

Caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município e Itaporanga (PB)

Este trabalho teve como objetivo realizar a Caracterização Morfométrica das microbacias hidrográficas do rio Piancó inseridas no município de Itaporanga-PB com auxílio de um Sistema de Informação Geográfica, no sentido de gerar uma base de dados para o planejamento ambiental, permitindo o estabelecimento de diretrizes para projetos e implantação de políticas públicas municipais. A base de dados utilizada foi obtida através de imagens SRTM disponibilizadas pela NASA, o processamento e gerenciamento dos dados foram realizados em um ambiente de SIG de uso livre (QGIS v 3.16). Na área de estudo foram delimitadas 19 (dezenove) micro bacias hidrográficas onde as áreas das mesmas variaram de 4,12 km² a 65,92 Km². Para a relação de relevo foi obtido uma média de 127,51 m/km, fator que tende a favorecer escoamento rápido. No que diz respeito a forma da bacia, fator primordial a possíveis enchentes, destacam-se, a saber, o coeficiente de compacidade (Kc) que teve variação entre 1,22 e 1,70 com valor médio de 1,52; o índice de circularidade (Ic) variando entre 0,32 a 0,66 com valor médio de 0,44; o fator de forma (Kf) variando entre 0,18 a 0,76 com uma média de 0,37. Em relação a densidade hidrográfica das microbacias, a área de estudo apresentou uma média de 3,22 canais/km². Outro fator de relevância calculado foi a densidade de drenagem que variou de 1,46 a 1,91 km/km², ficando com uma média de 1,66 km/km².

Palavras-chave: Geotecnologias; Hidrologia; Recursos naturais.

Morphometric characterization of the micro water basins inserted in the municipality of Itaporanga (PB)

This work aimed to carry out the Morphometric Characterization of the Piancó river watersheds inserted in the municipality of Itaporanga-PB with the aid of a Geographic Information System, in order to generate a database for environmental planning, allowing the establishment of guidelines for projects and implementation of municipal public policies. The database used was obtained through SRTM images made available by NASA, data processing and management were performed in a free-use GIS environment (QGIS v 3.16). In the study area, 19 (nineteen) micro hydrographic basins were delimited, where their areas varied from 4.12 km² to 65.92 km². For the relief ratio an average of 127.51 m/km was obtained, a factor that tends to favor rapid flow. With regard to the shape of the basin, a key factor in possible flooding, the following stand out, namely, the compactness coefficient (Kc) which varied between 1.22 and 1.70 with an average value of 1.52; the circularity index (Ic) ranging from 0.32 to 0.66 with an average value of 0.44; the form factor (Kf) ranging from 0.18 to 0.76 with an average of 0.37. Regarding the hydrographic density of the watersheds, the study area presented an average of 3.22 channels/km². Another relevant factor calculated was the drainage density, which ranged from 1.46 to 1.91 km/km², with an average of 1.66 km/km².

Keywords: Geotechnologies; Hydrology; Natural resources.

Topic: Engenharia de Recursos Hídricos

Received: 06/03/2022

Approved: 24/03/2022

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Jeremias de Sousa Peruzzo
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
jeremiasperuzzo@gmail.com

Guttemberg da Silva Silvino 
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7469382161768585>
<https://orcid.org/0000-0002-9199-2732>
guttembergs@gmail.com

Maria Cristina Pereira de Araújo
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
mariacristina@yahoo.com.br

Mauricio Javier De Leon
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8143357594165784>
mjleon@gmail.com

Nivaldo Timóteo de Arruda Filho
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4487558349488728>
nivaldo.arruda.filho@gmail.com

Fabiana Donato Soares Lisboa
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5532300471347819>
fdslisboa@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0008

Referencing this:

PERUZZO, J. S.; SILVINO, G. S.; ARAÚJO, M. C. P.; LEON, M. J.; ARRUDA, N. T. F.; LISBOA, F. D. S.. Caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município e Itaporanga (PB). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.3, p.92-104, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0008>

INTRODUÇÃO

O contexto ambiental atua no qual o planeta se encontra necessita de uma certa atenção no intuito de criar alternativas para a conservação dos recursos hídricos no Brasil o cenário não é diferente, o país sofre cada vez mais com a crise hídrica, resultado do desperdício e má gestão de tal recurso (TUGOZ et al., 2017). De certa forma observamos um país que dá prioridade ao crescimento econômico, visto que ainda existe um sistema educacional precário e sem muitos investimentos no desenvolvimento novas tecnologias, o resultado disso são sérios problemas e negligências quando o assunto é a conservação do meio ambiente (ECKERT et al., 2015).

As discussões ambientais são atualmente amplamente evidenciadas no mundo contemporâneo e sua análise e compreensão requerem ponderação sobre os valores e ideais humanos adotados até o momento, sobretudo no que diz respeito à relação homem/natureza, que atualmente é uma das maiores preocupações dos planejadores e gestores ambientais¹.

O Brasil é conhecido pelo seu extenso território, o que dificulta a gestão dos seus recursos ambientais, com as bacias hidrográficas não é diferente, pois apresentam uma certa dificuldade na gestão pelo fato de serem extensas. Sendo assim para análise e diagnóstico ambiental de grandes áreas, várias técnicas já foram estudadas, destacando-se a utilização de geotecnologias, (COSTA et al. 2007). O que torna ainda mais interessante e importante o uso delas para a gestão ambiental visto que bacias hidrográficas apresentam grandes dimensões, complexidade e altos custos para operacionalização em campo (BOLFE et al., 2004). Nesse contexto observamos nas geotecnologias uma alternativa para o monitoramento e auxílio na gestão de recursos hídricos, possibilitado o desenvolvimento de estratégias com a finalidade de permitir o uso adequado e sustentável das bacias hidrográficas (CASTRO et al., 2018).

Diversos impactos podem ser observados como consequência da ação antrópica sem medidas, como o uso desordenado do solo e a retirada da vegetação. Para o conhecimento do meio físico da bacia hidrográfica o geoprocessamento se torna um aliado, pois através de informações cartográficas e de imagens de satélite pode se obter informações referentes ao diagnóstico do meio físico de uma bacia hidrográfica, assim como é possível analisar riscos ambientais e fazer planejamentos para uso apropriado dessas áreas.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica tem como objetivo elucidar questões sobre o entendimento das suas dinâmicas local e regional, apoiando o gerenciamento dos recursos hídricos, sendo um dos principais procedimentos executados em análises hidrológicas e ambientais (SANTOS et al., 2012; FERRARI et al., 2013).

A bacia hidrográfica do rio Piancó mantém sua capacidade hídrica através do armazenamento de aproximadamente 1.846.126.108 m³, por meio de 27 importantes reservatórios. Entre estes está o açude Cachoeira dos Alves, localizado no município de Itaporanga-PB com capacidade de armazenamento de aproximadamente 10 milhões de m³. O referido manancial é responsável pelo abastecimento do município

¹ <http://docplayer.com.br/12324186-Diagnostico-ambiental-em-area-urbana-bacia-hidrografica-do-corrego-cajuba-uberlandia-mg.html>

de Itaporanga, bem como da estação de Piscicultura localizada à jusante do mesmo açude².

O município em estudo é bastante representativo com a sua imensa rede de drenagem que compõe parte da bacia hidrográfica do rio Piancó, com isso o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização Morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município de Itaporanga-PB, com auxílio das ferramentas de geoprocessamento visando o uso sustentável dos recursos naturais, no sentido de auxiliar a tomada de decisão.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (Figura 1) fica localizada na região metropolitana do Vale do Piancó, inserida na bacia hidrográfica do rio Piancó Piranhas Açu, limitada ao sul com os municípios de Boa Ventura, Diamante e Pedra Branca; a Oeste, com São José de Caiana; a Norte, com Aguiar e Igaracy; a Nordeste, com Piancó; e a Leste, com Santana dos Garrotes, todos situados no estado da Paraíba. A uma distância de 420 km da capital João Pessoa. Com a população estimada de 24.653 habitantes, sendo que no último censo foram contabilizados 23.192 habitantes, com uma densidade demográfica de 49,55 hab./km², com uma área de 468,060 km²³. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, atualizado por Alvares et al. (2013), possui clima semiárido, com uma pluviometria anual de 876,3 mm e temperatura média anual de 26,8 °C.

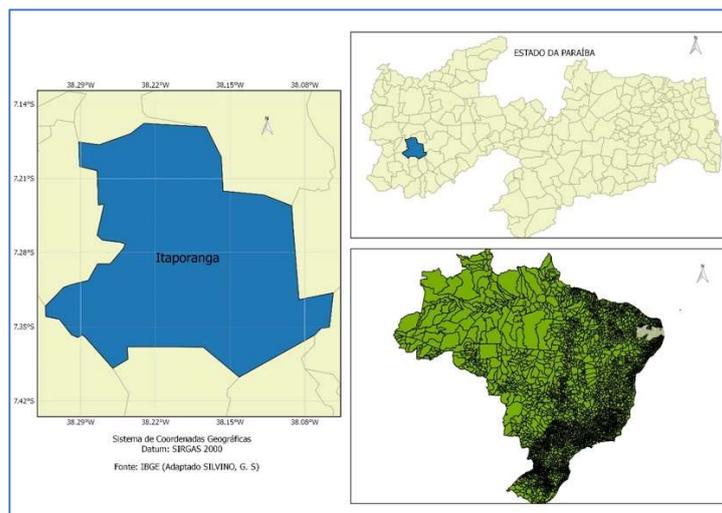


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: adaptado de IBGE⁴.

Morfometria

O cálculo das características morfométricas, também denominadas morfológicas ou simplesmente físicas, de uma bacia hidrográfica é fator primordial para seu conhecimento. Tais características são extremamente úteis na orientação dos técnicos durante a elaboração de projetos hidro agrícolas, na construção de barragens, na escolha de fontes de abastecimento de água, na regularização e regionalização de vazões, dentre outros (NOVAES et al., 2004). Estes índices são fundamentais para qualquer estudo

² <http://geo.aesa.pb.gov.br>

³ <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>

⁴ <http://www.ibge.gov.br>

hidrológico, sendo de grande importância para a definição de uma sequência de prioridades na gestão e elaboração de planos de ação.

Para delimitação das microbacias hidrográficas da área de estudo, foi utilizada a proposta de Horton (1945), apresentada na literatura por Christofolletti (1969, 1978, 1980) e Villela et al. (1975). A análise morfométrica das microbacias será realizada a partir das características geométricas de relevo e da rede de drenagem. As variáveis estudadas serão baseadas nos trabalhos Santos et al. (2012), Ferrari et al. (2013) e Rocha et al. (2014).

Características da Rede de Drenagem

Comprimento total dos canais (Lt), refere-se à soma dos comprimentos dos rios de cada microbacia hidrográfica, em km; Comprimento do canal principal (Ld), distância que se estende ao longo do curso de água da nascente principal até o exultório, em km; Ordem dos cursos d'água, a ordem dos cursos d'água foi determinada conforme Strahler (1957), onde os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, assim sucessivamente; Densidade de drenagem (Dd), correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. A densidade de drenagem foi inicialmente definida por Horton (1945), podendo ser calculada pela Equação 1.

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde Dd representa a densidade de drenagem (km/km²) e Lt o comprimento total dos canais em km e A é a área de drenagem (km²). De acordo com Villela e Mattos (1975), Dd pode ser classificada de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da densidade de drenagem de acordo com Villela e Mattos (1975).

Dd (km/km ²)	Denominação
< 0,5	Pobre
0,5 – 1,5	Regular
1,5 – 2,5	Boa
2,5 – 3,5	Muito Boa
≥ 3,5	Excepcional

Coefficiente de manutenção (Cm), esse índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Christofolletti (1980) considera-o como um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, podendo ser calculado através da Equação 2. Nela, Cm é coeficiente de manutenção (m) e Dd é o valor da densidade de drenagem.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$$

Coefficiente de torrencialidade (Ct), afere a predisposição natural da bacia hidrográfica a sofrer inundações. Para tal, multiplica-se o valor da densidade de drenagem pela densidade hidrográfica. (Equação 3).

$$Ct = Dd \times Dr$$

Características Geométricas

Área da microbacia (A) representa a medida da área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal, em km². A área é uma variável básica para análise, associada a outras variáveis; Perímetro da microbacia (P), comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas que delimita área das microbacias, em km; Densidade hidrográfica (Dh), definido por Horton (1945), é a relação existente entre o número de rios, ou cursos de água, e a área da microbacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão (Equação 4).

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Em que, Dr representa a densidade hidrográfica (canais/km²), N é o número de rios ou cursos de água e A é a área da microbacia em km². Christofolletti (1969) sugere a utilização de N como o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1952), com o argumento de que isso conduz a resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia. Lollo (1995) cita uma classificação da densidade hidrográfica em faixas de valores (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de bacias.

Dh (canais 1ª ordem/km ²)	Denominação
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito alta

Coefficiente de compacidade (Kc), grandeza adimensional, varia com a forma da bacia independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo, igual a uma unidade (1), corresponderia a uma bacia circular; para uma bacia alongada seu valor é significativamente superior a 1, segundo Villela et al. (1975), calculado pela Equação 5. Em que, Kc representa o Coeficiente de compacidade, P é o perímetro da bacia em km e A é a área da bacia em km². Kc pode ser classificado de acordo com a Tabela 3.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Tabela 3: Classificação dado coeficiente de compacidade (KC)

KC	Denominação
1,00 – 1,25	Alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	Tendência mediana a grandes enchentes
≥ 1,50	Não sujeita a grandes enchentes

Índice de Circularidade (IC), o índice de circularidade, grandeza adimensional, tende para unidade à medida que a bacia se aproxima a forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada. Seu cálculo é dado pela Equação 6. Em que, IC é o índice de circularidade, A é a área da bacia em km² e P é o perímetro da bacia em k.

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$$

Fator de forma (F), relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (do exultório ao ponto mais longínquo do canal principal),

podendo ser calculado através da Equação 7. Em que, F, adimensional, é o fator de forma, A é a área da bacia em km² e L é o comprimento axial da bacia em km, classificado de acordo com a Tabela 4.

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Tabela 4: Classificação do fator de forma (F)

F	Denominação
1,00 – 0,75	Alta propensão a grandes enchentes
0,75 – 0,50	Tendência mediana a grandes enchentes
<0,50	Não sujeita a grandes enchentes

Característica de relevo

Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm), corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica. Este conceito, também denominado de “relevo máximo da bacia”, considera que o ponto mais elevado da bacia deve ser a média das cotas mais elevadas, pois o seu ponto alto não compreende toda a porção mais elevada, a amplitude altimétrica, em metros, é dada pela Equação 8. Em que, Hm representa a amplitude altimétrica máxima da bacia, P1 é o ponto mais alto e P2 o ponto mais baixo da microbacia hidrográfica.

$$Hm = P_1 - P_2$$

Relação de relevo da bacia (Rr), relação entre a amplitude altimétrica máxima e a maior extensão da bacia medida paralelamente à principal linha de drenagem, a relação de relevo (Rr) é dada pela Equação 9. Nela, Rr representa a relação de relevo da bacia (m/km), Hm é a amplitude topográfica máxima em m e L é o comprimento axial da bacia (km).

$$Rr = \frac{Hm}{\sqrt{L}}$$

Índice de sinuosidade (Is), adimensional, mede a relação entre a distância em km do exultório e a nascente mais distante, dado pela Equação 10. Em que, Is representa o Índice de sinuosidade, L' é o comprimento do canal principal em km e Ev é o equivalente vetorial medido em linha reta (km). Segundo Christofletti (1980), o índice de sinuosidade é distribuído por classes (Tabela 5).

$$Is = \frac{100(Ld - Ev)}{Ld}$$

Tabela 5: Classificação do índice de sinuosidade (Is)

Classe	Descrição	Limites
I	Muito reto	>20%
II	Reto	20 – 29%
III	Divergente	30 – 39,9%
IV	Sinuoso	40 - 49,9%
V	Muito sinuoso	>50%

Índice de rugosidade (Ir), adimensional, combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem.

$$Ir = Hm \times Dd$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o auxílio das ferramentas de geoprocessamento e as equações morfométricas foi possível a

confeção de mapas e elaboração de uma tabela com todos os pontos referentes a caracterização de bacias hidrográficas, atentando-se ao objetivo do trabalho, nesse contexto tais dados gerados se tornam pertinentes a gestão pública de âmbito municipal dos recursos hídricos.

A partir mapa hipsométrico (figura 2) é possível notar que existe uma variação na altitude do município entre, 200 metros e 700 metros, verifica-se que grande parte da área apresenta altitudes entre 200 e 400 metros, e poucas áreas com uma altitude acima dos 600 metros. Nesse contexto é importante salientar que altitude é um parâmetro que apresenta influência direta na quantidade de radiação que a bacia recebe, o que afeta por consequência a evapotranspiração, temperatura e precipitação do local (TONELLO et al., 2006), quanto menor a altitude maior a quantidade de energia solar contribuindo assim para a maior evapotranspiração. Como podemos observar a maior parte do município está com uma altitude entre 200 metros e 400 metros, e observamos uma pluviosidade anual de 876.3 mm, abaixo do relatado por Melati et al. (2015), que para altitudes acima dos 700 metros relata uma pluviosidade média acima dos 1500 mm para as sub-bacias pertencentes a bacia do Rio Uruguai.

Segundo Melati et al. (2015), os estudos que buscam apresentar uma relação que envolvam altitude e a precipitação pluviométrica são necessários e de suma importância para as diferentes bacias hidrográficas brasileiras, pelo fato delas apresentarem características peculiares, na qual uma modificação hipsométrica pode resultar em transformações no clima e, consecutivamente, no regime pluviométrico. Sendo esse um parâmetro importante para se ter como base na gestão e distribuição de água para consumo próprio da população.

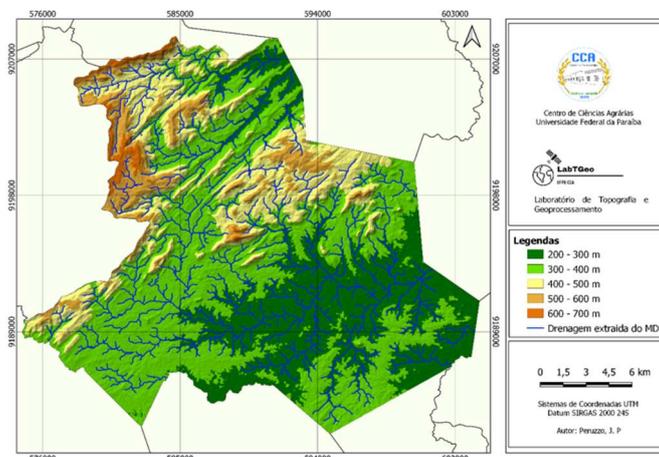


Figura 2: Mapa Hipsométrico do Município de Itaporanga - PB

Através da extração automática de drenagem utilizando o MDE, foi possível elaborar o mapa da rede de drenagem do município de Areia (Figura 3). No total, foram extraídos 647 riachos de primeira ordem, 297 de segunda ordem, 209 de terceira ordem, 110 de quarta ordem e 2 de quinta ordem, resultando em um total de 1.265 canais. Segundo Strahler (1952) os de primeira ordem são os menores canais, sem tributários, desde sua nascente até a confluência. Os de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem. Quando há o encontro entre dois canais de segunda ordem, surge um canal de terceira ordem, que pode receber tributários de primeira como de segunda ordem. Juntos os canais somam 683 km de extensão.

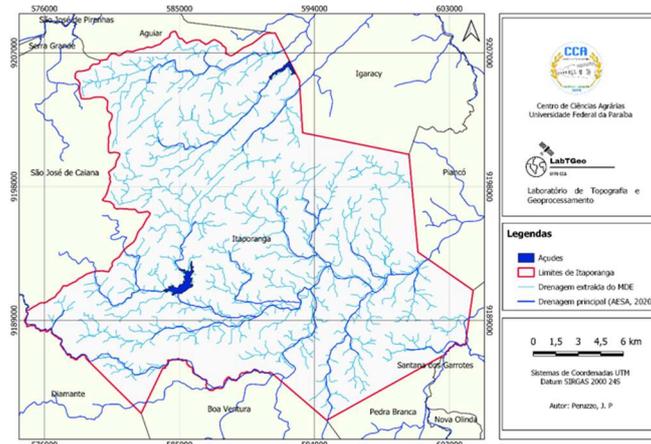


Figura 3: Mapa da rede de drenagem extraída do MDE – Itaporanga-PB

Com isso é possível dizer que o território municipal de Itaporanga- PB detêm cerca de 5,42% de todos os canais incluídos na bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu no território paraibano, a qual é responsável por abastecer cerca de 845.259 habitantes, distribuídos em 100 municípios. Com esses dados gerados é possível obter o conhecimento de toda rede de drenagem do município, ressaltando novamente a relevância de tal ferramenta para gestão dos recursos hídricos municipais. Dados foram obtidos de forma semelhante, para o município de Areia-PB, onde pelo método de extração de drenagem do MDE foi possível gerar a rede de drenagem para todo o município.

A melhor forma de gerir os recursos hídricos de determinado local é pela adoção de microbacias, pelo fato de possibilitar um planejamento mais eficiente quando comparados com bacias e sub-bacias (CAVALHEIRO et al., 2019). Pelo fato de ao captar a água da chuva, abastecer o lençol freático, disponibilizar água ao longo do ano, por meio de nascentes e uma rede de drenagem (TUCCI, 1993), e permitir de forma mais abrangente analisar os impactos das ações antrópicas na gestão dos recursos hídricos (TAMBOSI, et al. 2015).

Nesse contexto com o auxílio das ferramentas de geoprocessamento foi possível a delimitação de microbacias inseridas dentro do território municipal de Itaporanga, através da extração automática foram delimitadas 19 microbacias (figura 4), nomeadas por números entre um e dezenove. E com isso foi realizado o cálculo das variáveis morfométricas para cada unidade, apresentadas na tabela 6.

Com os dados obtidos através do processamento pode-se observar uma diversidade nos dados obtidos, o que implica ainda mais na necessidade de procedimentos adotados, para um maior aferimento de cada unidade, sendo de suma importância para adequar a melhor gestão a cada microbacia em específico. Situação relatada por Guimarães et al. (2019), que explica que a diversidade nos resultados é consequência da avaliação de características próprias de cada região, justificando que esse tipo de pesquisa seja replicado quantas vezes forem necessárias, auxiliando no planejamento e manejo sustentável de bacias hidrográficas.

Nesse contexto observa-se uma variação quanto área de cada bacia, onde a microbacia 4 ocupa 65,92 km², sendo a maior, enquanto a microbacia 5 possui a menor área com 4,12 km². O perímetro também tem uma variação de 52,61 km a 8,86 km para as microbacias 4 e 5 respectivamente. Em relação a amplitude Altimétrica máxima a microbacia 1 foi a que apresentou a maior cota de 443,52 metros, enquanto a

microbacia 5 apresentou a menor cota, como 216 metros.

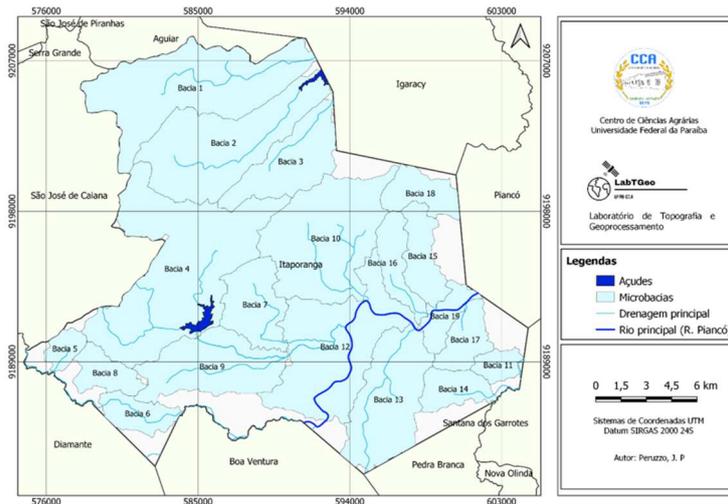


Figura 4: Microbacias hidrográficas da área de estudo, Itaporanga-PB.

No intuito de verificar a forma da bacia, bem como a sua propensão a possíveis enchentes, alguns índices são levados em consideração, sendo eles o índice de compacidade (K_c), índice de circularidade (I_c), e o fator de forma (K_f) (PEREIRA et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2019).

Em relação ao coeficiente de compacidade, que relacionada a forma da bacia com um círculo, podemos observar uma variação entre 1,22 e 1,70, indicando que a maioria das microbacias apresenta tendência mediana e baixa a grandes enchentes, onde apenas a microbacia 5 apresentou uma tendência alta. Quanto mais irregular for a forma da bacia, e quando mais próximo de 1, mais se aproxima de um círculo (COLLISCHONN, 2013). Quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (VILLELA et al., 1975).

Associado ao coeficiente de compacidade está o fator de forma, que implica na seguinte afirmação de Villela et al. (1975), mesmo quando duas bacias possuem o mesmo tamanho e uma delas apresenta um menor valor para F , isso implica que ela é mais alongada e está menos sujeita a enchentes. De modo geral as microbacias de Itaporanga apresentam uma média de 0,37 para o F , estando em sua maior parte classificadas como não sujeitas (tabela 4), apenas a microbacia 9 apresentou o valor alto para K_f , mas que em consideração ao valor de K_c , foi classificada como não sujeita.

O coeficiente de torrencialidade também é um fator associado a propensão a inundação de bacias, para as microbacias foram encontrados valores entre 4,26 e 7,17 valores semelhantes aos encontrados, que encontrou valores entre 4,03 e 7,23, os considerando assim valores baixos e medianos. Diferente do valor encontrado por Freire et al. (2019), para bacia hidrográfica do açude São Gonçalo de 2,18 n/km^2 , sendo um indicativo que ela tem tendência para ocorrência de inundações.

A densidade hidrográfica das microbacias apresentou uma média de 3,22 canais/ km^2 , e de acordo com a classificação de Lollo (1995) é considerada média, resultado semelhante ao encontrados, onde ambos estão propícios ao surgimento de novos corpos d'água. Quando a densidade hidrográfica apresentar valores acima de 2 canais/ km^2 , as microbacias têm grande capacidade de gerar novos cursos d'água, pois existe

maiores chances de uma partícula de água que cai na superfície do solo encontrar rapidamente um canal e escoar (LANA et al. 2001).

Tabela 6: Características Morfométricas das microbacias do município de Itaporanga -PB

Variáveis Morfométricas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A - Área (km ²)	48,15	41,00	20,64	65,92	4,12	7,95	15,98	7,82	26,10	42,34	4,56	43,99	29,04	8,31	10,74	9,25	8,80	9,35	6,79
P - Perímetro (km)	42,16	34,90	24,82	52,61	8,86	14,07	21,68	14,54	28,47	34,06	9,97	41,47	27,01	14,21	18,86	18,33	14,57	15,89	15,50
Ld - Comprimento total dos canais (km)	79,00	64,00	32,00	109,00	6,00	14,00	26,00	13,00	48,00	69,00	7,00	78,00	48,00	14,00	19,00	15,00	15,00	14,00	13,00
N - Total de canais de 1ª ordem	71,00	57,00	30,00	96,00	6,00	14,00	27,00	13,00	43,00	65,00	8,00	74,00	46,00	14,00	19,00	19,00	19,00	17,00	12,00
Lt ¹ - Comprimento do canal principal (km)	17,55	17,66	10,31	19,66	3,10	6,70	8,80	5,26	7,57	9,98	4,31	1,41	11,48	5,62	8,63	8,31	5,03	6,66	4,71
Ev - Equivalente vetorial em linha reta (km)	13,88	14,63	8,92	13,81	2,79	5,39	7,06	4,39	6,27	8,21	3,56	1,22	9,42	4,72	6,83	7,23	4,44	5,12	4,12
Hm - Amplitude altimétrica máxima (m)	443,52	395,90	416,89	407,98	216,00	329,35	337,55	365,29	315,12	389,92	296,91	300,19	314,02	303,13	332,94	341,44	303,23	385,00	233,01
Número de rios ou canais (N)	140,00	112,00	59,00	190,00	13,00	27,00	53,00	25,00	85,00	128,00	15,00	142,00	91,00	27,00	37,00	29,00	37,00	32,00	23,00
Dh - Densidade hidrográfica (canais/km ²)	2,91	2,73	2,86	2,88	3,16	3,40	3,32	3,20	3,26	3,02	3,29	3,23	3,13	3,25	3,45	3,14	4,20	3,42	3,39
Dd - Densidade de drenagem (km/km ²)	1,64	1,56	1,55	1,65	1,46	1,76	1,63	1,66	1,84	1,63	1,54	1,77	1,65	1,68	1,77	1,62	1,70	1,50	1,91
Rr - Relação de relevo da bacia (m/km)	105,87	94,21	129,84	92,01	122,68	127,24	113,79	159,27	114,53	123,43	143,02	252,81	92,68	127,87	113,33	118,44	135,20	149,18	107,37
IC - Índice de circularidade	0,34	0,42	0,42	0,30	0,66	0,50	0,43	0,46	0,40	0,46	0,58	0,32	0,50	0,52	0,38	0,35	0,52	0,47	0,36
Is - Índice de sinuosidade	20,91	17,16	13,48	29,76	10,00	19,55	19,77	16,54	17,17	17,74	17,40	13,48	17,94	16,01	20,86	13,00	11,73	23,12	12,53
Classe de Is	RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	RETO	MUITO RETO	MUITO RETO	RETO	MUITO RETO
Cm - Coeficiente de manutenção	609,49	640,63	645,00	604,77	686,67	567,86	614,62	601,54	543,75	613,62	651,43	563,97	605,00	593,57	565,26	616,67	586,67	667,86	522,31
Ke - Coeficiente de compactidade	1,70	1,53	1,53	1,81	1,22	1,40	1,52	1,46	1,56	1,47	1,31	1,75	1,40	1,38	1,61	1,69	1,38	1,46	1,67
Denominação	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	ALTA	MEDIANA	NAO SUJEITA	MEDIANA	NAO SUJEITA	MEDIANA	MEDIANA	NAO SUJEITA	MEDIANA	MEDIANA	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	MEDIANA	MEDIANA	NAO SUJEITA
F - Fator de forma	0,25	0,19	0,26	0,35	0,53	0,27	0,32	0,41	0,76	0,63	0,36	0,29	0,33	0,37	0,23	0,18	0,45	0,36	0,40
Denominação	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	MEDIANA	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	NAO SUJEITA	ALTA	MEDIANA	NAO SUJEITA								
Ir - Índice de rugosidade	727,69	617,99	646,34	674,60	314,56	579,99	549,21	607,26	579,53	635,44	455,78	532,28	519,04	510,69	589,00	553,69	516,87	576,47	446,12
Ct - Coeficiente de torrencialidade (m/km ²)	4,77	4,26	4,43	4,77	4,60	5,98	5,40	5,31	5,99	4,93	5,05	5,72	5,18	5,47	6,09	5,08	7,17	5,12	6,49

Outro fator de relevância é a densidade de drenagem, a mesma para o município de Itaporanga

variou de 1,46 a 1,91 km/ km², ficando com uma média de 1,66 km/ km². Segundo Villela et al. (1975), é classificado como boa. Esse resultado implica em uma série de avaliações, como uma baixa disposição a enchentes, resultado também apresentado, com valores entre 2,00-2,24 km/km². Densidade de drenagem reflete a propriedade de transmissibilidade do terreno e, conseqüentemente, a suscetibilidade à erosão (MILANI et al., 2000). Valores altos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas impermeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de alta intensidade (CARVALHO et al. 2009).

A sinuosidade do canal principal é um fator controlador da velocidade e de escoamento e indica a maior ou menor propensão para acúmulos de sedimentos (NOVAES et al., 2004), para o caso de Itaporanga a maior parte é classificada como muito reto (tabela 5), isso implica em boa velocidade de escoamento e baixa propensão para acúmulo de sedimentos.

O coeficiente de manutenção tem o objetivo de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. O resultado para as microbacias do município de Itaporanga demonstra que para um quilômetro quadrado existe uma média de 605,30 m de canal.

A relação de relevo das microbacias foi elevada (média de 127,51 m/km), o que pode resultado da elevada declividade do município. A alta declividade em diversos pontos do município é também demonstrada na considerável amplitude Altimétrica das microbacias. Estes elevados valores tendem a favorecer o escoamento rápido.

Valores extremamente altos do índice de rugosidade ocorrem quando ambos os valores da amplitude Altimétrica e da distância média dos interflúvios são altos, ou seja, quando as vertentes são longas e íngremes. A média encontrada para as microbacias de Itaporanga foi de 559,61. O parâmetro foi superior ao encontrado na Bacia do Rio do Peixe-boi caracterizada por Pereira et al. (2015), que detectaram um valor de 22,75 para esse índice, o que segundo os autores, foi pouco representativo e define menor risco de degradação da bacia, uma vez que apresenta pouca variação em seu relevo, com poucos desníveis entre a cabeceira e a seção de referência associados à densa rede de drenagem.

CONCLUSÃO

O uso das técnicas de geoprocessamento proporcionou resultados satisfatórios no mapeamento das microbacias hidrográficas da área de estudo. Com os resultados obtidos é possível concluir que as ferramentas e tecnologias do geoprocessamento são opções viáveis e de grande valia para o auxílio, gestão e manutenção da administração dos recursos hídricos em âmbito municipal. Além de permitir a sistematização, agilidade no cálculo dos parâmetros morfométricos, bem como no ganho de informação ao aperfeiçoar a comparação dos distintos parâmetros morfométricos.

A extração de microbacias através de MDE em âmbito municipal permite a divisão em unidades bem destinadas com características próprias, o que de certo modo facilita a compreensão de cada unidade em particular, mostrando assim que a divisão em microbacias é uma excelente forma de administrar os recursos hídricos.

Com a aplicação das equações de morfometria e a caracterização geral podemos concluir que em sua grande maioria as microbacias do município de Itaporanga – PB, apresentam uma baixa tendência e suscetibilidade a enchentes e inundações.

REFERÊNCIAS

- BOLFE, E. L.. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. **Revista Árvore**, Minas Gerais, v.28, n.1, p.85-90, 2004
- CARVALHO, W. M. DE C.; VIEIRA, E. DE O.; ROCHA, J. M. J.; PEREIRA, A. K. DOS S.; CARMO, T. V. B.. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Córrego do Malheiro, no município de Sabará -MG. **Revista Irriga**, v.14, n.3, p.398-412, 2009.
- CASTRO, E. J. M.; MACEDO, A. O.; SILVA, A. L. R.; TALHARI, T. F.; BEZERRA, D. S.; BRITO, F. S.. Uso de geotecnologias para gestão de recursos naturais: caso do macrozoneamento ecológico econômico do maranhão. **Revista Ceuma Perspectivas**, v.30, n.1, p.49, 2018.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.. Importância de estudos em bacias hidrográficas para o manejo sustentável dos recursos hídricos em Rondônia. **Revista Geográfica Venezuelana**, p.256-264, 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A.. A morfologia de bacias de drenagem. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.18, n.36, p.130-142, 1978.
- CHRISTOFOLETTI, A.. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v.18, n.9, p.35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A.. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- COSTA, J. F., FRANCISCO, P. R. M., ANDRADE, M. V., SILVA, L., DANTAS, L. M.. Estimativa do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na Microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-21. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5. **Anais**. Aracaju, 2007.
- ECKERT, S.; CORCINI, S. L. H.; BOFF, D. S.. Iniciativas e práticas ambientais das pequenas e médias empresas do Vale do Caí-RS. GeAS. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.4, n.1, p.108-123, 2015.
- FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F.. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.2, p.181-188, 2013.
- FREIRE, J. N.; PEREIRA, M. C. S.; PERUZZO, J. P.; SILVA, L. D. R.; SILVINO, G. S.. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do açude São Gonçalo, semiárido nordestino, ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 26. **Anais**. João Pessoa: UFPB, 2019.
- GUIMARÃES, H. S.. Aplicação do SIG na Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, Semiárido Brasileiro. In: FRANCISCO, P. R. M.; SÁ, T. F. F.; BRAGA JÚNIOR, J. M. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, v.3, p.88-98, 2018.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A.. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG, BRASIL. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.54, n.2, p.121-126, 2001.
- LOLLO, J. A.. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N.. Influência da altitude na precipitação média anual nas sub-bacias pertencentes à bacia do rio Uruguai. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21. **Anais**. Brasília, 2015.
- MILANI, J. R.; CANALI, N. E.. O sistema hidrográfico do rio Matinhos: uma análise morfométrica. **Revista RA'EGA**, n.4, p.139-152, 2000.
- PEREIRA, B. W. F.. Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio peixe-boi, nordeste paraense. **Enciclopédia Biosfera**, v.3, p.1351-1372, 2015.
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.7, n.3, p.195-211, 2012.
- STRAHLER, A. N.. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.11, p.1117-1142, 1952.
- TAMBOSI, L.; VIDAL, M. M., FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P.. Funções eco hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v.29, n.84, p.151-162, 2015.
- TUCCI, C. E. M.. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 1993.
- UGOZ, J. E. L.; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T.. Captação e Aproveitamento da Água das Chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.6, n.1, p.26-39, 2017.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A.. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157793408197066753/>