extremos como sendo os fenómenos que ocorrem com uma magnitude ou intensidade que possa provocar danos ambientais e perdas socioeconómicos. À semelhança de algumas cidades Moçambicanas, o Município de Maputo, é propenso ao impacto negativo dos eventos climáticos extremos que com o passar do tempo vão aumentando a sua frequência e intensidade. Dados do CENOE (2022), indicam que a época chuvosa em Moçambique, inicia em Outubro de um ano e termina em Março do ano seguinte e cidade de Maputo, em todas épocas chuvosas e ciclónicas sofre o impacto dos eventos extremos principalmente de inundações, sejam elas de baixa, moderada ou alta magnitude, dependendo da quantidade de precipitação que se regista em cada época (Figura 2).

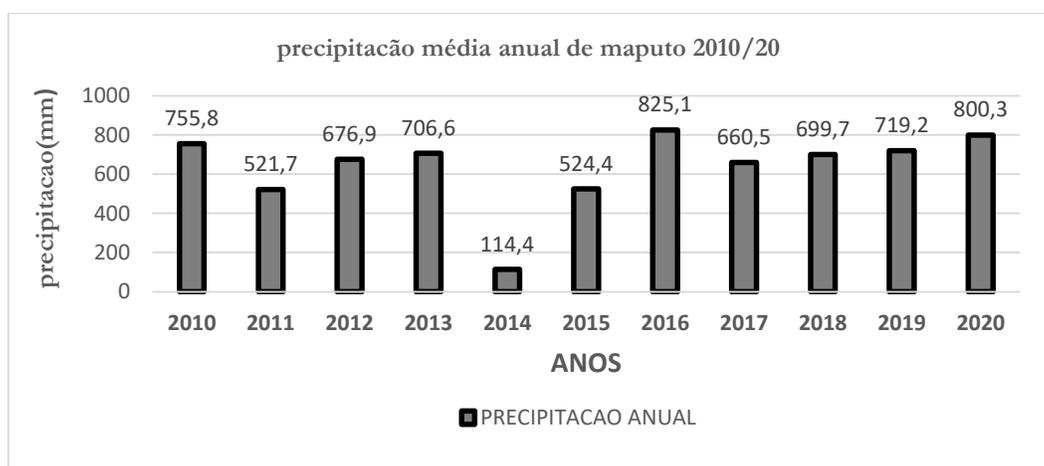


Figura 2: Gráfico de precipitação média anual no Município de Maputo

Fonte: INAM (2022).

Os principais eventos climáticos extremos ocorridos no Município de Maputo entre 2010-2020, período em análise, são chuvas intensas, descargas atmosféricas, ventos fortes e vendavais, que tiveram impactos negativos nas infraestruturas e equipamentos sociais, afectando um número

considerável de famílias nas zonas de risco (CENOE, 2022). Segundo CMCM (2011), os impactos dos eventos climáticos extremos neste Município, são observados principalmente através das inundações e erosão dos solos que trazem consigo problemas de mobilidade, eclosão de doenças, destruição de habitações e necessidade de reassentamento.

Capacidade da adaptação do Município de Maputo aos eventos Extremos

Segundo o IPCC (2014), a Adaptação é um conjunto de acções que a sociedade pode realizar para minimizar os impactos ou aproveitar-se dos benefícios relacionados às condições climáticas actuais ou previstas para o futuro. A capacidade Adaptativa de um sistema, está relacionada ao quanto ele está preparado para lidar com os efeitos das mudanças climáticas, podendo ser ampliada ou reduzida através de acções individuais ou por políticas públicas. Caso este sistema consiga absorver estas alterações e manter o seu funcionamento original, ele será considerado um sistema resiliente (Word Bank, 2011).

De acordo com UNFCCC (2006), o primeiro passo no estabelecimento de estratégias de adaptação nas zonas costeiras consiste na colecta de informações socioeconómicas e biofísicas salientando que actualmente existem vários métodos de colecta de dados, incluindo muitos tipos de equipamentos, desde os medidores das marés aos sensores remotos de satélite, cujos resultados podem ser combinados com as experiências humanas recolhidas através de questionários e outras pesquisas.

Quanto à capacidade de adaptação aos eventos climáticos extremos, o Município de Maputo, guiando-se dos instrumentos legais sobre a Gestão do Risco de Desastres, possui um programa de reflorestamento da zona costeira para a redução dos níveis de erosão e a conservação do mangal em áreas com alto risco a tempestades e inundações na zona de KaTembe. O Município prevê igualmente a reabilitação das comportas que permitem controlar a entrada e saída das águas do mar na zona do mangal da Costa de Sol e espera-se que com esta acção, seja possível ter um controle do fluxo da água que chega a essa área e poder retê-la por mais tempo e assim permitir um alagamento controlado para o desenvolvimento do mangal (CoM SSA, 2021). De acordo com Di Giului et al. (2016), as incertezas e controvérsias sobre os efeitos das mudanças climáticas, bem como as diferentes percepções de risco frente aos impactos por estas gerados, associados ao uso de linguagem técnica e o distanciamento entre os pesquisadores e os tomadores de decisão,

constituem barreiras que devem ser ultrapassadas para a ampliação da capacidade adaptativa ao nível local.

Revisão bibliográfica

Segundo G. Yoo et al. (2011), no seu estudo sobre o desenvolvimento de uma nova metodologia para avaliação da vulnerabilidade climáticas nas cidades costeiras, no Sul da Coreia, o autor usa uma abordagem estatística que analisa a subida do nível médio das águas do mar, com o factor de exposição e o índice de sensibilidade calculado com base na percentagem da área inundada e a densidade populacional, fazendo simulação de inundação com a ferramenta GIS. No que diz respeito a capacidade adaptativa os autores avaliaram 3 componentes, nomeadamente a capacidade económica da população afectada, infraestruturas e a capacidade institucional. Com isto concluíram que embora a ferramenta seja de grande utilidade, o envolvimento das partes interessadas, pode trazer mais sensibilidade ao instrumento.

Entretanto, Balica (2012), na sua pesquisa onde propõe o desenvolvimento de uma ferramenta para avaliar o índice de vulnerabilidade das cidades costeiras às inundações (CCFVI), o autor usa indicadores de exposição, sensibilidade e resiliência, para definir o nível de vulnerabilidade climática, através de uma abordagem quantitativa que atribui pesos de 0 a 1 para indicar o nível baixo ou alto da vulnerabilidade e dessa forma demonstrar o grau de vulnerabilidade das cidades costeiras. Esta ferramenta mostrou-se eficaz e sem complexidade tendo os autores concluído que a mesma é de fácil aplicação mas carece de dados produzidos com regularidade sobre avaliação dos impactos das mudanças climáticas nas cidades costeiras. Por sua vez, Nascimento e Neto (2018), no seu estudo sobre o risco climático na cidade de Maputo, afirma que é fundamental entender que o risco e a vulnerabilidade são processos que direccionam questões ligadas aos direitos sociais e suas formas de acesso com base nos parâmetros legais de conhecimento, controle e prevenção de desastres. Neste estudo, através do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI), o autor concluiu que a desigualdade social para o Município de Maputo, é a principal componente que condiciona a vulnerabilidade dos Municípios. Enquanto isso, Molinaroli (2019), no seu estudo sobre lições aprendidas no processo de adaptação às Mudanças Climáticas nas cidades costeiras, tendo como área de estudo as cidades de Miami e Veneza, o autor mostra como as questões de adaptação aos eventos extremos são inseridas nas políticas normativas. O mesmo faz uma abordagem qualitativa baseando-se em observações, discussões com autoridades governamentais,

representantes de grupos cívicos e cientistas, analisando aspectos tais como prontidão, e a capacidade institucional. Com base nisso, o autor concluiu que a integração dos aspectos de adaptação através da protecção dos activos por meio de elevação de barreiras de protecção contra a subida do nível das águas do mar e o melhoramento dos sistemas de drenagem, é um mecanismo de resiliência climática de fácil adaptação e possível de ser replicado em outras cidades.

Para Y. Zhang et al. (2021), no seu estudo sobre a vulnerabilidade climática que tem como objectivo desenvolver uma estrutura para avaliação de vulnerabilidade, integrando aspectos ecológicos, físicos e socioeconómicos na Orla Económica de Bohai na China, o autor usa uma ferramenta de código aberto, modelo de vulnerabilidade costeira Invest, que quantifica os impactos do aumento do nível médio das águas do mar através de atribuição de pesos aos índices de exposição. Paralelamente, o índice de sensibilidade foi calculado agregando factores tais como área urbanizada, densidade populacional, taxa de crescimento populacional e população vulnerável. Do mesmo modo, o índice de capacidade adaptativa foi calculado agregando factores como comunicação, educação, transporte e serviços médicos. Deste estudo, os autores concluíram que a integração destes diferentes aspectos numa única representação espacial caracteriza da melhor forma a vulnerabilidade biofísica nas zonas costeiras. Contudo a falta de dados sobre a dinâmica das zonas costeiras e seus habitats, bem como as características das comunidades que nelas habitam, pode ser uma limitação para a estrutura proposta.

Método

Para a definição da vulnerabilidade, o presente estudo teve como base o Índice de Vulnerabilidade Climática, usado por Buchir (2021), no seu estudo intitulado *Vulnerability and adaptation capacity to climate change: An alternative approach to climate vulnerability indices*, ferramenta que auxilia na compreensão do estado de um sistema relativamente ao impacto dos eventos climáticos extremos.

Padronização de dados

A padronização de dados é um processo que consiste em atribuir o mesmo padrão a dados de diferente natureza. Segundo Anandhi e Kannan (2018), os indicadores na maior parte das vezes, apresentam-se em diferentes escalas ou unidades. Assim sendo, estes devem ser padronizados para permitir a sua comparação e interpretação. No entanto, o autor salienta que é muito importante

saber a relação entre o indicador e o objectivo principal que se pretende que neste caso, é o Índice de Vulnerabilidade Climática. Deste modo, se o indicador aumentar o seu valor e a meta principal também aumentar, é sugerida a equação (1), caso contrário, se o indicador aumentar o seu valor e a meta principal diminuir, é recomendada a equação (2) (Buchir, 2022).

$$X = \frac{X_v - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

Ou:

$$X = \frac{X_{max} - X_v}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

Onde X é o valor padronizado ou seja o resultado, X_v é o valor a ser padronizado, X_{max} e X_{min} são os valores máximo e mínimo do indicador na área do impacto. Com os dados já padronizados, a equação (3) é usada para achar o valor de cada componente.

$$V(E, S, CA) = \frac{(\sum_{i=1}^{n_i} P_{li} \cdot X_i + \sum_{i=1}^{n_i} X_i)}{\sum_{i=1}^{n_i} P_{li}} \quad (3)$$

Onde V é o valor de cada componente nomeadamente Exposição, Sensibilidade, Capacidade adaptativa, X_i é o valor do indicador na respectiva componente, P_{li} é o peso por indicador, e n_i é o número de indicadores por componente. Assim, de acordo com IPCC (2017), Buchir (2022), o Índice de Vulnerabilidade Climática (IVC) é determinado pela seguinte equação (4):

Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Climática

O Índice de Vulnerabilidade Climática, é uma ferramenta que serve para retratar o grau de vulnerabilidade de um sistema. O mesmo, tem como variáveis para a sua análise, a Exposição (E) que refere á proximidade do sistema a possíveis riscos climáticos, a Sensibilidade (S) que é o grau do impacto do evento climático sobre o sistema e a Capacidade Adaptativa (CA) que refere ás diferentes formas de fazer face ao evento climático e, para o seu cálculo é usada a equação abaixo (4).

$$IVC = \frac{P_E \cdot E + P_S \cdot S + P_{CA} \cdot CA}{P_E + P_S + P_{CA}} \quad (4)$$

Onde P_E, P_S, P_{CA} são os pesos determinados para cada componente principal e E, S, CA são os valores de cada componente principal.

Atribuição de Pesos aos Indicadores

A atribuição de pesos por cada indicador, é um procedimento que tem como objectivo representar através de valores numéricos, o grau de Vulnerabilidade Climática de um sistema. Deste modo, como forma de reduzir a subjectividade na atribuição dos pesos, os mesmos para o seu cálculo, foram agregados num determinado nível de variância e que segundo Iyengar & Sudershan (1982), quanto maior for a variância, menor será o peso atribuído e desta forma, obteve-se a seguinte equação (5):

$$P_i = \frac{C_p}{\sqrt{\text{var}(V_p)}} \quad (5)$$

Onde P_i é peso de cada indicador, C_p é a constante de padronização, V_p o valor padronizado. A definição de pesos por cada componente, foi determinada pela seguinte equação (6):

$$PC = \frac{(\sum_{i=1}^{n_i} P_i \cdot N_i + \sum_{i=1}^{n_i} P_i \cdot N_i)}{\sum_{i=1}^{n_i} P_i} \quad (6)$$

Onde PC é peso do componente, P_i é o peso por indicador, n_i número de indicadores por Componente e N_i é o número de repetições das variáveis de um indicador.

Área de estudo

A cidade de Maputo é a capital de Moçambique, onde se encontra o centro administrativo, financeiro e mercantil do país (Figura 3). O clima de Maputo é tropical seco, e o período mais quente do ano ocorre entre os meses de novembro a abril sendo que o mais frio vai de maio a outubro (Pimentel, 2012). O Município de Maputo é constituído pela cidade de Maputo, Catembe e ilhas (Xefina Grande, Inhaca e dos Portugueses) e possui uma área de 346,77 km², com uma

população estimada em cerca de 1.127.565 pessoas. A cidade desenvolve-se sobre uma morfologia diversificada composta por arriba costeira, encosta, vale e planície litoral (Pimentel, 2012). Segundo Araújo (2006), os bairros mais populosos com mais de 30 mil habitantes, localizam-se nos distritos urbanos menos urbanizados. Dos 6 distritos que compõem o Município, Ka Nhlamanculo e Ka Maxaquene que representam 9,4% da área territorial do Município de Maputo, albergam mais de metade da população (52,4%). Por outro lado, o distrito Municipal Ka Mpfumo, que constitui a região central do Município, é o que regista menor densidade populacional, se comparado com as zonas suburbanas.

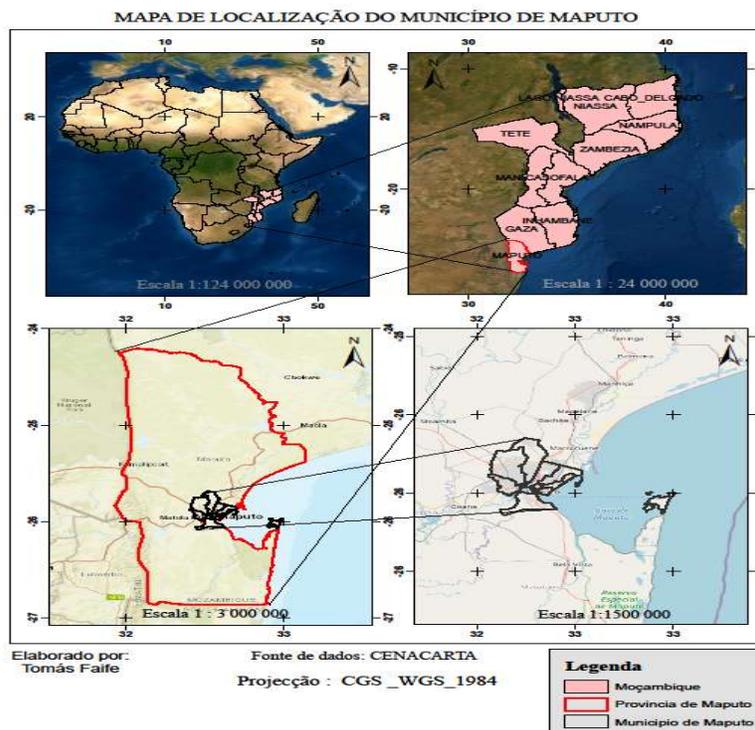


Figura 3: Mapa de localização do Município de Maputo.

Fonte: Autor (2022).

Resultados e discussão

Nível de exposição do Município de Maputo a eventos extremos

No período de 2010 a 2020, ocorreram no Município de Maputo, um total de 21 eventos extremos, entre chuvas intensas que resultaram em inundações, ventos fortes e a seca, sendo que em cada ano do mesmo período registou-se uma variação de 2 a 3 eventos, destacando-se chuvas intensas e ventos fortes (CENOE, 2022). Portanto, quanto ao nível de exposição do Município de Maputo aos eventos extremos no período de 2010 a 2020, pode-se observar que o mesmo esteve ciclicamente exposto ao evento de chuvas intensas que resultaram em inundações. Contudo, pode-se destacar a ocorrência de ventos fortes em 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 e 2020, para além de períodos tímidos de seca nos anos 2013, 2015, 2016 (figura 4).

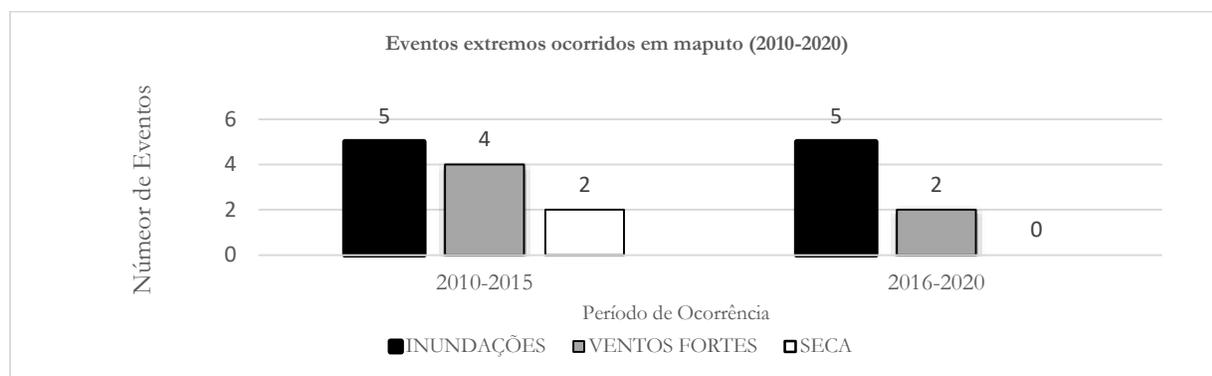


Figura 4: Gráfico dos eventos extremos ocorridos no Município de Maputo.

Fonte: Autor (2022).

As constatações acima mencionadas, indicam claramente o número de ocorrência dos respectivos eventos no período em análise, sendo que as chuvas intensas que resultaram em inundações foram as que apresentaram um comportamento constante, significando que a cada época chuvosa, este evento ocorreu com a mesma frequência, enquanto que os ventos fortes e a seca, tiveram menor frequência. Pode-se entender que através deste panorama o Município de Maputo possui alto nível de exposição a eventos extremos, principalmente a chuvas intensas.

Nível de sensibilidade do Município de Maputo a eventos Extremos

No que diz respeito ao nível de sensibilidade do Município de Maputo aos eventos extremos no período em análise, nota-se que há um número crescente de pessoas afectadas tendo saído de 11.159 em 2010 para 35.624 em 2020 (figura 5). Essa variação surge em função da frequência e intensidade dos eventos extremos no período em referência, facto também demonstrado por outros pesquisadores. Segundo Mavume (2008), a tendência histórica dos desastres causados por eventos extremos bem como a frequência e a sua intensidade em Moçambique e em particular no Município de Maputo área de estudo, é uma manifestação e demonstração claras das evidências das Mudanças Climáticas.

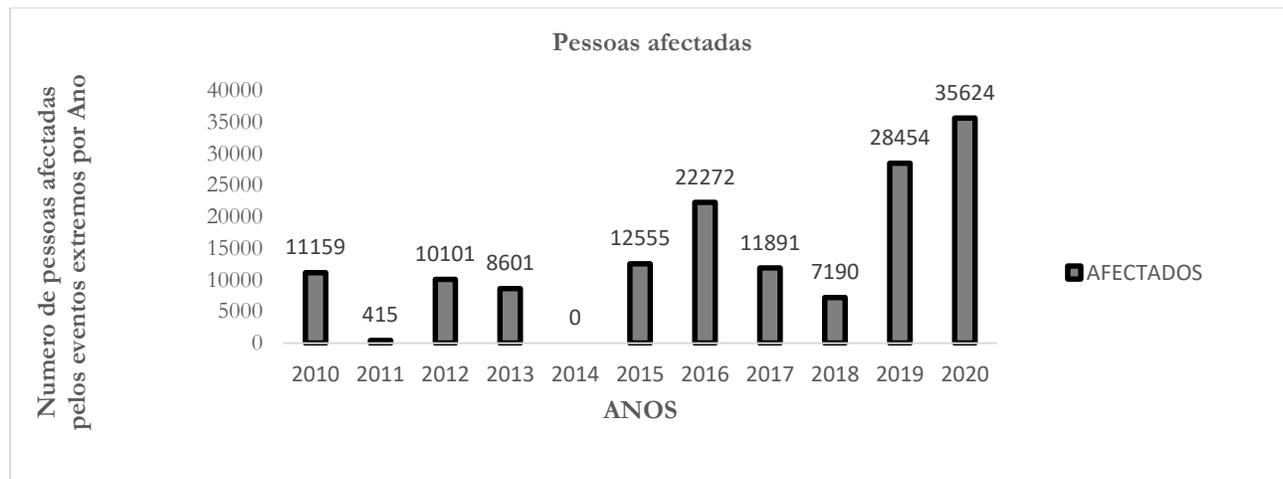


Figura 5: Gráfico do número de pessoas afectadas pelos eventos extremos no Município de Maputo.

Fonte: Cenoé (2022).

Por outro lado, em relação as áreas afectadas pode se observar que os distritos Municipais ka Mavota e ka Lhamankulo são os que apresentam a maior percentagem de áreas inundadas (figura 5), mostrando dessa forma o alto nível de sensibilidade do Município de Maputo aos eventos extremos. Este facto, deve-se principalmente ao problema de ordenamento territorial nos distritos Municipais em referência, associado à deficiência das infraestruturas de escoamento das águas e à impermeabilidade dos solos.

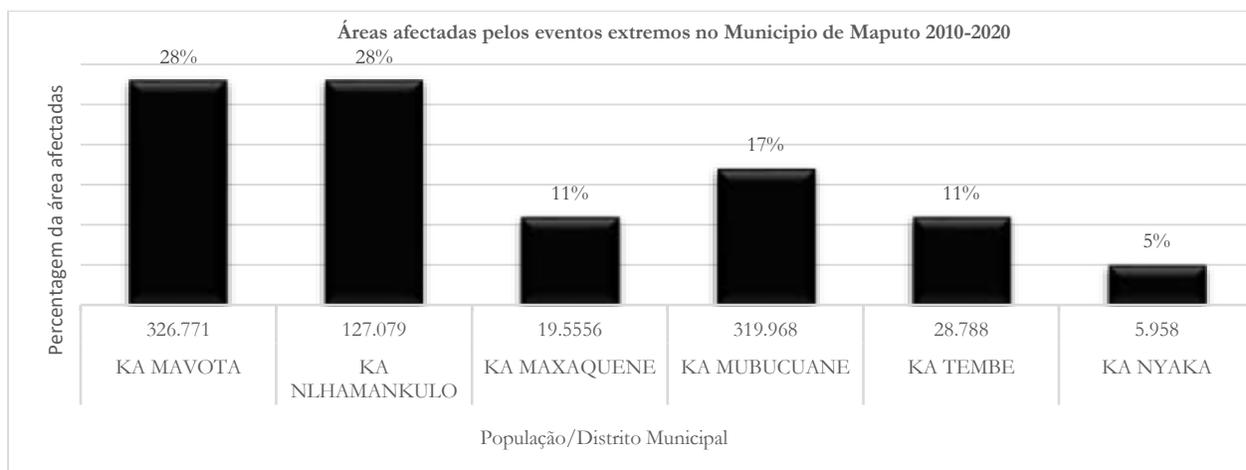


Figura 6: Gráfico de percentagens de áreas afectadas pelos eventos extremos no Município de Maputo.

Fonte de dados: Cenoe (2022).

Portanto, no período em análise, em termos de perdas e danos, estima-se que 29.332 famílias tenham sido afectadas o que corresponde a 112.638 pessoas. No que diz respeito a equipamentos sociais, há um registo de 29.062 casas afectadas, adicionadas a 21 salas de aula e 18 unidades sanitárias (CENOE, 2022). Supõe-se que o número elevado de perdas e danos pelos impactos negativos dos eventos extremos no período em análise, pode estar relacionado com a aprovação tardia dos instrumentos legais para fazer face a estes eventos. O que se observa é que estes instrumentos foram na sua maioria aprovados a partir do ano de 2014. Paralelamente, foram criadas unidades técnicas de resposta aos eventos extremos, destacando-se a nova estrutura do INGC que estabeleceu o CENOE, COE e a UNAPROC. Estima-se nesse período tenham sido investidos cerca de 39.010.851.000.00 MZN, para fazer face aos eventos extremos (CENOE, 2022). Estes factores, podem também ter contribuído para o aumento cada vez mais do número de perdas e danos pelos eventos extremos no Município de Maputo.

Capacidade da adaptação do Município de Maputo

Para responder a capacidade de adaptação do Município de Maputo face aos eventos extremos, foram aprovados instrumentos do nível Nacional e Municipal tais como Plano de Acção para a Prevenção e Controle da Erosão de Solos (2008-2018), Plano Geral de Urbanização, Plano de Estrutura Urbana

entre outros que, orientam e regulamentam as actividades de Gestão e Redução do Risco de Desastres (Tabela 1). Paralelamente, foram alocados fundos e capacitados técnicos de diversas áreas em matérias de Mudanças Climáticas (CENOE, 2022).

Estão igualmente contemplados no plano de acção climática do Município de Maputo, o programa de reflorestamento da zona costeira, a reabilitação das comportas que permitem controlar a entrada e saída da água das marés na área do mangal da zona da Costa dos Sol, a implementação de um projecto de recuperação do mangal, no qual a preservação da zona costeira e a educação ambiental permanecem como pilares fundamentais de adaptação e sustentabilidade. No distrito Municipal Ka Katembe, o município tem o plano de regenerar 102 hectares de mangal com plantas que irá produzir no viveiro municipal. No âmbito do Plano Local de Adaptação às mudanças climáticas no distrito urbano Ka Lhamankulo, constam acções tais como reabilitação e limpeza periódica de valas de drenagem bem como a construção de novas valas, nivelamento das ruas de modo a facilitar o escoamento das águas bem como a educação ambiental da comunidade incluindo mudanças climáticas. (CMCM, 2016 citado por CoM SSA, 2021).

Índice de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo

Dos resultados obtidos na análise, constatou-se que o Índice de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo é médio baixo ($IVC_{\text{Município de Maputo}} = 0,49$). Estas constatações, aproximam-se á resultados de estudos semelhantes tais como de Buchir & Deztel (2022), que obtiveram como Índice de Vulnerabilidade Climática para Moçambique ($IVC_{\text{Moçambique}} = 0,51$), que representa uma Vulnerabilidade média alta. Pese embora a Vulnerabilidade do país face aos eventos climáticos extremos tende a alta, o Município de Maputo possui o IVC relativamente baixa. Esta tendência, pode estar relacionada com os programas de adaptação executadas pelo Município, que consistem no reflorestamento da zona costeira, reabilitação das comportas que permitem controlar a entrada e saída da água das marés, para além da construção de quebra ondas ao longo de toda costa. Paralelamente a isso, destaca-se a reabilitação e limpeza periódica de valas de drenagem bem como a construção de novas valas no distrito urbano Ka Lhamankulo. Entretanto, a dificiente implementação dos instrumentos de ordenamento territorial que se reflecte na forma de uso e ocupação do solo urbano, associada a aprovação tardia dos instrumentos legais sobre a gestão do Risco de desastres incluindo a sua fiscalização, são factores que podem concorrer para a subida do

Índice de Vulnerabilidade do Município de Maputo. Por outro lado e de acordo com o IPCC, as cidades e assentamentos costeiros estão e estarão sempre na primeira linha de defesa.

Conclusões

A frequente ocorrência dos eventos climáticos extremos, têm sido uma das maiores preocupações não só da comunidade científica mas também para os tomadores de decisão. É dentro deste contexto, que esta pesquisa pretende avaliar o grau de Vulnerabilidade do Município de Maputo aos eventos Extremos. Assim sendo, o estudo propôs como parâmetros de análise, o nível de exposição, o grau de sensibilidade e a capacidade da adaptação deste Município, aos eventos climáticos extremos. Desta avaliação, observou-se que o Município de Maputo apresenta um grau de Vulnerabilidade Climático médio baixo, de acordo com os resultados obtidos no cálculo do Índice de Vulnerabilidade Climática do Município de Maputo ($IVC_{\text{Município de Maputo}}=0,49$). Paralelamente a isso, constatou-se que as inundações e a erosão dos solos, são os impactos negativos com maior destaque, resultantes dos eventos climáticos extremos, principalmente chuvas intensas. Por outro lado, segundo alguns pesquisadores, a ocupação da zona costeira para construções habitacionais, infraestruturas turísticas e outros empreendimentos, provoca uma pressão e afectam o equilíbrio dos sistemas locais (Queface, 2009; Pimentel, 2012; Midgeley, S. 2012). Estes factores, levam-nos a concluir que o Município de Maputo é realmente vulnerável aos eventos climáticos extremos, contudo, a sua vulnerabilidade está associada a questões de uso e aproveitamento do solo, portanto, de ordenamento territorial.

Referências Bibliográficas

- Abe África (2020). *Revista da Associação Brasileira de Estudos Africanos*, v.04, n.04, Abril de 2020.
- Anandhi, A., & kannan, N. (2018). *Vulnerability assessment of water resources – Translating a theoretical concept to an operational framework using systems thinking approach in a changing climate : Case study in Ogallala Aquifer*, 557, 460–474.
- Araújo, M. (2003). *Os espaços urbanos em Moçambique. Geosp-Espaço Tempo, São Paulo, n° 14, p.165-182, 2003*
- Balica S. F. Wright N. G., Van der Meulen F. (2012). *A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. UNESCO-IHE, Institute for Water Education, Delft, Netherlands*. Acessado em 25 de junho 2022.

- Bagheri, M. (2011). *Developing a Climate Change Vulnerability Index for Coastal City Sustainability, Mitigation, and Adaptation: A Case Study of Kuala Terengganu, Malaysia*. *Land* 2021, 10, 1271. <https://doi.org/10.3390/land10111271>
<https://www.mdpi.com/journal/land>. Acessado em 19 de abril 2022.
- Buchir, L. (2021). *Vulnerability and Adaptation Capacity to Climate Change: An Alternative Approach to Climate Vulnerability Indices. Theses.*
- CMCM (2011). Conselho Municipal da Cidade de Maputo. *Plano director da cidade de Maputo.*
- CoM SSA (2021). Pacto de Autarcas para a África Subariana. *Projectos de adaptação às mudanças climáticas*, <https://comssa.org/pt/news/climate-change-adaptation-projects-are-a-priority-for-signatory-city-maputo>. Acessado em 22 de outubro 2022.
- Cutter, S. L. (2003). *The vulnerability of Science and the Science of vulnerability*. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 93, n 1. 2003.
- Cutter, S. L. (2011). *A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores*. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, v. 93, n. 1, p. 59-70, jun. 2011.
- Di-Giului, G.M.; Martins, A.M B.; Lemos, M.C.(2016). *Adaptação Climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro*. *Estudos Avançados*. V.30, nr. 88, p.25-41, 2016. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000300025&lng=pt&tlng=pt.
- Field, C.B.; Barros, V.; Stocker, T.F.; et al. IPCC. (2012). *Summary for Policymaker. In: Managing The Risk of Extreme Events and Disasters to advance Climate Change Adaptation*. New York, 2012.
- INGD-CENOE (2022). *Informação de impactos da época chuvosa e ciclónica no período entre as épocas 2010/2021 e 2021/2022, na província e cidade de Maputo.*
- IPCC. Climate Change (2007). *impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel*. Genebra, Suíça. 2007. <https://doi.org/10.1256/004316502320517344>
- IPCC, Climate Change. (2014). *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, 2014.

- Maloa, J. M; nascimento Jr., L. (2019). *A dispersão urbana em Moçambique: uma contribuição ao estudo da produção do espaço urbano em Maputo. Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 45, n. 1, p. 91-109.
- Molinaroli. E. (2019). *Do the Adaptations of Venice and Miami to Sea Level Rise Offer Lessons for Other Vulnerable Coastal Cities? Springer Science Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019*. Acessado em 19 de abril 2022.
- Marro, A. A., Sousa, A. M. M. C., (2009) . *Lógica Fuzzy: Conceitos e Aplicações. Departamento de Informática e Matemática Aplicada. UFRN*.
- Mavume, A. F. (2008). *Tropical Cyclones in the Swouth-West Indian Ocean: Intensity Changes, Oceanic interaction and Impacts*. Ph.D. Theses.
- Nascimento, Jr. L. (2019). *O clima urbano como risco climático*. Geo UERJ, n. 34, p. 40956.
- Oktari. R (2019). *Measuring coastal cities' resilience toward coastal hazards: Instrument development and validation. Progress in Disaster Science*www.elsevier.com/locate/pdisas acessado em 19 de abril 2022.
- PBMC (2016). *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às Mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas* PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p.
- PDRRD (2017-2030). *Plano Director para a Redução do Risco de Desastres 2017-2030*.
- Pimentel, J., (2012). *The power of shade. The green infrastructure in African slums. Maputo's case study, in Proceedings of ECLAS 2012. The power of Landscape, ECLAS 2012 Press, pp 224-228*.
- Santos, R. S. (2011). *Avaliação da relação seca/produktividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 2, p. 313-321, 2011.
- Rosenzweig, C.; Solecki, W.; Romero, P. et al. *Climate Change and Cities. Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. New York, 2015*.
- Yoo. G. (2011). *Development and application of a methodology for vulnerability assessment of climate change in coastal cities. Ocean & Coastal Management: www.elsevier.com/locate/ocecoaman*. Acessado em 19 de abril 2022.
- UNFCCC (2006). *Technologies for Adaptation to Climate Change. Germany: UNFCCC*

Zhang. Y. (2021). *Coastal vulnerability to climate change in China's Bohai Economic Rim Environment International journal* www.elsevier.com/locate/envint: acessado em 19 de abril 2022.