



## ANÁLISE DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUANZA

### ANALYSIS OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE CUANZA RIVER SUB-BASIN

Abias Porfírio Cinco-Reis <sup>1\*</sup> ; Pedro Nkele Vemba André <sup>2</sup> ; Gabriel Mário Salinga

<sup>1, 2, 3</sup> Instituto Superior Politécnico do Bié A. Bié-Angola. \* E-mail: welwitchiareis2016@gmail.com

#### RESUMO

A sub-bacia do rio Cuanza, esta situada na região do Bié, na República de Angola e apresenta rios de várias ordens conforme a classificação de Strahler. O curso principal tem uma extensão de 42,6 km, sendo a bacia classificada como exorreica devido ao tipo de fluxo produzido. Para avaliar o seu comportamento hidrológico, foram determinados alguns parâmetros morfométricos. A mesma possui uma área de aproximadamente 405,9 km<sup>2</sup>, com um perímetro de 79,9 km. As elevações máximas e mínima registadas são de 1778 e 1639 metros (m), respectivamente. Já a densidade de drenagem da sub-bacia é de 1,06 km/km<sup>2</sup>, e a razão de bifurcação é de aproximadamente 4,26, o que indica uma drenagem deficiente. O relevo da bacia é ondulado e montanhoso, o que influencia a velocidade do escoamento superficial e reduz as chances de enchentes.

**Palavras-chave:** Morfometria, bacia hidrográfica, Rio Cuanza.

#### ABSTRACT

The sub-basin of the Cuanza River is in the Bié region of the Republic of Angola and features rivers of various orders according to Strahler's classification. The mainstream extends for 42.6 km, and the basin is classified as exorreic due to the type of flow produced. To assess its hydrological behavior, several morphometric parameters were determined. The sub-basin covers an area of approximately 405.9 km<sup>2</sup>, with a perimeter of 79.9 km. The recorded maximum and minimum elevations are 1778 and 1639 meters, respectively. The drainage density of the sub-basin is 1.06 km/km<sup>2</sup>, and the bifurcation ratio is approximately 4.26, indicating poor drainage. The basin's terrain is undulating and mountainous, which influences surface runoff speed and reduces the likelihood of flooding.

**Keywords:** Morphometry, hydrographic basin, Cuanza River.

## Introdução

A pesquisa tem como objectivo principal caracterizar a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Cuquema, localizada na província do Bié, Angola. Para alcançar esse objectivo, a análise concentra-se em vários parâmetros morfométricos essenciais, incluindo a área de drenagem, a densidade de drenagem, a razão de bifurcação e o factor de forma. A importância desses parâmetros reside na sua capacidade de fornecer informações detalhadas sobre a estrutura e o funcionamento da bacia, o que é crucial para a gestão e o planeamento dos recursos hídricos (Silva et al., 2021).

Hidrologicamente, uma bacia hidrográfica está directamente relacionada com as suas características geomorfológicas, como o formato, o relevo, a extensão, a geologia, a rede de drenagem e o tipo de solo, além da cobertura vegetal presente. Esses aspectos físicos e biológicos da bacia influenciam de maneira significativa o ciclo hidrológico, afectando processos como a infiltração da água no solo, a quantidade de água que escoam superficialmente, a evapotranspiração e os fluxos de escoamento tanto superficiais como subterrâneos (Tonello et al., 2006).

Uma bacia hidrográfica é uma área natural de captação das águas das chuvas, onde os fluxos convergem para um único ponto de descarga, conhecido como exutório. Essa área é composta por encostas e uma rede de drenagem que reúne vários cursos de água, os quais se unem até formar um único canal no ponto de saída (Cardoso et al., 2006).

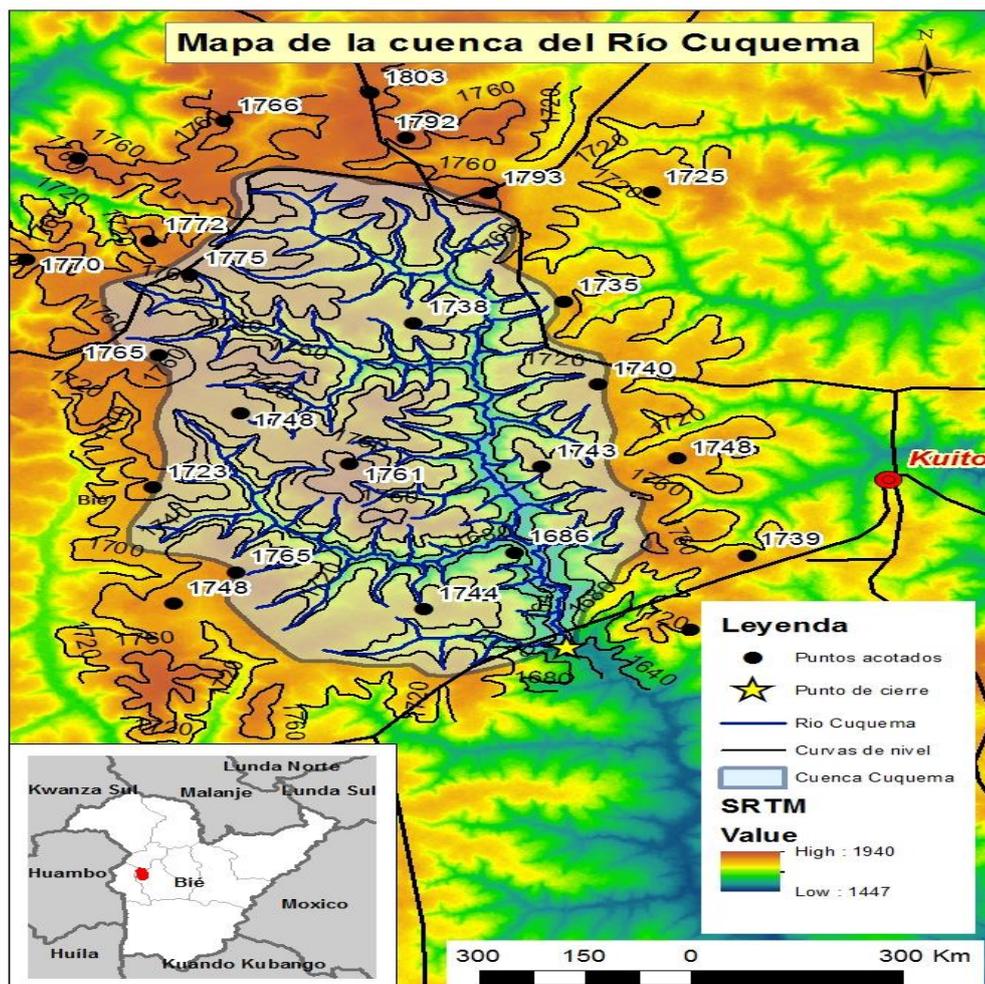
De acordo com Futi et al. (2022), a bacia hidrográfica, ou de drenagem, é composta por um sistema de canais fluviais delimitados por áreas adjacentes mais elevadas. Essa rede de drenagem inclui diversos afluentes que convergem para um rio principal. Os afluentes drenam as terras desde as áreas de nascente em terrenos mais altos, transportando sedimentos suspensos, materiais de fundo e substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas para o curso principal. O autor também destaca que uma gestão eficiente das bacias hidrográficas permite um uso mais sustentável dos recursos hídricos que nelas fluem, sendo esses recursos renováveis e essenciais para a sobrevivência de todas as formas de vida no planeta.

Na análise hidrológica, a delimitação da bacia hidrográfica é uma etapa crucial. A mesma é feita considerando cartas e mapas, o que pode comprometer a precisão dos resultados. Porém, com o uso dos Sistemas de Informações Geográficas e a introdução de representações digitais consistentes do relevo, como os MDEs, foram desenvolvidos métodos dinâmicos para a delimitação de bacias, que têm sido amplamente utilizados desde então (Cardoso et al., 2006).

## Materiais e Métodos

### Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está situada na bacia hidrográfica do Rio Cuquema, localizada na província do Bié, na República de Angola, abrangendo uma área de significativa importância para o abastecimento de água para uso doméstico e o suporte à agricultura de subsistência. A definição dos limites da sub-bacia foi realizada com base na análise de modelos digitais de elevação (MDE) e da topografia. As características físicas, como altitude, declividade, hidrografia e o uso e ocupação do solo, foram descritas para contextualizar as condições ambientais da área de estudo (ver figura 1). Esta bacia faz parte do sistema fluvial do Rio Cuanza, sendo uma importante sub-bacia para a região, tanto em termos ambientais como socioeconómicos. A bacia do Rio Cuquema abrange uma área aproximada de 105,9 quilómetros quadrados (km<sup>2</sup>), com uma declividade de 0,326 por cento (%), o que caracteriza o seu relevo como montanhoso.



**Figura 1.** Localização da Bacia hidrográfica do Rio Cuquema

A vegetação da região é composta por florestas abertas, também conhecidas como matas de panda, constituídas por dois estratos lenhosos (árvore e arbusto) e pelo estrato herbáceo, que é pouco predominante na região (Diniz, 1991). Esta composição influencia directamente os processos hidrológicos locais, como a infiltração e o escoamento superficial.

Os solos presentes na bacia são argilosos ferralíticos, com variações na capacidade de infiltração, o que impacta o comportamento hidrológico da região. Além disso, a área é composta por uma rede de drenagem complexa, classificada segundo a metodologia de Strahler, em que os principais afluentes do rio apresentam uma densidade hidrográfica de 1,06 quilómetros por quilómetro quadrado ( $\text{km}/\text{km}^2$ ), indicativa de um sistema de drenagem moderadamente eficiente.

O mesmo autor afirma que a bacia apresenta um clima tipicamente húmido, com padrões de precipitação concentrados nos meses de Setembro a Abril, atingindo uma média anual de 1200 a 1600 milímetros (mm), o que afecta a dinâmica hídrica do rio e dos seus afluentes.

A abordagem metodológica adoptada para esta pesquisa envolveu a utilização de técnicas avançadas de geoprocessamento. Primeiramente, foram recolhidos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) de alta resolução, que foram utilizados para delinear a bacia e extrair os parâmetros morfométricos necessários, com o auxílio dos softwares QGIS, Google Earth Pro e Microsoft Excel, para a sistematização e análise estatística dos dados morfométricos. A delimitação foi realizada no software QGIS a partir do MDE. Foi aplicada a ferramenta Hydrology para definir a rede de drenagem, identificar os divisores de água e gerar a bacia e as suas sub-bacias. A análise incluiu a determinação da área de drenagem e a avaliação da rede de drenagem utilizando algoritmos de processamento digital (Costa et al., 2022). A densidade de drenagem e a razão de bifurcação foram calculadas a partir das informações obtidas, e os dados foram comparados com estudos anteriores para validar os resultados (Mendes & Oliveira, 2023). (Ver figura 2).

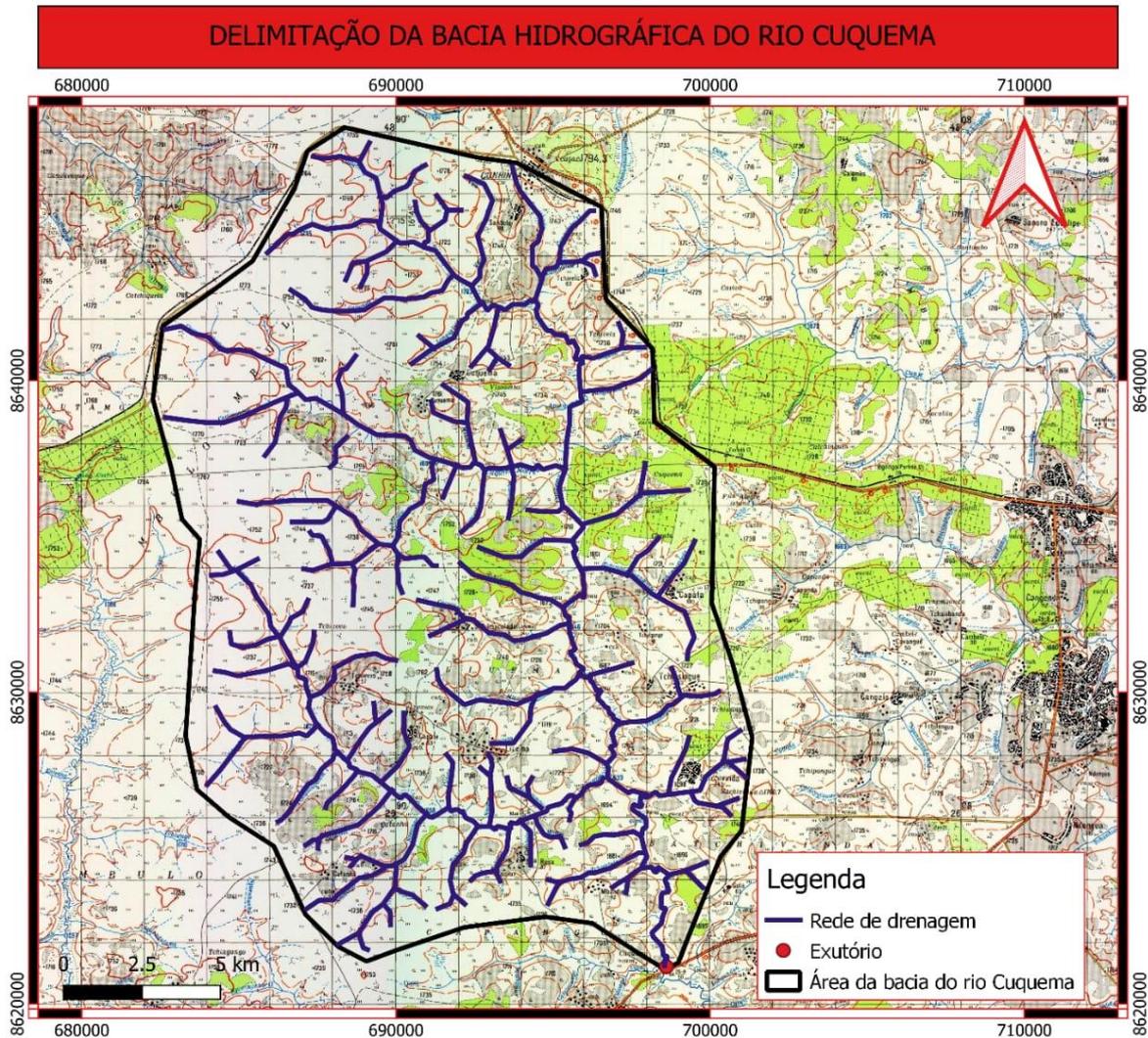


Figura 2. Delimitação da bacia hidrográfica e rede de drenagem

### Extração dos Parâmetros Morfométricos

A extração dos parâmetros morfométricos de uma sub-bacia hidrográfica é uma etapa fundamental para compreender o comportamento hidrológico e as características físicas que influenciam alguns processos do ciclo hidrológico, como o escoamento superficial, a infiltração e a susceptibilidade a eventos hidrológicos extremos, como inundações e secas. Esses parâmetros descrevem a forma, o relevo e a rede de drenagem da bacia, permitindo avaliar o comportamento hidrológico de forma quantitativa.

$$\text{Equação 1: } S = \left( \frac{C_{\text{maior}} - C_{\text{menor}}}{L} \right) * 100 \quad (1)$$

Sendo que: S= Declividade; Cmaior/Cmenor= Cotas máximas/Mínima; L= Comprimento da Bacia.

**Densidade de Drenagem (Dh):** Calculada pela razão entre o comprimento total dos canais de drenagem (n) e a área da bacia (A), conforme a fórmula:

$$\text{Equação 2: } D_h = \frac{N}{A} \quad (2)$$

Sendo que: Dh= Densidade hidrográfica; Ni =N úmeros de cursos de água; A= Área da Bacia de drenagem.

**Índice de forma:** Calculado pela razão entre a área da bacia (A) e o quadrado do comprimento máximo (L<sup>2</sup>), conforme a equação:

$$\text{Equação 3: } K_f = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Sendo que: Kf = Factor de forma; A= Área da Bacia de drenagem; L<sup>2</sup> = Comprimento do eixo da Bacia.

**Índice de Circularidade (Ic):** Calculado pela razão entre a área da bacia (A) e a área de um círculo de mesmo perímetro (P), conforme a fórmula:

$$\text{Equação 4: } I_c = \frac{12,57 \cdot A}{P^2} \quad (4)$$

Sendo que: IC = Índice de circularidade; A= Área da Bacia de drenagem; P=Perímetro da Bacia de drenagem.

**Coefficiente de Compacidade (Kc):** Determinado pela relação entre o perímetro da bacia (P) e a circunferência de um círculo com a mesma área (A):

$$\text{Equação 5: } K_c = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (5)$$

Sendo que: KC = Coeficiente de Compacidade; P= Perímetro da Bacia de drenagem; A= Área da Bacia de drenagem.

O tempo de concentração (Tc) é o intervalo de tempo necessário para que a gota de chuva mais distante do ponto de saída da bacia hidrográfica percorra toda a sua extensão até à seção de controlo (exutório). Esse parâmetro é crucial para a modelagem hidrológica, pois está directamente relacionado ao tempo de resposta da bacia a eventos de precipitação, influenciando o pico de cheia e o dimensionamento de estruturas hidráulicas, como reservatórios e canais de drenagem. Para o nosso estudo, utilizamos a fórmula de Kirpich, representada abaixo:

$$\text{Equação 6: } t_c = 0,06626 * \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (6)$$

Sendo que: Tc= Tempo de concentração (h), S= pendente, L é o comprimento da bacia, S altura média da bacia.

Para determinar o coeficiente de manutenção ( $C_m$ ) da bacia em referência utilizamos a seguinte expressão matemática:

$$\text{Equação 7: } C_m = \left(\frac{1}{D_d}\right) 1000 \quad (7)$$

Onde:  $C_m$  é o coeficiente de manutenção,  $D_d$  é a densidade de drenagem da bacia hidrográfica.

## Resultados e Discussão

A análise morfométrica da bacia do Rio Cunquema revelou aspectos significativos sobre sua dinâmica hidrológica:

A bacia hidrográfica do Rio Cuquema apresenta uma área de drenagem de 405,9 quilómetros ( $\text{km}^2$ ) e um perímetro de 79,9 quilómetros (km), dois parâmetros morfométricos fundamentais para a caracterização hidrológica e geomorfológica da bacia. Esses elementos são cruciais para a compreensão do comportamento do escoamento superficial, da infiltração e do armazenamento de água, influenciando diretamente as estratégias de manejo e gestão dos recursos hídricos.

A área de drenagem de uma bacia hidrográfica corresponde à superfície que contribui para o escoamento de água em direção ao canal principal, abrangendo todos os cursos de água que desaguam no rio principal. No caso da bacia do Rio Cuquema, a sua área reflete uma dimensão significativa, sendo um indicador do volume potencial de água que pode ser escoado ou armazenado na bacia.

De acordo com Oliveira et al. (2021), bacias com áreas maiores geralmente têm maior capacidade de captar e gerir águas pluviais, influenciando a disponibilidade hídrica e o risco de inundações. Além disso, o perímetro da bacia, que reflete a complexidade da sua forma, pode impactar a eficiência do escoamento. Bacias com perímetros mais longos tendem a ter uma rede de drenagem mais complexa, o que pode afectar o tempo de concentração e a velocidade do escoamento (Miller & Hess, 2022).

### Área de Drenagem e Perímetro

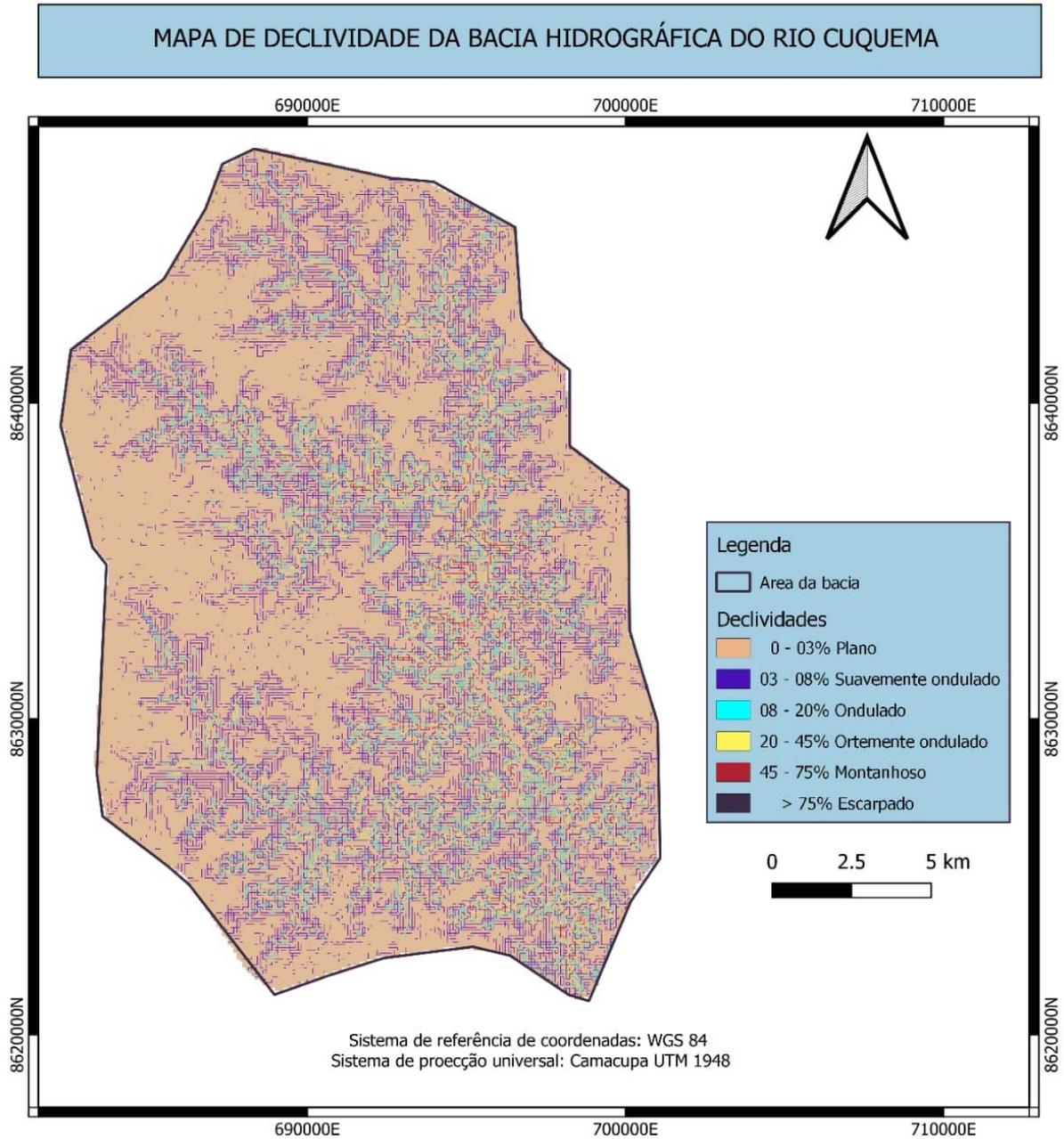
A área de drenagem da bacia do Rio Cuquema foi calculada em 405,9  $\text{km}^2$ , enquanto o perímetro da bacia é de 79,9 km. O perímetro da bacia hidrográfica, neste caso, refere-se ao comprimento total da linha que delimita o contorno da bacia, ou seja, a divisão entre a área de captação e as áreas externas que não contribuem para o escoamento. Esse parâmetro é essencial para o cálculo de outros índices morfométricos, como o factor de forma e o índice de

circularidade, que ajudam a compreender a forma geométrica da bacia e a prever o tempo de concentração do escoamento.

A área de drenagem é fundamental para determinar o volume total de água que a bacia pode acumular e drenar, enquanto o perímetro fornece informações sobre a forma e a complexidade das fronteiras da bacia. Uma bacia com maior área pode suportar um maior volume de escoamento, e um perímetro mais longo pode indicar uma bacia mais complexa e, potencialmente, com um sistema de drenagem mais intrincado (Mendes & Oliveira, 2023).

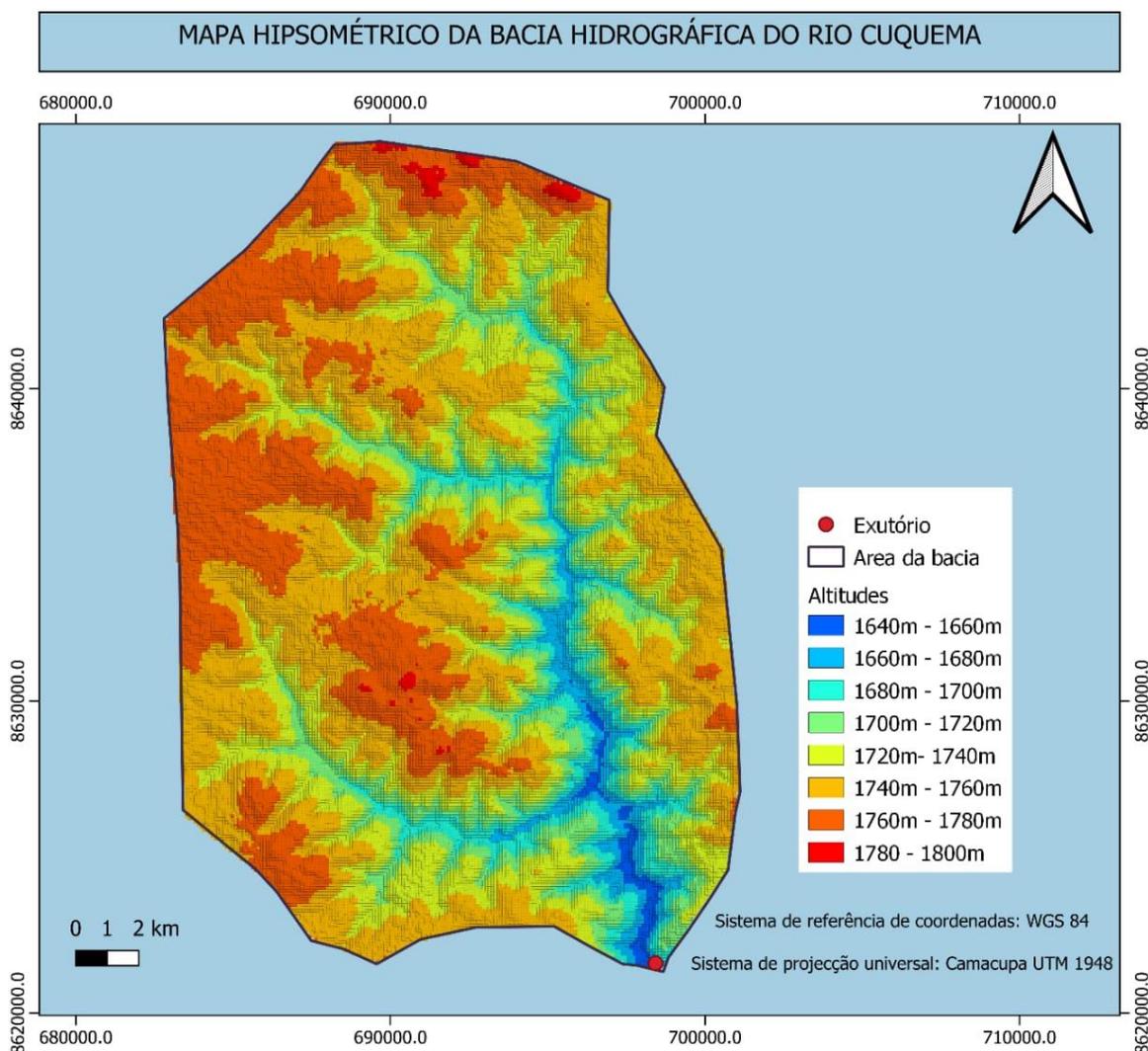
### **Declividade**

A declividade média da bacia hidrográfica é de 0,326%, um parâmetro fundamental para a compreensão da dinâmica do escoamento superficial e do potencial de erosão. Este valor indica uma superfície relativamente plana, o que pode favorecer a infiltração da água no solo e reduzir a velocidade do escoamento. Por outro lado, declividades muito baixas também podem aumentar a possibilidade de acúmulo de água em determinadas áreas, resultando em maior suscetibilidade a inundações localizadas. Assim, a análise da declividade média é essencial para o planejamento do uso do solo, o controle de processos erosivos e a gestão dos recursos hídricos na bacia. Segundo Zhang et al. (2023), bacias com declividades menores, como a do Rio Cuquema, tendem a ter escoamentos mais lentos e maior capacidade de infiltração. Isso pode reduzir o risco de erosão e aumentar a eficiência da recarga do lençol freático. No entanto, bacias com declividades muito baixas podem também experimentar problemas relacionados ao acúmulo de água e à saturação do solo (Johnson & Clark, 2021). (Ver figura 3).



**Figura 3.** Declividade da bacia do rio Cuquema

Tambem podemos por meio curva hipsométrica analisar o relevo da bacia hidrográfica e compará-lo com o de outras bacias, inferindo sobre alguns dos possíveis comportamentos da bacia, com ênfase no que respeita à génese de cheias. Tal curva é uma representação empírica da função cumulativa de distribuição das áreas da bacia por cotas. A curva hipsométrica da bacia em referência esta representada por meio de figura abaixo. (Ver figura 4).



**Figura 4.** Curva Hipsométrica da bacia do rio cuqueema

### Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem da bacia é de 1,06 km/km<sup>2</sup>, o que revela uma rede hidrográfica bem desenvolvida. Esse parâmetro indica que, para cada quilômetro quadrado da bacia, existem, em média, 1,06 km de cursos de água. Esse valor sugere uma maior capacidade de escoamento superficial, o que pode estar associado a fatores como solos de baixa permeabilidade, relevo acidentado ou a fragmentação da rede de drenagem. Uma densidade de drenagem elevada pode aumentar o risco de enchentes rápidas e erosão hídrica, mas também contribui para a disponibilidade hídrica nos rios e locais.

Este valor reflete a quantidade e a distribuição dos canais de drenagem em relação à área da bacia. Segundo Lee et al. (2022), uma densidade de drenagem mais alta pode indicar um sistema de drenagem bem desenvolvido, que facilita o escoamento e reduz o tempo de concentração.

No entanto, Dávila et al. (2023) apontam que uma alta densidade de drenagem também pode estar associada a uma maior erosão do solo e ao aumento da sedimentação nos cursos de água, especialmente em áreas com alta pluviosidade.

### **Fator de Forma**

O factor de forma da bacia do Cuquema é de 0,82, indicando que a bacia apresenta uma forma relativamente próxima à circular. Esse parâmetro é calculado pela relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento do seu eixo principal. Um factor de forma próximo de 1 sugere uma bacia mais circular, enquanto valores mais baixos indicam uma forma alongada.

No caso da bacia com factor de forma 0,82, a concentração do escoamento superficial ocorre de forma mais rápida, aumentando o risco de enchentes súbitas, especialmente durante eventos de precipitação intensa. Essa configuração favorece a convergência dos fluxos para o canal principal em curtos períodos de tempo. Portanto, o factor de forma é um parâmetro essencial para a previsão de inundações, a gestão do uso do solo e o planeamento de obras de infraestrutura hídrica, como reservatórios e sistemas de drenagem.

Este índice descreve a forma da bacia em relação à sua eficiência de escoamento. De acordo com Ferreira et al. (2021), um factor de forma mais baixo indica uma bacia mais alongada, o que pode resultar em um tempo de escoamento mais longo e maior potencial de infiltração. Em contraste, Martins et al. (2022) observam que bacias com fatores de forma próximos a 1, que são mais circulares, tendem a ter escoamentos mais rápidos e menor risco de alagamentos.

### **Índice de Circularidade e Índice de Compacidade**

O índice de circularidade da bacia é de 0,80, o que indica que a bacia apresenta uma forma próxima à circular. Esse parâmetro é calculado pela relação entre a área da bacia e a área de um círculo de mesmo perímetro. Valores próximos a 1 reflectem uma forma mais circular, enquanto valores mais baixos indicam uma bacia mais alongada. Uma bacia com maior circularidade tende a apresentar escoamento concentrado em períodos mais curtos, aumentando o risco de picos de cheia e enchentes rápidas. Este parâmetro é crucial para a gestão de riscos hídricos e para o planeamento de obras de contenção de enchentes.

O índice de compacidade da bacia é de 1,12, o que revela que a bacia tem uma forma relativamente compacta. Esse índice é obtido pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área. Valores mais próximos de 1 indicam uma forma circular, enquanto valores superiores indicam uma forma mais irregular ou alongada. Um índice de compacidade de 1,12 sugere que a bacia tem uma forma ligeiramente alongada, o que pode

contribuir para tempos de concentração mais longos, permitindo maior dispersão do escoamento superficial ao longo do tempo. Esse parâmetro é fundamental para a avaliação da dinâmica hidrológica, o monitoramento de inundações e o planeamento de estratégias de manejo dos recursos hídricos.

O índice de circularidade mede a proximidade da forma da bacia a um círculo perfeito, o que geralmente é associado a uma maior eficiência no escoamento. Segundo Lima et al. (2022), valores mais altos de circularidade indicam bacias que podem escoar água de forma mais eficiente. Por outro lado, o índice de compacidade reflecte a complexidade da forma da bacia, com valores mais altos indicando formas mais irregulares. De acordo com Pereira et al. (2021), um índice de compacidade elevado pode estar relacionado a uma maior variabilidade no comportamento do escoamento e na gestão das águas pluviais.

### **Tempo de Concentração e Coeficiente de Manutenção**

O período de concentração da bacia foi calculado em 11 horas (h), o que representa o tempo necessário para que a água da chuva escoe desde o ponto mais distante da bacia até a sua seção de controle (normalmente a saída da bacia). Esse parâmetro é crucial para a previsão de enchentes e o dimensionamento de estruturas hidráulicas, como canais de drenagem e reservatórios de controle de cheias.

Um período de concentração de 11 horas (h) indica que o escoamento ocorre de forma relativamente lenta, o que pode estar associado a factores como declividade baixa, extensão da rede de drenagem ou forma alongada da bacia. Isso pode ser vantajoso para a dissipação do escoamento ao longo do tempo, reduzindo a probabilidade de picos de cheia concentrados. No entanto, o tempo de concentração também está relacionado ao tipo de solo e a cobertura vegetal, que influenciam a infiltração e a velocidade do escoamento.

O tempo de concentração é o período necessário para que a água da bacia chegue ao ponto de saída, o que é crucial para a previsão de eventos de escoamento e inundações. Segundo Silva e Santos (2023), um tempo de concentração mais longo pode indicar um sistema de drenagem mais eficiente e uma maior capacidade de retenção de água. O coeficiente de manutenção, por outro lado, reflecte a capacidade da bacia em manter a água em relação ao comprimento da bacia. De acordo com Rodrigues et al. (2022), um coeficiente de manutenção mais alto pode indicar uma bacia com maior capacidade de armazenar água, o que é benéfico para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

### Coeficiente de manutenção

O coeficiente de manutenção ( $C_m$ ) é uma medida utilizada para expressar a relação entre a área da bacia hidrográfica e a extensão total de seus canais de drenagem. O valor obtido de 943,40  $\text{km}^2/\text{km}$  indica que, para sustentar 1 km de drenagem, é necessária uma área de aproximadamente 943,40  $\text{km}^2$ . Esse resultado pode ser interpretado à luz de estudos de autores que discutem a relação entre morfometria e eficiência de drenagem em bacias hidrográficas.

Silva et al. (2017) corroboram essa perspectiva ao destacar que, em bacias hidrográficas de regiões semiáridas, os coeficientes de manutenção geralmente assumem valores mais elevados devido à menor densidade de drenagem. Nesses ambientes, a escassez de precipitação e a maior infiltração nos solos resultam em uma menor quantidade de canais perenes. Portanto, o valor obtido de 943,40  $\text{km}^2/\text{km}$  está de acordo com o que se observa em regiões com essas características.

Para Rodrigues e Santos (2020), o coeficiente de manutenção é um indicador importante para a gestão de recursos hídricos, pois reflecte a capacidade de captação e condução de águas pluviais. Valores elevados podem implicar em maior necessidade de planeamento do uso do solo, especialmente em regiões suscetíveis à erosão e assoreamento de rios.

**Tabela 1.** Parâmetros Morfométricos da bacia hidrográfica do Rio Cuquema

Parâmetros	Resultado Observado	Interpretação
Declividade (S)	0,326%	Suave
Densidade de drenagem (Dd)	1,06 $\text{km}/\text{km}^2$	Bem drenada
Factor de Forma (Kf)	0,82	Circular/ Alongada
Índice de Circulridade (Ic)	0,80	Circular/ Alongada
Indice de Compacidade (Kc)	1,12	Circular/ Alongada
Tempo de concentração (Tc)	11 horas	Rápido
Coeficiente de manutenção ( $C_m$ )	943,40 $\text{Km}/\text{Km}^2$	Boa

## Conclusões

A área de drenagem de 405,9 km<sup>2</sup> e o perímetro de 79,9 km fornecem uma base sólida para caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Cuquema. Esses parâmetros influenciam o comportamento hidrológico, o escoamento superficial e a capacidade de armazenamento de água, sendo fundamentais para a gestão dos recursos hídricos.

A análise conjunta da área e do perímetro possibilitou avaliar o risco de enchentes, o tempo de concentração do escoamento e a eficiência no armazenamento de água. Essas informações são essenciais para o planejamento ambiental, o desenvolvimento sustentável e a tomada de decisões estratégicas no uso dos recursos hídricos na região.

## Recomendações

Gestão de Recursos Hídricos: Aproveitar a capacidade de infiltração e o potencial de escoamento da bacia para implementar práticas de conservação de água e controle de erosão;

Monitoramento: Realizar monitoramentos regulares dos parâmetros morfométricos e da rede de drenagem para adaptar as estratégias de gestão conforme as condições hidrológicas;

Planeamento Urbano: Integrar as características da bacia no planejamento urbano e rural para minimizar impactos negativos, como erosão e sedimentação;

Educação e Conscientização: Promover a conscientização sobre a importância das características morfométricas da bacia para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

## Referências Bibliográficas

Costa, A., Fernandes, S., & Gomes, L. (2022). *Advances in hydrological modeling using digital elevation models*. Journal of Hydrology and Earth Sciences, 12(4), 543-559. <https://doi.org/10.1016/j.jhes.2022.01.003>

Dávila, M., Pérez, A., & Martínez, J. (2023). *Impacts of drainage density on sediment transport in tropical watersheds*. Journal of Hydrological Research, 19(2), 145-160. <https://doi.org/10.1016/j.jhr.2023.01.007>

Diniz, A. C. (1991). *Angola: O meio físico e potencialidades agrárias*. Instituto para Cooperação Económica.

Ferreira, T., Costa, R., & Silva, J. (2021). *Morphometric analysis of watershed efficiency and flood risk*. Water Resources Management, 35(6), 2371-2384. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02955-4>

- Johnson, R., & Clark, M. (2021). *Influence of slope on infiltration rates in different soil types*. *Soil Science Society of America Journal*, 85(4), 1123-1135. <https://doi.org/10.2136/sssaj2020.08.0300>
- Lee, H., Kim, S., & Choi, S. (2022). *The effect of drainage density on hydrological response in urban watersheds*. *Urban Water Journal*, 19(1), 23-34. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2043221>
- Lima, A., Soares, P., & Carvalho, F. (2022). *Circularity index and its role in watershed management*. *Hydrological Processes*, 36(5), 998-1010. <https://doi.org/10.1002/hyp.14652>
- Martins, G., Duarte, M., & Silva, L. (2022). *Watershed shape and its influence on flood risk*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(4), 297-311. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10253-8>
- Mendes, P., & Oliveira, R. (2023). *Morphometric analysis and watershed management: A case study in Angola*. *Water Resources Research*, 59(2), 278-293. <https://doi.org/10.1029/2022WR032598>
- Miller, A., & Hess, S. (2022). *Assessment of perimeter length on watershed dynamics*. *Geomorphology Journal*, 385, 52-65. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.107541>
- Oliveira, R., Costa, J., & Silva, T. (2021). *Hydrological behavior of large river basins: A review*. *Journal of Hydrology*, 594, 125-139. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125763>
- Pereira, B., Almeida, J., & Pinto, A. (2021). *Compacity index and its implications for watershed management*. *Water Resources Management*, 35(10), 3421-3435. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-03005-7>
- Rodrigues, E., Costa, V., & Castro, R. (2022). *Evaluation of watershed storage capacity using maintenance coefficients*. *Journal of Water and Climate Change*, 13(1), 85-98. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.095>
- Rodrigues, L. A., & Santos, M. P. (2020). Indicadores morfométricos aplicados à gestão de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2), 45–63.
- Silva, J. R., Sousa, F. S., & Nunes, M. F. (2017). Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas em regiões semiáridas. *Revista de Estudos Ambientais*, 19(1), 21–34.
- Silva, J., Carvalho, A., & Lima, T. (2021). *Morphometric parameters and their influence on hydrological behavior*. *Hydrological Sciences Journal*, 66(8), 1234-1250. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1946881>
- Silva, M., & Santos, R. (2023). *Concentration time and flood prediction in semi-arid regions*. *Hydrological Sciences Journal*, 68(2), 233-245. <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2087336>
- Zhang, Y., Li, H., & Wang, X. (2023). *Slope effects on runoff and soil erosion in different landscapes*. *Catena*, 223, 106856. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106856>