

ASPECTOS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PATU-CE**MORPHOMETRIC ASPECTS OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE PATU RIVER-CE**Ícaro Breno da Silva¹Marcus Vinícius Chagas da Silva²**RESUMO**

Uma bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema aberto, com entrada e saída de matéria e energia, além de ser um sistema processo-resposta. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfométrica a partir de alguns parâmetros físicos da bacia hidrográfica do rio Patu – Ceará, com o uso de técnicas de geoprocessamento, subsidiando um melhor gerenciamento da área. Entre os parâmetros físicos calculados estão: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, ordem e densidade de drenagem. Utilizou-se do software ArcMap 10.3 e da imagem de radar ALOS PALSAR. Como resultado obteve-se uma área de drenagem de 998,99 km² e um perímetro de 202,09 km. A bacia hidrográfica apresenta um formato alongado, representado pelos coeficientes de compacidade (1,79), fator de forma (0,16) e índice de circularidade (0,31). A área drenada é de sétima ordem e apresenta densidade de drenagem de 1,78 km/km². Concluiu-se que a bacia hidrográfica do rio Patu não é susceptível a ocorrência de enchentes, possuindo drenagem bastante ramificada. Assim, o uso dos dados morfométricos em conjunto com as informações geradas no Sistema de Informações Geográficas (SIG) apresentaram-se como importantes instrumentos para a gestão dos recursos naturais da bacia do rio Patu.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Morfometria; Geoprocessamento.

ABSTRACT

A hydrographic basin can be considered an open system, with input and output of matter and energy, as well being a process-response system. In this way, the objective of this work is to perform the morphometric characterization from some physical parameters of the Patu-Ceará river basin, using geoprocessing techniques to support a better management of the area. Among the calculated physical parameters are compactness coefficient, shape factor, circularity index, slope, altitude, order and drainage density. Was used a geographic information system: the ArcMap 10.3 software and the ALOS PALSAR radar image. As a result a drainage area of 998.99 km² and a perimeter of 202.09 km were obtained. The hydrographic basin has an elongated shape, represented by the coefficients of compactness (1.79), shape factor (0.16) and circularity

¹Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). icarbrenos@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8164-5614>.

²Docente do curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). mvcs1602@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5998-0961>.

index (0.31). The drainage area is of seventh order and has a drainage density of 1.78 km/km². It was concluded that the water catchment area of the Patu River is not susceptible to flooding, with quite branched drainage. Thus, the use of morphometric data together with the information generated in the Geographic Information System (GIS) were presented as important instruments for the management of the natural resources of the Patu river basin.

Keywords: Hydrographic basin; Morphometry; Geoprocessing.

INTRODUÇÃO

O conceito de bacia hidrográfica está relacionado a uma determinada área de captação natural da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, considerada seu exutório (CARDOSO et al., 2006). Tal recorte espacial vem sendo bastante utilizado como objeto de estudo em diversas pesquisas com o intuito de melhor aproveitar os recursos hídricos e os demais recursos naturais. Segundo Giometti (1998), uma bacia hidrográfica é considerada a melhor unidade para se trabalhar, pois oferece subsídios que auxiliam na compreensão da organização e dinâmica dos fluxos de energia e matéria que circulam ao longo do sistema.

Os sistemas, por sua vez, podem ser classificados levando em consideração critérios variados. Em relação à análise ambiental, pode-se afirmar que os mais importantes são os critérios da funcionalidade e o da composição integrativa (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O primeiro critério divide os sistemas em isolados (onde não ocorre troca de matéria e energia com o ambiente que o circunda) e não isolados (possuem interação com os demais sistemas). Este último, segundo Christofolletti (op. cit.) pode ser subdividido em sistemas não isolados fechados (com transferência de energia, apenas) e sistemas não isolados abertos (permite a troca de matéria e energia).

No segundo critério, destacam-se os sistemas morfológicos, sistemas em sequência e os sistemas processos-respostas. Os primeiros são aqueles que respondem ao fluxo de matéria ou energia aos quais estão ligados. Exemplo: a densidade de drenagem é uma resposta à hidrologia da área. Os sistemas em sequência são compostos por uma cadeia de subsistemas dinamicamente relacionados por uma cascata de matéria e energia, onde a saída (output) de um subsistema torna-se a entrada (input) do subsistema seguinte. Já a combinação destes dois últimos sistemas forma os sistemas de processo-resposta. O sistema em sequência indica o “processo”, enquanto o

morfológico indica a “forma”, a resposta a determinado funcionamento. A modificação na forma, por outro lado, pode alterar a maneira pela qual o processo se realiza, causando alterações qualitativas dos inputs fornecidos para a área em questão (CHRISTOFOLETTI, op. cit.).

Desta forma, segundo Morisawa (1985), a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema processo-resposta, pois uma mudança em alguma localidade da mesma necessita de uma resposta, que, por sua vez, pode ocorrer em qualquer lugar ao longo da área de drenagem. Assim, torna-se possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas ocorridas dentro da bacia.

Para isso, faz-se necessário o conhecimento dos aspectos morfométricos ao longo da área de estudo, a saber: área, declividade, coeficiente de compacidade, fator de forma, entre outros. Estes são elementos de grande importância para o entendimento do comportamento hidrológico, pois há uma estreita relação entre o ciclo hidrológico e a morfometria, auxiliando na previsão de determinados fenômenos, a saber: enchentes e inundações (VILLELA; MATTOS, 1975; CARDOSO et al., 2006). Com estes dados, é possível inferir, mesmo que indiretamente, valores hidrológicos para locais da bacia hidrográfica onde as informações são escassas.

Neste sentido, Christofolletti (1980) ressalta a importância da análise integrada dos aspectos de drenagem, relevo e geologia, que podem levar a uma melhor explicação e compreensão das questões associadas à dinâmica ambiental.

Neste contexto, a delimitação da área da bacia hidrográfica e a caracterização morfométrica da mesma são de grande importância para a sua gestão adequada, além do entendimento da dinâmica ambiental local e da sua relação com o comportamento hidrológico. Para isso, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) desempenham importante papel na tomada de decisões a partir da aquisição, armazenamento e análise dos dados geográficos, possibilitando um levantamento rápido e detalhado em relação aos aspectos físicos da bacia hidrográfica, como já demonstrado por Pinheiro et al. (2011).

A área de estudo localiza-se no sertão central e compreende a bacia do rio Patu, inserida na bacia hidrográfica do Banabuiú, abrangendo parte dos seguintes municípios: Pedra Branca, Senador Pompeu e Quixeramobim (figura 1).

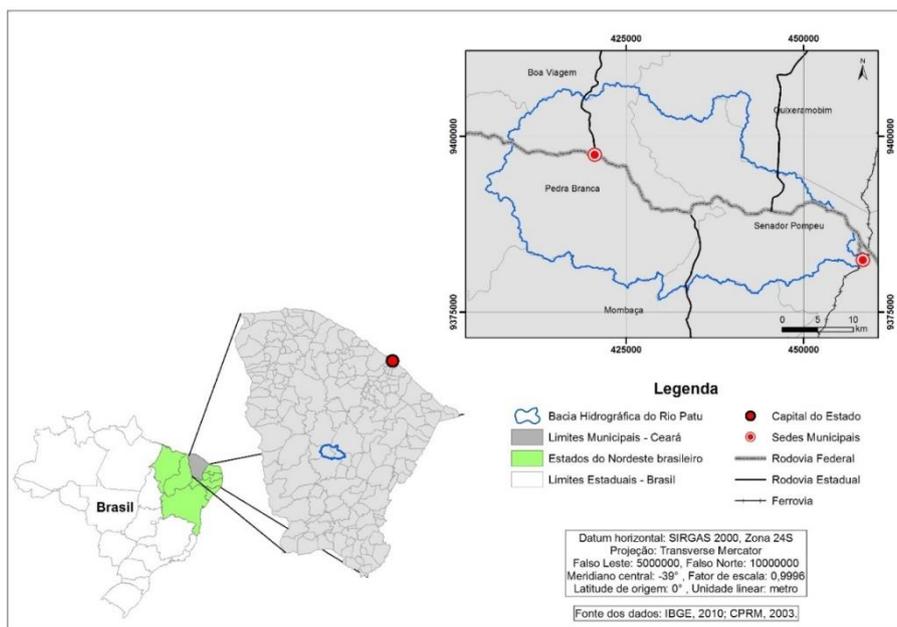


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Patu-CE.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O clima predominante, segundo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2016), é o Tropical Quente Semiárido, tendo como principal sistema atmosférico a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Tal sistema, segundo Ayoade (2010), é o principal responsável pela geração de chuvas em todo o Nordeste setentrional.

Os aspectos geológicos locais apresentam grande variedade litológica (composição das rochas ou de suas associações), apresentando um domínio do embasamento de idade arqueano-paleoproterozóica. Ao longo da bacia hidrográfica, o Complexo Cruzeta é a maior unidade que compõe a área de estudo e representa terrenos envolvidos na colagem orogênica paleoproterozóica (DELGADO et al., 2003). É composto essencialmente por gnaisses bandados ortoderivados de composições diversas, variando entre tonalítica e granítica (ARTHAUD, 2007). Em relação aos aspectos geomorfológicos, refletidos pela litologia local, predominam as unidades das depressões sertanejas e dos maciços residuais.

As unidades pedológicas presentes também apresentam grande diversidade. Segundo Souza (2000), os solos do estado do Ceará têm um mosaico bastante complexo, oriundo dos mais diferenciados tipos de combinações entre os seus fatores de formação. Estudos voltados para a região, como em Moreira (2016), destacam a presença de cinco unidades pedológicas, a saber:

Chernossolos Argilúvico Órtico, Chernossolos Argilúvico Háplico, Argissolos Vermelho Eutrófico, Neossolos Litólicos Eutrófico e Luvisolos Crômico Órtico.

Já a vegetação local, retratada por Bertrand (1972) como sendo a síntese dos demais elementos formadores da paisagem, é composta pela caatinga arbustiva densa e aberta, floresta caducifólia espinhosa e floresta subcaducifólia tropical pluvial (IPECE, 2016).

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo principal uma caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Patu – Ceará, a partir de alguns parâmetros físicos e do uso de técnicas de geoprocessamento, possibilitando um melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais da área em questão.

METODOLOGIA

A obtenção dos aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do Rio Patu foi dividida em duas etapas, a saber: aquisição dos dados e delimitação da bacia; e a caracterização morfométrica da mesma a partir dos cálculos dos índices desejados, a saber: área, perímetro, declividade, altitude, coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (F), índice de circularidade (IC), densidade de drenagem (Dd) e ordem dos cursos d'água.

Para a realização da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Patu, foi adquirido uma única cena do ALOS PALSAR, imagem de radar com resolução espacial de 12,5 m. A cena foi baixada gratuitamente no site da NASA "Alaska Satellite Facility (ASF)". A imagem apresenta data de aquisição em 23 de dezembro de 2010 e órbita de número 39.

A partir daí, foram realizados alguns procedimentos metodológicos na imagem, usando a extensão Hydrology do SIG ArcMap 10.3 com o intuito de retirar possíveis imperfeições e extrair, de uma maneira mais confiável possível, o limite da bacia hidrográfica do rio Patu. De princípio, utilizou-se o comando Fill. O mesmo é muito importante na correção de pequenas imperfeições no raster, como pequenas depressões ao longo da imagem. Em seguida foi realizado o Flow Direction, representando a direção de fluxo ao longo da bacia a partir da determinação da direção de maior declividade do terreno. Ou seja, cada célula ou pixel irá seguir o seu vizinho mais íngreme, segundo código de direção gerado. O terceiro comando utilizado foi o Flow Accumulation, determinando o acúmulo do escoamento superficial usando como base as informações da direção de fluxo. Aqui, quanto maior o valor do pixel, maior será a contribuição para o seu fluxo superficial. O último

procedimento adotado na extração do limite da bacia foi a função Watershed, a mesma utiliza como base as informações da direção de fluxo (definindo os divisores topográficos) e um shape (arquivo vetorial) no formato de ponto que deve ser criado em cima do exutório.

De posse da delimitação da área da bacia, passou-se a utilizar os procedimentos metodológicos para extrair a drenagem da mesma. Para isso, foi utilizada a ferramenta Raster Calculator para estipular uma condição aos valores do raster (arquivo matricial ou imagem) de entrada (figura 2). Dependendo do valor utilizado como limiar, determinadas células podem ter seu valor anulado ou não. Assim, os testes realizados demonstraram que o limiar ideal para a área de estudo foi o de valor 1000, já que o mesmo representou com qualidade o canal principal e pequenos riachos. Neste caso, todas as células do raster com valor superior a 1000 foram consideradas para a geração da drenagem. Ao final do procedimento, utilizou-se a ferramenta *Stream to Feature* para transformar a drenagem de raster para vetor.

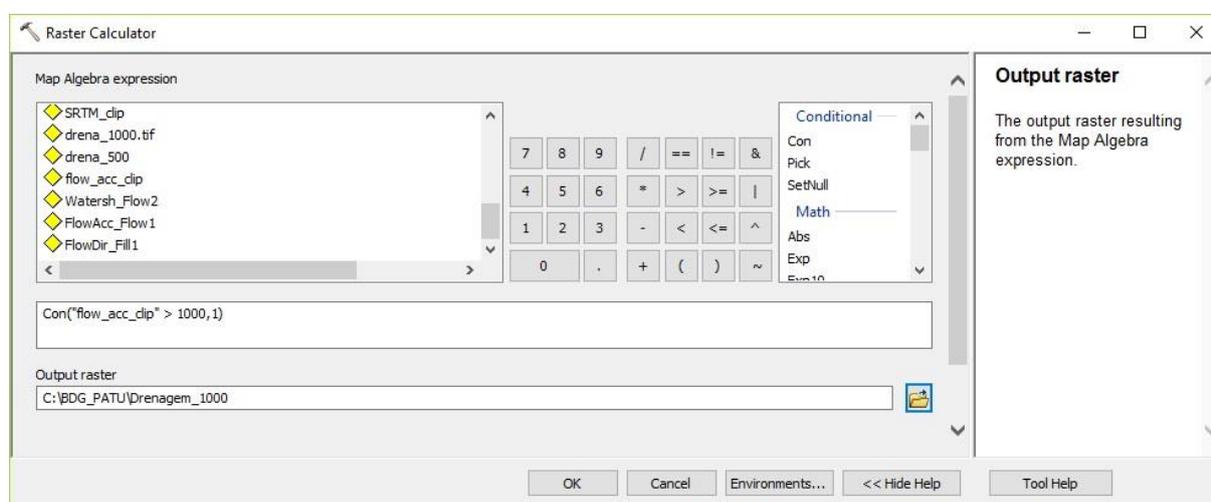


Figura 2. Definição do limiar para extração da drenagem.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A partir do momento em que se obteve a delimitação da bacia hidrográfica, passou-se a realizar os devidos cálculos para obter suas diferentes características físicas. Entre elas, podemos citar: área, perímetro, coeficiente de compacidade (K_c), fator de forma (F), índice de circularidade (IC), declividade, altitude, densidade de drenagem (D_d) e ordem dos cursos d'água. As características dos aspectos físicos e as equações para a obtenção de tais variáveis são demonstradas a seguir:

A área corresponde a toda área drenada pelo sistema pluvial ao longo dos seus divisores topográficos, sendo considerado o elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos, e o perímetro corresponde ao comprimento da linha ao longo destes divisores (TONELLO, 2005).

Já a declividade refere-se à inclinação da superfície do terreno. Esta variável relaciona-se com a velocidade com que se dá o escoamento superficial, influenciando assim, o tempo que leva a água precipitada para concentrar-se nos leitos fluviais (VILLELA; MATTOS, 1975). Para os intervalos de declividade serão adotadas as classes da Embrapa (1979) conforme descritos no quadro 1.

Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suave ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Quadro 1. Classes de declividade adotadas.

Fonte: Embrapa (1979).

O coeficiente de compacidade (equação 1) é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual à desta mesma bacia (CARDOSO et al., 2006). Quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de compacidade, mais a bacia assemelha-se com um círculo, sendo mais susceptível a enchentes acentuadas (VILLELA; MATTOS, 1975).

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

Equação 1

Sendo: “Kc” o coeficiente de compacidade; “P” o perímetro (m); e “A” a área de drenagem (m²).

O fator de forma (equação 2) corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, relacionando sua forma com a de um retângulo (CARDOSO et al., 2006). Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, mas com fator de forma maior.

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

Equação 2

Sendo: “F” o fator de forma; “A” a área de drenagem (m²); e “L” o comprimento do eixo da bacia (m).

Segundo Tonello et al. (2006), o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima de uma forma mais circular e diminui à medida que a mesma torna-se mais alongada. Bacias mais alongadas, segundo Villela e Mattos (1975), possuem menor concentração de deflúvio.

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

Equação 3

Sendo: “IC” o índice de circularidade; “A” a área de drenagem (m²); e “P” o perímetro (m).

Já a densidade de drenagem indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. Esta, segundo Christofletti (1980), é uma das variáveis mais importantes e representa o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou a quantidade disponível de canais de escoamento. Do ponto de vista geométrico os padrões de drenagem podem ser classificados como: dendrítico, treliça, paralela, radial e anelar. Tais padrões são influenciados, segundo Mito et al. (2014), pela natureza e disposição das rochas (e do seu comportamento hidrológico), declividade, amplitude altimétrica e pela evolução geológica e geomorfológica da região.

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

Equação 4

Sendo: “Dd” a densidade de drenagem (km/km²); “Lt” comprimento total de todos os canais (km); e “A” a área de drenagem (km²).

Em relação à ordem de drenagem, esta pode ser determinada segundo os critérios propostos por Horton (1945) e Strahler (1957). O presente trabalho optou por adotar a classificação deste último, em que canais sem tributários são considerados de primeira ordem. Canais de segunda ordem são oriundos da confluência de dois canais de primeira ordem e assim sucessivamente.

Desta forma, as características morfométricas – área, perímetro e comprimento da drenagem – foram calculadas na tabela de atributos dos shapes da bacia hidrográfica e da drenagem (função Calculate Geometry). Para a realização das fórmulas citadas acima, utilizou-se a ferramenta Join para unir as tabelas de atributos dos dois arquivos citados onde, posteriormente, realizou-se os cálculos das demais características físicas da bacia por meio da ferramenta Field Calculator (figura 3). Já para o estabelecimento da ordem dos cursos d’água, recorreu-se novamente às ferramentas do ArcToolBox, sendo utilizado, na ferramenta Hydrology, o Stream Order. Neste caso, foi adotada a classificação segundo Strahler (1957). As demais características de declividade e de altitude foram obtidas a partir dos dados de radar da imagem ALOS PALSAR, onde todos os temas foram representados na escala de 1:300.000.

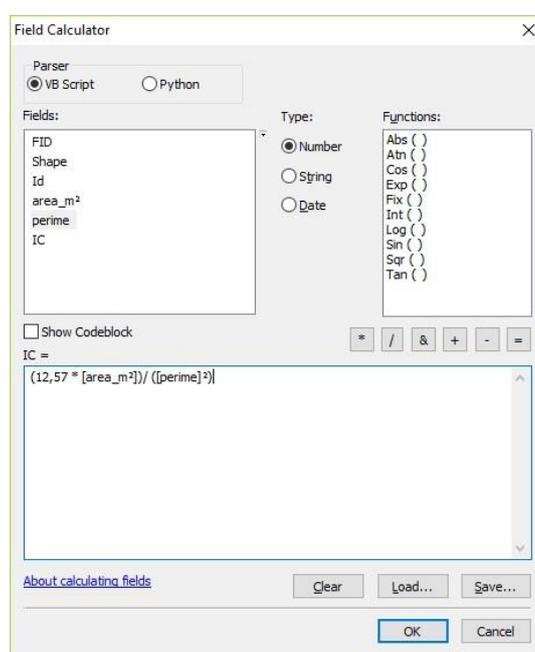


Figura 3. Cálculo do Índice de Circularidade a partir do Raster Calculator.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

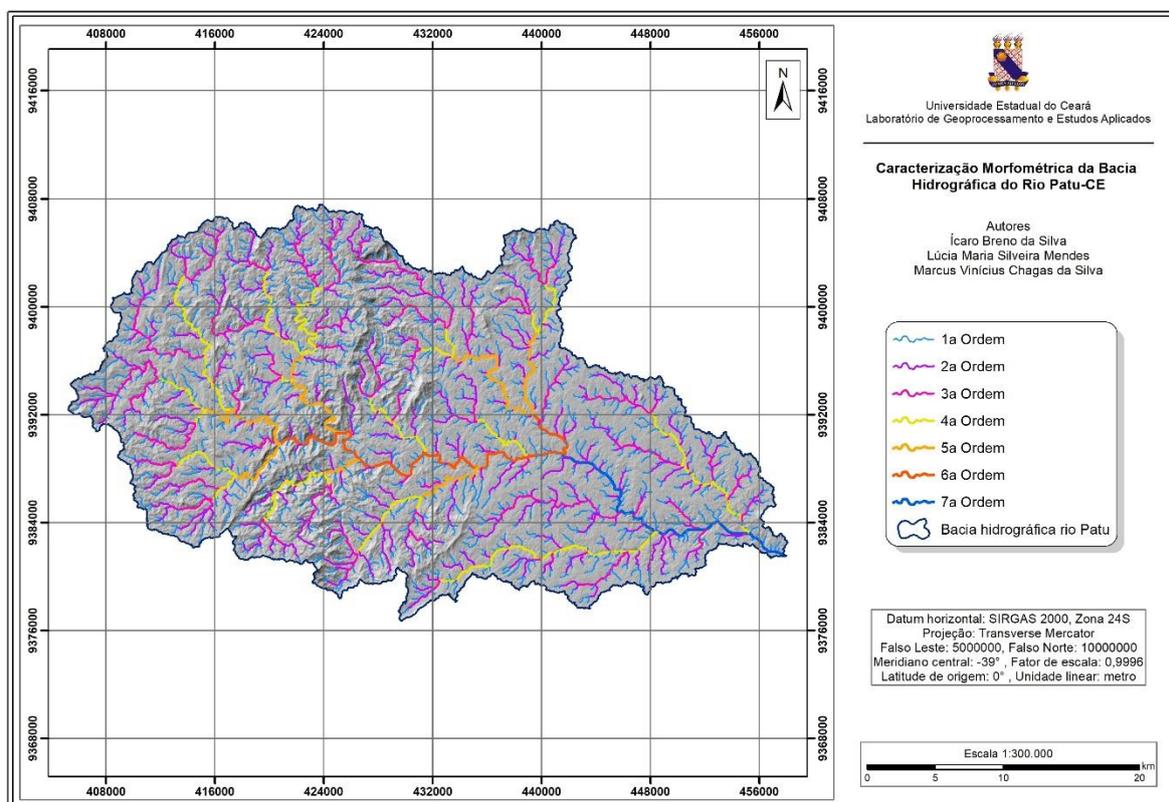
As características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Patu encontram-se sintetizadas no quadro 2. Sua área de drenagem apresentou uma extensão de 998,99 km² e um perímetro de 202,09 km.

Características Físicas	Resultados
Área de Drenagem (Km ²)	998,99
Perímetro (Km)	202,09
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,79
Fator de Forma (F)	0,16
Índice de Circularidade (IC)	0,31
Declividade Máxima (%)	56,34
Declividade Média (%)	7,45
Declividade Mínima (%)	0
Altitude Máxima (m)	854
Altitude Média (m)	506,5
Altitude Mínima (m)	159
Ordem da Bacia Hidrográfica	7
Densidade de Drenagem (Km/Km ²)	1,78
Padrão de Drenagem	Dendrítico

Quadro 2. Características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Patu.
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Passando para as demais características físicas, pode-se afirmar que a área em estudo apresenta-se pouco susceptível a enchentes, levando em consideração as condições normais de precipitação. Tal fato pode ser constatado pelo coeficiente de compacidade que apresentou um valor afastado da unidade (1,79) e pelo fator de forma com valor próximo de zero (0,16). O índice de circularidade também afirma que a bacia em questão possui formato mais alongado, já que o valor obtido para este índice apresentou-se bem abaixo do valor unitário (0,31). Deste modo, a forma alongada da bacia acaba por favorecer um maior tempo de concentração da água e uma baixa susceptibilidade a enchentes, já que, segundo Cardoso et al. (2006), o formato circular de algumas bacias hidrográficas acaba por favorecer uma maior concentração de volume de água no seu canal principal.

Em relação a ordem da bacia hidrográfica do rio Patu, a mesma apresenta-se como de 7a ordem segundo a hierarquização de Strahler (1957) (mapa 1). Tal resultado indica que o sistema de drenagem é bastante ramificado ao longo de sua área de drenagem. Estudos de morfometria em bacia hidrográfica de área semelhante, como em Pinheiro et al. (2011), mostram que a bacia do Córrego Ipaneminha em São Paulo é de 4a ordem. Já o valor calculado para a densidade de drenagem do rio Patu foi de 1,78 km/km². Este valor mostra que a área pode ser enquadrada como medianamente drenada, pois, segundo Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias pobremente drenadas a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas. Observou-se também que o padrão de drenagem local é dendrítico, visto que a bacia se encontra em área de embasamento cristalino, com rochas pouco permeáveis.



Mapa 1. Ordem dos canais de drenagem.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

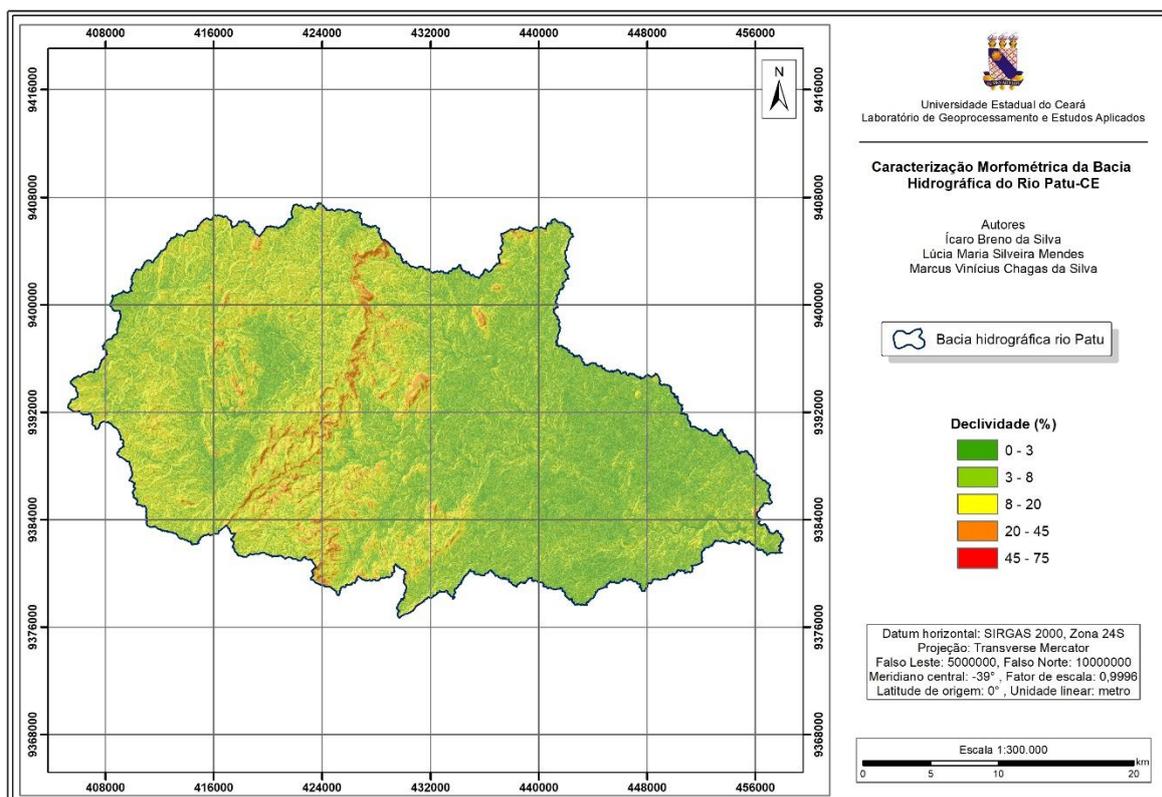
No Quadro 3 são apresentadas as informações em relação à declividade do terreno e sua porcentagem em relação à área total de drenagem. Aqui podemos observar que a maior parte da

área drenada pela bacia do rio Patu encontra-se em relevo suave ondulado (45,38%), seguido de relevo ondulado (32,74%) (Mapa 2). Os dois juntos representam quase 80% da área total da bacia. Desta forma, pode-se afirmar que a vegetação exerce papel fundamental ao longo da área de drenagem, dispersando a energia das águas de escoamento superficial, já que a declividade é um fator importante que influencia as velocidades das taxas de escoamento superficial e de infiltração da água no solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010). Neste sentido, cita-se o exemplo de Astaras (1984) que estudou duas bacias hidrográficas em condições diferentes: uma com interferência antrópica e outra sem. Ao comparar o desenvolvimento dos dois sistemas, o autor percebeu diferentes taxas de infiltração devido à bacia antropizada apresentar menos vegetação, bem como uma diferenciação na evolução das vertentes devido às diferentes intensidades dos processos erosivos.

Declividade (%)	Relevo	Área (km ²)	%
0 – 3	Relevo Plano	182,30	18,25
3 – 8	Relevo suave ondulado	453,32	45,38
8 – 20	Relevo ondulado	327,12	32,74
20 – 45	Relevo fortemente ondulado	36,21	3,62
45 – 75	Relevo montanhoso	0,04	0,01
TOTAL		998,99	100

Quadro 3. Distribuição de classes de declividade para a bacia hidrográfica do rio Patu.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

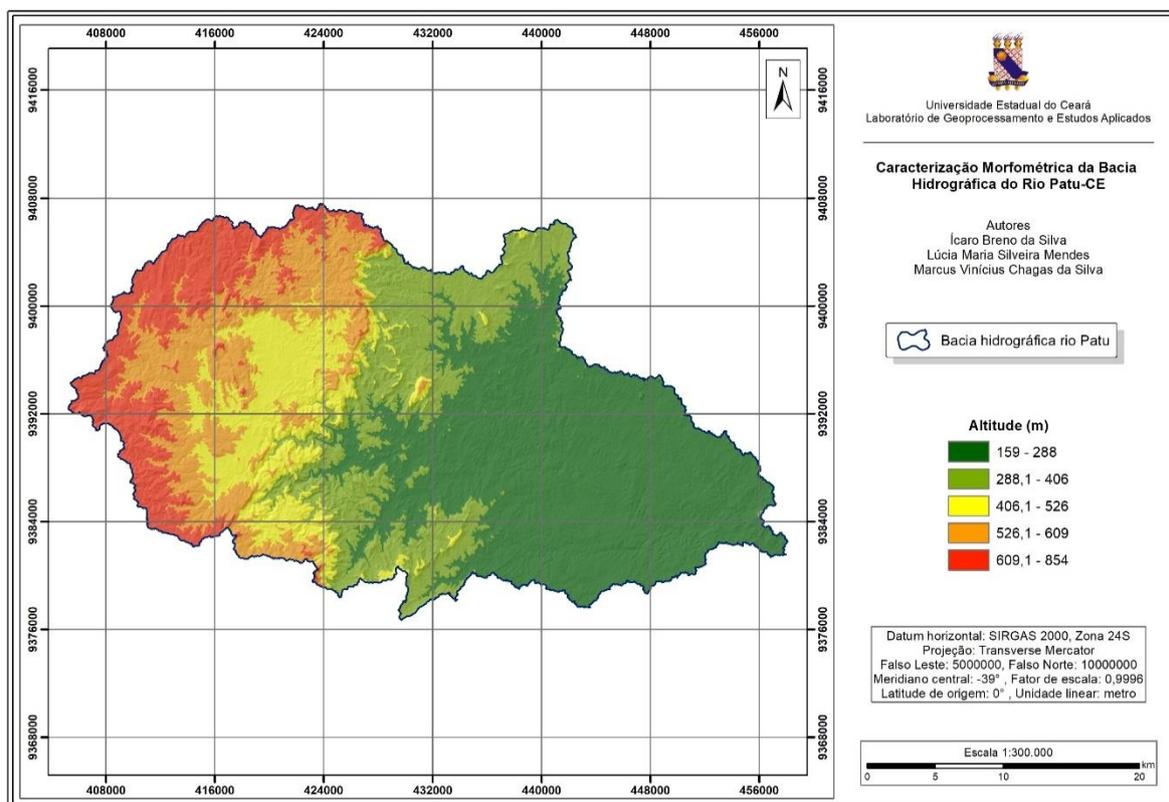


Mapa 2. Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Patu.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Também são retratados os níveis altimétricos ao longo da área de estudo (Mapa 3), constatando-se uma altitude média e máxima de, respectivamente, 506,5 m e 854 m. São justamente nestes setores mais elevados que, muitas vezes, ocorrem as nascentes dos cursos d'água ao longo da área analisada.

Por fim, pode-se considerar a bacia hidrográfica do rio Patu como um sistema não isolado aberto e de processo-resposta, já que há uma troca de matéria e energia ao longo da área onde qualquer alteração pode promover alterações nos inputs fornecidos. Para a área, consideram-se como os principais inputs, a energia solar e a precipitação. Já como output, temos a formação da lâmina do escoamento superficial, evaporação, utilização do recurso hídrico para agricultura, pecuária e abastecimento humano, além da percolação subsuperficial em direção ao lençol freático.



Mapa 3. Níveis altimétricos da bacia hidrográfica do rio Patu.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Patu é um sistema não isolado aberto e de processo-resposta, tendo a energia solar e a precipitação como principais inputs e o escoamento superficial como principal output.

Já os aspectos físicos mostram uma bacia de forma mais alongada e não susceptível a enchentes em condições normais de precipitação. Isto é comprovado pelos valores do coeficiente de compacidade (1,79), índice de circularidade (0,31) e fator de forma (0,16).

As características de declividade, predominando relevo suave ondulado e ondulado, juntamente com a densidade de drenagem com valor de 1,78 km/km² apontam para uma área medianamente drenada e com significativa dissecação fluvial. A área de drenagem também apresentou significativa ramificação, sendo considerada uma bacia de 7a ordem. Tal ramificação está relacionada ao embasamento cristalino de pouca permeabilidade, área onde se encontra a bacia em estudo.

Os elevados gradientes de declividade e de altitude ao longo da bacia mostram que a vegetação apresenta importante função no aumento das taxas de infiltração de água no solo, o que contribui para uma menor concentração de água no leito principal. Desta forma, o não comprometimento das áreas de preservação permanente (APP) mostra-se essencial para a manutenção da dinâmica ambiental ao longo da área de estudo.

Vale ressaltar que, nenhum dos índices calculados, isoladamente, é capaz de simplificar a complexa dinâmica que ocorre ao longo da bacia. Porém, os dados morfométricos em conjunto com as informações geradas no SIG apresentam-se como importantes instrumentos para a gestão dos recursos naturais da bacia do rio Patu.

Estudos futuros, a serem realizados em microescala, com informações do talvegue, velocidade do escoamento superficial, forma do leito menor, identificação de margens de acumulação e erosão associados com dados in situ de evaporação, dados pluviométricos, velocidade e direção dos ventos, por exemplo, darão um melhor entendimento acerca dos aspectos físicos e da dinâmica ambiental ao longo da bacia por meio de modelagem hidrológica.

REFERÊNCIAS

ARTHAUD, M. H. **Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE BRASIL): da sedimentação à colisão continental Brasileira**. Brasília, 2007. 170 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília.

ASTARAS, T. Drainage basins as process-response systems an example from Central Macedonia, North Greece. **Rev. Earth Surface Process and Landforms**, v. 9, p.333-341, 1984.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, v. 13, IG-USP. 1972. p.1-27

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p.241-248, mar./abr. 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D.; SILVA, L. C.; SILVEIRA FILHO, N. C.; SANTOS, R. A.; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; PERROTA, M. M.; HEINECK, C. A. Geotectônica do Escudo Atlântico: Província Borborema. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Organizadores.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & SIG**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. cap. 5, p.227-334.

EARTHDATA. **Alaska Satellite Facility**. 2017. Disponível em: < <https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Súmula da X reunião de levantamentos de solos**. Rio de Janeiro, 1979.

GIOMETTI, A. B. R. **Diagnóstico e prognóstico ambiental como subsídio para a gestão da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos ou da Cachoeira-SP**. 1998. 341 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, p.807-813, 1945.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal Pedra Branca**. Fortaleza: IPECE, 2016.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p.16-22, 2014.

MOREIRA, J. A. **Análise geoambiental e o estado de degradação/conservação do município de Pedra Branca-CE**. 2016. 199 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016.

MORISAWA, M. **Rivers: form and process**. New York: Longman, 1985.

PINHEIRO, R. C.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; MINGOTI, R.; SANTOS, I. P. Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do córrego Ipaneminha, Sorocaba-SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p.234-245, jul./set. 2011.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C.; SOUZA, M. J. N.; MORAES, J. O. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, p.13-98, 2000.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of hydrographic basin geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p.913-920, 1975.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. de; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p.849-857, set./out. 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil LTDA, 1975.