

**Artigo de Pesquisa****HIERARQUIA ENTRE OS RIOS MAMURU E UAICURAPÁ, NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO AMAZONAS (BRASIL)****Hierarchy between the Mamuru and Uaicurapá rivers, in the Amazonas River  
hydrographic basin (Brazil)**

Andrei Tavares Fernandes <sup>1</sup>, João D'Anuzio de Menezes Filho<sup>2</sup>, Ieda Hortêncio Batista<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curitiba, Brasil. E-mail: [andreimaestro@gmail.com](mailto:andreimaestro@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-0287-7573>

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Departamento de Geografia do Centro de Estudos Superiores de Parintins, Parintins, Brasil. E-mail: [jazevedo@uea.edu.br](mailto:jazevedo@uea.edu.br)

 <https://orcid.org/0000-0002-2673-1261>

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Escola Normal Superior/Ciências Biológicas, Manaus, Brasil. E-mail: [ibatista@uea.edu.br](mailto:ibatista@uea.edu.br)

 <https://orcid.org/0000-0001-8465-3129>

Recebido em 29/05/2023 e aceito em 15/07/2023

**RESUMO:** A hierarquia de drenagens fluviais auxilia estudos morfométricos de bacias hidrográficas e permite o conhecimento das estruturas de ordens das drenagens fluviais. Esse processo automatizado por software de Geoprocessamento, possibilita a rápida classificação das hierarquias fluviais e auxilia na definição correta dos topônimos. Este trabalho teve como objetivo analisar a hierarquia dos rios Mamuru e Uaicurapá, na divisa dos estados brasileiros, Amazonas e Pará, por meio dos métodos de hierarquização de canais de Strahler, comprimento de rios e definição de área de contribuição. Como resultado, classificou-se o rio Mamuru como rio principal de 8ª ordem e extensão estimada em 253,8 km e o rio Uaicurapá, como rio afluente de 7ª ordem com extensão de 84,9 km e ainda, a área de contribuição do rio Mamuru estimada em 9.943 km<sup>2</sup> e Uaicurapá com 1.760 km<sup>2</sup>. Essas características junto aos diagnósticos socioambientais subsidiam à gestão ambiental e em especial à gestão dos recursos hídricos, num contexto amazônico onde há lacunas de levantamentos compatíveis às sub-bacias e microbacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Recursos Hídricos; Amazônia; Geoprocessamento; Geomorfologia.

**ABSTRACT:** The hierarchy of river drainages helps morphometric studies of watershed and allows the knowledge of the structures of orders of river drainages. This process automated by Geoprocessing software, allows the rapid classification of river hierarchies and helps in the correct definition of toponyms. This work aimed to analyze the hierarchy of the Mamuru and Uaicurapá rivers, on the border of the Brazilian states, Amazonas and Pará, through the Strahler channel hierarchy methods, river length and definition of the contribution area. As a result, the Mamuru River was classified as a main river of 8th order and an estimated length of 253.8 km and the Uaicurapá River as a 7th order tributary river with a length of 84.9 km. Mamuru estimated at 9.943 km<sup>2</sup> and Uaicurapá with 1.760 km<sup>2</sup>. These characteristics, together with the socio-environmental diagnoses, support environmental management

and, in particular, the management of water resources, in an Amazonian context where there are gaps in surveys compatible with sub-basins and hydrographic micro-basins.

**Keywords:** Water resources; Amazon; Geoprocessing; Geomorphology.

**RESUMEN:** La jerarquía de los drenajes de los ríos ayuda a los estudios morfométricos de las cuencas hidrográficas y permite el conocimiento de las estructuras de los órdenes de drenaje de los ríos. Este proceso automatizado por el software de Geoprocesamiento, permite la rápida clasificación de las jerarquías de los ríos y ayuda en la correcta definición de los topónimos. Este trabajo tuvo como objetivo analizar la jerarquía de los ríos Mamuru y Uaicurapá, en la frontera de los estados brasileños, Amazonas y Pará, a través de los métodos de jerarquía de canales de Strahler, longitud del río y definición del área de contribución. Como resultado, el río Mamuru fue clasificado como río principal de orden 8 y con una longitud estimada de 253,8 km y el río Uaicurapá como río tributario de orden 7 con una longitud de 84.9 km, Mamuru estimado en 9.943 km<sup>2</sup> y Uaicurapá con 1.760 km<sup>2</sup>. Estas características, junto con los diagnósticos socioambientales, sustentan la gestión ambiental y, en particular, la gestión de los recursos hídricos, en un contexto amazónico donde existen vacíos en levantamientos compatibles con subcuencas y microcuencas hidrográficas.

**Palabras-clave:** Recursos hídricos; Amazonas; Geoprocesamiento; Geomorfología.

## INTRODUÇÃO

De acordo com os aspectos hidrológicos, o rio é o tronco principal dos sistemas de drenagem e se constitui em um corpo de água corrente confinada num canal (SUGUIO; BIGARELLA, 1990). A determinação do canal principal em uma rede de drenagem fluvial natural é uma importante condição para a delimitação da área de captação dos fluxos d'água.

A bacia hidrográfica é a área de captação natural dos fluxos de água, originados a partir da precipitação, que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída ou exultório. Logo se faz necessário a determinação de um canal principal de referência para a definição de exultório e as informações sobre o relevo de uma região (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

O estudo das drenagens fluviais e das bacias hidrográficas são importantes para a compreensão de uma paisagem natural. Na Geografia, podem ser estudados tanto pela Geomorfologia Fluvial, quanto pela Hidrogeografia, ambas enquanto disciplinas, podem fornecer perspectivas em diferentes escalas à compreensão do espaço geográfico.

No campo normativo brasileiro, os rios pertencem ao grupo dos corpos hídricos ou corpos d'água. E nesse contexto inicialmente destaca-se a Resolução nº 20 de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que teve por objeto o estabelecimento de classes de enquadramento dos corpos d'água, além do nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo em um rio, lago ou nascente (CONAMA, 1986).

A Lei nº 9.433/1997 (Lei das Águas), em simetria com a antiga resolução de 1986 e com a atual Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA, institui o enquadramento dos corpos hídricos como ferramenta de gestão em bacias hidrográficas que por sua vez,

é a unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), sistema instituído pela Constituição Federal de 1988.

A Constituição Federal de 1988 também define a dominialidade dos corpos hídricos no país. Ela estabelece que os lagos, os rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais, são de domínio da União (BRASIL, 1988).

Nos limites dos estados brasileiros, Pará e Amazonas, localizam-se dois rios onde vivem e convivem populações ribeirinhas locais dos municípios de Parintins (AM) e Juriti (PA): rio Mamuru e rio Uaicurapá. Além das comunidades, um dos elementos geográficos que ganha destaque na área de confluência desses rios é a praia de Itaracuera que, segundo o consenso local, está localizada nas margens do rio Uaicurapá.

Os primeiros mapeamentos com maiores detalhes que abordam a região da confluência desses rios são oriundos da década de 70. São exemplos os trabalhos realizados pelo Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM) pelo Projeto Radam Brasil e pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) da 4ª e 5ª Divisão de Levantamento (5ª DL) do Ministério do Exército Brasileiro (MEB).

Um dos produtos cartográficos dessa época, a Carta Santarém SA-21, de 1976, não define o topônimo na área de confluência como pertencente ao rio Uaicurapá ou Mamuru. Por sua vez, um segundo mapeamento, feito pela DSG 4ª e 5ª DL, já propõe, além do topônimo, a continuidade após a confluência, ao rio Uaicurapá (DNPM, 1976; DSG, 1981).

Referente às recentes pesquisas acadêmicas feitas na área da confluência do rio Mamuru e Uaicurapá, cabe destacar o estudo da caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Tracajá. Essa sub-bacia, conforme afirma a autora, faz parte da bacia hidrográfica do rio Mamuru, do qual pode ainda ser classificada como último afluente, no sentido de montante para jusante (BRANDÃO, 2013). Outro trabalho elaborou um Atlas Físico-Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Uaicurapá (BHRU), como ferramenta de subsídio à gestão dos recursos hídricos, com uso de Sensoriamento Remoto (FERNANDES, 2021).

Em prévias análises comparativas feitas no software *Google Earth* e em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com dados da Base Cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Base Hidrográfica Ottocodificada da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é possível identificar a superioridade da rede de drenagem do rio Mamuru em relação ao Uaicurapá.

Em razão das questões apresentadas, este trabalho tem por objetivo analisar a hierarquia entre os rios Uaicurapá e Mamuru a partir dos métodos de análises como a hierarquia fluvial de Strahler, incluindo medidas de comprimento dos rios e área de contribuição, com uso do geoprocessamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

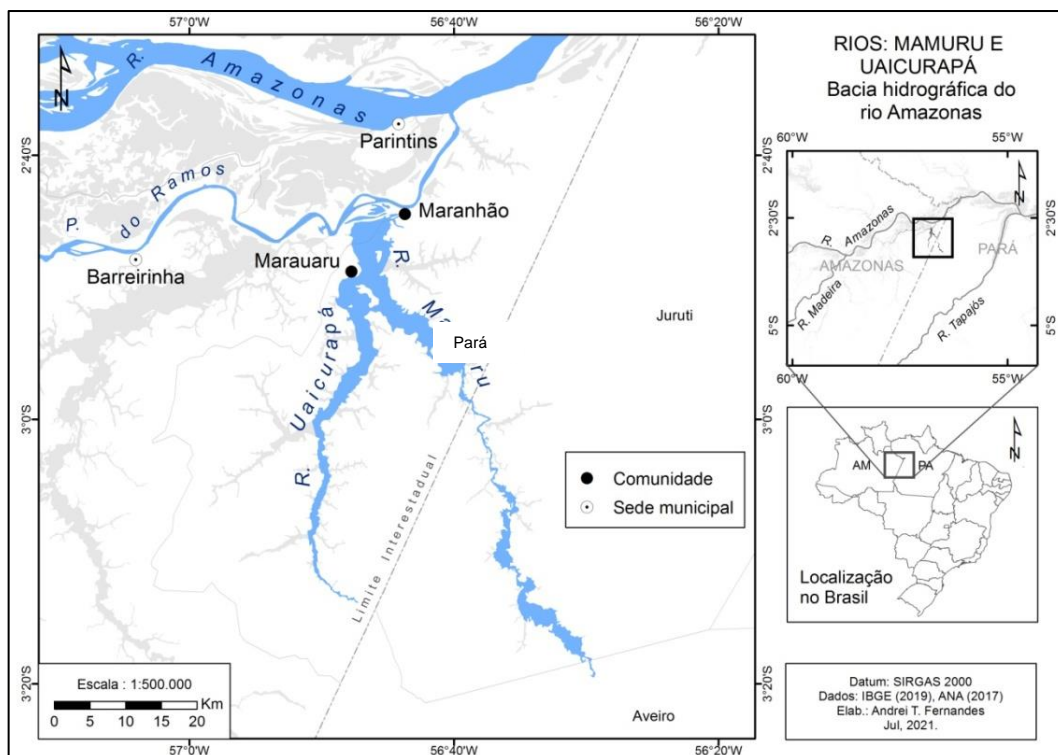
### Localização da área de estudo

Os rios Uaicurapá e Mamuru estão localizados na margem direita do rio Amazonas (Brasil), no interflúvio dos rios Madeira e Tapajós, abrangendo limites entre os estados do Amazonas e Pará. O rio Uaicurapá deságua no rio Mamuru próximo à comunidade ribeirinha Marauaru, no município de Parintins (AM). O trecho próximo a essa comunidade, a princípio, é definido como a foz do rio Uaicurapá, da qual é separada naturalmente por uma ilha fluvial.

Após a confluência com o Uaicurapá, o rio Mamuru se prolonga por cerca de 8 km, quando então apresenta foz com aspecto afogada, pelo encontro com o paraná do Ramos, próximo ao sul da cidade de Parintins (AM). O Mamuru faz contato com o Paraná do Ramos através de um furo de captura próximo à comunidade ribeirinha Maranhão, em Parintins (AM).

O aspecto de foz afogada é comum aos principais rios da bacia hidrográfica do rio Amazonas, como exemplos, os rios Xingu, Negro, Coari, Tefé, cujos aspectos possuem semelhanças em largura e profundidade das rias marinhas em costas litorâneas baixas e que se tratando dos rios, recebem a denominação de “rias fluviais”. Essas rias fluviais apresentam ainda notável desproporção entre suas larguras e extensões e as dos cursos de água que para elas fluem (SOARES, 1991).

A Figura 1 apresenta a localização dos rios Mamuru e Uaicurapá e sua conexão com o Paraná do Ramos, na margem direita do rio Amazonas no Brasil.



**Figura 1:** Localização dos rios Mamuru e Uaicurapá. **Fonte:** IBGE (2019), ANA (2017). Organizado pelos autores (2021).

O rio Uaicurapá possui aproximadamente 84 km de extensão e sua nascente situa-se em terrenos com altitudes de cerca de 50 metros, localizadas no limite dos municípios de Juruti e Aveiro, no oeste do estado do Pará. Os levantamentos indicam que o rio surge de Áreas de Acumulação Inundável (Aia), das quais são áreas aplainadas com cobertura arenosa, periódica ou permanente alagada (DNPM, 1976).

Quanto ao rio Mamuru, esse possui a extensão de aproximadamente 235 km (ANA, 2017), e sua respectiva nascente próxima ao limite dos municípios de Aveiro e Itaituba no estado do Pará em terrenos com altitudes próximas a 150 metros, de acordo com análises e interpretações em imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), onde há predomínio de arenitos e arenitos caulíníticos, no fim da Formação Alter do Chão (CPRM, 2007).

Quanto ao aspecto geológico, os rios estão caracterizados em dois momentos principais do Éon Fanerozoico: Coberturas Cenozoica, referente a Sedimentos recentes do Quaternário (Q2a), como os Depósitos Aluvionares, com maior ocorrência em grande parte das margens do rio Uaicurapá e no rio Mamuru, nas margens próximas da confluência; e Bacias Sedimentares Fanerozoicas referentes ao Mesozoico, do período Cretáceo, como a Formação Alter do Chão (K2ac) e que ocorrem no restante das áreas da rede de drenagem dos dois rios (FARIA *et al.*, 2004).

Com relação às características geomorfológicas há ocorrência, nas margens de ambos os rios, das Planícies Fluviais (R1a). Além disso, ocorrem ainda no rio

Uaicurapá pela margem esquerda, principalmente os Tabuleiros (R2a1) e margem direita os Baixos Platôs Dissecados (R2b2), enquanto, no rio Mamuru, há o predomínio dos Baixos Platôs (R2b1) e Baixos Platôs Dissecados (CPRM, 2009, 2010).

Cabe destacar de forma geral que os Platôs, também denominados de Baixos Platôs da Amazônia Central, são cobertos por Floresta Ombrófila densa de terras baixas, sobre solos bem drenados, com baixa fertilidade natural, espessos e lixiviados, com predomínio de Latossolos Amarelos distróficos, e com ocorrência de Argilossolos Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Pétricos concrecionários (IBGE; EMBRAPA, 2001).

As áreas de contribuição dos rios estão localizadas no quadrante das coordenadas 2° e 4° de latitude sul, e 56° e 57° de longitude oeste, completamente na Zona Equatorial e ao mesmo tempo dentro da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esses aspectos permitem classificar a área no clima equatorial úmido com temperaturas médias em torno de 26°C (OLIVEIRA; ANDRADE, 2010) e chuvas estimadas com média anual em 2500 mm (ANA, 2020; NASA, 2020).

### Insumos e geoprocessamento

Basicamente foram utilizados produtos cartográficos Projeto Radam Brasil de 1976;

Diretoria de Serviços Geográficos (DSG): Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); e do projeto *Shuttle Radar Topograph Mission* (SRTM). O uso desses produtos foi objetivado a análise de topônimos e a geração de análises morfométricas da área de estudo.

Utilizou-se em primeira análise, o Mapa Geomorfológico do Radam Brasil e a Carta Topográfica Matricial Parintins SA-21-Z-A, pois foram considerados como principais levantamentos oficiais mais antigos para a caracterização da área da confluência do rio Mamuru e Uaicurapá, sendo o primeiro na escala 1:1.000.000 e o segundo, 1:250.000. Esses produtos utilizados para análise prévia do topônimo atribuída ao trecho da drenagem analisada.

Após a leitura e interpretação das cartas, seguiu-se para a etapa de análise comparativa dos demais produtos cartográficos, especificamente entre as camadas vetoriais da classe dos trechos de drenagens, adquiridas da ANA, DSG e IBGE.

Para isso, utilizaram-se apenas feições vetoriais da classe trechos de drenagem da Carta Topográfica Parintins SA-21-Z-A-IV (DSG, 2013); da Base Cartográfica BC250, versão 2019 (IBGE, 2019); e da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO250), versão 2014 (ANA, 2014).

A primeira versão da Carta Parintins SA-21-Z-A-IV MI-524 foi impressa em 1981 pela 5ª Divisão de Levantamento (DL) do Exército Brasileiro (DSG, 1981). Desde 2013, esse produto encontra-se disponível no Banco de Dados Geográficos do Exército

(BDGEx), com dados mais atualizados, composto por vários arquivos vetoriais, próprios para a plotagem em softwares de geoprocessamento, como o ArcGis e QGIS.

As informações das feições utilizadas da Carta Parintins SA-21-Z-A-IV, pertencente à classe temática trecho de drenagem, originalmente foram adquiridas com o sistema de coordenada WGS84, UTM, para o fuso 21S, com sistema de projeção Transverso de Mercator.

Os demais dados utilizados referem-se aos arquivos de representação da classe trecho de drenagem da Base Cartográfica (BC250) do IBGE versão 2019, e da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) da ANA, versão 2014, ambas originalmente vinculadas ao Sistema de Referência Geocêntrico para América, SIRGAS 2000.

Ressalta-se que a BHO da ANA possui uma versão mais atual, publicada em 2017, no entanto, optou-se em utilizar a versão de 2014, em razão dessa última, apresentar na classe cursos d'água (equivalente a classe trecho de drenagem), o lote de atributos como os nomes dos trechos de drenagem, o que foi fundamental para a correta análise comparativa com as demais feições dos produtos cartográficos da DSG e IBGE.

A ANA utiliza o método da Codificação de Bacias Hidrográficas de Otto Pfafstetter. A aplicação inicial com esse método se faz a partir da jusante para a montante e considerando a maior área de contribuição hidrográfica a montante, independente do nome que o curso d'água recebe na cartografia (ANA, 2015).

A atualização das classes da BC250 do IBGE, o que inclui a feição trechos de drenagem, é baseada principalmente por validação semiautomática de consistência cartográfica e topológica, além da realização de consultas aos insumos, como documentos técnicos e produtos dos órgãos colaboradores como ANA e DSG (IBGE, 2019).

Segundo a documentação referente BC250 (IBGE, 2019) a criação e atualização dos cursos de água, são feitas principalmente por critério em função da extensão e largura. Soma-se a isso, o critério de definição de nascente do curso d'água principal, a nascente que estiver na maior altitude e generalização de polígonos de massas de água que não possuem topônimos.

Quanto às Cartas Topográficas Parintins SA-21-Z-A (matricial ou vetorial), pertencem à classe dos Produtos Geoespaciais Básicos (PGB) de acordo como o Manual de Campanha EB20-MC-10.209. Esse produto é oriundo de processos que envolvem diversas operações de campo e processamento de dados obtidos de diversas fontes públicas e privadas e que empregam sensores orbitais ou aerotransportados para mapeamentos básicos (EB, 2014).

A segunda etapa da pesquisa envolveu a avaliação da qualidade de dados geoespaciais. Esse processo consiste na correção de atributos como os nomes geográficos, pertencem à categoria Acurácia Temática (ISO, 2013; IBGE, 2019). Nessa categoria, avaliam-se os as classes, como o trecho de drenagem e seus respectivos itens (contidos na tabela de atributos dos arquivos vetoriais ou matriciais)

para a correção de atributos não quantitativos, como o nome atribuído aos trechos de drenagem das bases cartográficas.

Dessa forma, buscou-se identificar dentro do conjunto de feições vetoriais da classe Trecho de Drenagem dos diferentes produtos cartográficos, os nomes geográficos contidos na tabela de atributos, levando em conta a classificação desses, com a quantidade de feições, considerando ainda, o limite da área da confluência entre os rios Mamuru e Uaicurapá.

A visualização dos arquivos de trecho de drenagem foi realizada no software ArcGis 10.8, o que permitiu a identificação das semelhanças e diferenças das classes analisadas. Concluída essa fase, seguiu-se para a representação gráfica das camadas, no próprio software. Para facilitar a análise temática e posicional das classes elaborou-se um mapa temático, ajustadas para o Sistema de Coordenadas Planas SIRGAS 2000 UTM21S.

A terceira etapa consistiu em analisar a drenagem dos dois rios a partir da análise morfométrica possibilitada pelo método hierarquização de Strahler (1957), adaptada de Horton (1945).

A lógica desse método de hierarquização de canais consiste na seguinte lógica: as pequenas correntes formadoras, correspondente aos pequenos canais que não têm tributários, são definidas como canais de 1ª ordem. Após o encontro dos canais de 1ª ordem, forma-se um canal de 2ª ordem. A junção de dois canais de 2ª ordem forma outro de 3ª ordem e assim por diante até a foz do rio da última ordem encontrada, nos limites da bacia (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

O método é comumente utilizado em diversos estudos para a definição hierárquica entre rios, como o caso do rio Paraibuna (ARAÚJO, *et al.* 2009), caracterização morfométrica de bacias hidrográficas (SANTOS; LIMA, 2009; PREM; RAJ; GURUGNAMAM, 2016) ou mesmo para análises relacionadas com a qualidade da água (WEAVER; REED; GRANT, 2001).

O processo de hierarquização foi realizado no ArcGis 10.8, com as seguintes folhas digitais do SRTM, adaptados por Miranda (2005): SA-21-X-A, SA-21-Y-D, SA-21-VB, SA-21-Y-D, SA-21-Z-C e SA-21-Z-A. Durante o tratamento das folhas foi gerado um mosaico, do qual foi recortado para o tamanho próximo a coberturas das bacias dos rios Mamuru e Uaicurapá, seguidas dos processamentos pela extensão ArcHydro (Quadro 1).

**Quadro 1.** Processos na extensão ArcHydro.

Nº	Nome do processo	Função algorítmica
1	<i>Fill Sinks</i>	Preenche depressões no MDE ou repara erros contidos neles com base em pixels vizinhos sem anomalias do valor altimétrico.
2	<i>Flow Direction</i>	Determina da direção da drenagem com base nos valores altimétricos dos pixels do MDE.
3	<i>Flow Accumulation</i>	Algoritmo que indica o grau de confluência do escoamento e associado ao fator comprimento de rampa aplicado em duas



Nº	Nome do processo	Função algorítmica
		dimensões.
4	<i>Stream Definition</i>	Determina o nível de detalhamento dos canais de acordo com a especificação do usuário.
5	<i>Stream Segmentation</i>	Cria uma rede de seguimento de canais com a mesma identificação.
6	<i>Catchment Grid Delineation</i>	Cria uma rede com as células que carregam o mesmo valor e gerando as bacias e microbacias.
7	<i>Catchment Polygon Processing</i>	Converte as bacias e microbacias em classe de camadas de polígonos (vetorização).
8	<i>Drainage Line Processing</i>	Cria um shape de linha da rede de drenagem a partir dos produtos "Stream segmentation" e "Flow direction".
9	<i>Adjoint Catchment Processing</i>	Uni os produtos dos processos "catchment" em um único arquivo com bacias hidrográficas mais detalhadas e vetorizadas fundamentais para delimitação da drenagem.
10	<i>Drainage Point Processing</i>	Determina pontos iniciais de cada canal da drenagem para delimitações automáticas de bacia.
11	<i>Batch Point Generation</i>	Cria um ou mais pontos na drenagem, a ser posicionado pelo usuário, para delimitação de bacia no processo "Watershed Delineation".
12	<i>Watershed Delineation</i>	Cria um vetor (shape) de delimitação de bacias com base no "Batch Point" determinado anteriormente.

Fonte: ESRI (2011). Adaptado pelos autores (2021).

Para o quarto processo denominado de *Stream Definition*, foi utilizado o limiar de início da drenagem para 700 células, para o SRTM de 30 metros. Esse limiar apresentou maior proximidade à malha da classe trecho de drenagem da BHO (ANA, 2017) na escala 1:250.000, utilizada como parâmetro e que apresenta grande detalhamento de canais.

Ao passo seguinte foi executado o processo automático da hierarquização dos canais pela ferramenta *Stream Order* do *Spatial Analyst Tools*, apoiadas com os subprodutos do *Stream Segmentation* e *Flow Direction*.

Na fase manual, realizaram-se procedimentos de edição e correção de linhas de drenagens oriundas do *Stream Order*, segundo o critério da topologia arco e nó (CÂMARA, 2005) e com base no padrão das imagens do SRTM (MIRANDA, 2005) e da imagem satélite LANDSAT-8, do sensor OLI, órbita/ponto 229/062, com aquisição em 05 de novembro de 2017.

Os produtos do *Watershed Delineation*, correspondente aos limites das bacias dos rios analisados, passaram pelo processo de suavização de poligonais (DAVIS JR; QUEIROZ, 2005) para melhor representação dos limites das bacias hidrográficas.

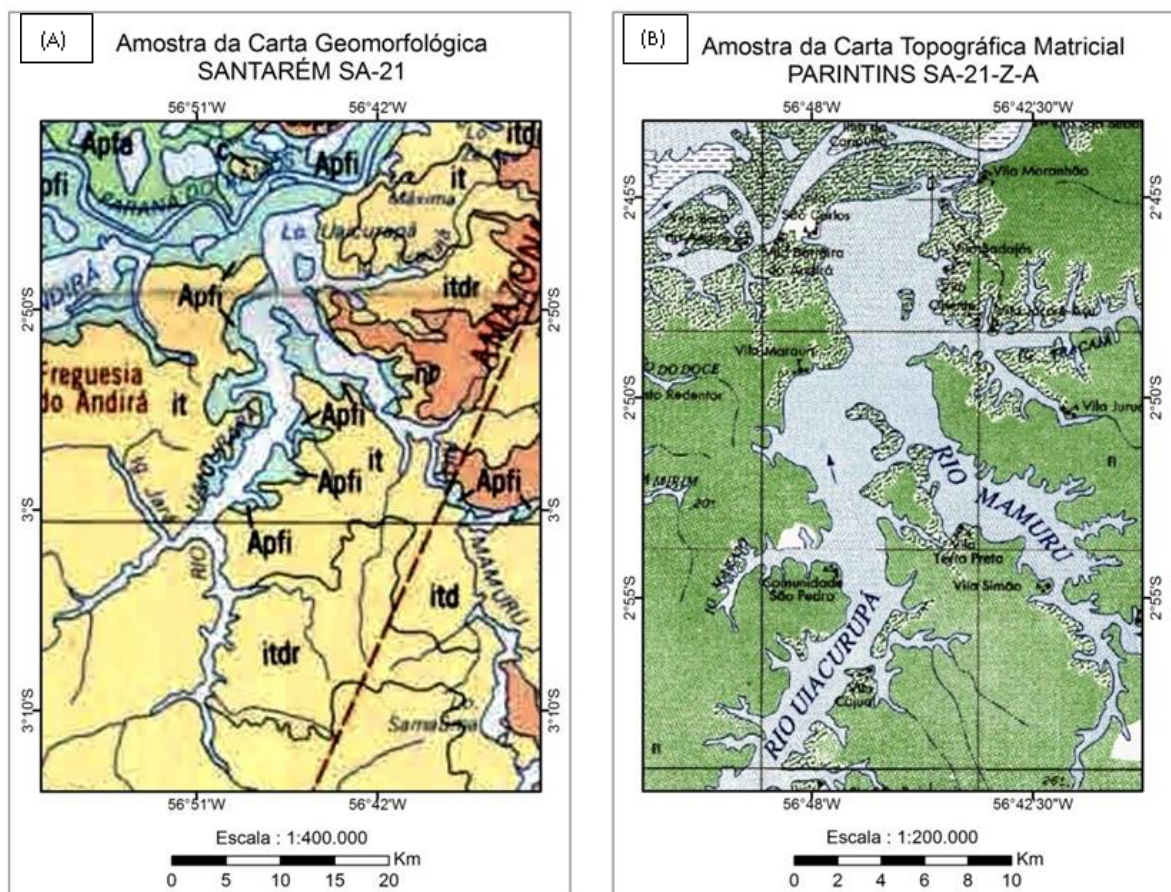
Na quarta etapa, propôs-se a definição do rio principal da rede de drenagem dos dois rios, tendo como critério o canal mais longo (CHRISTOFOLETTI, 1980; COLLISCHONN; DORNELLES, 2015). Para a definição do rio principal, utilizou-a drenagem mais longa da BHO da ANA (2017) de acordo com o limite das bacias do

rio Mamuru e Uaicurapá e considerando as nascentes mais distantes com relação ao exultório, identificadas durante o processo automático.

## RESULTADOS

A pesquisa consistiu em analisar a hierarquia entre os rios Uaicurapá e Mamuru. Para isso, levantaram-se inicialmente dois produtos cartográficos da década de 70 que indicassem o topônimo da área da confluência entre os rios, seguidos da análise comparativa de amostras de dados hidrográficos de diferentes instituições brasileiras e a geração da representação da hierarquia fluvial, pelo método de Strahler. Os resultados dessas etapas são apresentados na sequência.

A Figura 2 apresenta o detalhe das amostras da Carta Geomorfológica publicado pelo Projeto Radam Brasil em 1976 e Carta Topográfica Matricial Parintins SA-21-Z-A do DSG do Exército do Brasileiro (EB).



**Figura 2:** Amostra de produtos cartográficos. **Fonte:** IBGE (1976), DSG (1981), adaptado pelos autores (2021).

Conforme pode ser verificado na Figura 2-A, na amostra georreferenciada da Carta Geomorfológica Santarém SA-21, não é possível identificar com precisão o topônimo da confluência entre os rios Mamuru e Uaicurapá. Isso pode estar relacionada principalmente a escala cartográfica original 1:1.000.000, que não possibilita o detalhamento das classificações dos nomes geográficos.

Na amostra da Carta Topográfica Matricial Parintins SA-21-Z-A (Figura 2-B), originalmente elaborada para escala 1:250.000, apresenta a classificação para área com predominância para o rio Mamuru, com seu possível afluente, o rio Uaicurapá.

Na segunda etapa, compararam-se os dados vetoriais de diferentes produtos cartográficos, para os quais se optou por representá-los de forma resumida conforme mostra o Quadro 2 e pela Figura 3, onde os dados são representados por um mapa temático, sobreposto a uma imagem do satélite LANDSAT-8.

**Quadro 2:** Resumo de feições analisadas

Órgão	Produto	Classe	Tipo Vetorial	Nº de feição analisadas	Nome da feição
Diretoria de Serviços Geográficos (DSG)	Carta Topográfica Vetorial PARINTINS SA-21-Z-A-IV	Trecho de Drenagem	Linha	18	Mamuru
				20	Uaicurapá
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	Base Cartográfica BC250, versão 2019	Trecho de Drenagem	Linha	112	Mamuru
				52	Uaicurapá
				8	Desconhecido
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)	Base Hidrográfica Ottocodificada BHO, versão 2014	Cursos d'água	Linha	3	Mamuru
				2	Uaicurapá

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021).

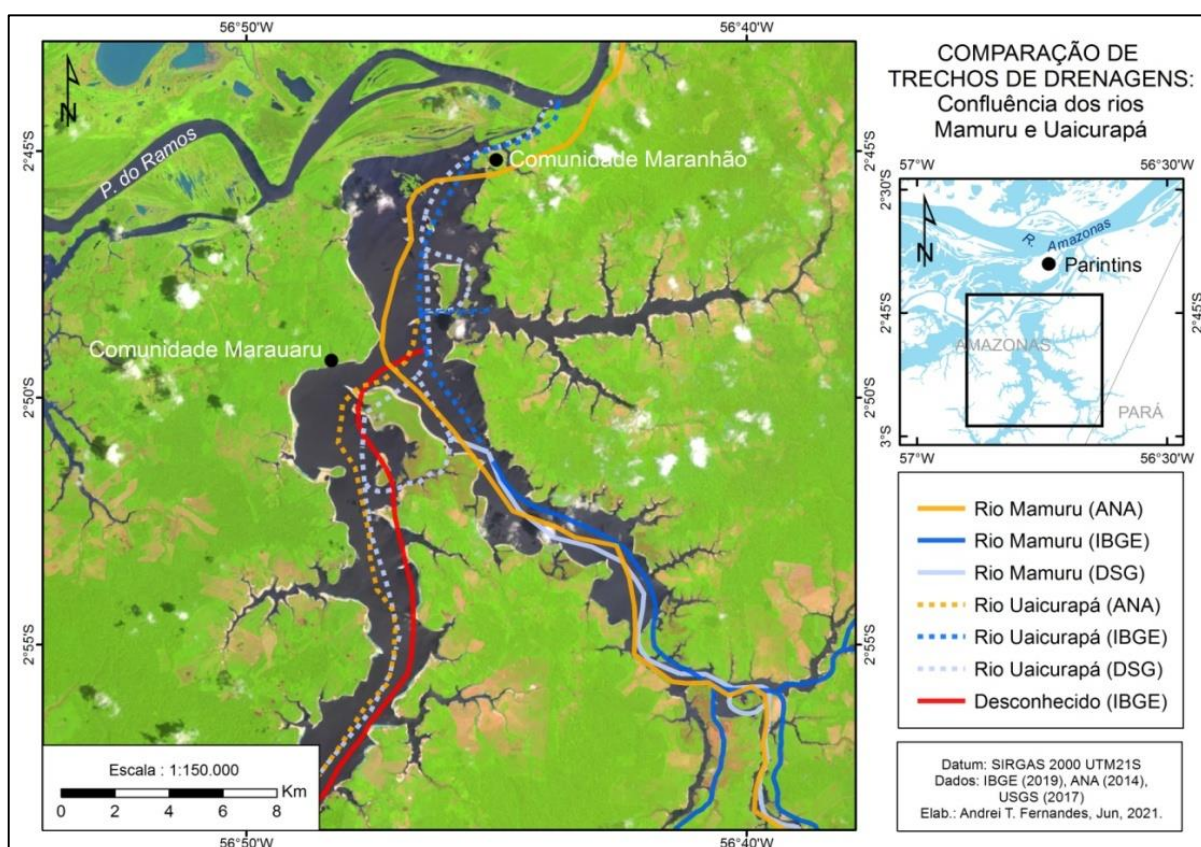
As feições da DSG e do IBGE visualizadas no mapa temático (Figura 3) indicam que o topônimo predominante na área de confluência pertence ao rio Uaicurapá. Diferente dessa classificação, as feições da ANA (BHO) indicam que o trecho final da drenagem pertence ao rio Mamuru.

Observa-se ainda, que a linha vermelha representada no mapa da Figura 3, da classe de trecho de drenagem da BC250 do IBGE, que visivelmente faz parte do trecho final do rio Uaicurapá, não apresenta o topônimo.

As classificações dos nomes geográficos se referem à categoria Acurácia Temática, indicada na norma internacional ISO 19157, de 2013, que especifica sobre a qualidade

dos dados espaciais e no documento *Avaliação da qualidade de dados geoespaciais*, publicado em 2019, pelo IBGE.

Segundo esses documentos, as diferenças posicionais das feições podem ser avaliadas pela categoria Acurácia Posicional. Essas diferenças possivelmente podem ser causadas pelas diferentes formas de aquisição dos dados, assim como as metodologias a exemplo da utilizada pela BHO da ANA, além da escala cartográfica para qual foram projetados, o que pode acentuar erros conforme o detalhamento da escala.

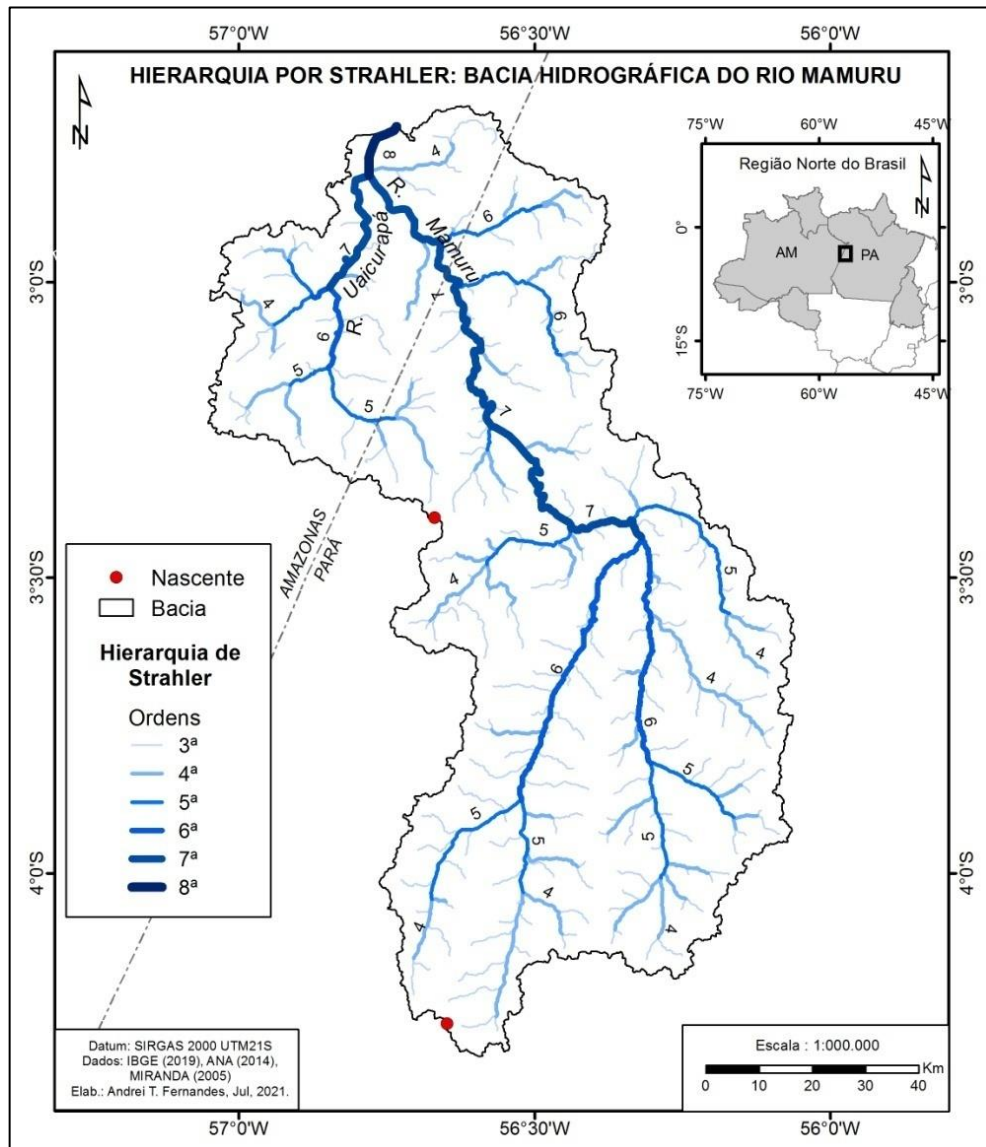


**Figura 3:** Topônimo de feições da classe trechos de drenagem. **Fonte:** DSG (2013), ANA (2014), IBGE (2019), LANSAT-8 (2017). Organizado pelos autores (2021).

A Figura 4 apresenta o resultado da classificação da hierarquia fluvial da Bacia Hidrográfica do rio Mamuru (BHRM) para a escala 1:1.000.000, sendo um resumo e com detalhamento a partir dos rios de 3ª ordem, segundo o método de Strahler.

Para o cálculo do comprimento dos rios estudados, optou-se por utilizar as feições mais extensas da BHO da ANA, de 2017, considerando respectivamente as nascentes mais distantes com relação aos exultórios. Essas informações são representadas no

Quadro 3, junto às demais características, como a ordem de drenagem e área de contribuição.



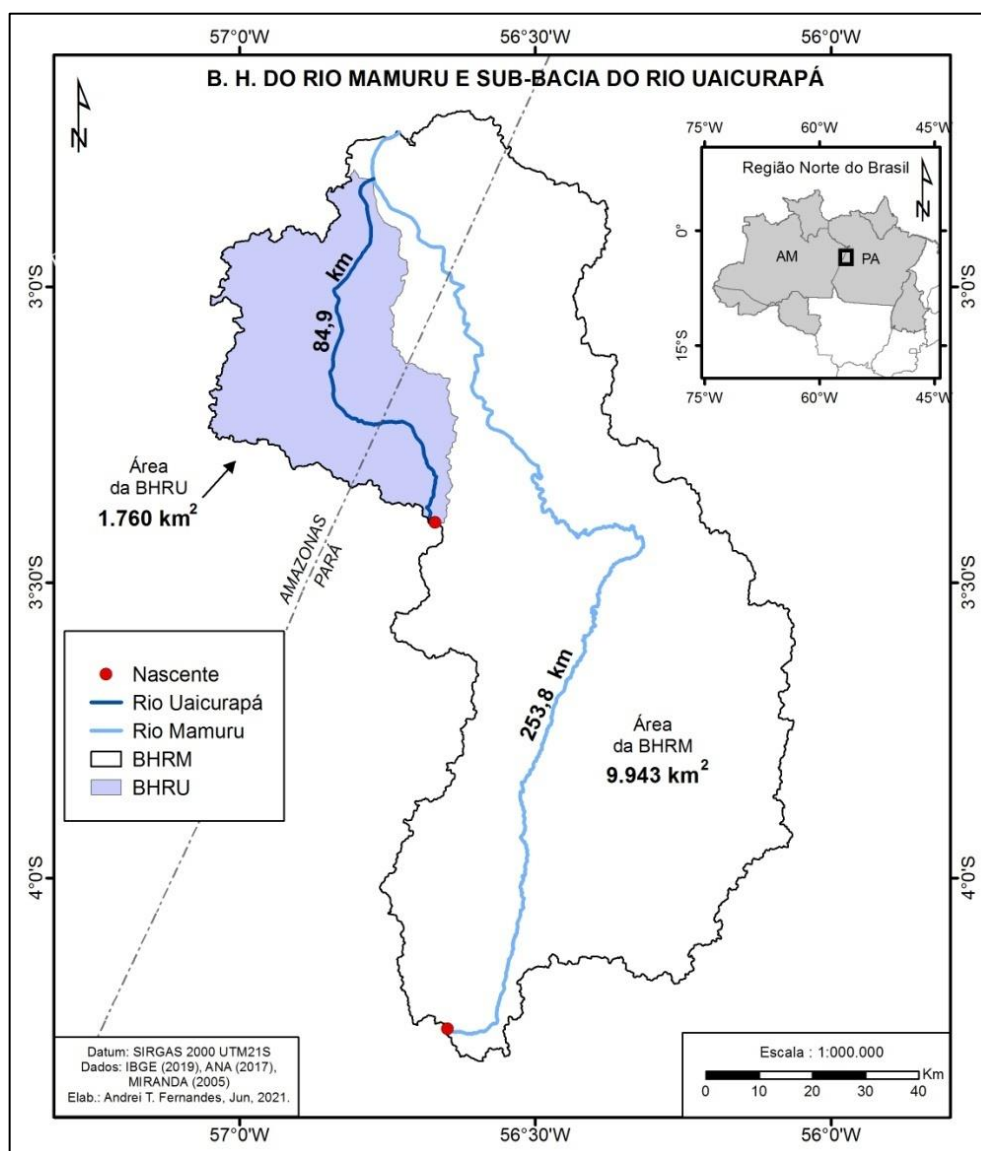
**Figura 4:** Hierarquia de drenagem por Strahler. **Fonte:** MIRANDA (2005), ANA (2014), IBGE (2019). Organizado pelos autores (2021).

**Quadro 3:** Características morfométricas

Rio	Ordem de Strahler	Comprimento (km)	Área de contribuição (km <sup>2</sup> )
Uaicurapá	7 <sup>a</sup>	84,9	1.760
Mamuru	8 <sup>a</sup>	253,8	9.943

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A Figura 5 apresenta as feições com comprimento estimado, sobreposta as suas respectivas áreas de contribuição e a relação hierárquica, onde a bacia principal é a Bacia Hidrográfica do rio Mamuru (BHRM) e a Bacia Hidrográfica do rio Uaicurapá (BHRU) uma sub-bacia.



**Figura 5:** Representação comparativa das bacias hidrográficas e seus canais principais. **Fonte:** MIRANDA (2005), ANA (2017), IBGE (2019). Organizado pelo autor (2021).

## CONCLUSÃO

A grandeza do rio Mamuru é notável, considerando os três aspectos analisados para a hierarquização, em comparação com o rio Uaicurapá. O rio Mamuru foi classificado como rio principal de oitava ordem enquanto o rio Uaicurapá foi definido como afluente de sétima ordem.

A Bacia Hidrográfica do rio Mamuru (BHRM), é a bacia principal com área estimada em 9.943 km<sup>2</sup> e a Bacia Hidrográfica do rio Uaicurapá (BHRU), sub-bacia com 1.760 km<sup>2</sup> de área, correspondente a 17% do total da bacia principal. O rio Mamuru foi estimado em 253,8 km de extensão, sendo esse o rio principal e o rio Uaicurapá como afluente, com extensão estimada em 84,9 km.

As delimitações das bacias definiram-nas como interestaduais por abrangerem dois Estados, portanto, são de domínio da União. Esses limites favorecem a gestão dos recursos hídricos, da qual, segundo a Lei das Águas (Lei 9.433/1997), considera a bacia hidrográfica como unidade territorial para gestão. Com essa informação deve ser atrelada o diagnóstico ambiental e a identificação de possíveis conflitos pelos recursos hídricos no limite da bacia hidrográfica.

Quanto à gestão das águas em bacias da Amazônia, não se identifica conflito pela falta de água, mas por acesso a água com qualidade pela população local. Esse problema é mais notório durante as vazantes extremas, quando a população fica muito distante das fontes naturais de água com menos sedimentos.

Apesar da aplicabilidade da metodologia para delimitação de bacias ocorrer com êxito em áreas de terras-firme, como é o caso das bacias estudadas nesta pesquisa, nota-se a impossibilidade do uso do critério de divisor topográfico em áreas planas e alagadas, como as de várzeas do rio Amazonas.

Quanto aos produtos cartográficos utilizados na pesquisa, de forma geral, passam por constante atualização devido ao melhoramento das metodologias de coletas de dados, como o Sensoriamento Remoto, a exemplo dos insumos como as imagens de satélites e de radares, e a conversão do armazenamento de informações espaciais do formato analógico para o digital.

Referente às metodologias de geração das redes hidrográficas dos três órgãos oficiais da cartografia nacional, elas são diferentes. Conforme identificada nos documentos da DSG e IBGE, os nomes geográficos tendem a ser mantidos ou alterados principalmente em função da validação geométrica e topológica, feitos por amostragem e de forma contínua. Isso se deve a grande extensão do território brasileiro.

A classe trecho de drenagem do produto cartográfico da BHO da ANA se mostrou a mais adequada hidrológicamente para a delimitação da BHRU, uma vez que define corretamente a drenagem principal e com o menor número de feições para representação de rios, o que oferece menor quantidade de dados para armazenamento em banco de dados geográficos.

A grande extensão do território brasileiro também pode ter relação com a ausência dos topônimos das malhas de drenagens. O exemplo da área da bacia hidrográfica do Amazonas, onde a densidade populacional é muito baixa, grande parte dos nomes geográficos são atualizados ou atribuídos principalmente durante a realização dos Censos e dependem da presença da população residente para denominá-los.

Quanto aos processos automáticos realizados por meio de software de geoprocessamento é indispensável à revisão manual, uma vez que os resultados automatizados podem se mostrar discrepantes com relação à ocorrência dos fenômenos na realidade da superfície terrestre. Diante das dificuldades de acessos as áreas de estudos, o procedimento ainda é uma excelente ferramenta para a caracterização morfométricas e demais análises que subsidiam a gestão de bacias hidrográficas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de Bolsa de doutorado do autor Andrei Tavares Fernandes, processo número 88887. 894468/2023-00.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

**Concepção:** Andrei Tavares Fernandes. **Metodologia:** Andrei Tavares Fernandes. **Análise formal:** João D’Anuzio de Azevedo Filho e Ieda Hortêncio Batista. **Pesquisa:** Andrei Tavares Fernandes e João D’Anuzio de Azevedo Filho. **Recursos:** João D’Anuzio de Azevedo Filho. **Preparação de dados:** Andrei Tavares Fernandes e João D’Anuzio de Azevedo Filho. **Escrita do artigo:** Andrei Tavares Fernandes. **Revisão:** João D’Anuzio de Azevedo Filho e Ieda Hortêncio Batista. **Supervisão:** João D’Anuzio de Azevedo Filho e Ieda Hortêncio Batista. **Aquisição de financiamento:** João D’Anuzio de Azevedo Filho e Ieda Hortêncio Batista. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Base Hidrográfica Ottocodificada 1:250.000 (BHO)**. Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: [https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=589&fname=geoft\\_bho\\_curso\\_dagua.zip&access=private](https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=589&fname=geoft_bho_curso_dagua.zip&access=private). Acesso em: 21 jun. 2021.



ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Cursos d'água 2014**. Brasília, DF: ANA, 2014. Arquivo compactado com conteúdo no formato shapefile. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Precipitação média anual série**, série de 1977 a 2006. Brasília, DF: ANA, 2020. Arquivo compactado, com conteúdo no formato shapefile, xn-Precipitao\_Mdia\_Anual\_-\_Srie\_de\_1977\_a\_2006-shp-b5d9q3dn.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO)**, 2 ed. Brasília: DF: ANA, 2015.

ARAÚJO, J. P. de C; CASTRO, T. G. A. de; SILVA, A. C. da; MACHADO, J. de O; Z AidAN, R. T. Aplicação de métodos e critérios para a determinação de rio principal: o caso da bacia hidrográfica do rio Paraibuna. *In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 13., Viçosa, 2009. Disponível em: [http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo1/040.pdf](http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/040.pdf). Acesso em: 10 jun. 2021.

BRANDÃO, J. P. **Uso e Ocupação e a Sustentabilidade ambiental da Dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental**. 2013. 263 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) Acesso em: 18 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm) Acesso em 20 ago. 2021

CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. *In: CASANOVA, M. A.; CÂMARA, G.; DAVIS JR, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.) Banco de dados geográficos*. Curitiba: Espaço Geo, 2005. p. 27.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COLLISCHONN, W; DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2015.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 20 de 8 de junho de 1986**. Brasília: CONAMA, 1986.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Compartimentação geomorfológica, Geodiversidade do estado do Pará**. Arquivo formato shapefile. Belém: CPRM, 2010.

- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Compartimentação geomorfológica**, Geodiversidade do estado do Amazonas. Arquivo formato shapefile. Manaus: CPRM, 2009.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Compartimentação Hidrogeológica**, Geodiversidade do estado do Pará. Arquivo formato shapefile. Belém: CPRM, 2007.
- DAVIS JR, C. A.; QUEIROZ, G. R. de. Algoritmos geométricos e relacionamentos topológicos. *In*: CASANOVA, M. A.; CÂMARA, G.; DAVIS JR, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.) **Banco de dados geográficos**. Curitiba: EspaçoGeo, 2005. p. 56.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radambrasil**. Volume 10, Folha SANTARÉM SA21. Rio de Janeiro: IBGE, 1976.
- DSG. Diretoria de Serviço Geográfico. **Folha PARINTINS MI-524**. Brasília: MDE/EB, 1981.
- DSG. Diretoria de Serviço Geográfico. **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Versão 3.0. 2013. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>. Acesso em: 16 mai. 2022.
- EB. Exército Brasileiro. Manual de Campanha EB20-MC: **Geoinformação**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2014.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. **Arc Hydro Tools** – Tutorial 2.0. New York: ESRI, 2011. Disponível em: <http://downloads.esri.com/archydro/archydro/Tutorial/Doc/Arc%20Hydro%20GP%20Tools%202.0%20-%20Tutorial.pdf>. Acesso em: 25 out. 2019.
- FARIAS, M. S. G., BAHIA, R. B. OLIVEIRA, M. A. Folha SA.21-Santarém. *In*: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Sistema de Informações Geográficas-SIG**. Programa Geológico do Brasil. Brasília, DF: CPRM, 2004.
- FERNANDES, A. T. **Atlas físico-ambiental como ferramenta de subsídio à gestão da bacia do rio Uaicurapá, Parintins – AM – Brasil**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – ProfÁgua) Universidade do Estado do Amazonas. Parintins: CESP: UEA, 2021.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrographical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, n.2, p.275-370, 1945. Disponível em: [http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton\\_1945.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton_1945.pdf). Acesso em: 29 ago. 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Avaliação da qualidade de dados geoespaciais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Contínua do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 1 arquivo *shapefile*, base cartográfica na

escala 1:250.000, versão 2019, referência espacial: Geodésico SIRGAS 2000; Cartográfico Coordenadas Geográficas Disponível em: [ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versa\\_o2019/shapefile/](ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versa_o2019/shapefile/). Acesso em: 19 dez. 2019.

ISO. International Organization for Standardization. *ISO 19157: 2013: geographic information: data quality*. Geneva: ISO, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE/EMBRAPA, 2001. 1 mapa, color., 107 x 100 cm, escala 1:5.000.000.

MIRANDA, E. E. **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnp.embrapa.br>. Acesso em: 10 nov. 2018.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **GIOVANNI: The Bridge Between Data and Science 4.33. Greenbelt: GES DISC, 2020**. Disponível em: [https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=TmAvMp&starttime=2009-01-01T00:00:00Z&endtime=2019-12-31T23:59:59Z&bbox=-60.0293,-5.0464,-55.0635,0.0513&data=TRMM\\_3B43\\_7\\_precipitation\(units%3Dmm%2Fmonth\)&dataKeyword=precipitation](https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=TmAvMp&starttime=2009-01-01T00:00:00Z&endtime=2019-12-31T23:59:59Z&bbox=-60.0293,-5.0464,-55.0635,0.0513&data=TRMM_3B43_7_precipitation(units%3Dmm%2Fmonth)&dataKeyword=precipitation). Acesso em: 01 mai. 2020.

OLIVEIRA, D.; ANDRADE, N. M. Recursos hídricos superficiais. In: CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010.

PREM, V.; RAJ, N. J.; GURUGNAMAM, B. an analysis of the relation between the stream order, watershed, drainage density and wetlands using gis. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v.5. n.3, 2016, p. 925-929.

SANTOS, J. M. dos; LIMA, K. C. **Análise da rede de drenagem em bacias hidrográficas tropicais: bacia do Riacho Grande, Bahia, Brasil**. Braga, 2009. Disponível em: [http://www2.uefs.br/geotropicos/bacias\\_drenagens\\_portugal.pdf](http://www2.uefs.br/geotropicos/bacias_drenagens_portugal.pdf) . Acesso em: 31 jul. 2021.

SOARES, L. C. Hidrografia. In.: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. Região Norte. Vol. 3. Rio de Janeiro: IBGE, 1991, p. 73-121.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v.38, n. 6, p. 913-920, 1957.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. **Ambientes Fluviais**. 1990. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1990.

WEAVER, D.; REED, A.; GRANT, J. **Relationships between stream order and management priority: a water quality case study**. In: Australian Stream Management Conference, 3., Brisbane. **Anais...**Brisbane, 2001.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0