



VARIA: Artigo



**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ZAMBEZE: UMA CONTRIBUIÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DO GRAU DE SUSCEPTIBILIDADE À INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE TETE**

**MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE ZAMBEZE RIVER BASIN: A CONTRIBUTION TO THE IDENTIFICATION OF THE DEGREE OF SUSCEPTIBILITY TO FLOODING IN THE MUNICIPALITY OF TETE**

**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO ZAMBEZE: UNA CONTRIBUCIÓN A LA IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES EN EL MUNICÍPIO DE TETE**

*Wairosse Miguel Wairosse; Victor Benjamin Victor; Ringo Benjamin Victor*

Wairosse Miguel Wairosse  
Licenciado em Ensino de Geografia pela Universidade Púnguè- Extensão de Tete.  
Docente de Geografia do Colégio Académico Prestígio na Cidade de Tete.  
wairossemiguel@gmail.com

Victor Benjamin Victor  
Mestrando em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente na Universidade Federal da Bahia.  
Licenciado em Geologia pela Universidade Rovuma em Moçambique  
victor.valane@gmail.com

Ringo Benjamin Victor  
Docente de Ciências Geográficas afecto à Faculdade de Geociências e Ambiente na Universidade Púnguè em Tete.  
mgauptete@gmail.com

Como citar  
WAIROSSE, M. W., VICTOR, B. V.; VICTOR, R. B. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Zambeze: uma contribuição na identificação do grau de susceptibilidade à inundações no Município de Tete **Boletim GeoÁfrica**, v. 1, n.3, p. 105-121, jul.- set. 2022

Recebido: 22/07/2022  
Aceite: 25/08/2022



## RESUMO

As Geotecnologias são ferramentas básicas e bastante utilizadas no planeamento urbano, na gestão de recursos hídricos e em estudos de susceptibilidade erosiva como deslizamentos de terra e inundações por serem capazes de obter informações confiáveis e de baixo custo sejam elas qualitativas e/ou quantitativas. O presente artigo objetivou avaliar o grau de Susceptibilidade as Inundações no Município de Tete – Província de Tete e realizar a caracterização morfológica da Bacia Hidrográfica do Zambeze (BHZ) na Cidade de Tete. Esta pesquisa teve como base os parâmetros Morfológicos na identificação de áreas susceptíveis a inundações. Os procedimentos metodológicos cingiram-se em pesquisa bibliográfica, trabalho de gabinete, aplicação de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, através do *software* ArcMap 10.5. Os resultados da pesquisa mostram que a área de estudo possui uma área de aproximadamente 287 Km<sup>2</sup> e um perímetro de 86,08 km, abrangendo nove (9) bairros. Com base no cálculo dos índices morfológicos, obteve-se os seguintes valores: índice de factor forma (0,54), coeficiente de compacidade (1,44) e índice de circularidade (0,48) e consoante a sua topografia possui um relevo predominantemente plano. A soma desses fatores permitiu concluir que a BHZ na Cidade Tete possui uma tendência média a susceptibilidade de gerar grandes inundações ou picos de enchentes, principalmente no lado Sul da Cidade.

**Palavras-chave:** riscos; planeamento ambiental; inundações; vulnerabilidade sócio-ambiental.

## ABSTRACT

Geotechnologies are basic and widely used tools in urban planning, water resources management and erosive susceptibility studies such as landslides and floods, as they are able to obtain reliable and low-cost information, whether qualitative and/or quantitative. The present article aimed to evaluate the degree of Susceptibility to Floods in the Municipality of Tete - Province of Tete - and to carry out the morphometric characterization of the Zambezi River Basin (BHZ) in the City of Tete. This research was based on Morphometric parameters in the identification of areas susceptible to flooding. The methodological procedures were limited to bibliographic research, office work and application of geoprocessing techniques in a GIS environment through ArcMap 10.5 software. The survey results show that the study area has an area of approximately 287 km<sup>2</sup> and a perimeter of 86.08 km, covering nine (9) neighborhoods. Based on the calculation of the morphometric indices, the following values were obtained: form factor index (0.54), compactness coefficient (1.44) and circularity index (0.48), and in relation to its topography it has a predominantly flat relief. The sum of these factors allowed us to conclude that the BHZ in Tete City has an average tendency to susceptibility to generate large floods or flood peaks, mainly on the south side of the city.

**KEYWORDS:** risks; environmental planning; floodings; socio-environmental vulnerability.

## RESUMEN

Las geotecnologías son herramientas básicas y ampliamente utilizadas en la planificación urbana, en la gestión de los recursos hídricos y en los estudios de susceptibilidad erosiva como deslizamientos e inundaciones, ya que son capaces de obtener información confiable y de bajo costo, ya sea cualitativa y/o cuantitativa. El presente artículo tuvo como objetivo evaluar el grado de Susceptibilidad a Inundaciones en el Municipio de Tete - Provincia de Tete - y realizar la caracterización morfológica de la Cuenca del Zambezi (BHZ) en la Ciudad de Tete. Esta investigación se basó en parámetros Morfológicos en la identificación de áreas susceptibles a inundaciones. Los procedimientos metodológicos se limitaron a la búsqueda bibliográfica, trabajo de oficina y aplicación de técnicas de geoprociamiento en un ambiente SIG, a través del *software* ArcMap 10.5. Los resultados de la investigación muestran que el área de estudio tiene una superficie aproximada de 287 km<sup>2</sup> y un perímetro de 86.08 km, abarcando nueve (9) barrios. En base al cálculo de los índices morfológicos se obtuvieron los siguientes valores: índice de factor de forma (0.54), coeficiente de compacidad (1.44) e índice de circularidad (0.48), y con respecto a su topografía presenta un relieve predominantemente plano. La suma de estos factores nos permitió concluir que la BHZ de la ciudad de Tete tiene una tendencia media a la susceptibilidad a generar grandes inundaciones o picos de inundación, principalmente en el lado sur de la ciudad.

**PALABRAS-CLAVE:** riesgos, planificación ambiental; inundaciones, vulnerabilidad socioambiental.



## INTRODUÇÃO

Moçambique é um país que dada a sua localização fisiográfica é frequentemente afetado por eventos climáticos extremos, notadamente: ciclones, cheias e secas que consubstancia, por um lado, as alterações climáticas. Estima-se que em Moçambique cerca de 60% da população vive ou habitam nas costas e margens dos rios, estando assim expostos aos eventos climáticos e hidrológicos, o que lhes propicia, portanto, maior vulnerabilidade à tempestades tropicais, cheias e inundações, só para citar alguns exemplos.

A Cidade de Tete<sup>1</sup> encontra-se situada entre as margens do Rio Zambeze, um dos maiores rios e mais importantes que atravessa o território nacional, com cerca de 2.600 km de comprimento. Portanto, é o 26º rio mais comprido do Mundo e o 4º em África, depois de Nilo (6.700 km) Zaire (4.600 km) e Níger (4.200 km) (MUCHANGOS, 1999). A bacia hidrográfica possui cerca de 1.330.000 km<sup>2</sup>, dos quais só 3.000 km<sup>2</sup> em território moçambicano facto que confere-a, maior susceptibilidade a eventos hidrológicos. A esse respeito, PADCT (2015) afirma que a “Cidade de Tete é uma Cidade de alto risco por ser afectada por cheias”. Este fato é exacerbado pelo armazenamento da Albufeira de Cahora Bassa que é afectado pela capacidade de armazenamento das grandes Albufeiras de Kariba e Itezhi-Tezhi que se encontram à montante.

O fenómeno das inundações é um evento natural, que se caracteriza pelo extravasamento da água do leito normal do rio, facto propiciado por precipitações intensas fazendo com que a quantidade de água que chega simultaneamente para um ponto do rio seja maior do que sua capacidade de escoamento (DEFESA CIVIL, 1996 *apud* PROCHMAN, 2014). A mesma fonte refere que as inundações nas áreas urbanas acarretam transtornos e prejuízos para a população, e muitas vezes resultam em vítimas, se agravando em função do aumento da urbanização, o uso indevido da terra, assoreamento dos rios e principalmente a ocupação das áreas susceptíveis à inundações.

---

<sup>1</sup>Cidade de Tete é a capital da Província do mesmo nome na região central de Moçambique. Em termos históricos, esta cidade era um centro comercial swahili quando se estabeleceu o domínio português por volta 1530 (SILVA, 2013 *apud* MACUVEIA, 2019).



A Cidade de Tete é considerada como uma Cidade de alto risco de ser afectada por cheias por esta se localizar a jusante de três barragens hidroeléctricas. À luz do Artigo 7º da Lei nº 15/2014 de 20 de Junho, que estabelece o Regime Jurídico da Gestão das Calamidades (RJGC), refere que:

Compete aos governos provinciais e ao representante do Estado na autarquia definir, no prazo de 180 dias após a entrada em vigor da Lei, as zonas de risco de calamidades nas respectivas áreas de jurisdição, onde é interdita a construção de habitações, mercados e outras infra-estruturas, excepto mediante aplicação de tecnologias de construção adequadas.

Porém, apesar disso, até então constatamos que não existe um estudo exaustivo que possa responder a problemática acima levantada, apesar de, o Município de Tete ter identificado alguns pontos, como é o caso do Vale do Nhartanda. É diante disso que o estudo se propõe a dissertar, pela necessidade de mapear as áreas susceptíveis á inundações na Cidade de Tete, por meio de cálculos dos parâmetros morfométricos e, deste modo, apresentar a importância do estudo numa área urbana como subsídio ao processo de tomada de decisões no planeamento físico no que tange a implantação de infra-estruturas sociais e económicas, principalmente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da Área de Estudo**

Segundo PADCT (2015), a área total do Distrito da Cidade de Tete é de aproximadamente 287 km<sup>2</sup>. Na administração municipal actual, a Cidade de Tete é composta por nove (9) Bairros, nomeadamente: Degue; Chingozi; Filipe Samuel Magaia; Francisco Manyanga; Josina Machel; Mateus Sansão Muthemba; Matundo; Samora Machel e M'padué, sendo no entanto, os Bairros Chingozi e Matundo, um dos maiores e o primeiro, um dos melhores em termos de arruamento e ocupação física do solo. Já o segundo, um dos piores em termos de urbanização, ordenamento territorial e saneamento do meio.

O Distrito da Cidade de Tete localiza-se na região do Baixo Zambeze, Província de Tete, tendo como limites geográficos: a Norte e Este, Distrito de Moatize, a Sul pelo Distrito de Changara, e por fim, a Oeste pelos Distritos de Marara e Changara, respectivamente.





processo de extracção da máscara "*Extract by Mask*" para se ter apenas o recorte do MDE da área de estudo, culminando com a selecção do *datum* original WGS\_84 Zona 36S.

Posteriormente extraíram-se as curvas de níveis automaticamente no SIG, com a equidistância de 30m registadas automaticamente na tabela de atributos, com a finalidade de criar a base planialtimétrica, possibilitando à geração de redes de triângulos irregulares (TIN) para dar lugar à elaboração do modelo digital de elevação (MDE), com a ferramenta: "*Contour*", que se localiza em *Spatial Analyst Tools* → *Surface*. Para a elaboração do TIN foi utilizada uma base de dados de curvas de níveis no formato *Shapefiles* (*shp*) obtidas automaticamente, como anteriormente referenciada.

Este formato permitiu o cruzamento de informações referente à hipsometria e geomorfologia do terreno na ferramenta *Arc Toolbox* → *3D Analyst Tool* → *TIN Management* → *Creat TIN* no software *ArcGIS 10.5*. Gerado o TIN, seguiu-se o processo de criação do MDE o qual foi convertido do formato *raster* para *Shapefiles* obedecendo aos passos de sua transformação a partir da ferramenta *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tool* → *Reclass* → *Reclassify* → *Conversion Tool* → *From Raster* → *Raster to Polygon* em ambiente *ArcMap 10.5*.

De seguida, elaborou-se o mapa de declividade que representa a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. A partir do *layer* do limite da área recortada do local da pesquisa e, diante dos dados já extraídos automaticamente para a tabela de atributos (curvas de níveis) gerou-se o TIN e MDE que transformados em *Raster* já criados, permitiu a geração do mapa de declividade da área de estudo através da ferramenta *Arc ToolBox* → *3D Analyst Tools* → *Spatial Analyst* → *Tools* → *Surfice* → *Slope* no ambiente *ArcGis 10.5*.

Para tanto, foi seleccionada a ferramenta *Reclassify*, seguindo-se a classificação manual e o estabelecimento dos intervalos das classes de declividade em percentagem (%) obedecendo a sua respectiva tonalidade (cores), o que culminou com a elaboração do mapa final de declividade em conformidade com Santos et al (2013).

### **Obtenção de dados morfométricos**

Para análise Morfométrica, foram obtidos seguindo critério estabelecido por Cristofolletti (1980) *apud* Leite, Almeida e Silva. (2012), e Gerber et al (2018) que a seguir são apresentados:



Tabela 1. Apresentação dos parâmetros morfométricos calculados na Bacia Hidrográfica do Rio Zambeze

Parâmetro	Equação	Objectivo	Tendência a enchentes
Índices de forma	-----	A avaliação da forma é efectuada a partir do cálculo de índices que procuram relações com formas geométricas conhecidas. Dentre os métodos destaca-se <i>factor de forma</i> e o <i>índice de compacidade</i> :	-----
Factor forma (Kf)	$Ff = \frac{A}{L^2}$	Relação entre largura e comprimento para avaliação de geometria	$\geq 0,75$ = alta $0,75 - 0,50$ = média $\leq 0,50$ = baixa
Coefficiente de compacidade (Kc)	$kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	Relaciona a bacia a um círculo	$1,00 - 1,25$ = alta $1,25 - 1,50$ = média $< 1,50$ = baixa
Índice de circularidade (IC)	$Ic = \frac{12.57 * A}{P^2}$	Quanto mais próximo do valor 1, maior a circularidade e mais sujeita a inundações	$> 0,51$ = alta $0,51$ = média $< 0,51$ = baixa
Densidade de Drenagem	$Dd = \frac{Lt}{A}$	A densidade de drenagem (Dd) é a relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia e para seu cálculo, devem-se considerar todos os rios tanto os perenes como os temporários	$< 0,50$ Baixa $0,50 - 2,0$ Muito Alta $2,01 - 3,50$ Alta $> 3,50$ Mediana
Área da Drenagem (A)	-----	Quanto maior for a área da bacia, maior será o volume de água que passará pelo seu exutório, incitando o efeito das enchentes no interior dessa. A área da bacia é toda área plana (projectada sobre o plano horizontal) limitada pelos divisores topográficos da bacia ou, simplesmente, a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial	-----

Legenda: área da bacia (km<sup>2</sup>); Dd: densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>); L: comprimento do canal principal (km) e P: perímetro da bacia (km).

Fonte: Adaptado pelos autores (2021) a partir de Leite, Almeida e Silva (2012) e Gerber et al (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

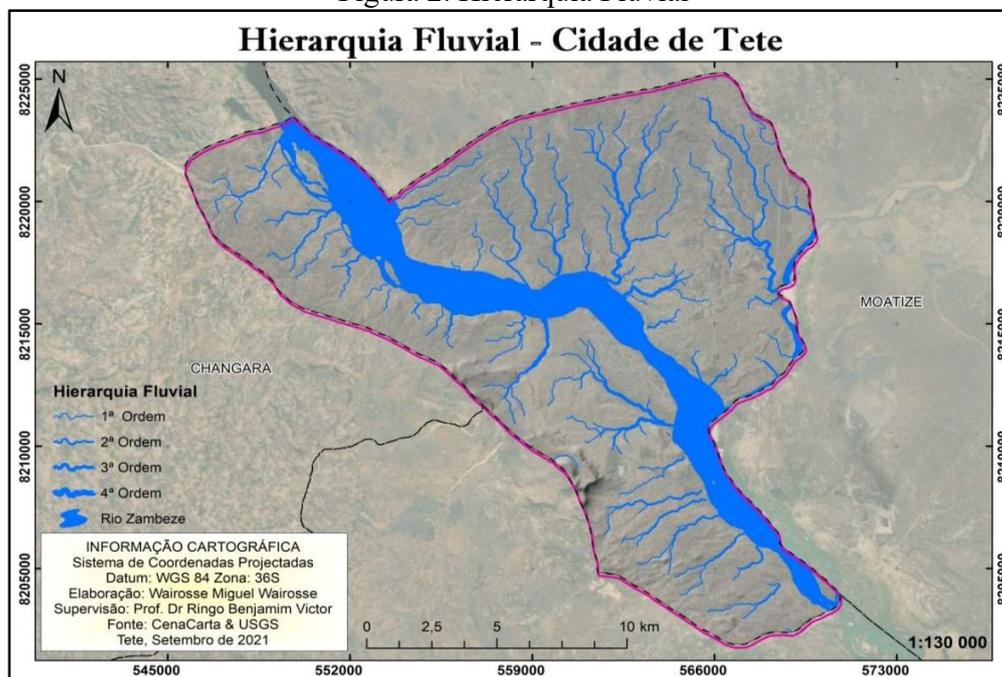
### Características Geométricas

As características geométricas são factores determinantes na resposta a inundações de uma dada área. De acordo com as análises das características morfométricas e geométricas calculadas em conjunto com os mapas temáticos elaborados na interface do ArcMap10.5, foi possível caracterizar a Cidade de Tete quantitativamente como será apresentado em síntese a seguir.

Com as técnicas de geoprocessamento aplicadas neste trabalho, foi possível estimar a Cidade de Tete, apresentando uma área de drenagem de 278km<sup>2</sup> e um perímetro de 86,80 km.



Figura 2. Hierarquia Fluvial



Fonte: Os Autores (2021).

Quanto ao comprimento do rio, foi obtido em um segmento de linha recta no mapa, entre os pontos da foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro, obtendo o comprimento desta forma de 23 km.

O resultado da ordem dos rios de acordo com a hierarquia de Strahler (1957), a sua área de drenagem é de ordem 4 (quatro) ou quarta ordem, resultando, deste modo, numa área de baixa drenagem, isto é, com poucas ramificações (a junção dos rios da primeira, segunda e terceira ordem). Desta observação, quanto menor a ordem dos rios, menor também a tendência de enchentes nas áreas, pois ao serem modificadas antropicamente, tendem a gerar enchentes locais.

Para a avaliação das características geométricas, bem como a susceptibilidade da Cidade de Tete em questões de ocorrência de enchentes foram analisados os seguintes parâmetros:  $F_f$  (*Factor de Forma*),  $K_c$  (*Coefficiente de compacidade*) e  $I_c$  (*Índice de circularidade*). A análise destes parâmetros resultou nos seguintes valores na tabela a seguir:



Tabela 2. Características geométricas

Parâmetro	Valor
O factor de forma Kf	0,54
Coefficiente de compacidade Kc	1,44
Índice de circularidade Ic	0,48

Fonte: Os autores (2021)

Estes parâmetros constituem ferramentas indispensáveis na interpretação da tendência da bacia hidrográfica às inundações assim como na determinação da sua forma.

Tabela 3. Valores e interpretação de factor de forma (Ff), índice de circularidade (Ic) e, coeficiente de compacidade (Kc).

Factor Forma (Ff)	Índice de Circularidade (Ic)	Coefficiente de Compacidade (Kc)	Formato da Área	Interpretação
1,00 - 0,75	1,00 - 0,8	1,00 - 1,24	Redonda	Alta tendência à enchentes
0,75 - 0,50	0,8 - 0,6	1,25 - 1,50	Ovalada	Tendência mediana à enchentes
0,50 - 0,30	0,6 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	Baixa tendência à enchentes
< 30	< 0,40	> 1,70	Comprida	Áreas com tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Villela e Mattos (1975).

De acordo com a tabela acima, os valores de coeficiente de compacidade (1,44) e factor de forma (0,54), evidenciam que a Bacia Hidrográfica do Rio Zambeze na Cidade de Tete possui uma forma ovalada/oblonga<sup>2</sup>, o que caracteriza uma taxa média ou mediana a tendência a enchentes devido a predominância de seu formato alongado. “Isso porque quanto menor o factor de forma, mais comprida é a bacia e, conseqüentemente, menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração é maior, além do baixo índice de probabilidade em atingir toda a extensão da bacia hidrográfica” (CARVALHO E SILVA, 2003 apud JÚNIOR, 2019).

<sup>2</sup> Quer dizer que tem a forma ovular, com tendência de reter/acumular águas pluviais nos momentos de precipitações intensas e que pode provocar inundações.



O Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ ), também relaciona a forma da bacia com um círculo. De acordo com Vilella e Mattos (1975) *apud* Loo e Machado (2019), consideram que esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho. Quanto mais irregular a sua forma, maior será o coeficiente de compacidade. Desse modo, um coeficiente mínimo igual à unidade (1) corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia é mais susceptível à ocorrência de enchentes mais acentuadas quando seu coeficiente for mais próximo da unidade.

Já para o índice de circularidade ( $I_c$ ), o parâmetro revela quão é circular ou alongada uma bacia hidrográfica. Para Alves e Castro (2003) *apud* Bolotari Júnior (2019), uma bacia com índice abaixo de 0,51, considerada alongada, favorece o escoamento, e se estiver acima de 0,51, considera-se uma bacia mais circular com escoamento reduzido e com alta probabilidade de cheias, contrariamente a em diapasão.

### Característica do Relevo

Em relação às características de relevo, Villela e Mattos (1975) *apud* Loo & Machado (2019) referem que o conhecimento das informações sobre altitude é importante devido a influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o escoamento superficial das massas líquidas.

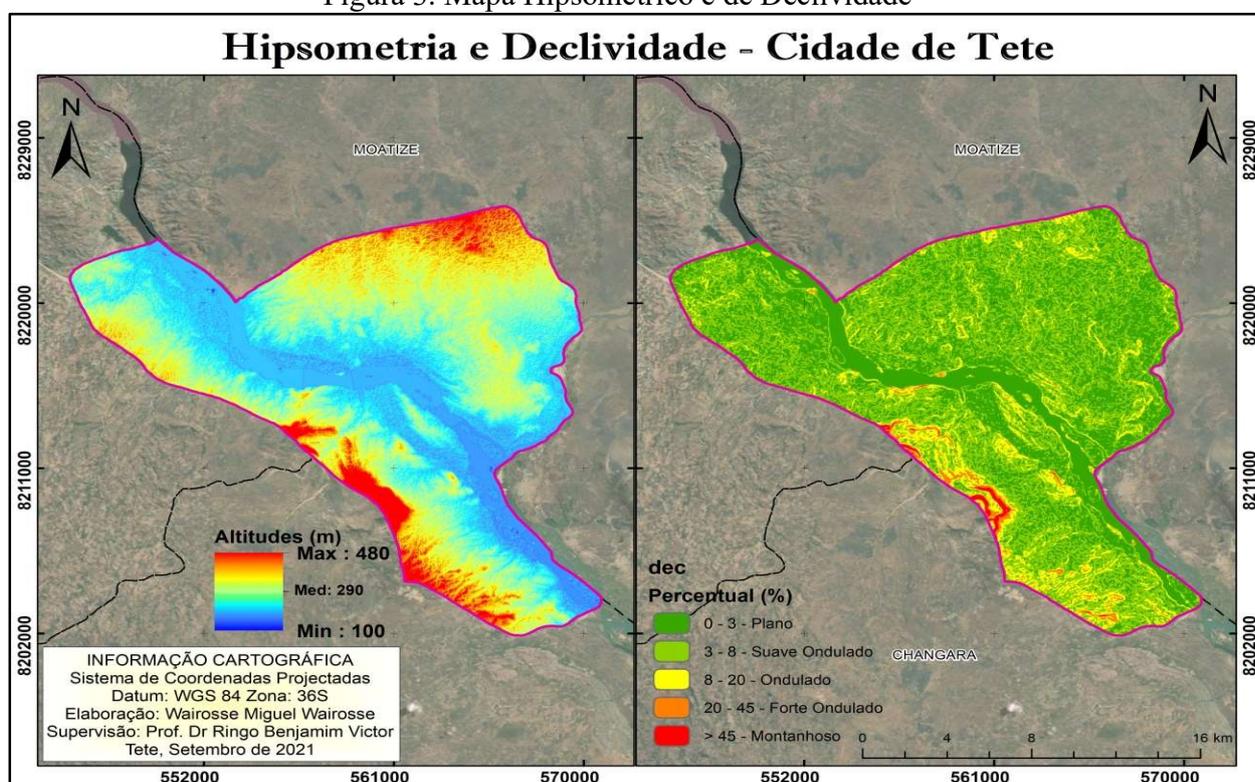
A despeito das características de relevo, observou-se na Cidade de Tete uma altitude mínima de 100 m e máxima de 480 m. Com base nesses valores, determinou-se a amplitude altimétrica (Hm), a que estabelece a diferença entre a maior e a menor cota da área, neste caso particular foi de 380 m, indicando a expressão na área do relevo plano (nos quais predominam os processos de sedimentação), com tendências semi-montanho (podem ocorrer eventos de enchentes apenas de curta duração à jusante) pois tende a ultrapassar os 200m, o que influencia directamente na quantidade de radiação que a Cidade recebe e, conseqüentemente, na evapotranspiração, na temperatura e na precipitação, pois, quanto maior a altitude, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenómeno. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração.



Trentin e Robaina (2005) afirmam que o mapa Hipsométrico/altitude tem fundamental importância na análise da energia do relevo. Ele indica condições mais propícias à dissecação para áreas de maior altitude e à acumulação para áreas de menor altitude, factores observados na bacia em estudo.

A declividade indica essencialmente a tendência de baixa velocidade no escoamento superficial, aumentando a possibilidade da infiltração de água no solo. Desta forma, segundo Borsato e Martoni (2004) a área é considerada com baixa declividade, pois está no intervalo de 0 a 3%, como ilustra a Figura 3.

Figura 3. Mapa Hipsométrico e de Declividade



Segundo Carvalho e Neto (2012), a amplitude altimétrica e a declividade, definem, em parte, a velocidade de escoamento. Quanto menores forem os valores, mais lento é o escoamento, aumentando o acúmulo de água. No entanto, ao mesmo tempo em que baixos declives permitem uma prevalência maior da quantidade das águas, também favorece, conseqüentemente, a infiltração e evaporação. Assim sendo, a Cidade de Tete, pode ser considerada como de



escoamento lento e a evaporação. A partir da análise da declividade foi possível identificar as inclinações das vertentes da Cidade de Tete como mostra a tabela abaixo.

Tabela 4. Classes de Declividade

Classes	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Plano	128,6	44,80
Suave Ondulado	124,3	43,10
Ondulado	28,3	9,75
Forte Ondulado	4,2	1,46
Montanhoso	1,0	0,35
<b>Total</b>	<b>287,0</b>	<b>100%</b>

Fonte: Os autores (2021).

A classe plana (0 a 3%) encontra-se em ambientes de planície actual da Cidade de Tete, representando 44,80% da cobertura da área e, é equivalente a 128,6 km<sup>2</sup> da área total da Cidade que coincide com a maior parte mais baixa da bacia hidrográfica. Por sua vez, a classe suave ondulado (3 a 8%) distribui-se ao longo da Cidade, representando, 43,71% (124,3 km<sup>2</sup>) da área total e coincide com a área mais habitada da Cidade de Tete.

A classe ondulada (8 a 20%) representa 9,75% (28,3 km<sup>2</sup>) do total da área. Ao passo que a classe fortemente ondulada (20 a 45%), representa 1,46% (4,2 km<sup>2</sup>). Por último, a classe montanhosa (> 45%) com 0.35% corresponde a 1,km<sup>2</sup>.

As inclinações de relevo podem influenciar a velocidade de escoamento, humidade do solo e a contribuição de água subterrânea e o escoamento do curso de água. Sala e Gasparetto (2010) enfatizam a importância de considerar a declividade como controladora de boa parte da velocidade do escoamento interferindo no tempo que a água da chuva leva para chegar até os leitos das drenagens. A baixa amplitude altimétrica resulta em baixos valores de razão de relevo, sugere uma área com relevo relativamente plano (44%). Considerado com uma área de ligeira susceptibilidade à erosão, pode-se, portanto, considerar como de baixa fragilidade ambiental aos processos denudacionais em maior parte da sua extensão.

### Características da Rede de Drenagem

As características da Rede de Drenagem fornecem uma referência sólida da geologia de qualquer área de estudo, pois em terrenos com materiais duros, há uma ligeira dificuldade da



penetração de água e não se formam novos cursos de água. Nestes casos por exemplo, os valores do mesmo podem variar de 0,5 km<sup>2</sup> á 3 km<sup>2</sup>, em áreas com drenagem pobre, de 3 á 7 km<sup>2</sup> em áreas com drenagem médias e 7 km<sup>2</sup> ou mais, em áreas suficientemente bem drenadas, mas apresentam pouca infiltração e melhor estruturação dos canais. Para a realidade da área de estudo, apresentou-se 0,52 km/km<sup>2</sup> para a análise da densidade de drenagem, indicando que esta região apresenta baixa relação entre o comprimento de rios que é de 23 km e a área da bacia que é de 278 Km<sup>2</sup>, indicando um eficiente escoamento de fluxo de água e boa infiltração para o lençol freático. O baixo valor para esse parâmetro segundo Christofolletti (1980), classifica-se como uma região pouco susceptível a processos erosivos naturais.

Desta maneira é possível inferir que a densidade de drenagem verificada para área de estudo é essencialmente o reflexo da presença de um relevo predominantemente plano, conforme visto na Figura 3 (declividade e hipsometria).

O comprimento do rio principal é um índice que compreende a distância que se estende ao longo do canal fluvial desde a desembocadura até uma determinada nascente no outro extremo. O critério utilizado para a determinação do comprimento do rio Zambeze foi o estabelecido por Horton (1945), no qual o canal de ordem mais elevada corresponde ao rio principal, que neste caso é um canal de 4<sup>a</sup> ordem.

Tabela 5. Resultados dos atributos Morfométricos da Cidade de Tete

	<b>Características Morfométricas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores Obtidos</b>
<b>Características Geométricas</b>	Área	km <sup>2</sup>	287,08
	Perímetro	Km	86,80
	Número de Canais da primeira ordem	—	627
	Coefficiente de Compacidade (Kc)	—	1,44
	Factor Forma ( <i>Ff</i> )	—	0,54
	Índice de Circularidade ( <i>Ic</i> )	—	0,48
<b>Características do Relevo</b>	Altitude Máxima	<i>M</i>	480
	Amplitude Altimétrica (Hm)	<i>M</i>	280
	Altitude Mínima	<i>M</i>	100



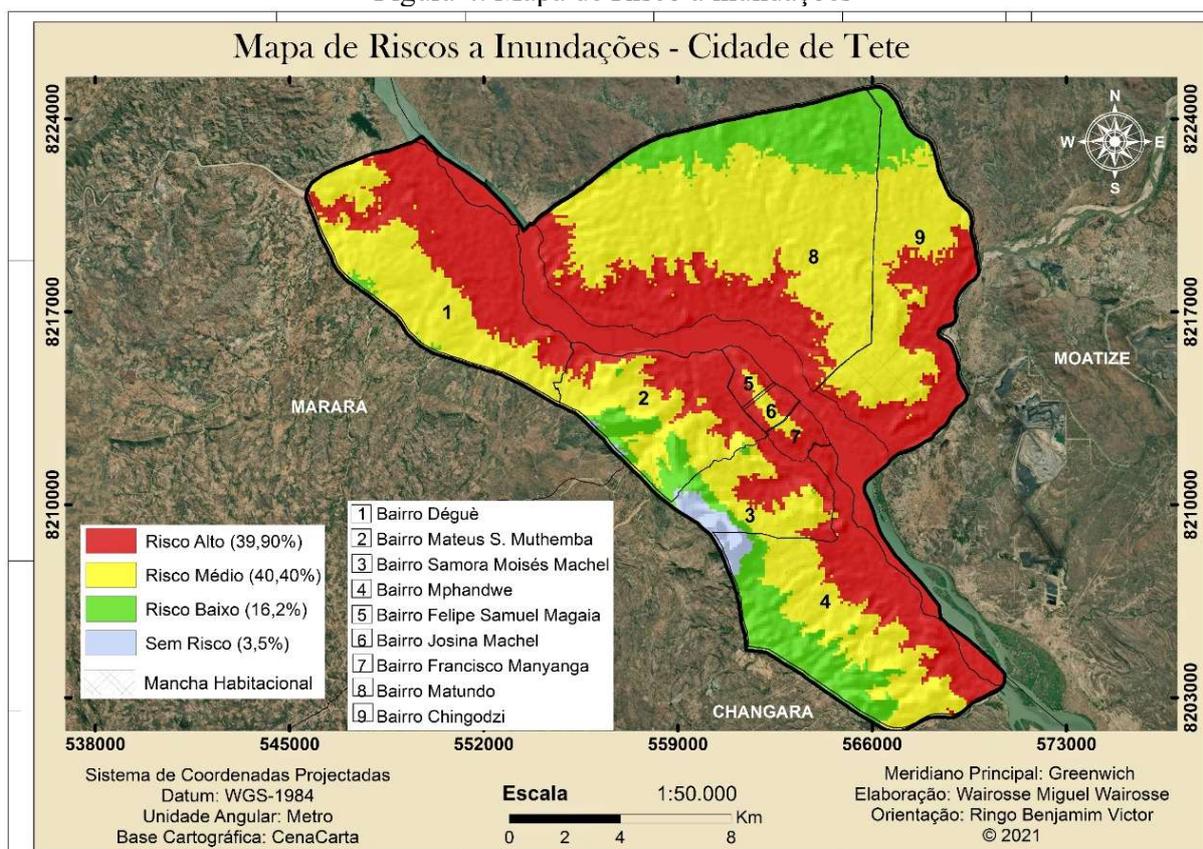
<b>Características da Rede de Drenagem</b>	Comprimento do canal Principal (L)	Km	529
	Comprimento total dos Canais	Km	322,45
	Comprimento Vectorial do Canal Principal	Km	23
	Densidade de Drenagem (Dd)	Km/km <sup>2</sup>	1,12
	Ordem da Bacia		4

Fonte: Os autores, 2021.

### Mapeamento das áreas susceptíveis

O mapa de áreas susceptíveis às inundações foi dividido em cinco classes, conforme pode-se observar na Figura 4.

Figura 4. Mapa de Risco a inundações





O mapa acima, evidência que cerca de 39,9 a 40,40% da área da Cidade de Tete está exposto ao alto e médio risco de inundações, respectivamente, seguindo-se por 16,2% de baixo risco e 3.5% de cobertura de áreas sem algum risco. Sá (2016) afirma que o grau de vulnerabilidade é determinado pelo tipo de ocupação que existe no local onde irá incidir o evento. Há também aspectos de índole social importantes no aumento da vulnerabilidade, tais como a idade das pessoas que poderão ser afectadas, o seu estado de saúde, a possibilidade de fuga ou abrigo durante a ocorrência do evento, entre outros.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Do estudo efectuado depreendem-se as seguintes ilações:

Os resultados alcançados demonstram que, do ponto de vista de relevo, a Cidade de Tete comporta-se como uma área de baixa fragilidade ambiental, evidentemente desconsiderando-se os factores antropogénicos relacionados com a ampla e extensiva ocupação humana em áreas susceptíveis.

A análise das características morfométricas permitiu verificar que a mesma, em condições naturais, apresenta média susceptibilidade a enchentes, corroborada pelos valores de coeficiente de compacidade, coeficiente de forma, densidade de drenagem e índice de circularidade obtidos, bem como, pelas características hipsométricas e de declividade observadas.

A partir das características da rede de drenagem, pôde-se também concluir que a área apresenta uma baixa densidade de drenagem, sugerindo haver em momentos de precipitação, um moderado escoamento superficial e têm uma área suficiente pequena para manter perenes os cursos de água.

As formas de construções informais que perfazem a maior parte da Cidade de Tete, estão de certo modo em risco, devido a fragilidade técnica e resiliência a eventos climáticos.

O uso de Geotecnologias foi de fundamental importância por permitir que as análises morfométricas e de susceptibilidade da bacia fossem realizadas com celeridade. As avaliações realizadas neste trabalho propiciaram embasamento para elaboração preliminar do planeamento e gestão do uso do solo na Cidade de Tete.



Os locais com baixa susceptibilidade às inundações são os bairros de expansão como Chimbonde, Chimadzi e Canongola, esses dois últimos com alta susceptibilidade de deslizamento de Terra. Bairros Chingozi, a Norte e a Sudeste dos Bairros Filipe Samuel Magaia, Francisco Manyanga e Josina Machel, no vale do Nhartanda, mostraram que são áreas propensas a inundações periódicas.

## REFERÊNCIAS

BOLOTARI JÚNIOR, Nelson. **Análise morfométrica e hidrológica da bacia do ribeirão estiva, afluente do rio Paraibuna, JUIZ DE FORA- MG.** Trabalho Final de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum (Human and Social Sciences)**, Maringá, v.26, n.2, p. 273-285, 2004

CHRISTOFOLETTI. A. **Geomorfologia Fluvial.** V.1. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.

GERBER, Dionatan; PERTILLE, Carla Talita; VIEIRA, Francielle Santos; CORRÊA, Bruno Jan Schramm; SOUZA, Camila Furlan de. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 1, p. 72-83, jan./jun. 2018.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **GSA Bulletin.**, v.56, n.3, p.275-370. 1945.

LEITE, Marcos Esdras; ALMEIDA, Jefferon William Lopes; SILVA, Renato Ferreira. Geotecnologias aplicadas à extração automática de dados morfométricos da bacia do rio PACUÍ/MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64/5, p. 677-691, 2012.

LOO, Angel; MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Caracterização morfométrica e sua relação com as inundações na bacia hidrográfica do rio sesmaria e subbacias, em RESENDE-RJ.** Fortaleza, 2019.

MUACUVEIA, Reginaldo Rodrigues Moreno. **Urbanização contemporânea em Moçambique: papel dos Instrumentos de planejamento urbano na ocupação do espaço.** Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.



MUCHANGOS, Aniceto dos. **Moçambique, Paisagens e Regiões Naturais**. Maputo, Edição do Autor, 1999.

PADCT. **Avaliação Ambiental Estratégica, Plano Multissetorial, Plano Especial de Ordenamento Territorial do Vale do Zambeze e Modelo Digital de Suporte a Decisões**. Maputo, 2015.

PROCHMANN, João Ricardo. **Análise espacial da susceptibilidade à inundações na bacia hidrográfica do córrego grande, Florianópolis – SC**: Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2014.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Boletim da República. Decreto n.º 7/2016 de 21 de Março. Regulamento da Lei da Gestão das Calamidades**. Maputo, 2016.

SÁ, Luís. **Gestão do risco de inundação documento de apoio a boas práticas**. Lisboa : Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2016.

SANTOS, Raphael David dos; SANTOS, Humberto Gonçalves dos; KER, João Carlos; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; SHIMIZU, Sérgio Hideiti. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 6ª Edição, Revista e Ampliada. Viços : Editora SBCS, 2013.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TRENTIN, Romário; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Metodologia para mapeamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005. p. 3606-3615.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.