

Morphometric characterization of the Alto do Ipojuca hydrographic basin

Giselle C. Almeida*, Abelardo de A. de A. Montenegro**, Ailton A. de Carvalho ***, Valéria R. Lourenço****, Thayná A. B. Almeida*****, Marcelo J. Silva*****

*Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil. E-mail: gihalmeida01@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil. * Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil. **** Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil. ***** Doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil.

Received 8 October 2021; accepted 25 May 2022

Abstract

The study of hydrographic basins has supported a series of important decisions for water resources management. Thus, this study aimed to carry out a morphometric characterization of the Alto of Ipojuca Basin addressing the management and integrated planning of water resources. The present study included the Pernambuco municipalities of Alagoinha, Arcoverde, Belo Jardim, Cachoeirinha, Capoeiras, Pesqueira, Poção, Sanharó, São Bento do Una, Sertânia, Tacaimbó and Venturosa, a region corresponding to the Upper Ipojuca region. For morphometric characterization, the Digital Elevation Model (DEM) from the National Institute for Space Research (INPE) was used. The delimitation of the hydrographic basin was carried out using the hydrological model SWAT 1.9, through the QSWAT interface, coupled with the free QGIS software. The geometric parameters obtained use the drainage area, perimeter, compactness coefficient, form factor, elongation ratio and circularity index. The length of the main river, the concentration time, the fluvial hierarchy, the frequency of channels, the drainage density, the hydrographic density, the sinuosity of the main course, the maximum altimetric amplitude of the basin, the mean slope were determined, as well as the roughness index and the relief ratio were also estimated. The basin has an elongated shape, thus favoring flow along the basin and low possibility of flash and sharp floods. In general, the basin has a good trend towards conservation. The study of such parameters emerges as an alternative and a strong support for water resources planning and management, considering the presence of reservoirs within the studied perimeter and water allocation, as rainfall events become increasingly irregular and variable in space and time, due to climate change.

Keywords: MDE, SWAT, Water resources.

Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Alto Ipojuca-PE

Resumo

O estudo das bacias hidrográficas tem subsidiado uma série de decisões importantes na gestão dos recursos hídricos. Desta forma, este estudo objetivou realizar a caracterização morfométrica da Bacia do Alto Ipojuca abordando a gestão, o manejo e o planejamento integrado dos recursos hídricos. O presente estudo incluiu os municípios pernambucanos de Alagoinha, Arcoverde, Belo Jardim, Cachoeirinha, Capoeiras, Pesqueira, Poção, Sanharó, São Bento do Una, Sertânia, Tacaimbó e Venturosa, região correspondente à bacia do Alto Ipojuca. Para caracterização morfométrica foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada utilizando-se o modelo hidrológico SWAT 1.9, por meio da interface QSWAT, acoplado ao software livre QGIS. Os parâmetros geométricos obtidos se referem à área de drenagem, perímetro, coeficiente de compactidade, fator de forma, razão de alongação e índice de circularidade. Determinou-se o comprimento do rio principal, o tempo de concentração, a hierarquia fluvial, a frequência de canais, a densidade de drenagem, a densidade hidrográfica, a sinuosidade do curso principal a amplitude altimétrica máxima da bacia, a declividade média, o índice de rugosidade e a razão de relevo. A bacia apresenta formato alongado, favorecendo com isso um elevado escoamento ao longo da bacia e apresentando baixa possibilidade de enchentes rápidas e acentuadas. De maneira geral, a bacia apresenta boa tendência à conservação. O estudo desses parâmetros surge como uma alternativa e um forte subsídio ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, considerando a presença de reservatórios dentro do perímetro estudado e a alocação de água, uma vez que eventos pluviométricos se tornam cada vez mais irregulares e variáveis no espaço e tempo, devido às mudanças climáticas.

Palavras chaves: MDE, SWAT, Recursos hídricos

Introdução

O estudo das bacias hidrográficas considera a organização dos corpos hídricos no espaço e sua evolução morfogenética ao longo do tempo, bem como a influência da geologia da região a qual pertence. Principalmente quando se trata de regiões como o semiárido, onde se verifica elevadas restrições hídricas devido à irregularidade de chuvas, altas variações de temperatura e altas taxas de evapotranspiração, a análise morfométrica de bacias tem subsidiado uma série de decisões importantes no que se refere a gestão dos recursos hídricos (Cherem et al., 2018; Lourenço et al., 2021; Oliveira e Silva, 2020).

A bacia do Rio Ipojuca está localizada no Estado de Pernambuco e ocupa cerca de 3.49% da área territorial do Estado. A região é frequentemente acometida por problemas de secas e estiagens, e nos últimos anos a demanda pela utilização dos recursos hídricos tem aumentado, o que torna ainda mais necessário o conhecimento acerca da bacia para uma melhor utilização dos recursos hídricos (Oliveira et al., 2022). Outro aspecto que reforça a necessidade de estudos nessa bacia é o seu nível de poluição, evidenciado pelos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável do IBGE (2013), que classificam o Rio Ipojuca no terceiro lugar entre os rios mais poluídos do Brasil, apresentando focos de poluição em todo o seu curso. Considerando o contexto em que se encontra a Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca, cabe ressaltar a criação do comitê homologado pela resolução CRH nº 02/2002 como sendo um órgão colegiado que possui competências deliberativas e consultivas vinculadas ao sistema de gestão de recursos hídricos. A criação do comitê da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca (COBH Ipojuca) representa um importante avanço nesse cenário, sendo uma importante ferramenta de tomada de decisão e gestão dos recursos hídricos.

Rodrigues et al. (2020) ressaltam que compreender as características de uma bacia hidrográfica possibilita o estudo da sua dinâmica ambiental e territorial, constituindo-se em uma importante estratégia de gerenciamento. Portanto, a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica consiste em um procedimento essencial para o sucesso desse gerenciamento, pois contribui de forma direta para o processo de compreensão das características físico-naturais e geomorfológicas da bacia, além de permitir que se conheça a dinâmica hidrológica da bacia e suas possíveis vulnerabilidades.

Dentro dessa temática, diversos modelos foram desenvolvidos com o intuito de avaliar os impactos hidrológicos resultantes de práticas de manejo de solo e água nas bacias hidrográficas, a fim de subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos

hídricos (Cargnelutti et al., 2017; Silva e Cota, 2019). O SWAT (Soil and Water Assessment Tool) é um modelo hidrológico que foi desenvolvido de modo a simular os impactos de práticas de manejo de água e solo, produção de sedimentos e agroquímicos em bacias hidrográficas, em escala de tempo diária, mensal ou anual (Silva e Cota, 2019; Chagas et al., 2022).

De acordo com Passos et al. (2021), o modelo SWAT vem sendo continuamente aperfeiçoado ao longo do tempo o que refletiu na ampliação de sua capacidade de processamento, possibilitando a realização de simulações de forma contínua para maiores intervalos de tempo. Além disso, há a possibilidade de integração entre interfaces livres de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como é o caso do software Quantum GIS (QGIS). Tais estudos têm sido vastamente explorados em ambientes SIG através de geotecnologias como Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica e outros, e tem apresentado resultados adequados no que diz respeito à dinâmica hídrica de bacias hidrográficas (Costa et. al., 2020).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo a análise da morfometria da Bacia Hidrográfica do Alto Ipojuca com o auxílio do software livre QGIS e do modelo SWAT, de maneira a auxiliar na sua gestão, manejo e planejamento dos recursos hídricos.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na região que compreende a bacia do Alto Ipojuca, localizada no estado de Pernambuco. O trecho avaliado corresponde à área desde a nascente do Rio Ipojuca, até Tacaimbó. Este trecho foi escolhido para análise em função dos altos índices de poluentes lançados ao rio pela atividade antrópica, fazendo-se necessárias e urgentes intervenções que visem a recuperação dessas áreas. Os municípios de Arcoverde, Belo Jardim, Pesqueira, Sanharó, Tacaimbó tem suas áreas urbanas cortadas pelo Rio Ipojuca. Além desses, Alagoinha, Cachoeirinha, Capoeiras, Poção, São Bento do Una, Sertânia e Venturosa são municípios integrantes deste trecho da bacia. Dentro do trecho avaliado, existem importantes reservatórios, como o reservatório Pedro Moura Junior e Engenheiro Severino Guerra, ambos pertencentes ao município de Belo Jardim (APAC, 2020).

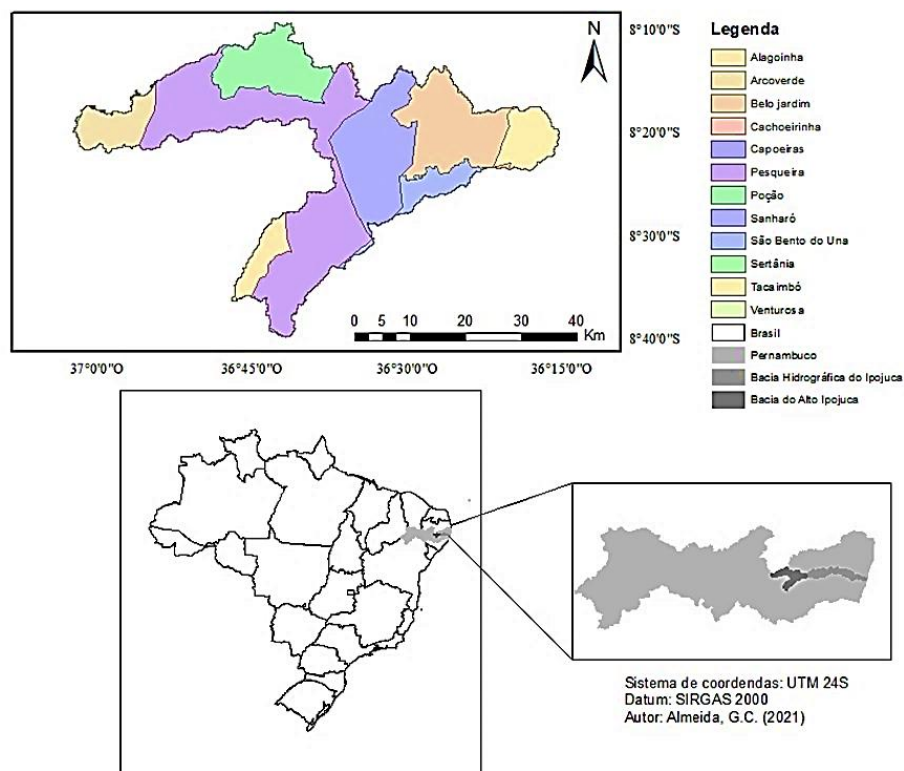


Figura 1 – Localização da bacia Alto Ipojuca no Estado de Pernambuco, Brasil. Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Aquisição, tratamento das imagens e delimitação da bacia hidrográfica

O conjunto de imagens analisadas foram adquiridas a partir do projeto TOPODATA que fornece o Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30m, e a partir dos dados Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) no formato Geotiff, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Considerando os limites da área de interesse, foi utilizada a carta 08S36, que por sua vez encontrava-se no sistema de referência WGS84. Para facilitar os cálculos necessários no processo, a imagem foi convertida para o sistema de referência SIRGAS 2000 (Sistema de referência Geocêntrico para as Américas) e projetados no Sistema UTM (Universal Transverso de Mercator – Zona 24S), seguindo recomendação do IBGE (2015).

O delineamento da bacia, criação das sub-bacias e processamento da rede de drenagem foram realizados por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE), com o auxílio do modelo SWAT. O software QGIS foi utilizado para os processamentos iniciais de mosaico e recorte. Com auxílio do plugin QSWAT foram criados os fluxos, bacias e sub-bacias de acordo com os seguintes passos: seleção do MDE, definição do limiar do número mínimo de células, criação dos cursos d'água, criação das sub-bacias e delineamento da bacia hidrográfica. A última etapa consistiu na extração da tabela de atributos adquiridos por meios das ferramentas do QGIS.

Caracterização Morfométrica

A análise morfométrica da bacia foi realizada com base nos cálculos dos parâmetros físicos, hidrológicos e de relevo, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Equações dos parâmetros geométricos, hidrológicos e do relevo, utilizados para a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Alto Ipojuca.

Parâmetro	Descrição	Equação	Fonte
Físicos			
Área de drenagem (A)	Representa a área drenada pelo sistema fluvial projetada em plano horizontal.	km ² ou ha	Costa et al. (2020)
Perímetro (P)	-	km	-
Fator de forma (Kf)	Relação entre a área da bacia (A) e o comprimento do eixo da bacia (L) (da foz ao ponto mais distante do divisor de água).	$Kf = A/L^2$ (km ² /km)	Horton (1945)
Coeficiente de compacidade (Kc)	Relação entre o perímetro (P) (km) da bacia e a área da bacia (A) (km ²).	$Kc = 0,28(P/\sqrt{A})$ (km/km ²)	Lima (1969)
Índice de circularidade (IC)	Relação entre a área da bacia (A) (km ²) e o perímetro (P) da bacia (km).	$IC = 12,57 (A/P^2)$	Miller (1953)
Razão de alongação (Re)	Relação entre índices pré-determinados, a área da bacia (A) e o comprimento do eixo da bacia (L).	$Re = 1,128[(A^{0,5})/L]$	Schumm (1963)
Hidrológicos			
Comprimento do rio principal (L)	É um parâmetro que mede a extensão do rio principal de sua nascente até a foz (ou exutório da bacia).	km	Embrapa (2012)
Tempo de concentração (tc)	Tempo que uma gota de chuva que atinge a região mais remota da bacia leva para atingir o exutório. L é o comprimento do curso d'água (km); e Δh é a diferença de altitude ao longo do curso d'água principal (m).	$t_c = 0,87[(L^3)/\Delta h]^{0,385}$ (Horas)	Collischonn e Tassi (2008)
Frequência de canais (Fr)	Representa o número total de canais por ordem hierárquica. Nu: Número de canais por ordem; Nt: Número total de canais.	$Fr = (Nu/Nt)100$	Horton (1945)
Densidade de drenagem (Dd)	Relação entre o comprimento da rede de drenagem (Cr) e a área da bacia (A).	$Dd = Cr/A$ (canais/km ²)	Horton (1945)
Densidade hidrográfica (Dh)	Relação entre o número de segmentos de rios (Nt) e a área da bacia (A).	$Dh = Nt/A$ (canais/km ²)	Christofoletti (1969)
Sinuosidade do rio principal (Sin)	Relação entre o comprimento rio principal (R) e o perímetro do talvegue do rio principal (L _{RP}).	$Sin = R/LRP$	Schumm (1963)
Relevo			
Altitude (A)	-	m	-
Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm)	Diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico.	m	Stipp et al. (2010)
Declividade média (%)	-	M	-
Índice de rugosidade (Ir)	Relação entre a variação da cota (ΔH) (km) e a Densidade de drenagem (Dd) (km/km ²).	$Ir = \Delta H * Dd$	Christofoletti (1969)
Razão de relevo (Rr)	Relação entre a variação da cota (ΔH) e o comprimento do eixo da bacia (L).	$Rr = \Delta H/L$	Christofoletti (1969)

3. Resultados e discussão

Um mapeamento investigativo da qualidade das águas superficiais de Pernambuco realizado pela CPRH, considerando o ano de 2018, contou com dois pontos de monitoramento dentro dos limites da bacia em estudo, um localizado no município de Arcoverde e o outro em São Bento do Una (CPRH, 2018). Os resultados encontrados neste estudo (Tabela 2) mostram que o ponto de coleta localizado no

Município de São Bento do Una apresenta índices mais preocupantes quando comparado ao ponto de monitoramento localizado em Arcoverde. A classificação para coliformes termotolerantes evidencia um indicativo de poluição por esgotos domésticos, confirmando a premissa de que Bacia possui focos de poluição reforçando com isso a necessidade de políticas de revitalização para assegurar o não comprometimento dos seus recursos

hídricos.

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água para estações nos municípios de Arcoverde e São Bento do Una

Parâmetros	Qualificação	
	Arcoverde	São Bento do Una
Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1})	Dentro da classe	Fora da classe*
Índice do Estado Trófico	Supereutrófico	Hipereutrófico
Coliformes Termotolerantes (NMO/100mL)	Dentro da classe	Fora da classe*
Risco de salinização do solo	Baixo	Muito alto

* Resolução do CONAMA 357/05

Crítérios para as classificações: Índice do estado trófico – IET: Supereutrófico ($63 < \text{IET} < 67$); Hipereutrófico ($\text{IET} > 67$). Risco de salinização: Baixo ($\text{Cond.} \leq 750$); muito alto ($\text{Cond.} > 3000$). Fonte: CPRH, 2018

Os parâmetros geométricos resultantes da caracterização morfométrica da Bacia do Alto Ipojuca são apresentados na Tabela 3. A Bacia apresentou uma área de $1.598,00 \text{ km}^2$, um perímetro de $470,76 \text{ km}$ e um comprimento de aproximadamente $87,70 \text{ km}$. O fator forma é de $0,21 \text{ Km}^2 \text{ Km}^{-1}$, o coeficiente de

compacidade de $3,30 \text{ km km}^{-2}$, o índice de circularidade de $0,09 \text{ Km}^2 \text{ Km}^{-1}$ e a razão de alongação de $0,30 \text{ Km}^2 \text{ Km}^{-1}$. Estes parâmetros apresentam relação diretas com as características físicas da bacia (Villela e Matos, 1975).

Tabela 3 – Parâmetros geométricos da bacia do Alto Ipojuca, PE.

Característica	Parâmetro	Resultados
Geométricos	Área (km^2)	1598,00
	Perímetro (km)	470,76
	Comprimento (km)	87,07
	Fator forma ($\text{km}^2 \text{ km}^{-1}$)	0,21
	Coeficiente de compacidade (km km^{-2})	3,30
	Índice de circularidade ($\text{km}^2 \text{ km}^{-1}$)	0,09
	Razão de alongação	0,30

O parâmetro fator de forma configura-se como um indicador de risco de ocorrência de enchentes. Segundo a classificação proposta por Villela e Mattos (1975), quanto menos próximo de 1 o fator forma estiver, mais alongada é a bacia e, portanto, menor sua tendência a gerar enchentes rápidas e acentuadas. Desta forma, o baixo fator de forma da bacia (0,21) corrobora com a indicação de que a probabilidade de ocorrência de enchentes é baixa do ponto de vista geométrico (Silva e Farias, 2021). Resultado semelhante foi encontrado por Crispim et al. (2021), investigando a bacia hidrográfica do Igarapé Quarenta Horas, localizado no município de Ananindeua-PA, Norte do Brasil, onde os autores observaram que a ocorrência de enchentes era pouco provável do ponto de vista geométrico em função de um baixo fator de forma.

Soares et al. (2016) estabelecem que o índice de circularidade apresenta valores entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo da unidade, mais próxima da forma circular será a bacia, sendo também mais propensa ao desenvolvimento de cheias. Valores menores que 0,51 correspondem a bacias de formato alongado, que favorece o escoamento em regime fluvial; valores maiores que 0,51 correspondem a bacias de formato circular, que favorecem o desenvolvimento de inundações, já valores de IC iguais a 0,51 significam escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias.

No tocante aos parâmetros morfométricos oriundos da caracterização da rede de drenagem, sintetizou-se os resultados na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros hidrológicos da bacia do Alto Ipojuca, PE.

Característica	Parâmetro	Resultado
Hidrológicos	Comprimento do rio principal (L)	131.28 km
	Tempo de concentração (T_c)	20.95 horas
	Densidade de drenagem (D_d)	0.08 canais km^{-2}
	Densidade hidrográfica (D_h)	0.29 canais km^{-2}
	Sinuosidade do rio principal (Sin)	1.53

O comprimento do rio principal, Figura 2, foi de 133,48 km, o tempo de concentração foi de 20,95 horas, densidade de drenagem de 0,08 canais km^{-2} , sendo classificada como baixa/pobre (valores menores que 0,50 km km^{-2}) conforme as classificações de Villela e Matos (1975). Hirata e Burkert (2020) afirmam que áreas com baixas densidade de drenagem apresentam menor tendência a sofrer com processos erosivos, destacando-se assim um ponto positivo para a bacia em questão. Além disso, observa-se que densidade hidrográfica foi de 0,29 canais km^{-2} refletindo na baixa capacidade de gerar novos cursos d'água, conforme Strahler (1952).

Quanto à sinuosidade do curso d'água principal, esta foi de 1,53, indicando que o canal existente é classificado como meândrico, o que significa que os canais descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si (Christofletti, 1981), que tendem a reduzir a declividade média e produzir velocidades médias de escoamento mais baixas.

Na Figura 2 estão representados locais onde iniciativas de reuso hidroagrícola estão sendo desenvolvidas (Carvalho et al., 2021), e que contribuirão no futuro próximo para reduzir a carga orgânica doméstica lançada ao Rio Ipojuca.

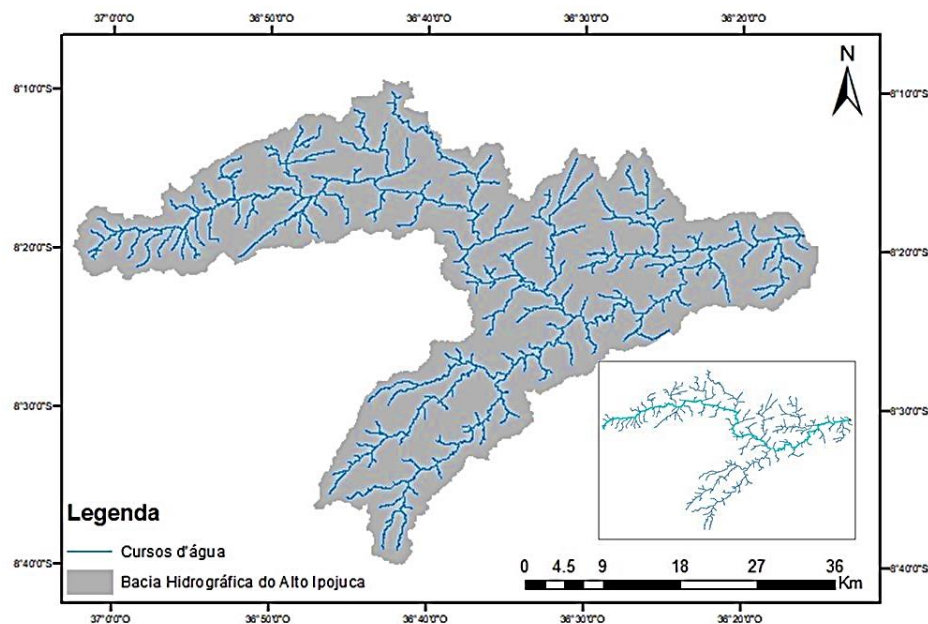


Figura 2 – Rede de drenagem da Bacia do Alto Ipojuca

Na Tabela 5 observa-se a frequência relativa de canais de cada ordem (Figura 3) pelo número de canais totais. Nota-se que na bacia estudada foram contabilizados 897 canais, havendo a ocorrência de canais de até 5ª ordem (5,61%). No entanto, a maior incidência foi de canais de 1ª ordem, em torno de 464 canais o que responde a 50,05%. De acordo com

Souza, (2005), um número elevado de canais de 1ª ordem está relacionado com o tempo decorrido entre a precipitação máxima e a descarga máxima no canal principal.

Tabela 5 – Frequência dos canais da bacia do Alto Ipojuca, PE.

Ordem	Número	Frequência (%)
1	464	50,05
2	205	22,11
3	143	15,43
4	33	3,56
5	52	5,61

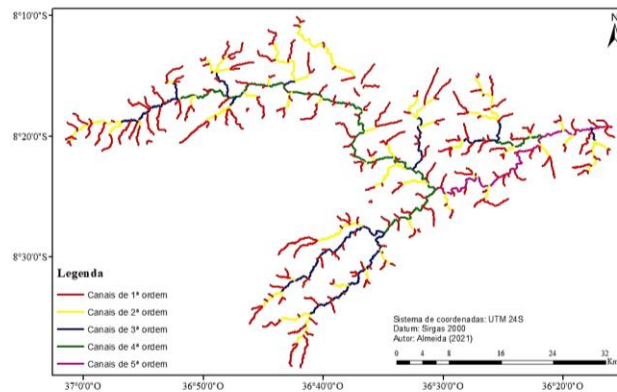


Figura 3 – Caracterização da hierarquia fluvial da Bacia do Alto Ipojuca

Na Tabela 6 estão descritos os parâmetros de relevo originados da caracterização da Bacia do Alto Ipojuca, onde é possível observar que a bacia possui amplitude máxima de 613,05 km, um índice de rugosidade de 0,44 e uma razão de relevo de 0,01 km. Silva e Farias (2021), estudando a Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, encontraram valores considerados

baixos o que reflete na baixa susceptibilidade da bacia a degradação. Os valores encontrados para a Bacia do Alto Ipojuca indicam um baixo risco a enchentes que está associado ao formato da bacia e a sua amplitude altimétrica, como já verificado com base nos outros índices.

Tabela 6 – Parâmetros de relevo da bacia do Alto Ipojuca, PE.

Característica	Parâmetro	Resultado (km)
Relevo	Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm)	613,05
	Índice de rugosidade (Ir)	0,44
	Razão de relevo (Rr)	0,01

Na Figura 4 está apresentada a hipsometria da Bacia Hidrográfica, sendo possível verificar que a altitude máxima é de 1085,1 m e a mínima é de 620,4 m, com uma altitude média de 852,76 m e diferença altimétrica de 464,7 m. Alguns estudos mostram que valores de altimetria média e de diferença altimétrica de uma bacia hidrográfica estão

intimamente relacionados com a temperatura e precipitação pluviométrica, variáveis que podem refletir de forma significativa nos valores de precipitação e evapotranspiração anual de um local, e no balanço hídrico (Gerber et al., 2018; Crispin et al., 2021).

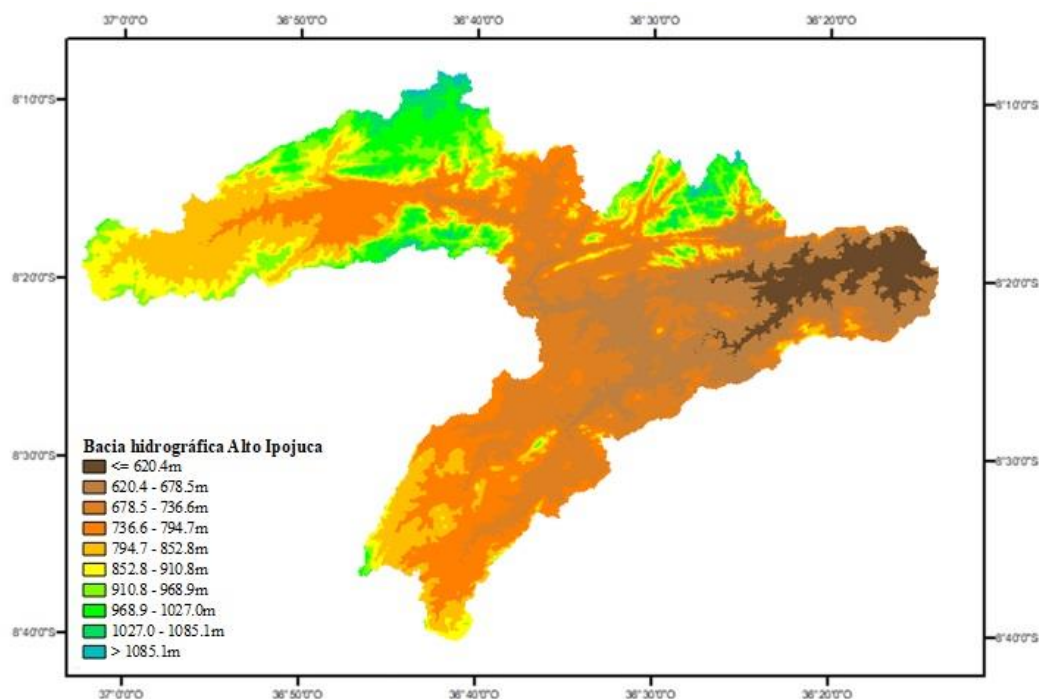


Figura 4 – Distribuição hipsométrica da Bacia do Alto Ipojuca

No tocante a morfometria municípios a montante a Tabela 7 apresenta características geométricas,

hidrológicas e de relevo, para os de Arcoverde, Pesqueira, Belo Jardim, Sanharó e Tacaimbó.

Tabela 7 – Parâmetros geométricos e de relevo dos cinco municípios cortados pelo Rio Ipojuca, no trecho adotado

	Parâmetro	Municípios				
		Arcoverde	Pesqueira	Belo Jardim	Sanharó	Tacaimbó
Geométricos	Área (km ²)	92,91	589,54	237,54	260,59	89,32
	Perímetro (km)	60,39	276,87	123,12	91,79	50,26
	Comprimento (km)	17,01	53,40	32,14	30,82	13,63
	Fator forma (km ² km ⁻¹)	0,32	0,21	0,23	0,27	0,48
	Coeficiente de compacidade (km km ⁻²)	1,75	3,19	2,24	1,59	1,49
	Índice de circularidade (km ² km ⁻¹)	0,32	0,10	0,20	0,39	0,44
	Razão de alongação	0,16	0,08	0,10	0,11	0,20
Relevo	Altitude máxima (m)	995,90	1087,73	1169,21	1095,02	866,71
	Altitude mínima (m)	783,82	665,91	573,56	633,61	560,85
	ΔH (m)	212,08	421,82	595,65	461,41	305,86

De maneira geral, considerando os cinco municípios apresentados na Tabela 7, Tacaimbó (que está no exutório da Bacia do Alto Ipojuca foi o que apresentou menor coeficiente de compacidade (1,49) e maior fator forma,

indicando tendência mediana a grandes enchentes. Quanto ao índice de circularidade, o trecho da bacia até o município de Pesqueira apresentou-se como sendo pouco propenso a enchentes.

Conclusões

O estudo de bacias hidrográficas auxilia na compreensão da dinâmica da água que influenciam nos processos hidrológicos associados, constituindo-se em uma importante ferramenta no planejamento e gestão. Neste estudo, a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Alto Ipojuca, considerando a importância da bacia para o Estado, bem como o seu grau de poluição, evidenciou que a mesma apresenta um formato alongado, o que favorece o escoamento fluvial, possui baixa susceptibilidade de ser acometida por enchentes, refletindo com isso em uma adequada tendência à conservação, dessa forma, tais resultados deverão ser muito úteis dentro do contexto de ações deliberadas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca (COBH Ipojuca) representando um importante avanço com relação a gestão dos recursos hídricos na Bacia em questão.

Quanto ao estudo da morfometria nos cinco municípios banhados pelo Rio Ipojuca, em seu trecho desde a nascente até Tacaimbó, verificou-se que este município foi o que se apresentou mais vulnerável no que diz respeito a grandes enchentes. Por outro lado, a área da bacia do município de Pesqueira foi a que se mostrou menos vulnerável dentre as demais.

Além disso, a utilização de softwares livres se apresentou como uma adequada alternativa no estudo das características morfométricas de bacias hidrográficas, por possuir ferramentas essenciais, práticas e eficientes, que por sua vez auxiliará na condução de políticas de planejamento e gestão dos recursos hídricos em meio a um cenário de incertezas e de necessidade de estudos dentro da temática.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Laboratório de Água e Solo (LAS), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – 151969/2020-5, 308.890/2018-3, e 403.622/2020-4 (MAI DAI), e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) – APQ 0300-5.03/17, APQ 0414-5.03/20, IBPG-1758-5.03/15, BIC0818-5.03/21, BPV-0033-5.03/21, e BPV-0012-5.03/21 pelo apoio ao estudo desenvolvido.

Referências

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC) (2020). Comitês de Bacias Hidrográficas.
Carvalho, A. A.; Montenegro, A. A. A.; Lima, J. L. M. P.; SILVA, T. G. F.; Pedrosa, E. M. R.; Almeida,

- T. A. B. (2021) Coupling Water Resources and Agricultural Practices for Sorghum in a Semiarid Environment. *Water*, v. 13, p. 1-27.
- Chagas, A.M.S., Montenegro, A.A.A., Farias, C.W.L.A., Lins, F.A.C., Silva, J.R.I., 2022. Use of geotechnologies for morphometric analysis of experimental basin in the semiarid region to support hydrological simulation. *Eng. Agric.*, v.30, p. 19-35.
- Cherem, L. F. S.; Silva, G. B.; Zancopé, M. H. C.; Rosa, L. E. 2018. Controle litoestrutural na morfologia holocênica de planície e canal no alto curso do Rio Meia Ponte (Goiás). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 4, p. 837-847.
- Christofolletti, A., 1974. A análise de bacias hidrográficas. In: Christofolletti, Antonio. *Geomorfologia*. Edgard Blücher, EDUSP. São Paulo.
- Costa, A. A. D., Galvanin, E. A. S., Neves, S. M. A. S., 2020. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara, Mato Grosso – Brasil. *Geosul*, v. 35, n. 74, p. 483-500.
- Crispim, D. L.; Bezerra, P. E. S.; Lima, G. V. B. A.; Fernandes, L. L., 2021. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Quarenta Horas no município de Ananindeua, Pará. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* v.11, n.1. <https://doi.org/10.29150/jhrs.v11.1.p1-10>
- Gerber, I.; Pertille, C. T.; Vieira, F. C.; Corrêa, B. J. S.; Souza, C. F., 2018. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. *Acta Biológica Catarinense*. Jan-Abr;5(1):72-83
- Gomes, D. D. M.; Duarte, C. R.; Veríssimo, C. U. V.; Lima, D. R. M., 2014. Análise e Compartimentação Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú – Pernambuco/Alagoas. *Revista de Geologia*. Vol. 27, nº 2, 167 – 182.
- Hirata, A. A.; Burkert, D., 2020. Morfometria da Bacia do Ribeirão Lajeado-SP. *Formação (Online)*, v. 27, n. 50, p.175-199.
- Lima, W.P., 1969. *Manejo de Bacias Hidrográficas*. ESALQ, Piracicaba
- Lourenço, V. R.; Carvalho, A. A.; Almeida, G. C.; Montenegro, A. A. A., 2021. Comparison of water masses areas in a semiarid basin using spectral indices and MapBioma's classification. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*. v.11, n.4 196-203
- Nyeko, M., 2015. Hydrologic modelling of data scarce basin with SWAT model: capabilities and limitations. *Water Resources Management*, v. 29, p. 81-94.
- Oliveira, A. F. B., Gomes, B. R. S., França, R. S., Moraes, A. S., Bataglion, G. A., Santos, J. M.,

2022. Assessment of Urban Contamination by Sewage in Sediments from Ipojuca River in Caruaru City, Pernambuco, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 33, No. 2, 163-172, 2022. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20210133>
- Oliveira, M. K. T.; Silva, G. R. D., 2020. Diagnóstico descritivo da gestão e do planejamento de recursos hídricos no Semiárido Brasileiro, in *Semiárido Brasileiro*. Belo Horizonte: Poisson, pp. 08-10.
- Oliveira, M. K. T.; Silva, G. R. D., 2020. Diagnóstico descritivo da gestão e do planejamento de recursos hídricos no Semiárido Brasileiro. in *Semiárido Brasileiro*. Belo Horizonte: Poisson.
- Passos, F. O.; Silva, B. C.; Silva, F. G. B., 2021. Avaliação de impactos de mudanças no uso e manejo do solo sobre as vazões da Bacia Hidrográfica do Ribeirão José Pereira, utilizando o modelo SWAT. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.14, n.02. 619-633.
- Rodrigues, A. C. F.; Silva, C. W. G.; Silva Rodrigues, E.; Silva Galvão, S. R.; Caldas, A. M., 2020. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Terra Nova-PE. *Revista Semiárido De Visu*, Petrolina, v. 8, n. 1, p. 2-14.
- Silva, A. F.; Farias, C. W. L. A., 2021. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú utilizando o modelo Swat. *Revista Semiárido De Visu*, v. 9, n. 2, p. 76-86.
- Silva, J. L.; Tonello, K. C., 2014. Morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas – SP. *Irriga, Botucatu*, v. 19, n. 1, p. 103 - 114.
- Silva, L.; Cota, S.D.S., 2019. Derivação de parâmetros para o uso do modelo SWAT na estimativa de recarga subterrânea em um aquífero cárstico-fissural do semiárido brasileiro. *Revista Águas Subterrâneas* 33, 22 - 33.
- Soares, S. L.; Lopes, W.G.R.; Castro, A. C. L.; Araújo, G. M. C., 2016. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 31, p. 82-100.
- Souza, C. R. G., 2005. Suscetibilidade Morfométrica de Bacias de Drenagem ao Desenvolvimento de Inundações em Áreas Costeiras. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 6, n.1. pp 45-61.
- Strahler, A.N., 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Bull Geol Soc Am* 63:923–938.
- Villela, S. M., Mattos, A., 1975. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.