





UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Púnguè com o auxílio do ArcGis.**

**Autor:**

Clinton da Costa Daniel

**Supervisora:**

**dra. Adelina Langa**

Quelimane, Dezembro de 2023



Esta versão da tese contém informações e alterações sugeridas pela Comissão avaliadora durante a defesa da versão original do trabalho, realizada em 07/12/2023. Uma cópia da versão original esta disponível na Secretaria no Programa de graduação em Geologia Marinha. Escola Superior Ciências Marinhas, Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane.

**Banca examinadora:**

- lic. Adelina Langa ( Supervisora)

Adelina Langa

- Mestre Carlota Emilio ( Presidente )

Carlota Emilio

- Mestre Manuel Tomo Simbe (Avaliador)

Manuel Pedro Tomo Simbe

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais Maneca Daniel e Ana Francisca Alberto Da Costa, minha tia Albertina Da Costa, meus irmãos Geraldo Amalique Da Costa Daniel , Wanda Isabel Da Costa Daniel, Morrison Da Costa Daniel, Shelsia Daniel, Emba Daniel por todo apoio, confiança e carinho que depositaram em mim durante a realização dos meus sonhos ao longo da vida e a mim mesmo pelo esforço e por ter acreditado sempre que seria possível obter o grau de licenciatura tão almejado por mim.

## **Agradecimentos**

Primeiramente Agradecer a Deus que sempre iluminou a minha vida e esteve do meu lado em todos os momentos no alcance dos meus objetivos. Agradeço à Deus sem um vasto apoio institucional e pessoal este trabalho jamais poderia ser desenvolvido.

À minha família por todo apoio e preocupação, pelo amor e carinho incondicionais. Aos meus pais e irmãos (Wanda, Geraldo, Morrison, Shelsia,) por investirem e acreditarem na minha formação. Aos meus sobrinhos e tias pela compreensão das minhas ausências e por todo carinho oferecido. Amo-vos.

À Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, pela importância em minha formação profissional e pessoal e suporte deste trabalho de monografia, agradeço sinceramente. À todos os docentes da Escola pela transmissão do conhecimento, especialmente aos MScs. Carlota e Noca e Helder Machaieie e Banito Magestade.

A dra. Adelina Langa, meu profundo agradecimento pela sua preocupação no meu currículo acadêmico e por me orientar e acreditar que isso tudo daria certo. A sua visão crítica e construtiva durante todas as fases da elaboração do trabalho foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

## **Declaração de Honra**

Eu Clinton Daniel da Costa declaro que esta monografia nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau e que ela constitui resultado do meu labor individual. Esta monografia apresentada em cumprimento parcial dos requisitos de obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha, da Universidade Eduardo Mondlane.

### **O candidato**

-----

(Clinton Alberto Da Costa Daniel)

## Resumo

O conhecimento das características geomorfológicas de uma bacia hidrográfica é de grande importância para o seu comportamento hidrológico, como a compreensão dos processos que controlam o movimento da água e os impactos das mudanças no uso do solo na quantidade e qualidade da água. Os seus objetivos são estimar parâmetros físicos, apresentar parâmetros geológicos relacionados como a era geológica, tipos de solo, uso e cobertura do solo, e ilustrar parâmetros de vegetação relacionados com os tipos de cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Rio Púnguè. Foi utilizado o software ArcGIS com base de dados do IIAM, CENACARTA e USGS earthexplorer para mapeamento de parâmetros físicos, mapas geológicos, solos e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Púnguè. Os resultados dos parâmetros físicos são os seguintes: área de drenagem de 28.999,383 km<sup>2</sup>, comprimento axial da bacia hidrográfica de 310 km, comprimento do rio principal de 400 km, factor de forma de 0,38, índice de rugosidade de 0,3, razão de bifurcação de 4, densidade do rio de 0,007 canais/km, densidade de drenagem de 0,4 km/km<sup>2</sup>, sinuosidade de 1,3 e alcance altimétrico de 1950 m. A hierarquia fluvial da bacia do rio Púnguè é de 4ª ordem. Os resultados de geologia, solo, uso e cobertura da terra e tipo de vegetação são os seguintes: período dominante na bacia é a Jurássica (66,31%), caracterizada por rochas sedimentares como calcário, argilito e arenito. Os solos arenosos são predominantes na bacia, com diversas variações como solos arenosos amarelados, avermelhados e acastanhados. Os resultados da análise do uso do solo na bacia destacam a presença de Corpos Hídricos (0,23%) e Solo Exposto (30,27%), bem como a importância da Vegetação Saudável (8,54%) e da Vegetação Mole (53,74%). A diversidade de tipos de vegetação, com destaque para ‘Floresta Média Aberta ou Pastagem’ (19,66%) e ‘Floresta de Galeria e Floresta Alta’ (10,78%).

**Palavras-chaves:** Bacia Hidrográfica, rio Púnguè, parâmetros físicos, uso e cobertura vegetal, era geológica.

## **Abstract**

The knowledge of the geomorphological characteristics of a watershed is of great importance for its hydrological behavior, such as understanding the processes that control the movement of water and the impacts of land use changes on water quantity and quality. This research analyzes the geomorphology of the Púnguè River watershed. Its objectives are to estimate physical parameters, present geological parameters related to the geological era, soil types, land use and land cover, and illustrate vegetation parameters related to the types of vegetation cover in the Púnguè River watershed. The ArcGIS software was used with a database of IIAM, CENACARTA and USGS earthxplorer for mapping of physical parameters, geological maps, soils, and land cover in the Púnguè River watershed. The results of the physical parameters are as follows: drainage area of 28,999.383 km<sup>2</sup>, axial length of the watershed of 310 km, main river length of 400 km, form factor of 0.38, roughness index of 0.3, bifurcation ratio of 4, river density of 0.007 channels/km, drainage density of 0.4 km/km<sup>2</sup>, sinuosity of 1.3, and an altimetric range of 1950 m. The river hierarchy of the Púnguè River basin is of the 4th order. The results of geology, soil, land use and land cover, and vegetation type are as follows: The dominant geological era in the basin is the Jurassic (66.31%), characterized by sedimentary rocks such as limestone, claystone, and sandstone. Sandy soils are predominant in the basin, with various variations such as yellowish, reddish, and brownish sandy soils. The results of the land use analysis in the watershed highlight the presence of Water Bodies (0.23%) and Exposed Soil (30.27%), as well as the importance of Healthy Vegetation (8.54%) and Soft Vegetation (53.74%) in conservation and water supply. The diversity of vegetation types, with emphasis on 'Medium Open Forest or Grassland' (19.66%) and 'Gallery Forest and High Forest' (10.78%),

**Key words:** Key words: Hydrographic basin, Púnguè river, Physical Parameters, Land Use and Vegetation Cover, Geological Era

## Lista de abreviaturas

---

A – Area de Drenagem

ANA – Agência Nacional de águas

CENACARTA – Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção

Dd = densidade da drenagem;

H-Amplitude Altimetrica ( m)

IIAM- Instituto de Investigação Agrária de Moçambique

Kf– Factor forma

L – Comprimento da Bacia

Laxial– Comprimento axial(km).

Lt = comprimento total dos canais (Km);

N = é o número total de rios ou cursos de água;

Nn = número de segmentos de determinada ordem u+1;

Nn + 1 = número de segmentos da ordem imediatamente superior

Rb - relação de bifurcação

SADC– Southern African Development Community

SIG- Sistema de informação Geográfica

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Ciclo hidrológico e seus elementos. Fonte: USGS, (2007) .....	4
<b>Figura 2.</b> Esquema gráfico de uma bacia hidrográfica. Fonte: Black Warrior Riverkeeper Inc, (2007). .....	5
<b>Figura 3.</b> Limites dos escoamentos superficial e subterrâneo (Rodrigues et al., 2011). .....	6
<b>Figura 4.</b> Distribuição das principais bacias hidrográficas de Moçambique. Fonte: Autor .....	8
<b>Figura 5.</b> Representação dos diversos critérios utilizados para determinar o comprimento da bacia. Fonte: Christofolletti (1980).....	11
<b>Figura 6.</b> Exemplo para interpretação do Kf. Fonte: Lima (1996).....	12
<b>Figura 7.</b> Exemplos de aplicação de hierarquia fluvial nas bacias hidrográficas conforme Horton (A), Straler (B). Fonte: Christofolletti (1980) .....	14
<b>Figura 8.</b> Esquema da utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Fonte: SandroGeo , (2007) .....	17
<b>Figura 9.</b> Localização da área de estudo .....	18
<b>Figura 10.</b> Hierarquia fluvial da bacia do Pungue. Fonte: Autor .....	25
<b>Figura 11:</b> Ilustra o mapa de Geologia da Bacia hidrográfica de Púnguè. FONTE: Autor .....	26
<b>Figura 12.</b> Classe dos solos na bacia do Pungúe. Fonte: IIAM & CENACARTA .....	27
<b>Figura 13.</b> Usos e cobertura da terra. Fonte: Autor .....	29
<b>Figura 14.</b> Tipo de vegetação da bacia do Pungue. Fonte: Autor .....	30

## Lista de tabelas

Tabela 1. Resultados dos parâmetros físicos da bacia do Púnguè .....	23
Tabela 2: classificação do tempo geológico da bacia Bacia Hidrográfica do Rio Púnguè .....	31
Tabela 3: representa a classificação dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Púnguè .....	34
Tabela 4 Classificação do uso e cobertura de terra .....	35
Tabela 5 abaixo representa a classificação do tipo de vegetação da bacia hidrográfica do Rio Púngué.....	38

## Índice

Dedicatória .....	I
Agradecimentos .....	II
Declaração de Honra .....	III
Resumo .....	IV
Lista de figuras .....	VII
Lista de tabelas .....	VIII
1. Introdução .....	1
1.1. Problematização e Justificativa .....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Geral .....	3
1.2.2. Específicos .....	4
2. Revisão de literatura .....	4
2.1. Ciclo hidrológico .....	4
2.2. Bacia Hidrográfica .....	5
2.2.1. Delimitação da bacia hidrográfica .....	5
2.2.2. Bacias hidrográficas de Moçambique .....	7
2.3. Geomorfologia .....	8
2.3.1. Parâmetros de caracterização física .....	9
2.3.2. Parâmetros Físicos .....	10
2.3.2.1. Área da bacia ou área de drenagem (A) .....	10
2.3.2.2. Comprimento da bacia (L) .....	10
2.3.2.3. Comprimento do rio principal .....	11
2.3.3.1. Parâmetros Relacionais .....	12
2.3.3.2. Coeficiente de Forma (Kf) .....	12

2.3.3.3.1. Amplitude altimétrica .....	13
2.3.3.3.2. Hierarquia Fluvial.....	13
2.3.3.3.3. Sinuosidade do curso de água.....	14
2.3.3.3.4. Densidade dos rios e dos segmentos de rios.....	14
2.3.3.3.5. Relação de bifurcação.....	15
2.3.3.3.6. Densidade de drenagem.....	15
2.3.3.3.7 Geologia, solos e cobertura vegetal .....	15
2.4. Sistema de Informações Geográficas (SIG) .....	16
3. Metodologia .....	17
3.1. Localização da área de estudo .....	17
3.2. Caracterização da região.....	18
3.2.1. Clima .....	18
3.3. Obtenção e tratamentos dos dados .....	19
3.3.1. Parâmetros de caracterização física.....	19
3.3.1.1. Parâmetros Físicos.....	19
3.3.1. 1.1. Comprimento do rio principal .....	19
3.3.1. 1.2. Coeficiente de Forma (Kf).....	20
3.3.1. 1.3. Amplitude altimétrica.....	20
3.3.1. 1.4. Sinuosidade do curso de água.....	20
3.3.1. 1.5. Densidade dos rios e dos segmentos de rios.....	21
3.3.1. 1.6. Relação de bifurcação.....	21
3.3.1. 1.7. Densidade de drenagem.....	21
3.3.1. 1.8. Hierarquia Fluvial.....	22
3.3.2. Geologia, solos e cobertura vegetal .....	22
4. Resultados e discussões.....	23

4.1. Parâmetros físicos.....	23
4.2. Hierarquia fluvial da bacia do Púnguè .....	25
4.3. Resultados da Geologia, solos, uso e cobertura de terra .....	26
4.3.1. Período Geológico.....	26
4.3.2.1. Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica de Púnguè.....	26
4.3.2.2. Solos .....	27
4.3.2.3. Uso e cobertura de terra.....	29
4.3.2.3.1. Tipos de vegetação .....	30
5. Conclusão .....	41
6. Recomendações .....	42
7. Referências bibliográficas .....	42

## 1. Introdução

A geomorfologia tem um caracter integrador entre as ciências ambientais, pois estuda vários aspectos da superfície da terra e busca compreender a evolução espaço-temporal do relevo terrestre e tudo nele existente. (Rodolfo F. Alves, 2013)

Tem-se utilizado a bacia hidrográfica como uma unidade geomorfológica fundamental, pois é a área natural onde escoam todo o fluxo superficial de água (Tonello, 2005). Portanto, torna-se um elemento pertinente para o estudo de inúmeros processos que ocorrem na superfície terrestre, definido por Chandrashekar et al (2015) como sendo uma unidade ideal para gestão sustentável dos recursos naturais, permitindo a compreensão da influência da morfometria de drenagem sobre formas terrestres e suas características.

Defina-se bacia hidrográfica como sendo uma área natural onde a precipitação é coletada e direcionada através de divisores topográficos para um único ponto de saída, denominado ponto exutório (Karmann et al., 2000).

As bacias hidrográficas caracterizam-se pelas suas características fisiográficas, geologia, tipo de solo, clima, cobertura vegetal, tipo de ocupação, geomorfologia, regime pluviométrico e fluviométrico, e disponibilidade hídrica (Da paz, 2004)

Considera-se também a bacia hidrográfica como sendo um sistema físico aberto onde a entrada de água é o volume precipitado na área e a saída é o volume escoado pelo ponto exutório, contabilizando-se as perdas intermediárias, pela evapotranspiração e pelo volume infiltrado (ANA, 2012).

Segundo Christofletti (1980) - sobre análise de bacias hidrográficas - a base da análise geomorfométrica fluvial está nas características físicas dos rios e bacias, como nos tipos de canais, de leito, e nas interações com os diferentes contextos geológicos.

A determinação de parâmetros de uma bacia hidrográfica gera informações que são úteis na tomada de decisão e que servem como instrumento para aplicações quantitativas relacionadas aos recursos hídricos, propiciando o melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais através de projetos ou planejamentos ambientais futuros envolvendo a área de estudo (Campos et al., 2015).

As relações espaciais e temporais fornecem informações que auxiliam na busca de caminhos para o entendimento das paisagens em geral. A Bacia Hidrográfica, por ter limites naturais definidos fisicamente, é um ambiente propício para as pesquisas que envolvem sua evolução geomorfológica.

O uso e ocupação do solo é um processo de alteração da paisagem que altera a configuração original da área, podendo ser considerado um importante parâmetro do fator antrópico (Klais et al., 2012).

Os dados georreferenciados obtidos por sensoriamento remoto e a multiplicação de mapas temáticos permitem obter tais planejamentos com muita rapidez em face do exame de um grande conjunto de variáveis consideradas nos planejamentos de manejo do solo.

O sistema de informação geográfica (SIG) utiliza uma base de dados georreferenciada com informação espacial, aspectos sociais, económicos e políticos, permitindo uma divisão temática que integra um SIG, a qual atua em uma série de operações espaciais (Teixeira et al., 1992).

Este estudo visa estudar a Bacia hidrográfica sendo o Rio Púnguè, situado entre Moçambique e Zimbabwe, com área de 29.000 km<sup>2</sup> e com extensão de 400 km. Nasce no Zimbabué, tem uma vazão média de 120 m<sup>3</sup>/s e em território inteiramente moçambicano, deságua a norte da baía de Sofala, formando um estuário baixo e pantanoso em cuja margem esquerda se situa a Beira, segue o sentido de norte para leste. Dos 29.500 km<sup>2</sup> do total da bacia hidrográfica do rio Púnguè, 28.000 km<sup>2</sup> encontram-se em Moçambique. A determinação de parâmetros de bacia hidrográfica gera informações que são uteis na tomada de decisão e que servem como instrumento para aplicações quantitativas relacionadas aos recursos hídricos, propiciando o melhor gerenciamento e aproveitamento do recursos naturais através de projectos ou planejamentos ambientais futuros envolvendo a área de estudo ( Campos et al.,2015)

### **1.1. Problematização e Justificativa**

A bacia hidrográfica do rio Púnguè é caracterizada por uma diversidade de forma de ocupação e usos de terra (ocupação por habitações, atividades agrícolas tanto de subsistência como mecanizadas, sistemas de captação de água, pastagem, mineração artesanal, exploração de madeira, etc.), entretanto, nota-se ausência de conhecimentos sistematizados sobre a

geomorfologia face as particularidades das geodiversidade e da biodiversidade que podem servir de base para definição de medidas de prevenção ou de correção de riscos ou impactos ambientais associados.

Entretanto, As características geomorfológicas de uma bacia têm grande importância para seu comportamento hidrológico, tais como o funcionamento dos processos que controlam o movimento das águas e os impactos de mudança do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água. Neste sentido a geomorfologia também possibilita com sua visão sobre diversos aspectos da superfície terrestre a integração entre diversas ciências ambientais contribuindo para a redução de impactos e melhoria da gestão ambiental (Guerra, 2003).

O conhecimento das características físicas da bacia permite a determinação do escoamento superficial numa região, possibilitando assim medidas preventivas no controle de enchentes, identificando se esta é suscetível a esse evento (Fontes et al., 2008).

Os diversos processos naturais como erosão, lixiviação, formação dos solos, deslizamento, modificação do regime hidrológico e cobertura vegetal, entre outros, ocorrem mesmo sem a ação do homem, porém com atividades antrópicas modificando o ambiente, seus efeitos podem ser acelerados e intensificados e com isso gerar resultados catastróficos.

O estudo também é imprescindível para a planificação de uma gestão sustentável dos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial. Neste sentido, os resultados obtidos neste trabalho irão contribuir para o conhecimento profundo e científico de gestão de recursos hídricos da bacia da hidrográfica do rio Púngué.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Geral**

A presente pesquisa tem como objetivo geral estudar a geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Púngué com o auxílio do ArcGis.

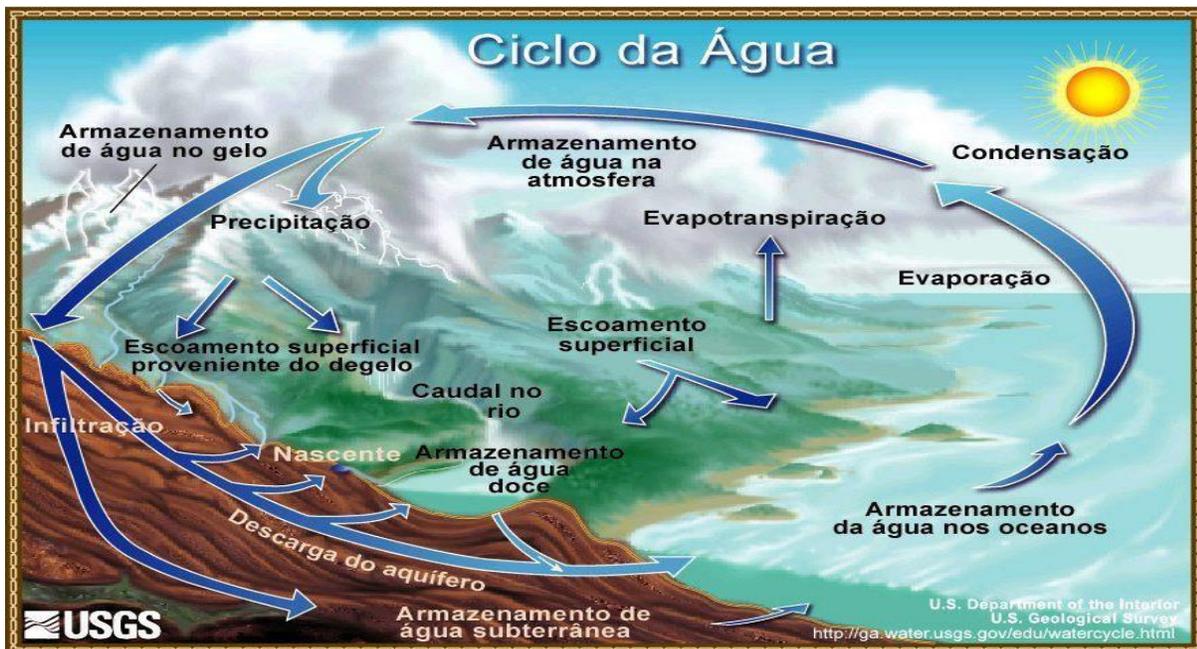
### 1.2.2. Específicos

- ❖ Estimar os parâmetros físicos da bacia hidrográfica do rio Púnguè concernente a área, comprimento axial, comprimento do rio, factor forma, amplitude altimétrica, sinuosidade, densidade dos rios, relação de bifurcação;
- ❖ Caracterizar os parâmetros geológicos referentes a era geológica, tipos de solo, uso e cobertura de terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Púnguè;

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Ciclo hidrológico

Refere-se ao ciclo hidrológico como sendo um processo natural de circulação fechada da água em relação a superfície terrestre e a atmosfera, que possui como principais 11 integrantes do processo: evapotranspiração, a condensação, a precipitação, o escoamento e a infiltração (Schiavetti e Camargo, 2002)

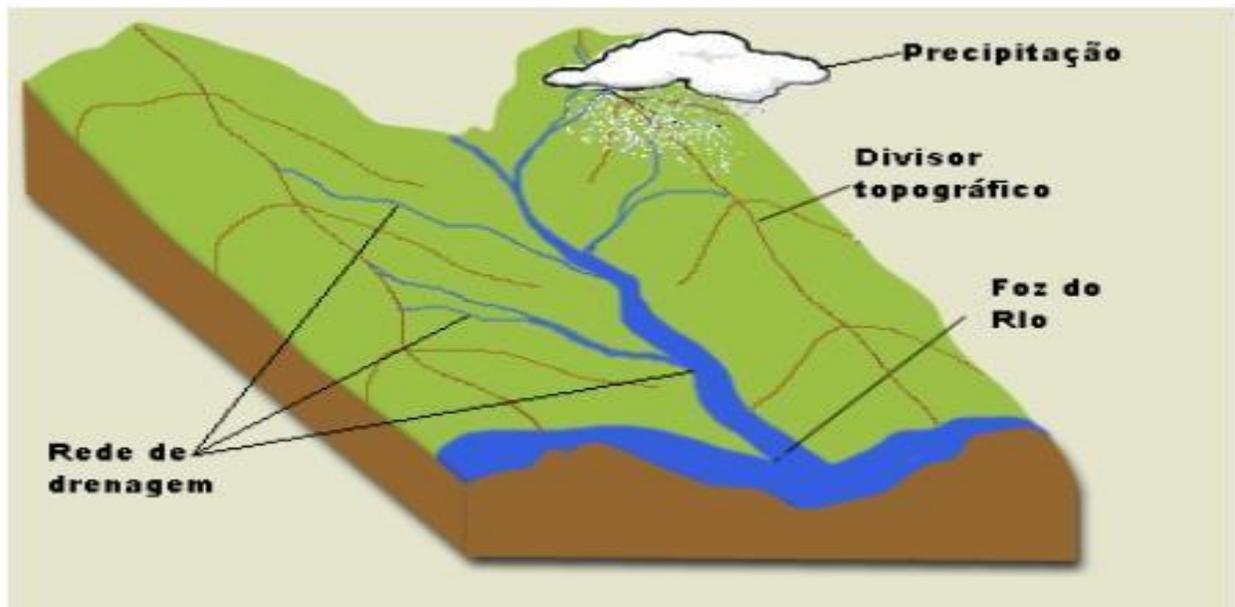


**Figura 1.** Ciclo hidrológico e seus elementos. Fonte: USGS, (2007)

## 2.2. Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural, isto é, uma área composta de um sistema de drenagem natural onde o movimento de água superficial inclui todos os usos da água e do solo existentes na localidade (Magalhães, 1989).

Os limites da área que compreende a bacia hidrográfica são definidos topograficamente como os pontos que limitam as vertentes que convergem para uma mesma bacia ou exutório. As bacias hidrográficas caracterizam-se pelas suas características fisiográficas, clima, tipo de solo, geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, tipo de ocupação, regime pluviométrico e fluviométrico, e disponibilidade hídrica.

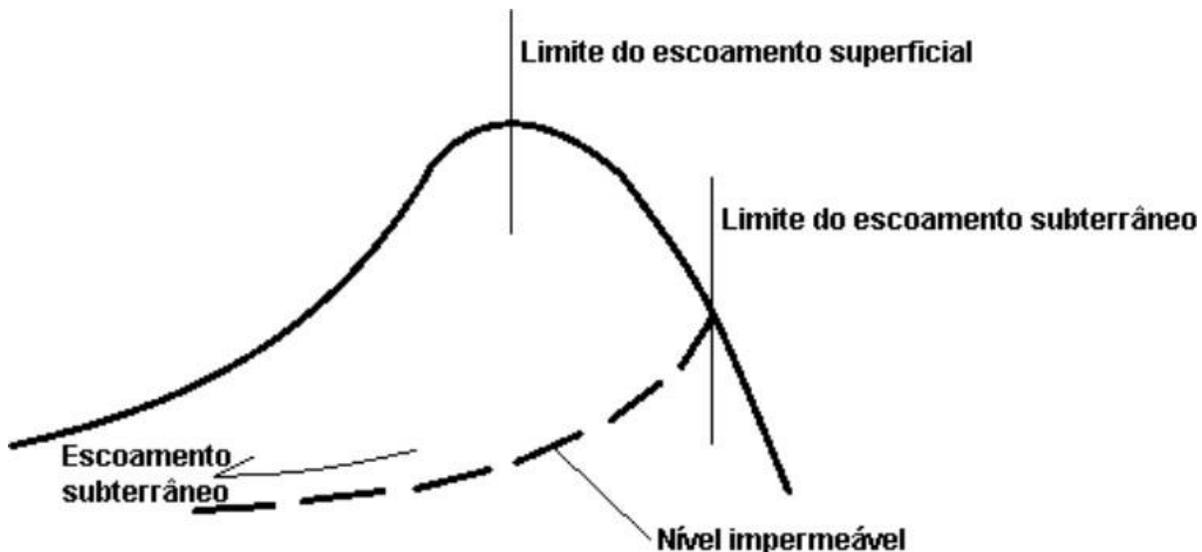


**Figura 2.** Esquema gráfico de uma bacia hidrográfica. Fonte: Black Warrior Riverkeeper Inc, (2007).

### 2.2.1. Delimitação da bacia hidrográfica

Com base em Rodrigues et al. (2011), em terrenos impermeáveis ou impermeabilizados pela ação do Homem, os limites das bacias hidrográficas coincidem com as linhas de cumeeada (desfeito ou de separação de águas). Em solos permeáveis, a existência de escoamentos subterrâneos torna a delimitação das bacias menos linear. Nas situações em que se verifique a existência no subsolo de

formações cársicas ou de origem vulcânica, a linha de contorno topograficamente definida - linha de separação de águas superficial - pode diferir consideravelmente da linha de separação de águas subterrânea.



**Figura 3.** Limites dos escoamentos superficial e subterrâneo (Rodrigues et al., 2011).

Em bacias de reduzida dimensão, o acréscimo para escoamento das bacias adjacentes em resultado da não coincidência entre as linhas de separação de águas superficial e subterrânea, pode ser percentualmente significativo. Nas grandes bacias, a importância dos acréscimos ou decréscimos de escoamento resultantes desta forma é geralmente pequena.

Em termos práticos, por uma questão de facilidade, a delimitação das bacias hidrográficas faz-se com recurso apenas à topografia dos terrenos. Nesse processo há que respeitar um conjunto de regras, a saber:

- ❖ Escolher uma escala adequada - como ordem de grandeza, pode admitir-se que para uma bacia com 1000 km<sup>2</sup> de área, a escala 1:25000 será adequada, para bacias menores, a escala 1:10000 e maiores, a escala 1:50000;
- ❖ A linha de contorno (ou divisória) deve cortar perpendicularmente as curvas de nível;

- ❖ Na passagem de uma curva de nível para outra, se a altitude aumenta, então a linha de contorno corta a curva de nível pela sua parte convexa; se a altitude diminui, as curvas de nível são cortadas pela sua parte côncava;
- ❖ A linha divisória não pode cruzar os cursos de água, salvo no local da secção de referência da bacia.

### **2.2.2. Bacias hidrográficas de Moçambique**

De norte para sul, as principais bacias hidrográficas que drenam o país são: Rovuma, Messalo, Montepuez, Lúrio, Monapo, Ligonha, Licungo, Zambeze, Púnguè, Búzi, Save, Govuro, Inharrime, Limpopo, Incomáti, Umbelúzi, Tembe e Maputo.

As oscilações do caudal dos rios ao longo do ano são condicionadas por fatores climáticos, registando os máximos na época das chuvas e os mínimos na estação seca.

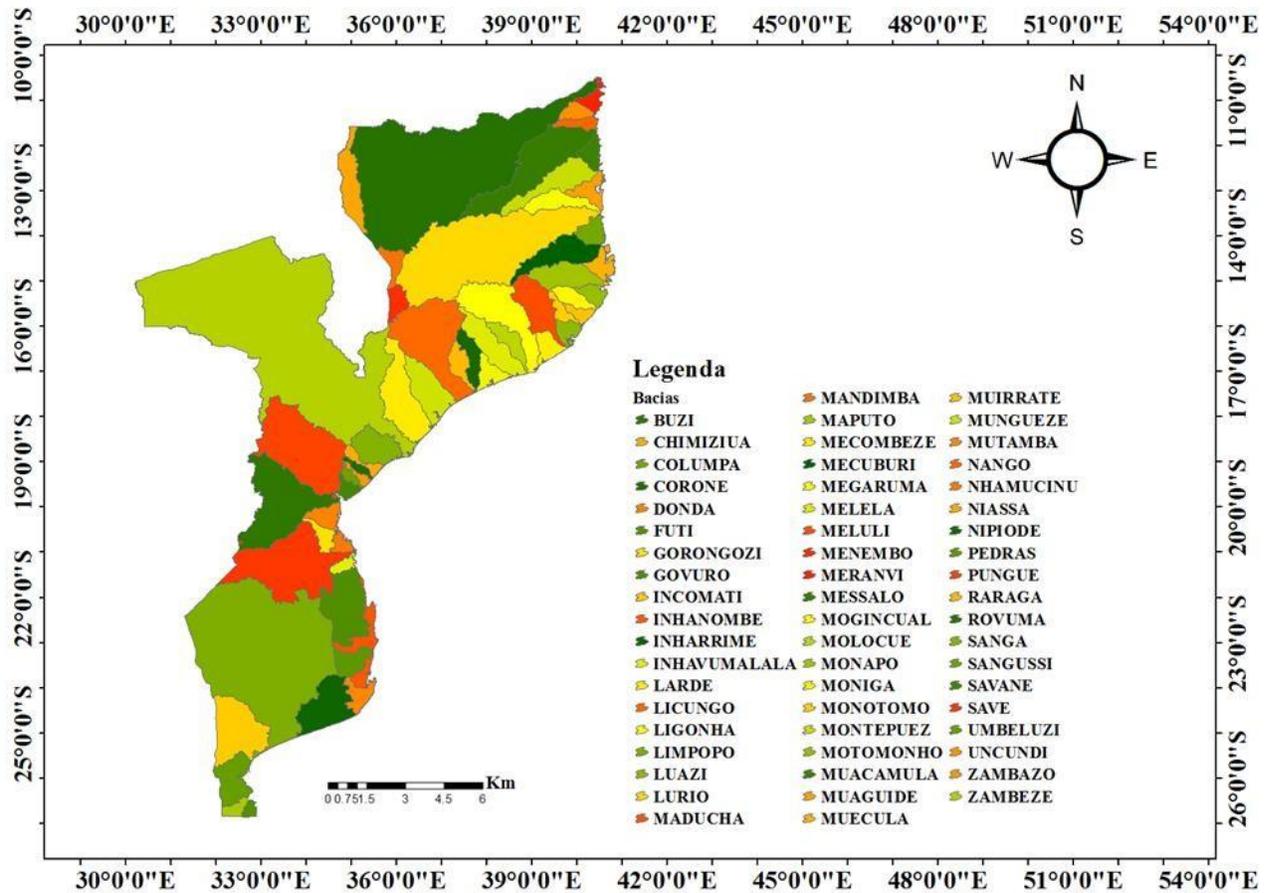
Nas terras altas os rios possuem grande capacidade erosiva e constituem cascatas, limitando por isso a navegabilidade. Nas planícies, formam meandros e depositam as suas aluviões ou formam lagoas e pântanos.

Para além do relevo, a natureza dos solos também influencia o caudal, a estrutura e o padrão da rede hidrográfica.

Quanto às bacias hidrográficas, dado que as condições orográficas, atmosféricas, climáticas e pedológicas exercem grande influência sobre o regime e caudal, distinguem-se três regiões no que respeita ao comportamento dos rios: região norte, região entre as bacias dos rios Zambeze e Save, região a sul do rio Save (Muchangos, 1999).

Segundo o Encyclopedia of the Nations (2008d), Moçambique é um país de jusante, partilhando nove (9) das quinze (15) bacias hidrográficas internacionais da região da Southern African Development Community (SADC). Os rios são os maiores transportadores dos principais recursos hídricos do país, dos quais mais de 50% são originados nos países de montante. São de notar as diferenças que se verificam entre regiões no que se refere à variação da precipitação, período húmido e seco e de ano para ano com inundações e secas.

As bacias hidrográficas que escoam para Moçambique têm uma área de 2,5 milhões de km<sup>2</sup>. Para além de apresentarem precipitações médias consideráveis em 41 algumas províncias, as bacias hidrográficas de Moçambique são muito extensas, destacando-se a bacia do Zambeze com 1.390.000 km<sup>2</sup>, que escoam água desde a Zâmbia e Angola, passando pelo Zimbabwe e Botswana. A contribuição internacional é uma parte significativa dos recursos hídricos Moçambicanos, representando 70% do escoamento total no território (FUNAE, 2015).



**Figura 4.** Distribuição das principais bacias hidrográficas de Moçambique. Fonte: Autor

### 2.3. Geomorfologia

Geomorfologia é a ciência que estuda diferentes aspetos da superfície da Terra, procurando compreender a evolução espaço temporal das formas de relevo, analisando quantitativamente estas características e sua associação com fatores que o condicionam. O relevo então é a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. Suas

alterações estão associadas com diversos agentes na qual a drenagem fluvial possui função relevante na geomorfologia já que constitui um dos processos de esculturação de maior atividade na forma da paisagem terrestre. Esses agentes transformadores são fatores potenciais de degradação física. A declividade do terreno exerce maior ou menor influência na infiltração e velocidade de escoamento superficial da água da chuva, refletindo nos processos erosivos. Já a rede de drenagem influenciada pela declividade e pelo substrato rochoso reflete o potencial de degradação dos recursos naturais renováveis. Se a infiltração está dificultada, maior será a esculturação dos canais. (Tucci, 2001)

A geomorfologia irá afetar a ecologia, e retratar diversos aspectos como erosão, transporte e acumulação de nutrientes, tempo médio de residência da água, exposição das águas à radiação solar, capacidade assimiladora do ambiente aquático, condições de balneabilidade, entre outros que podem ser verificados realizando-se outras relações entre diversos parâmetros. Os diversos processos naturais como erosão, lixiviação, formação dos solos, deslizamento, modificação do regime hidrológico e cobertura vegetal, entre outros, ocorrem mesmo sem a ação do homem, porém com atividades antrópicas modificando o ambiente, seus efeitos podem ser acelerados e intensificados e com isso gerar resultados catastróficos. (Tucci, 2001)

### **2.3.1. Parâmetros de caracterização física**

A bacia pode ser caracterizada conforme uma série de parâmetros, que serão explicados no decorrer do trabalho. Segundo Christofletti (1980) a análise de bacias hidrográficas inicia-se com um caráter mais objetivo a partir de 1945 com a publicação do trabalho do engenheiro hidráulico Robert E. Horton procurando estabelecer leis de desenvolvimento dos rios e suas bacias. As características físicas da bacia hidrográfica podem ser definidas: Como areal quando estudam relação com a área e lineares, quando estudam as características dos rios. É importante reconhecer que nenhum desses parâmetros sozinho deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia hidrográfica e sua magnitude temporal.

## **2.3.2. Parâmetros Físicos**

### **2.3.2.1. Área da bacia ou área de drenagem (A)**

Área da bacia ou área de drenagem é toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal. A área de drenagem deve estar inclusa entre seus divisores topográficos.

Um grupo de bacias hidrográficas, quando ligadas pelos diversos divisores topográficos, forma uma rede onde cada unidade drena água, material sólido e dissolvido para um ponto ou saída em comum, seja ela um rio, lago, reservatório ou oceano (Guerra, 2003).

Segundo Tucci (2001) a área da bacia é fundamental para definir a sua potencialidade hídrica e tem grande importância na sua resposta hidrológica.

Segundo Borsato e Martoni (2004) se desconsiderarmos os outros fatores, quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes, pois maior será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez.

### **2.3.2.2. Comprimento da bacia (L)**

Segundo Christofolletti (1980) existem várias definições acarretando em vários valores do dado obtido:

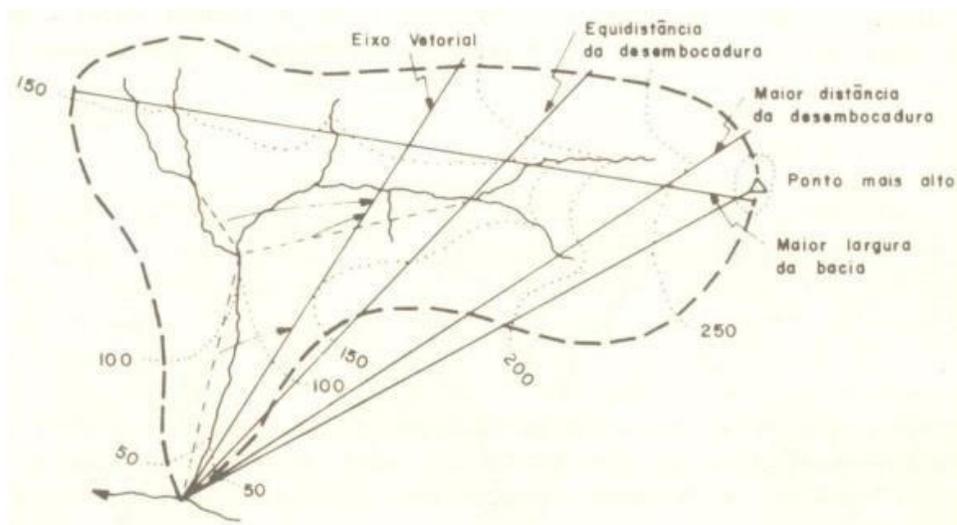
a) Distância medida em linha reta entre a foz e determinado ponto do perímetro, que assinala equidistância no comprimento do perímetro entre a foz e ele.

O ponto mencionado representa, então, a metade da distância correspondente ao comprimento total do perímetro;

b) Maior distância medida, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro;

c) Distância medida, em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro;

d) Distância medida em linha reta acompanhando paralelamente o rio principal.



**Figura 5.** Representação dos diversos critérios utilizados para determinar o comprimento da bacia.  
 Fonte: Christofolletti (1980)

### 2.3.2.3. Comprimento do rio principal

Comprimento do rio principal de acordo com Christofolletti (1980) é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente. O problema reside em se definir qual é o rio principal, podendo-se utilizar os seguintes critérios:

- a) Aplicar critérios estabelecidos por Horton, pois o canal de ordem mais elevada corresponde ao rio principal;
- b) Em cada bifurcação, a partir da desembocadura, optar pelo ligamento de maior magnitude (critério pela magnitude);
- c) Em cada confluência, a partir da desembocadura, seguir o canal fluvial montante situado em posição altimétrica mais baixa até atingir a nascente do segmento de primeira ordem, localizada em posição altimétrica mais baixa, no conjunto da bacia;
- d) No critério de Shereve, o curso de água mais longo, da desembocadura da bacia até uma determinada nascente, sendo medido como a soma dos comprimentos dos seus ligamentos.

Segundo Christofolletti (1980) há certa subjetividade inerente ao critério proposto por Horton, assim o uso da magnitude é critério prático em vista do funcionamento hidrológico da bacia. O terceiro critério exige determinação precisa das cotas altimétricas e oferece vantagens para a

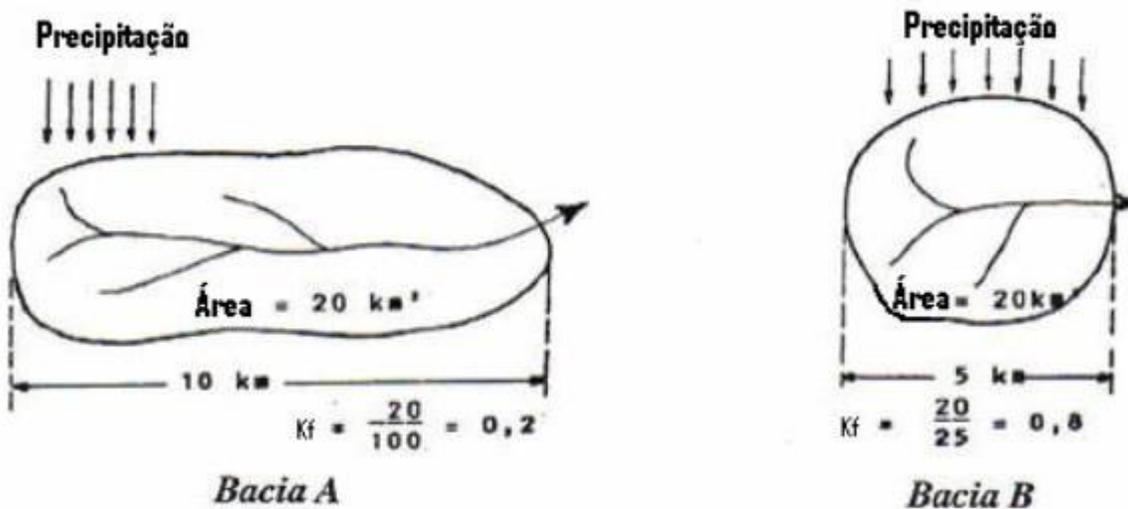
análise das características topográficas. O quarto critério, o do curso de água mais longo, também é prático e se interrelaciona com a análise dos aspetos morfométricos e topológicos das redes de drenagem. Os resultados obtidos através dos diversos critérios levam a pequenas diferenças quando são tratados em grandes bacias e com formas tradicionais, mas que podem ser significativas para as pequenas bacias.

### 2.3.3.1. Parâmetros Relacionais

#### 2.3.3.2. Coeficiente de Forma (Kf)

Horton em 1932 propôs o fator de forma (Kf), que é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Esta relação indica a tendência da bacia para enchentes. Se o fator de forma for pequeno, isto indica que a bacia é alongada e a precipitação dificilmente ocorrerá simultaneamente em toda a bacia, o contrário ocorrerá se o fator de forma for um valor alto, isso indicará que a forma da bacia tende a um círculo e a ocorrência de chuvas intensas pode cobrir toda a sua extensão no mesmo instante (Lima, 1996).

Para obter o comprimento da bacia (L) mede-se o curso de água mais longo, seguindo o mesmo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante na bacia.



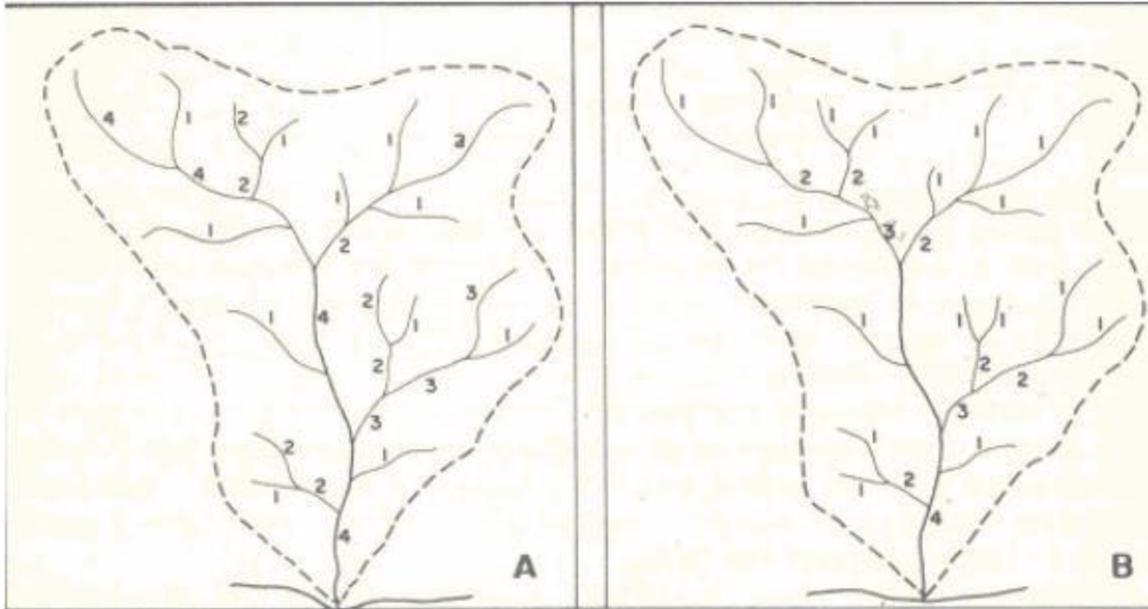
**Figura 6.** Exemplo para interpretação do Kf. Fonte: Lima (1996)

### **2.3.3.3.1. Amplitude altimétrica**

Amplitude altimétrica é a relação das variações topográficas da bacia e corresponde à diferença altimétrica, em metros, entre a altitude da foz (elevação mínima) e a altitude do ponto mais alto no divisor topográfico (elevação máxima) próximo ao eixo (Strahler, 1952).

### **2.3.3.3.2. Hierarquia Fluvial**

Conforme Christofolletti (1980) a hierarquia fluvial é a classificação de determinado curso de água ou da área drenada por este curso no conjunto total da bacia hidrográfica a que pertence. Assim é possível compreender melhor a dinâmica dentro da bacia, tornando mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre bacias hidrográficas. Em 1945 o engenheiro hidráulico Robert E. Horton elaborou de modo mais preciso os critérios iniciais de ordenação dos cursos de água. Onde os canais de primeira ordem são as correntes formadoras (canais sem tributários). Quando dois canais de primeira ordem se unem formam um segmento de segunda ordem, e assim por diante, então quando dois rios de ordem  $n$  se unem, formam um rio de ordem  $n+1$ . Em 1952, Arthur N. Strahler propõem outro critério, devido à classificação de Horton ter inerente ao seu método, algumas decisões subjetivas. Strahler então elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão. Os critérios de Strahler são mais amplamente utilizados, pois descreve e relaciona de forma objetiva as leis da composição da drenagem.



**Figura 7.** Exemplos de aplicação de hierarquia fluvial nas bacias hidrográficas conforme Horton (A), Straler (B). Fonte: Christofolletti (1980)

#### 2.3.3.3. Sinuosidade do curso de água

De acordo com Christofolletti (1980) o índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue. Determina-se a sinuosidade do curso de água, que é o fator controlador da velocidade do escoamento em uma bacia hidrográfica. Quanto maior for o valor da sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal em seu caminho à foz, portanto menor será a velocidade de escoamento. Quanto mais próximo de 1 for o valor de Sin menor será sinuosidade e assim favorecerá a velocidade de escoamento.

Para canais com índice Sin até 1,50 são considerados do tipo meândricos (sinuoso), abaixo deste valor passam a serem considerados canais retos.

#### 2.3.3.3.4. Densidade dos rios e dos segmentos de rios

De acordo com Christofolletti (1980) é a relação entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Serve para comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão. A densidade de segmentos de canais é a relação entre a quantidade de segmentos existentes em uma área por unidade de área. O índice é obtido utilizando primeiramente a classificação hierárquica Strahler, e somando-se o total de segmentos de cada ordem, assim é possível saber a densidade de cada ordem de rio dentro da bacia hidrográfica.

#### **2.3.3.3.5. Relação de bifurcação**

A relação de bifurcação é definida como sendo a razão entre o número total de canais de determinada ordem e o número total de canais de ordem imediatamente superior (Strahler, 1952).

Segundo Cherem (2008), o parâmetro está relacionado ao comportamento hidrológico dos solos, índice maior para solos menos permeáveis e menor para solos mais permeáveis. Ressalta-se que o resultado do parâmetro nunca poderá ser inferior a 2.

#### **2.3.3.3.6. Densidade de drenagem**

A densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica indica a eficiência de drenagem que representa a maior ou menor velocidade com que a água percorre a bacia hidrográfica. Segundo Lima (1986), a densidade de drenagem reflete a influência da geologia, topografia, solo e vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionada com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia.

Os valores elevados indicam áreas de pouca infiltração, elevada precipitação e melhor esculturação dos canais (Horton, 1945). Segundo Beltrame (1994), a classificação dos valores numéricos de densidades de drenagem é realizada em 4 classes (menor que 0,5 km/km<sup>2</sup> é considerada baixa; de 0,5 a 2,00 - média; de 2,01 a 3,5 - alta; maior que 3,5 – muito alta).

#### **2.3.3.3.7 Geologia, solos e cobertura vegetal**

As características geológicas da bacia condicionam fortemente a geração da rede de drenagem, o tipo de solo presente e conseqüentemente a distribuição e o movimento da água na bacia (Rodrigues et al., 2011).

O regime de escoamento da bacia, em igualdade de outros fatores, é tanto mais constante quanto maior for a permeabilidade dos seus solos e formações geológicas (porque é favorecido o armazenamento nos aquíferos) e, pelo contrário, mais irregular, com hidrogramas caracterizados por picos acentuados em resposta à precipitação, quando a permeabilidade é baixa (Rodrigues et al., 2011).

As características dos solos que mais condicionam o movimento da água na bacia são a capacidade de infiltração (geralmente crescente com a granulometria) e a capacidade de retenção (geralmente crescente com a diminuição da granulometria) (Rodrigues et al., 2011).

A título de exemplo, a permeabilidade das rochas e a capacidade de campo dos solos influenciam a maior ou menor possibilidade de infiltração de água no solo e o aumento de reservas subterrâneas, diminuindo volume disponível para o escoamento superficial; a impermeabilização de vastas áreas causada pela urbanização (habitação, equipamento social, rede viária) dá origem à redução da retenção superficial e da infiltração com aumento das pontas de cheia (Rodrigues et al., 2011).

A consideração do coberto vegetal da bacia e do uso do solo, fatores que condicionam fortemente o escoamento e a infiltração, têm também grande importância na análise do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas (Rodrigues et al., 2011).

A presença de vegetação intercepta parte da água precipitada, retarda o escoamento superficial, dando-lhe mais tempo para se infiltrar, protege o solo dos impactos das gotas de chuva, favorece a infiltração e reduz a velocidade do escoamento superficial, contribuindo eficazmente para (Rodrigues et al., 2011):

- ❖ A redução da erosão do solo e estabilização dos solos em zonas de declive acentuado;
- ❖ Para a atenuação dos caudais máximos de cheia;
- ❖ Para o aumento das reservas hídricas subterrâneas;
- ❖ Contribui, ainda, para a captação das gotículas de água do nevoeiro, fazendo-as precipitar, processo designado por precipitação oculta.

#### **2.4. Sistema de Informações Geográficas (SIG)**

Segundo Druck (2004) é o termo aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica, ou seja, georeferenciados. Segundo Rosa e Brito (1996) SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre. Conforme Rosa e Brito (1996), afirmam que com um SIG é possível abordar os mais diversos temas como, gerenciamento de infraestrutura, exploração de óleo e gás, segurança

e saúde pública, gerenciamento de informação em tempo real, gerenciamento de recursos minerais, transporte e apoio logístico, análise e monitoramento ambiental, entre outros.

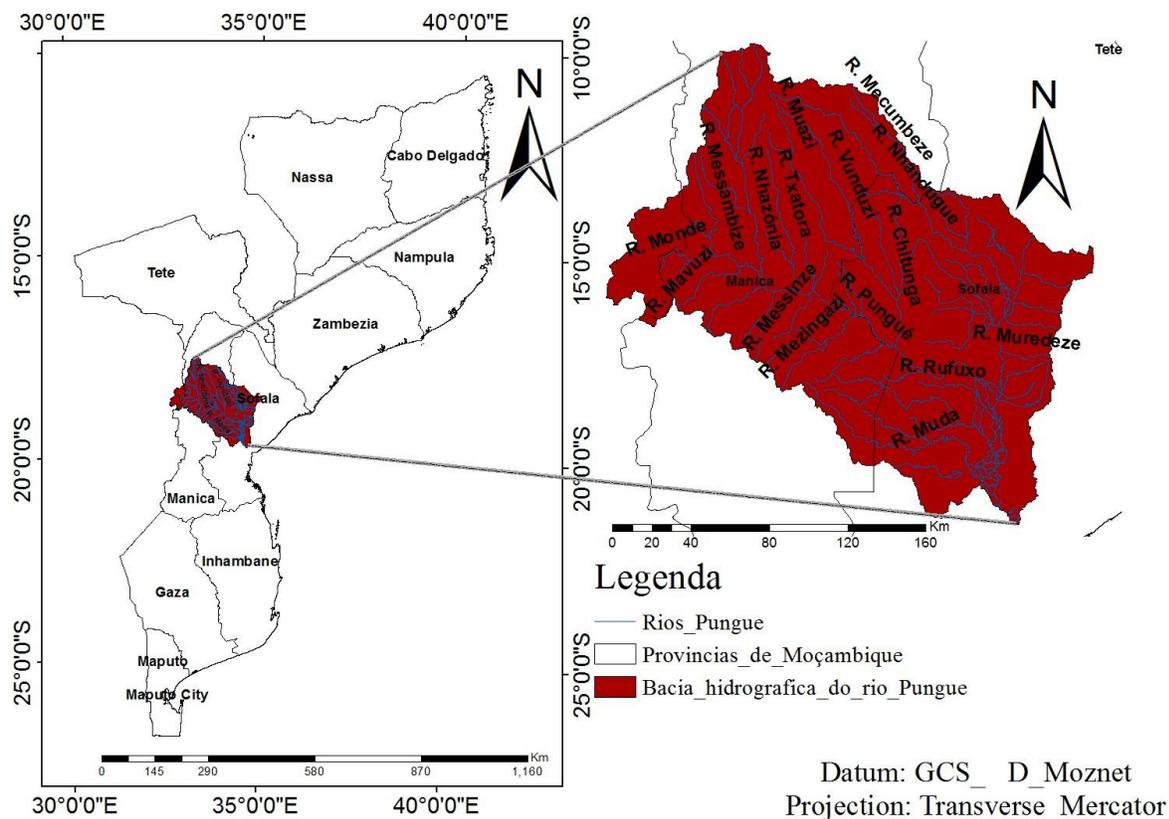


**Figura 8.** Esquema da utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Fonte: SandroGeo, (2007)

### 3. Metodologia

#### 3.1. Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Púnguè, abrange dois países (Zimbabwe e Moçambique) com uma área total de 31,151 km<sup>2</sup>, dos quais 1,461 km<sup>2</sup> (4.7%) no Zimbabwe, e 29,690 km<sup>2</sup> (95.3%) em Moçambique, sendo que no território moçambicano, situa-se na região centro, abrangendo parte das províncias de Manica e Sofala, onde recai o estudo, entre as coordenadas geográficas, 18°30'00"S de latitude.



**Figura 9.** Localização da área de estudo.

### 3.2. Caracterização da região

A flora que se destaca nas costas adjacente ao estuário do rio Pungir é as árvores de mangal e de caniçais que requerem de grande quantidade de água nas suas partes baixas para o seu desenvolvimento. Na área do estuário do rio Púngué são desenvolvidas várias atividades económicas, sendo estas agropecuária, atividade de mineração de ouro, de Mafambisse e captação de água para o abastecimento público na cidade da Beira (EGIRH, 2004).

#### 3.2.1. Clima

De acordo com EGIRH (2004), a bacia do rio Pungir estende-se através de dois tipos de clima. Ao oeste, onde as montanhas altas formam fronteira entre Zimbabwe e Moçambique, o clima é húmido de montanha. Nesta região a média anual de precipitação pode ser superior a 2000 mm e a temperatura é consideravelmente inferior em comparação com a área circundante não montanhosa.

A média anual da precipitação diminui para aproximadamente 1000 mm ou menos.

As precipitações ocorrem em todos os meses do ano com maior intensificação nos períodos de Novembro á Abril e quase nenhuma precipitação ocorre de Maio á Outubro. Na região mais a Este, perto da Beira o clima é classificado de tropical e húmido com uma variação de temperatura de 22° em Julho a 29° em Janeiro. Pois, os valores da precipitação variam muito de ano para ano e durante um ano muito seco as precipitações quase que não dão picos de escoamento nos rios devido à alta temperatura e à alta evaporação (EGIRH, 2005).

### **3.3. Obtenção e tratamentos dos dados**

Para a concretização dos objectivos do presente estudo, recorreu-se aos dados do sensoriamento remoto, obtidos por meio dos sites do CENACARTA, IIAM e USGS Earth Explorer, obtendo as seguintes informações, informações cartográficas, Tipo de Vegetação, solos. Os softwares utilizados foram, ArcGIS 10.3 para a obtenção de mapas de Geologia, solos e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Púnguè e o Microsoft Excel 2013 para criação de tabelas de classificação de uso e cobertura de terra, classificação do tempo geológico da bacia hidrográfica, classificação de tipos de vegetação. A projeção adotada foi a UTM (Transverse\_Mercator) no fuso 37 Sul e Datum (Geographic Coordinate System) D\_Moznet com resolução original de 90 metros. Com a completa integração dos dados, foram realizadas análises espaciais que consideraram a interação entre a geologia, solos, uso da terra e características hidrográficas. Ferramentas de geoprocessamento foram aplicadas para identificar áreas de influência mútua entre os fatores analisados, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada das relações e impactos ambientais na bacia.

#### **3.3.1. Parâmetros de caracterização física**

##### **3.3.1.1. Parâmetros Físicos**

Nessa análise, foram englobados índices de medições lineares, como a área e o comprimento axial da bacia da bacia, que foram geradas de modo automático na função Calculate Geometry partir do new fiel no attribut table.

##### **3.3.1. 1.1. Comprimento do rio principal**

Comprimento do rio principal da bacia do rio Búzi, foi gerada de modo automático na função Calculate Geometry no new field na tabela do atributo no ArcGis.

### 3.3.1. 1.2. Coeficiente de Forma (Kf)

Mosca (2003) descreve o fator de forma (Kf) como a relação entre o comprimento axial e a área de drenagem da bacia.

$$Kf = \frac{A}{(Laxial)^2} \quad (1)$$

Onde:

A = Área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>);

Laxial = Comprimento axial (km).

### 3.3.1. 1.3. Amplitude altimétrica

Amplitude altimétrica corresponde à diferença altimétrica, em metros, entre a altitude da foz (elevação mínima) e a altitude do ponto mais alto no divisor topográfico (elevação máxima) próximo ao eixo (Strahler, 1952), de acordo com a equação a seguir:

$$H = Emax - Emin \quad (2)$$

Onde:

2H = Amplitude altimétrica (m);

Emax = elevação máxima (m);

Emin = elevação mínima (m).

### 3.3.1. 1.4. Sinuosidade do curso de água

Para a determinação da sinuosidade usou-se a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento do eixo da bacia, de acordo com a equação a seguir:

$$Sin = \frac{L}{Laxial} \quad (3)$$

Onde:

Sin = sinuosidade do curso de água;

L = comprimento do rio principal (km);

Laxial = comprimento axial da bacia (km).

### 3.3.1. 1.5. Densidade dos rios e dos segmentos de rios

Densidade dos rios e dos segmentos de rios foi determinada pela seguinte equação:

$$Dr = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Onde:

Dr = densidade de rios;

N = é o número total de rios ou cursos de água;

A = área da bacia considerada (Km<sup>2</sup>).

### 3.3.1. 1.6. Relação de bifurcação

Relação de bifurcação foi obtida a partir da equação a seguir:

$$Rb = \frac{Nn}{Nn+1} \quad (5)$$

Onde:

Nn = número de segmentos de determinada ordem u+1;

Nn + 1 = número de segmentos da ordem imediatamente superior

### 3.3.1. 1.7. Densidade de drenagem

Densidade de drenagem nessa pesquisa foi definida pela equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (6)$$

Onde:

Dd = densidade da drenagem;

Lt = comprimento total dos canais (Km);

A = área da bacia (Km<sup>2</sup>).

### 3.3.1. 1.8. Hierarquia Fluvial

A hierarquia fluvial é uma classificação que representa o grau de ramificação de uma bacia (Vilela e Matos,1975).

Para a determinação da hierarquia fluvial da bacia do rio Pungir utilizou-se as funções Arctoolbox e Spatial Analyst Tools da ferramenta Hydrology do ArcGis aplicando o método de Strahler.

## 3.2 Métodos e instrumentos

### 3.3.2. Geologia, solos e cobertura vegetal

Para a caracterização da Geologia, dos solos e da cobertura vegetal foram construídos mapas no ArcGis seguindo a seguinte:

- ❖ Adicionou-se base de dados que são IIAM , CENACARTA e USGS Earthexplorer.
- ❖ De seguida escolheu-se da base de dados IIAM e USGS Earthexplorer a parte correspondente a geologia e dos solos e da base de dados de CENACARTA extraiu-se a bacia em estudo a partir da ferramenta definitorin query das propriedades do layer de CENACARTA, a partir do layer da geologia e dos solos foi-se até as propriedades onde acionou-se a ferramenta symbology nas opções get unique values e class (tipos de rochas e complexo geológico) e classe para os solos (classes do solos, uso do solo e tipo de vegetação).
- ❖ Para uso e cobertura de terra, e era Geológica fez-se o cálculo de Índice com a seguinte fórmula:

$$\text{Índice percentual} = \left( \frac{\text{Área da Classificação ( km}^2\text{)}}{\text{Área Total ( km}^2\text{)}} \right) \times 100$$

#### 4. Resultados e discussões

**Tabela 1.** Resultados dos parâmetros físicos da bacia do Púnguè.

PARÂMETROS	RESULTADOS/ UNIDADES
AREA	28999,383 km <sup>2</sup>
COMPRIMENTO AXIAL	310 km
COMPRIMENTO DO RIO	400 km
FACTOR FORMA	0,38
AMPLITUDE ALTIMETRICA	1950 m
SINUOSIDADE	1,3
DENSIDADE DE RIO	0,007 canais/ km <sup>2</sup>
RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO	4
DENSIDADE DE DRENAGEM	0,14 km/ km <sup>2</sup>

##### 4.1. Parâmetros físicos

A bacia do rio púnguè, após os cálculos realizados do ArcGIS, apresentou uma área de drenagem de 28999,383 km<sup>2</sup>. Para Tucci (2013), a potencialidade hídrica de uma bacia hidrográfica pode ser mensurada pela área de contribuição. Calculou-se ainda, o comprimento axial da mesma, o qual apresenta valores de 310,1 km, respetivamente. Este serve de base para a determinação de outros cálculos necessários para caracterização da bacia.

De acordo com os resultados ilustrados na tabela 1, pode-se afirmar que a bacia é pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, uma vez que apresenta fator de forma (Kf) igual a 0,38. Isso porque quanto menor o fator de forma, mais comprida é a bacia e consequentemente menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração é maior, além do baixo índice de probabilidade atingir toda a extensão da bacia hidrográfica (Carvalho e Silva, 2003).

Portanto, os resultados obtido na bacia em estudo e nos resultados obtidos pela Embraia (2012) e Júnior (2019) nas bacias hidrográficas Mangualde e Ribeirão Estiva 0,48 e 0.4, respetivamente, apesar das pequenas diferenças nos valores obtidos, eles revelam que também as bacias apresentam

um formato alongado com baixa propensão a enchentes, e alta capacidade de escoamento superficial.

Na presente pesquisa o valor alto obtido da amplitude altimétrica foi de 1950 m que revela temperaturas baixas e apenas uma pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar água, nessa região, a precipitação normalmente excede a evapotranspiração, ocasionando um suprimento de água que mantém o abastecimento regular dos aquíferos responsáveis pelas nascentes dos cursos de água, conforme Castro Júnior (2001).

O canal principal apresenta comprimento total de 400 km e um índice de sinuosidade ( $I_s$ ) retilíneo, com valor de 1,30. De acordo com Castro e Alves (2003), a sinuosidade é influenciada pela carga de sedimentos, estruturação geológica, pela declividade dos canais e compartimentação litológica.

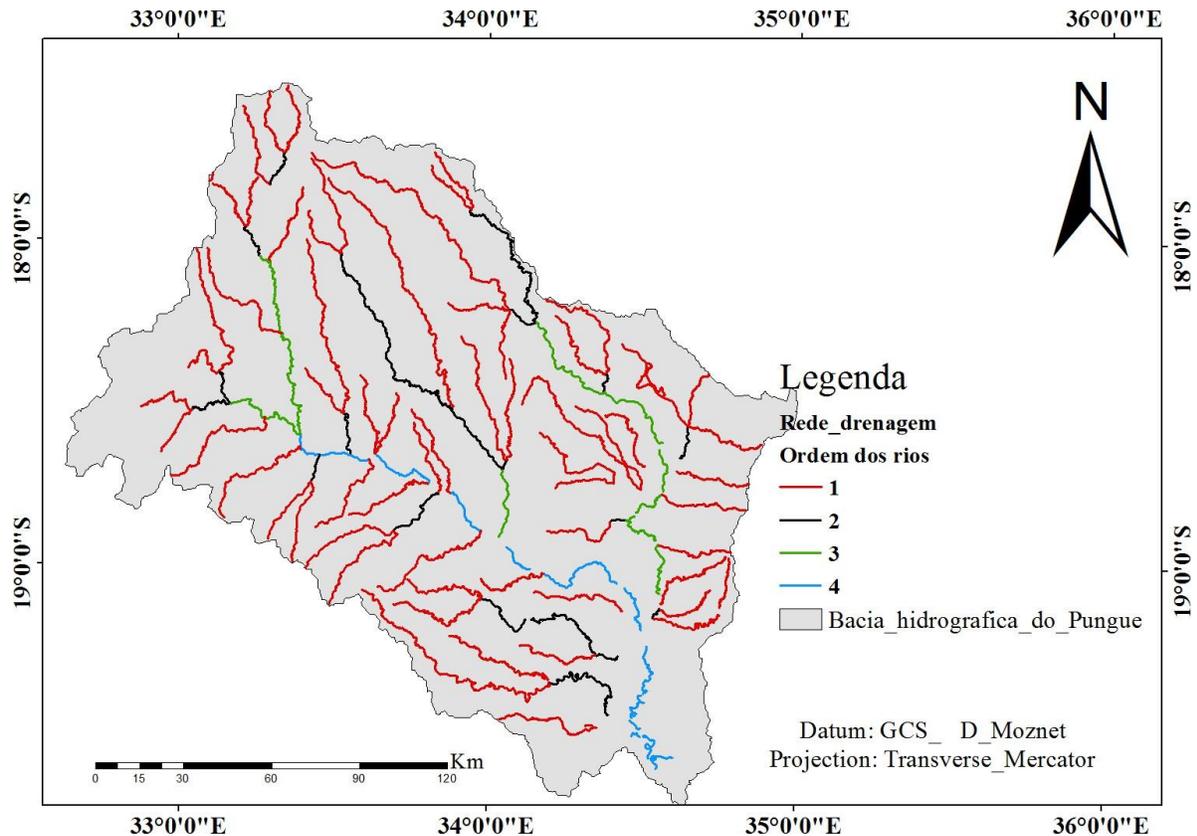
A densidade dos rios indica a capacidade que a bacia hidrográfica tem de gerar novos canais, para este caso da bacia do rio Púnguè, obteve-se resultado de 0,007 canais/km<sup>2</sup>, considerado com baixa capacidade de gerar novos canais, conforme Loiola (1995).

Os resultados da densidade dos rios obtido por Júnior (2019) na bacia do ribeirão estiva, no Brasil, foi de 0,38 canais/km<sup>2</sup>, considerado com baixa capacidade de gerar novos canais, conforme Lana e a. (2001) de casa na zona.

Verificou-se que a relação de bifurcação ( $R_b$ ) de 4, conforme França (1968), o parâmetro está relacionado ao comportamento hidrológico dos solos, para o caso da bacia em estudo apresenta solos menos permeáveis.

A densidade de drenagem encontrada para a bacia em estudo foi de 0,14 km/km<sup>2</sup>, de acordo com Tramela (1994), pode-se inferir que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem, ou seja, sistema de drenagem pouco desenvolvido. A densidade de drenagem baixa está associada a regiões de solos mais permeáveis, possibilitando uma infiltração mais eficiente (Lima, 2008).

## 4.2. Hierarquia fluvial da bacia do Púnguè



**Figura 10.** Hierarquia fluvial da bacia do Pungue. Fonte: Autor

A figura acima ilustra a Hierarquia fluvial da Bacia do Púnguè e a respectiva ordem dos rios de acordo com a legenda. A ordem de um rio é uma forma de classificar e entender sua posição na hierarquia da rede de drenagem, com rios de ordens superiores sendo geralmente mais significativos em termos de tamanho e função.

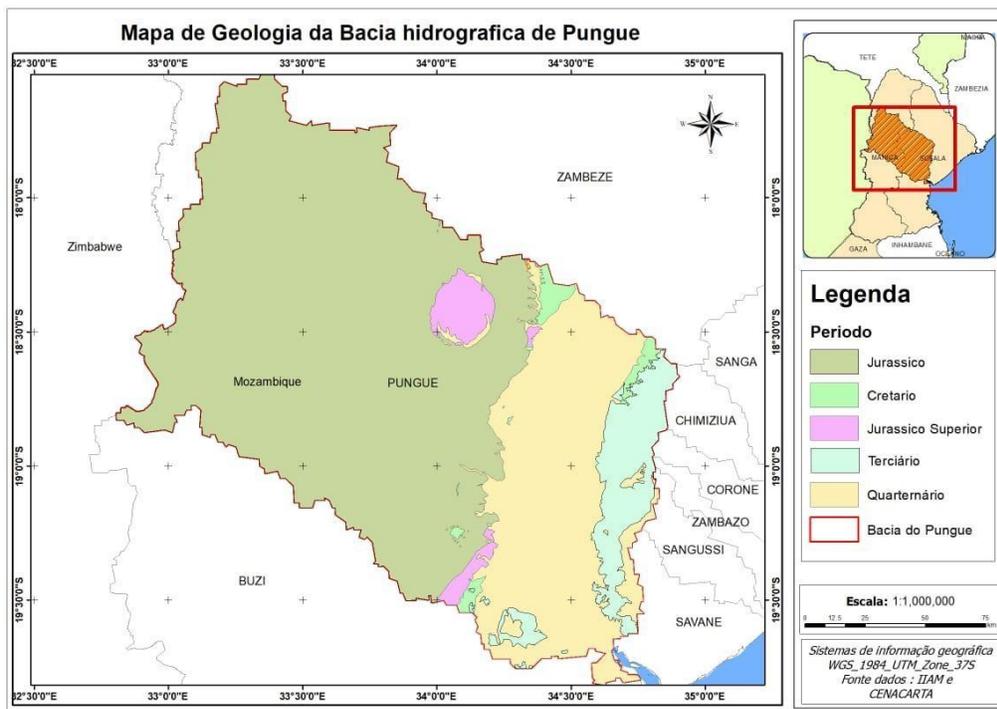
De acordo com a figura acima, a bacia do rio Púnguè é de quarta ordem, ou seja, apresenta baixo grau de ramificação caracterizando relevo ondulado, conforme Tonello et al. (2006). Ainda de acordo com os autores quanto maior a ramificação da rede hidrográfica melhor será o sistema de drenagem.

Ao comparar a hierarquia fluvial da bacia do rio Púnguè com outros trabalhos, Wairosse ( 2022), na bacia de rio zambeze que foi da quarta ordem, que também pela classificação é tida como uma bacia com baixo grau de ramificação.

### 4.3. Resultados da Geologia, solos, uso e cobertura de terra

#### 4.3.1. Período Geológico

##### 4.3.2.1. Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica de Púnguè



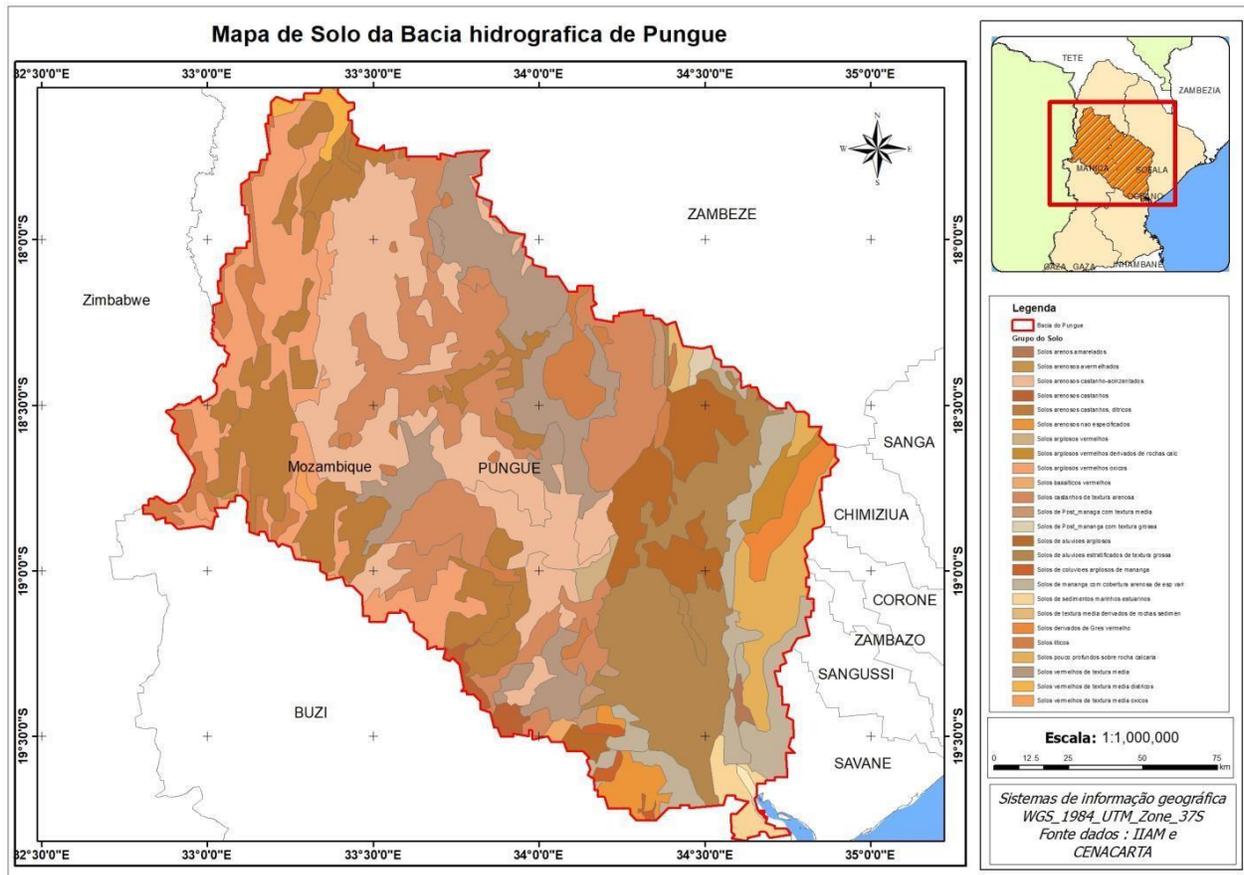
**Figura 11: Ilustra o mapa de Geologia da Bacia hidrográfica de Púnguè. FONTE: Autor**

A figura 1 ilustra o mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Pungúe, observa-se que a era geológica do Jurássico domina a bacia, ocupando mais de dois terços da área total com 66.6%. De seguida temos a era Quaternário mais para o sudoeste da bacia, que é a era mais recente e ocupa uma parte substancial da bacia, abrangendo aproximadamente 6768.00 km². Para o lado Este da

Bacia, a geologia local predominante é terciária ocupando 1842.14 km<sup>2</sup> (6.38%), o Jurássico superior ocupa uma área de 723.57 km<sup>2</sup> que corresponde a ( 2.50%), e por fim temos uma pequena área cujo a geologia local predominante é Cretáceo.

De acordo com os mapas, a bacia hidrográfica do rio Pungué é caracterizado por Rocha sedimentar , fazendo- se a comparação com a bacia hidrográfica do córrego Aquidorobó, em que em toda sua área de influência, está constituída geologicamente, por uma seqüência de unidades litoestratigráficas de gênese sedimentar que caracterizam episódios deposicionais que ocorreram desde o Devoniano Inferior tempos atuais. (Mendes, 1996)

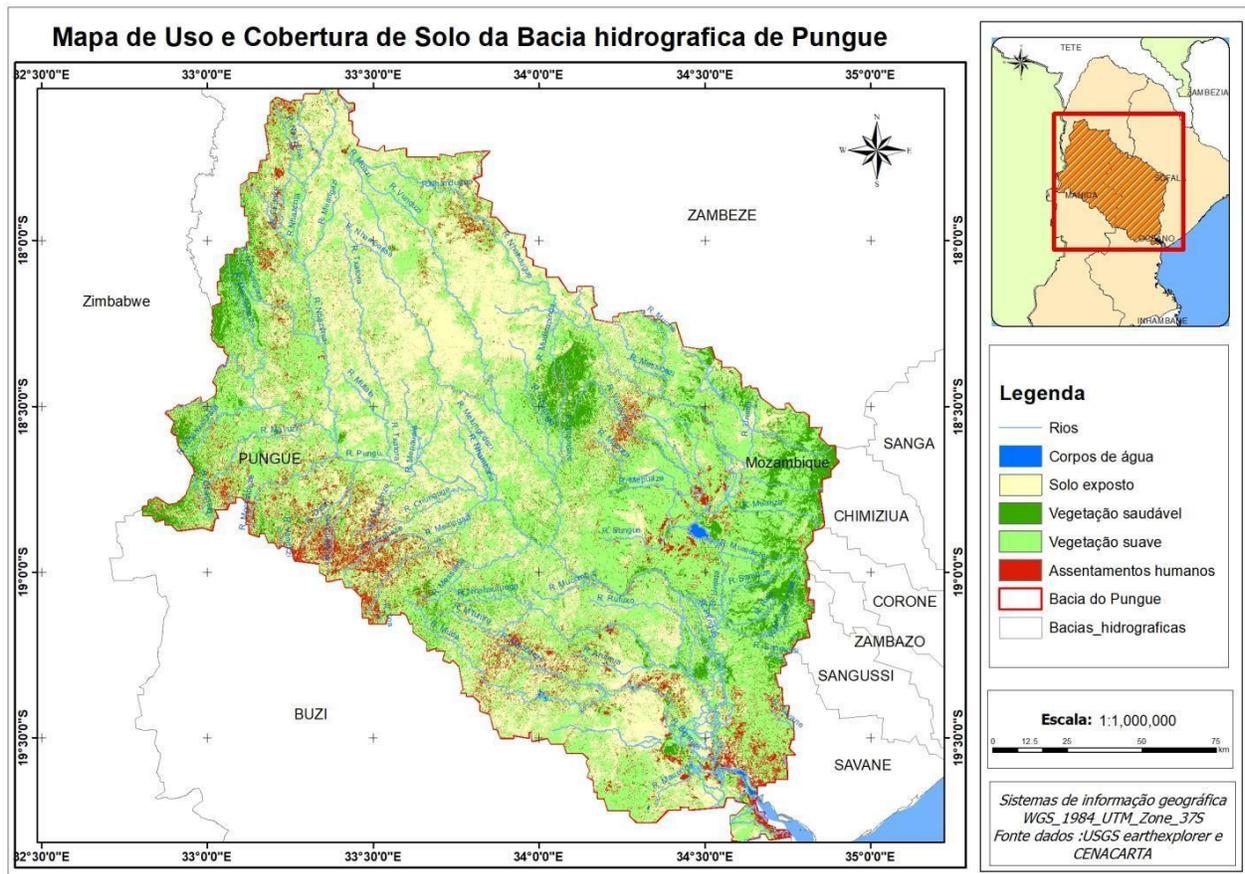
#### 4.3.2.2. Solos



**Figura 12.** Classe dos solos na bacia do Pungué. Fonte: IIAM & CENACARTA

A figura acima exibe a diversidade dos tipos de solos na área em questão, com destaque para a área coberta por cada grupo de solo. Os grupos de solo variam em frequência e extensão, abrangendo desde solos arenosos até solos argilosos, sedimentares e líticos. A área total abrangida por esses solos é de 28.893,92 quilômetros quadrados. O tipo de solo predominante na região é representado pelo grupo "Solos Arenosos Castanho-acinzentados que abrange uma área significativa de 4.584,96 quilômetros quadrados, correspondendo a 15,87% da área total. Este tipo de solo é o mais extenso e frequente na bacia. Em seguida, temos os "Solos Castanhos de Textura Arenosa" que cobrem uma área de 4.351,57 quilômetros quadrados, representando 15,06% da região. Os solos de aluviões estratificados de textura grossa também são notáveis, abrangendo 10,78% da área com 3.116,14 quilômetros quadrados. Portanto, a área da bacia Hidrografia rio Pungúe é dominada por solos com características arenosas e de textura mais grossa, com um destaque especial para os "Solos Arenosos Castanho-acinzentados" e os "Solos Castanhos de Textura Arenosa".

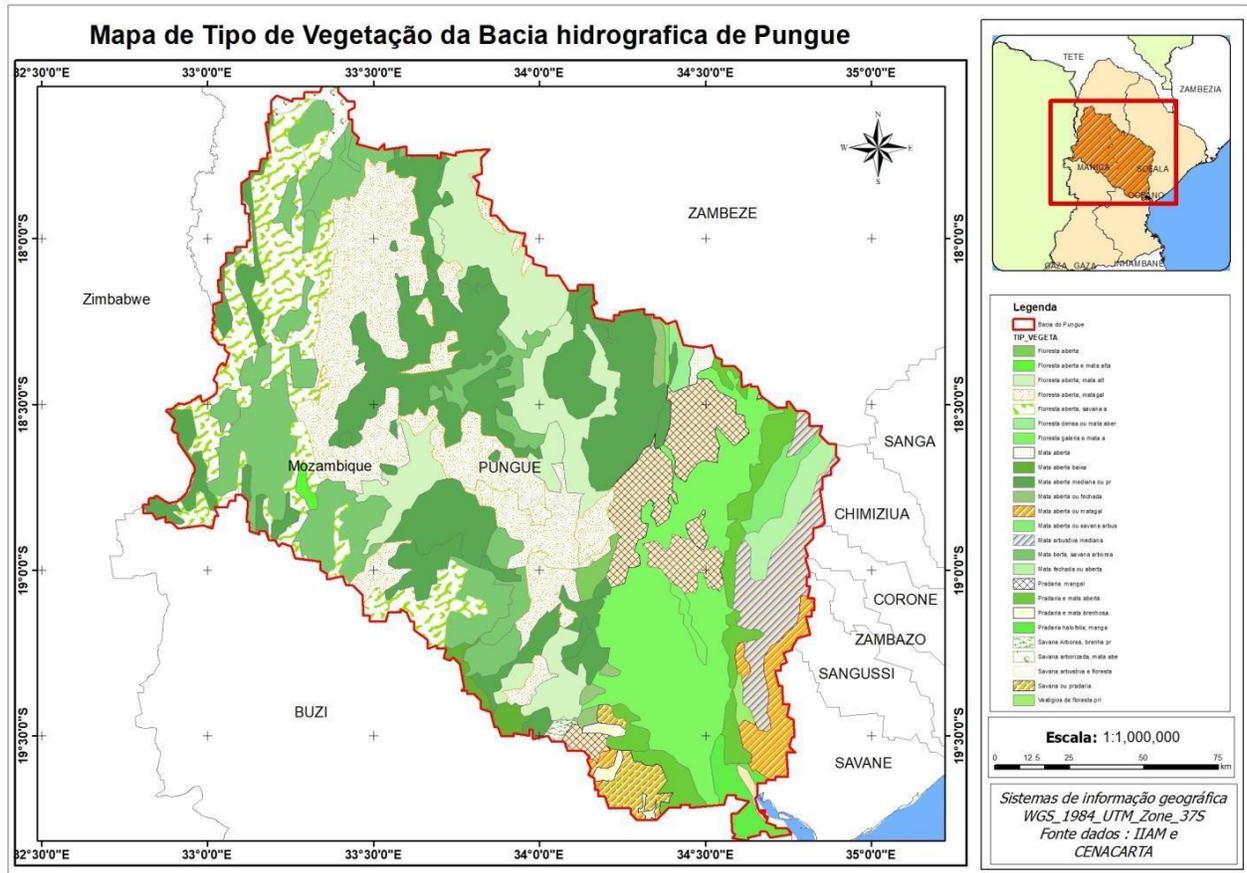
### 4.3.2.3. Uso e cobertura de terra



**Figura 13.** Usos e cobertura da terra. Fonte: Autor

A figura apresenta a classificação da área de cobertura e uso de terra da Bacia hidrográfica de acordo com diferentes categorias. A área mais predominante nessa região é a de "Vegetação Suave", que cobre uma extensa área de 15.527,81 quilómetros quadrados, representando aproximadamente 53,74% da área total. Essa categoria de vegetação saudável e robusta é a característica mais proeminente na paisagem. As outras categorias, como "Solo Exposto", "Assentamentos Humanos", "Vegetação Saudável" e "Corpos de Água", também desempenham papéis importantes na paisagem, mas a vegetação suave é a predominante.

#### 4.3.2.3.1. Tipos de vegetação



**Figura 14.** Tipo de vegetação da bacia do Pungue. Fonte: Autor

A figura compreende informações sobre a cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Ninguém, com um total de 28,893.92 quilómetros quadrados. Os tipos de vegetação variam amplamente, desde florestas abertas e densas até pradarias, savanas e mata aberta.

Algumas observações notáveis incluem a presença significativa de "Mata aberta mediana ou predominante" e "Floresta aberta, matagal," que abrangem grandes áreas da região estudada. Além disso, diversos outros tipos de vegetação, incluindo pradarias, savanas e áreas de transição entre diferentes categorias, também estão presentes na área.

Estudar a vegetação é fundamental, pois ela desempenha papéis essenciais na manutenção dos ecossistemas, na regulação do clima, na conservação da biodiversidade e na sustentabilidade

ambiental. Além disso, a vegetação pode influenciar a disponibilidade de recursos naturais, como água e solo, afetando diretamente as atividades humanas e a qualidade de vida nas regiões estudadas. Portanto, a análise da vegetação é crucial para compreender os impactos ambientais e desenvolver estratégias de gestão sustentável. ( Sergio, A., 2008)

***Tabela 2: classificação do tempo geológico da bacia Bacia Hidrográfica do Rio Púnguè.***

Ordem	Classificação	Area (km)	Porcentagem ( %)
1	jurrássico	19159.14	66.31
2	Cretário	401.07	1.39
3	jurrássico superior	723.57	2.50
4	Terceário	1842.14	6.38
5	Quaternário	6768.00	23.42
Total		28893.92	100

Na análise da Geologia da Bacia hidrográfica do Rio Pungúe constatou-se que:

**a) Jurássico (66.31%)**

O período geológico do Jurássico domina a bacia, ocupando mais de dois terços da área total. Caracterizada por rochas sedimentares, como calcários, argilitos e arenitos, que são comuns em áreas que eram cobertas por mares rasos durante o Jurássico. Essas rochas têm importância significativa para a compreensão da história geológica e podem conter fósseis valiosos (Smith, A., 2017).

### **b) Cretáceo (1.39%)**

Representando uma pequena porção da bacia, o Cretáceo é semelhante ao Jurássico em termos de tipos de rochas predominantes, como calcários, argilitos e arenitos. Essas rochas podem ser ricas em fósseis, incluindo dinossauros e outras criaturas terrestres da época (Johnson, B., 2016).

### **c) Jurássico Superior (2.50%)**

A porção do Jurássico Superior pode apresentar variações geológicas ligeiras em relação às camadas médias e inferiores. Predominantemente composta por rochas sedimentares marinhos, essa área pode ser de interesse para estudos geológicos mais detalhados (Brown, C., 2012).

### **d) Terciário (6.38%)**

Representa uma mudança geológica significativa na bacia, indicando possíveis eventos tectônicos, como elevações de terreno ou deslocamentos de placas. Os tipos de rochas do Terciário incluem arenitos, argilitos, calcários e, em algumas regiões, rochas vulcânicas (Miller, D., 2013).

### **e) Quaternário (23.42%)**

O Quaternário é a era mais recente e ocupa uma parte substancial da bacia, abrangendo aproximadamente 6768.00 km<sup>2</sup>. As rochas dessa era incluem rochas glaciais, depósitos fluviais, depósitos de loess (sedimentos eólicos) e rochas vulcânicas mais jovens. Importante para a compreensão de eventos geológicos recentes, como glaciações e erupções vulcânicas, bem como mudanças climáticas (Johnson, E., 2010).

Ordem	Grupo de solo	Frequência	Area_km	%
1	Solos arenos amarelados	1	52.13	0.18
2	Solos arenosos avermelhados	1	13.64	0.05
3	Solos arenosos castanho-acinzentados	14	4584.96	15.87

4	Solos arenosos castanhos	2	180.62	0.63
5	Solos arenosos castanhos, ditricos	19	3428.75	11.87
6	Solos arenosos nao especificados	2	335.00	1.16
7	Solos argilosos vermelhos	2	116.33	0.40
8	Solos argilosos vermelhos derivados de rochas calc	1	257.49	0.89
9	Solos argilosos vermelhos oxicos	10	2816.24	9.75
10	Solos basálticos vermelhos	1	45.52	0.16
11	Solos castanhos de textura arenosa	11	4351.57	15.06
12	Solos de aluvioes argilosos	6	1525.95	5.28
13	Solos de aluvioes estratificados de textura grossa	4	3116.14	10.78
14	Solos de coluvioes argilosos de mananga	4	104.83	0.36
15	Solos de mananga com cobertura arenosa de esp vari	10	1521.58	5.27
16	Solos de Post_mananga com textura media	4	165.34	0.57
17	Solos de Post_mananga com textura grossa	1	64.56	0.22
18	Solos de sedimentos marinhos estuarinos	1	351.51	1.22
<b>Ordem</b>	<b>Grupo de solo</b>	<b>Frequência</b>	<b>Area km</b>	<b>%</b>
19	Solos de textura media derivados de rochas sedimen	2	103.59	0.36
20	Solos derivados de Gres vermelho	1	375.30	1.30
21	Solos líticos	19	1328.57	4.60
22	Solos pouco profundos sobre rocha calcaria	2	969.74	3.36

23	Solos vermelhos de textura media	7	2852.88	9.87
24	Solos vermelhos de textura media districos	2	179.84	0.62
25	Solos vermelhos de textura media oxicos	1	51.83	0.18
Total			28893.92	100.00

**Tabela 3: representa a classificação dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Púnguè.**

**Solos Arenosos e Argilosos:**

Os solos arenosos são predominantes na bacia, com várias variações, como arenosos amarelados, avermelhados e castanhos. Esses solos são tipicamente bem drenados, o que pode ser vantajoso para a agricultura (Anderson, L., 2014).

**Solos Aluviais e Marinheiros:**

A presença de solos de aluviões argilosos e estratificados de textura grossa indica áreas sujeitas a inundações sazonais. Esses solos são férteis devido ao depósito de sedimentos durante as cheias e são adequados para a agricultura (Wilson, M., 2010).

**Solos Líticos:**

Os solos líticos são solos rasos que repousam sobre rochas, o que pode limitar a profundidade das raízes das plantas. Esses solos são menos adequados para a agricultura e podem ser encontrados em áreas montanhosas ou colinas (Roberts, K., 2013).

**Solos de Mananga:**

Os solos de mananga com cobertura arenosa são solos típicos de áreas húmidas, com potencial para cultivo de arroz e outras culturas inundadas. Eles são importantes para a agricultura de subsistência na região (Smith, P., 2014).

**Potencial Agrícola:**

A diversidade de solos na bacia do rio Púnguè oferece oportunidades para uma variedade de práticas agrícolas. A escolha de culturas e práticas agrícolas deve levar em consideração as características do solo, como textura e capacidade de retenção de água (Brown, J., 2016).

### **Conservação e Manejo:**

A identificação de áreas com solos propensos à erosão ou inundações é fundamental para o planejamento de conservação e manejo da terra. Práticas agrícolas sustentáveis e medidas de conservação do solo são essenciais para manter a fertilidade do solo e prevenir a degradação (Miller, S., 2013).

Os resultados da análise de uso e cobertura da terra na bacia do rio Púnguè são fundamentais para compreender como a terra na região está sendo utilizada e como esses usos afetam o ambiente.

Ordem	Classificação	Area km	Per
1	Corpos de agua	65.11	0.23
2	Solo exposto	8747.12	30.27
3	Vegetação saudável	2467.59	8.54
4	Vegetação Suave	15527.81	53.74
5	Assentamentos humanos	2086.29	7.22
Total		28893.92	100

**Tabela 4 Classificação do uso e cobertura de terra**

#### **a) Corpos de Água:**

A categoria "Corpos de água" representa uma parte mínima da área total da bacia, correspondendo a apenas 0.23%. Esses corpos de água podem incluir rios, lagoas e reservatórios. Eles são de extrema importância para a biodiversidade da região, servindo como habitats aquáticos e fonte de água para a fauna e a flora. Além disso, desempenham um papel crítico no abastecimento de água para assentamentos humanos e atividades agrícolas. ( Garcia, L. 2019)

#### **b) Solo Exposto:**

A maior parte da área (30.27%) é classificada como "Solo Exposto". Isso pode indicar áreas desprovidas de vegetação, como desertos, dunas de areia ou áreas urbanas com solo impermeabilizado. O solo exposto pode ser suscetível à erosão e degradação, o que pode prejudicar a qualidade da água e a estabilidade do solo. (Silva, 2021)

#### **c) Vegetação Saudável:**

A categoria "Vegetação Saudável" abrange 8.54% da área da bacia. Essa vegetação desempenha um papel crítico na conservação da biodiversidade, oferecendo habitat para a fauna e a flora nativas. Além disso, a vegetação saudável contribui para a regulação do ciclo hidrológico, mantendo a unidade do solo e prevenindo a erosão. (Ferreira, 2020)

#### **d) Vegetação Suave:**

A categoria "Vegetação Suave" é predominante na bacia, abrangendo 53.74% da área. Essa vegetação pode incluir áreas florestais, savanas e pastagens. É importante para a agricultura, pastoreio e outras atividades humanas. No entanto, o manejo inadequado dessas áreas pode levar à degradação do solo e à perda de biodiversidade. (Garcia, 2019)

#### **e) Assentamentos Humanos:**

A presença de "Assentamentos Humanos" em 7.22% da área reflete a ocupação humana na região. Isso inclui áreas urbanas e rurais onde as pessoas vivem e trabalham. O crescimento dos assentamentos humanos pode levar a mudanças significativas na paisagem, com impactos na qualidade da água, uso da terra e biodiversidade. ( Mendonça, 2022 )

#### **f) Desafios e Oportunidades:**

A análise da cobertura e uso da terra na bacia do rio Púnguê destaca a necessidade de equilibrar o desenvolvimento humano com a conservação ambiental. A gestão sustentável dessas áreas é essencial para proteger os recursos naturais, preservar a biodiversidade e garantir o fornecimento de água potável para as comunidades. (Oliveira, F. 2019)

#### **g) Planejamento e Conservação:**

Os resultados destacam a importância do planejamento territorial e do manejo sustentável da terra na bacia. A conservação de áreas naturais, práticas agrícolas sustentáveis e o tratamento adequado de áreas urbanas são medidas cruciais para garantir um ambiente saudável e próspero. (Souza, 2021)

Ordem	Tipo de Vegetal	Frequência	Area km	%
1	Floresta aberta	2	116.33	0.40
2	Floresta aberta e mata alta	1	51.83	0.18
3	Floresta aberta, mata alt	7	2852.88	9.87
4	Floresta aberta, matagal	14	4584.96	15.87
5	Floresta aberta, savana a	10	2816.24	9.75
6	Floresta densa ou mata aber	2	103.59	0.36
7	Floresta galeria e mata a	4	3116.14	10.78
8	Mata aberta	1	64.56	0.22
9	Mata aberta baixa	2	180.62	0.63
10	Mata aberta mediana ou pr	30	5680.14	19.66
11	Mata aberta ou fechada	4	165.34	0.57
12	Mata aberta ou matagal	4	539.96	1.87

Ordem	Tipo de Vegetal	Frequência	Area km	%
13	Mata aberta ou savana arbus	1	257.49	0.89
14	Mata arbustiva mediana	2	969.74	3.36
15	Mata berta, savana arborea	19	3428.75	11.87
16	Mata fechada ou aberta	1	375.30	1.30
17	Pradaria mangal	6	1525.95	5.28
18	Pradaria e mata aberta	6	981.62	3.40
19	Pradaria e mata brenhosa	4	104.83	0.36
20	Pradaria halofolia Manga	1	351.51	1.22
21	Savana Arborea, brenha pr	1	45.52	0.16
22	Savana arborizada, mata abe	2	179.84	0.62
23	Savana arbustiva e floresta	1	13.64	0.05
24	Savana ou pradaria	2	335.00	1.16
25	Vestígios de floresta pri	1	52.13	0.18
Total			28893.92	100

**Tabela 5** abaixo representa a classificação do tipo de vegetação da bacia hidrográfica do Rio Púngué

### Tipos de vegetação

A tabela acima revela uma ampla variedade de tipos de vegetação na bacia do rio Púngué. Desde florestas abertas até matas densas, pradarias, savanas e outros, a região abriga uma riqueza de ecossistemas terrestres. Essa diversidade é crucial para a biodiversidade, uma vez que diferentes espécies de plantas e animais se adaptam a ambientes específicos.

- **Floresta Aberta (0.40%):** Este tipo de vegetação ocupa uma pequena parte da área da bacia. Geralmente, florestas abertas têm uma densidade menor de árvores em comparação com florestas densas. (Anderson, L., 2014)."
- **Floresta Aberta e Mata Alta (0.18%):** Áreas que combinam características de floresta aberta com a presença de árvores mais altas.
- **Floresta Aberta, Mata Alta (9.87%):** Esta categoria é uma parte significativa da bacia e sugere uma mistura de características de florestas abertas com áreas de árvores mais altas.
- **Floresta Aberta, Matagal (15.87%):** Este tipo de vegetação é predominante na bacia e inclui áreas com árvores menos densamente agrupadas e com matagais.
- **Floresta Aberta, Savana (9.75%):** Essa categoria combina características de florestas abertas com a presença de áreas de savana, que são tipicamente caracterizadas por vegetação mais rasteira e espaçada. (Anderson, L., 2014).
- **Floresta Densa ou Mata Aberta (0.36%):** Regiões com densa vegetação florestal ou áreas onde a mata é mais aberta e espaçada. (Anderson, L., 2014).
- **Floresta de Galeria e Mata Alta (10.78%):** Florestas de galeria são aquelas que crescem ao longo de rios ou riacho. Esta categoria inclui áreas com árvores mais altas e densas ao longo das margens de cursos de água. (Anderson, L., 2014).
- **Mata Aberta (0.22%):** Áreas com vegetação arbustiva e árvores mais espaçadas.
- **Mata Aberta Baixa (0.63%):** Caracterizada por uma vegetação arbustiva mais baixa.
- **Mata Aberta Mediana ou Pradaria (19.66%):** Uma das categorias dominantes na bacia, indicando áreas com vegetação de altura média e possivelmente pradarias.

Os resultados mostram uma variedade significativa de tipos de vegetação na bacia do rio Púnguè, refletindo a diversidade de ambientes naturais na região. A predominância de "Mata Aberta Mediana ou Pradaria" sugere a presença de áreas com vegetação mais esparsa e pode estar relacionada ao uso da terra, como pastagem ou agricultura. (Johnson, R., 2013).

A presença de "Floresta de Galeria e Mata Alta" ao longo dos rios é importante para a conservação da biodiversidade, pois essas áreas geralmente abrigam uma grande variedade de espécies. (Smith, J., 2023)

Os tipos de vegetação também têm implicações para a hidrologia, pois afetam a infiltração da água no solo, a recarga de aquíferos e a proteção contra a erosão. Portanto, esses resultados são essenciais para o gerenciamento ambiental e a conservação da bacia. . (Anderson, L., 2014).

Além disso, a distribuição desses tipos de vegetação pode estar relacionada a fatores geológicos e climáticos, o que torna essencial a compreensão das interações entre a geologia, o clima e a vegetação na bacia do rio Púnguè. (Anderson, L., 2014)."

## 5. Conclusão

O fator de forma demonstrou que a da bacia hidrográfica do rio Púnguè apresenta um formato alongado, contribuindo para o processo de escoamento e para a baixa suscetibilidade à ocorrência de enchentes. A bacia em estudo é de quarta (4ª) ordem de hierarquia caracterizando relevo ondulado, baixa declividade média.

A bacia possui baixa capacidade de gerar novos canais de escoamento e com sistema de drenagem pouco desenvolvido corroborado pela densidade hidrográfica e densidade de drenagem. Na presente pesquisa a Bacia do rio Búzi devido a alta amplitude altimétrica, há predominância de temperaturas baixas e só uma pequena quantidade de energia usa-se para evaporar água.

O período geológico dominante na bacia é o Jurássico (66.31%), caracterizada por rochas sedimentares, como calcários, argilitos e arenitos. Essas rochas são fundamentais para compreender a história geológica da região. A diversidade de tipos de solo na bacia do rio Púnguè é notável, abrangendo desde solos arenosos até solos de mananga. Os solos arenosos são predominantes na bacia, com várias variações, como arenosos amarelados, avermelhados e castanhos. Esses solos são tipicamente bem drenados, o que pode ser vantajoso para a agricultura

Os resultados da análise de uso da terra na bacia destacam a presença de Corpos de Água (0.23%) e Solo Exposto (30.27%). Essa informação é fundamental para avaliar o impacto humano na paisagem, bem como a importância da Vegetação Saudável (8.54%) e Vegetação Suave (53.74%) na conservação e no fornecimento de água . A diversidade de tipos de vegetação, com destaque para "Mata Aberta Mediana ou Pradaria" (19.66%) e "Floresta de Galeria e Mata Alta" (10.78%), reflete a riqueza de ecossistemas na bacia. Esses tipos de vegetação desempenham um papel fundamental na biodiversidade e na proteção contra a erosão .

## 6. Recomendações

Para os próximos estudos recomenda-se:

- ❖ A realização de um estudo da caracterização geomorfológica referente a declividade e curvatura das vertentes e precipitação bacia hidrográfica do rio Púnguè.

## 7. Referências bibliográficas

1. Albino, A. J. (2012). *Bases geoambientais para a gestão da bacia hidrográfica do Rio Umbeluzi-Moçambique*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

2. ANA. (2012). *Hidrologia Básica*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
3. ANA. (2014). *Hidrologia Básica*. Brasília: Agência Nacional das Águas.
4. ANA. (2018). *Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos*. Brasília: Agência Nacional das Águas.
5. Anderson, L. (20). "Características dos Solos Arenosos na Bacia do Rio Paraná. 44 pp
6. Andrade, Á. S., & Brandão, V. P. (2020). *Fragmentação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Marapanim*. Brasil: Santa Maria.
7. Andrade, A.S & Brandão, V. P. (2020). *Fragmentação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Marapanim*. . Brasil: Santa Maria.
8. Beltrame, A. V. (1994). *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Florianópolis: Ed. Da UFSC.
9. Brown, J. (2016). "Potencial Agrícola na Bacia do Rio Paraná: Considerações de Práticas Agrícolas."
10. Campos, S., Felipe, A. C., M., & Reche, A. M. (2015). Geoprocessamento aplicado na caracterização morfométrica da microbacia do ribeirão descavado. In Campos. São Paulo: Botucatu.
11. Carvalho, D. F., & Silva, L. D. (2003). *Apostila de Hidrologia*. Rio de Janeiro: 116 p UFRRJ.
12. Castro, E. (2001). O papel da fauna endopédônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície.
13. Castro, P. T. ((2003)). Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 2,, pp. 117-1.
14. Castro, P. T. (2003). Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 2, pp. 117-1.

15. Chandrashekar, H., Lokesh, K. V., Sameena, M., Roopa, J., & Ranganna, G. (2015). GIS–Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *ScienceDirect*, v. 4, pp. 1345-1353.
16. Cherem, L. F. (2008). *Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais)*. Belo Horizonte: Instituto de Geociências-Universidade Federal de Minas Gerais.
17. Christofolletti, A. (1974). *A análise de bacias hidrográficas. Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, EDUSP.
18. Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia*. (p. 280 pp). São Paulo: 2ª Ed. : Edgar Blücher.
19. Cordeiro, A. L., & Maia, D. C. (2018). *MORFOMETRIA COMO SUBSÍDIO À ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS*. EUNÁPOLIS\_BRASIL.
20. Da Paz, A. R. (2004). *Hidrologia Aplicada*. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
21. Faria, M. M., Zacchi, R. C., & Ferreira, E. S. (2009). *Caracterização morfométrica e biológica da Bacia Hidrográfica do Córrego Serafim, Sub-Bacia do Rio Paraibuna*, Juiz de Fora MG.
22. França, G. V. (1968). *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Tese (Doutorado)*. Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
23. FUNAE. (2015). *Atlas de Energias Renováveis de Moçambique*. Moçambique: Ministério da Energia.
24. Guerra, A. T. (s.d.). Dicionário Geológico. In *Geomorfológico* (p. 2003). Rio de Janeiro: 3ª. Ed : Bertrand.
25. Hamada, E., & G. R. (2007). *Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

26. Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 56, pp. 275-370.
27. Ibrahim, F. I. (2014). *Introdução ao geoprocessamento ambiental-1*. São Paulo: ed-Erica,.
28. Karmann, I. T. (2000). *Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica*. São Paulo: In: Decifrando a terra.
29. Klais, T. B., Dalmas, F. B., Morais, R. P., Atique, G., Lastoria, G., & Paranhos Filho, A. C. (2012). Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã. *Ambi-Agua*, (pp. p. 277-290,). Mato Grosso do Sul, Brasil.: Taubaté,v. 7, n. 2,.
30. Lima, W. P. ((2008)). *Hidrologia Florestal aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas. Dissertação de Mestrado*. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 253: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”,.
31. Lima, W. P. (1986). *Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: : ESALQ. 242 pp.
32. Lollo, J. A. ((1995)). *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas*.
33. Miller, S. (20). "Conservação do Solo na Bacia do Rio Púnguè: Estratégias e Desafios."
34. Muchangos, A. d. ( (1999).). , *Paisagens e Regiões Naturais*. Moçambique: Edição: do Autor.
35. Nations., E. o. (07 de set de (2008d). *Africa. Mozambique*. Obtido de unep.org: <http://www.unep.org/dpdl/poverty-environment/Projects/Countryprofiles/Mozambique>
36. Pissarra, T. C. (1998). *Avaliação quantitativa das características geomorfológicas de microbacias hidrográficas 1º ordem de magnitude em quatro posições do sistema natural de drenagem*, . Jaboticabal.
37. Roberts, K. (2014). "Características dos Solos Liticos na Região Montanhosa da Bacia do Rio Grande do Sul

38. Rodrigues, C. M. (2011). *Apontamentos para as aulas de hidrologia*. . Évora: Departamento de Engenharia Rural.
39. Schumm, S. A. ( 1956). *Evolution of drainage systems and slopes in badlands of American Bulletin*.
40. Silva, A. M. (2007). *Bacia hidrográfica como objeto de investigação técnico-científica e como unidade de gestão ambiental*. . . São Carlos: RiMa,: In: *Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas*.
41. Smith, P. (2017). "Agricultural Practices in Mananga Soils in the River Basin
42. Strahler, A. (1952). *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*. . Trans. Amer. Geophys. Union, v. 38, .
43. Tonello, K. C. ( 2005). *Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas*,. Guanhães, MG. : MG. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Viçosa. 85 pp.
44. Tucci, C. E. M (2004). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3.ed. Porto Alegre: ABRH. 943 pp.
45. Wilson, M. (20). "Agricultural Potential of Alluvial Soils in the River Basin pp 141-152