

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

AVANÇOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE ATRIBUTOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS NA BASE HIDROGRÁFICA OTTOCODIFICADA: PGH-RASTER e PGH-HGM

Mino Viana Sorribas¹; Stefany Gonçalves Lima¹; Fernando Mainardi Fan¹; Maria Eduarda Pereira Alves¹; Rodrigo Cauduro Dias Paiva¹; Alexandre de Amorim Teixeira²

Abstract: pgHydro plays a crucial role in constructing reference hydrographic databases like the National Hydrographic Database, which is developed, maintained, and used by the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA). Advances in geospatial technologies allow for the estimation of geometric and hydrogeomorphological attributes of rivers and catchments, as well as the integration with elevation data from digital elevation models. In this work, we present advancements regarding the development of the pghHGM, an extension of pgHydro, which includes the calculation of new hydrographic attributes. It aims to facilitate the querying process for characterization of hydrographic basins, but also enable their application in environmental and water resource studies, including regionalization, rainfall-runoff modeling, and pollutant propagation. At the same time, the pghRaster extension expands the functionalities of pgHydro, including the extraction of elevation profiles, among others. The pghRaster extension, which also expands upon pgHydro, provides additional functionalities related to extraction of information in hydrological and landuse rasters, for instance. This research strives to establish the technical foundations for the development of these extensions, with the ultimate goal of enriching the information available in reference hydrographic databases and promoting their practical utilization within society.

Resumo: O pgHydro é a ferramenta essencial para a construção das bases hidrográficas de referência, tal como a Base Hidrográfica Ottocodificada sendo desenvolvida, mantida e utilizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Os avanços nas tecnologias geoespaciais recentes permitem a realização de estimativas de atributos geométricos e hidrogeomorfológicos de rios e bacias hidrográficas além da integração com dados altimétricos obtidos disponíveis em modelos digitais de elevação. Nesse trabalho apresentamos avanços relacionados a criação da extensão pghHGM, uma extensão do pgHydro, incluindo o cálculo de novos atributos nas bases hidrográficas, mirando a facilidade de consulta para caracterização de bacias hidrográficas, aplicação em estudos ambientais e de recursos hídricos, seja na regionalização, em modelos chuva-vazão e propagação de poluentes. Ao mesmo tempo, a extensão pghRaster amplia as funcionalidades relacionadas à extração de informação de dados raster hidrológicos e de uso do solo, por exemplo. Esse trabalho visa apresentar as bases técnicas para o desenvolvimento dessas extensões, visando num panorama maior a ampliação de informações disseminadas nas bases hidrográficas de referência e, por sua vez, a utilização prática pela sociedade.

Palavras-Chave – BHO, hidrogeomorfologia, hidroinformática

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mino.sorribas@gmail.com, stefglima@gmail.com, fernando.fan@ufrgs.br, duda.epa@gmail.com, rodrigocdpaiva@gmail.com.

² Agência Nacional de Águas e Saneamento Ambiental, alexandre.amorim@gov.com.br

INTRODUÇÃO

As Bases Hidrográficas desenvolvidas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) fornecem informações hidrológicas úteis para a tomada de decisão em recursos hídricos. A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) é construída com um modelo de dados hidrográficos em sistema de banco de dados geoespaciais utilizando o pgHydro (Teixeira et al. 2013, 2021, O projeto pgHydro é uma extensão para o PostgreSQL que fornece funcionalidades adicionais para o tratamento e análise de objetos hidrográficos. Em síntese, o pgHydro incorpora um conjunto de tabelas, procedimentos, consultas e funções desenvolvidas para produzir uma rede de drenagem hidrológicamente consistente, fornecendo informações topológicas, codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter, áreas acumuladas, indexação de rios e bacias hidrográficas e outros atributos. Com o avanço científico e capacidade computacional é possível que novas informações sejam qualificadas para incorporação nas Bases Hidrográficas de referência, sendo oportuno e vantajoso para a ANA fazer uso de recursos já disponíveis. Nesse sentido, o desenvolvimento sob a mesma plataforma do pgHydro e a integração com o sistema de gerenciamento de bancos de dados espaciais objeto-relacional permite a criação de extensões, facilitando a instalação, atualização, inserção e remoção dos esquemas lógicos, tornando o processo mais robusto.

Atualmente existem meios tecnológicos para realizar estimativas de largura e profundidade de rios, bem como de atributos geométricos e hidrogeomorfológicos de feições das bacias hidrográficas (e.g. compacidade, circularidade, etc.), tempo de concentração, o tempo de trânsito médio de ondas de cheia e velocidade do transporte de poluentes (Jobson, 1996; Collischonn *et al.* 2013; Allen *et al.* 2018; Frasson *et al.* 2019; Linke *et al.* 2019; Sener & Arsnaloglu, 2023). A integração da rede de drenagem e bacias hidrográficas com dados altimétricos obtidos de modelos digitais de elevação (MDE) permite o cálculo de atributos relacionados à topografia (e.g., estatísticas e perfis de elevação). A partir do desnível altimétrico e comprimento da rede de drenagem é possível obter estimativas das declividades. Obviamente, a obtenção de atributos de bacia hidrográfica pode ser realizada manualmente com suporte de mapas topográficos. O desafio reside em conseguir aplicar procedimentos de forma sistematizada para atender as demandas de alta resolução em domínios espaciais continentais, qualidade essa, das bacias hidrográficas de referência. Assim, a realização por meios computacionais se faz necessária, na produção e atualização contínua das bases hidrográficas. Uma vez determinados estes atributos para a rede de drenagem, é possível consultar e incorporar os valores facilmente e de forma padronizada a estudos ambientais e de recursos hídricos. Por exemplo, no desenvolvimento de ferramentas de modelagem que fazem uso destes atributos para cálculos de transformação chuva-vazão, produção de sedimentos ou de propagação de poluentes, mas também na caracterização de bacias hidrográficas.

Nesse sentido, tem-se no panorama o desenvolvimento de uma extensão para cálculo de funções de hidrogeomorfologia – aqui intitulada “pghHGM”. Nesse trabalho são apresentados os fundamentos para o desenvolvimento dessa nova extensão. Por motivos de integração com a arquitetura existente, o pghHGM apresenta as seguintes dependências: PostgreSQL, PostGIS, pgHydro e pghRaster. O pghRaster também é uma extensão pgHydro e fornece suporte ao pghHGM, fazendo a interface para extração de perfis de elevação, mas conta com funcionalidades adicionais para processar objetos hidrográficos, fazendo uso, por exemplo, de produtos derivados do TerraHidro e IPH HydroTools (Abreu *et al.* 2012, Siqueira *et al.* 2016). O presente trabalho tem como objetivo apresentar as bases técnicas para inclusão de novos atributos na BHO, com a finalidade de disseminação e uso prático pela comunidade.

METODOLOGIA

Uma vez que o pgHydro foi definido como plataforma, o desenvolvimento das extensões pode ser descrito, simplificada, pelos seguintes passos:

1. Identificar os objetos e funções do pgHydro pertinentes para a associação de novos atributos.
2. Listar novos atributos candidatos, formulações e/ou algoritmos, e tipo de objeto associado.
3. Identificar relações entre atributos e objetos para encadeamento e encapsulamento.
4. Desenvolver e testar as consultas (SQL) e funções (PL/pgSQL) de retorno de valores.
5. Desenvolver e testar consultas/funções de execução de procedimentos.
6. Consolidar as funções desenvolvidas na extensão para PostgreSQL.
7. Criar os arquivos de sistema de extensão para o PostgreSQL.

Conforme mencionando, as consultas, funções e extensões (pgHydro, pghHGM, pghRaster) são integradas ao sistema de banco de dados PostgreSQL incluindo o PostGIS – extensão com funções geoespaciais –, sendo o pgAdmin4 o cliente que acessa o servidor de banco de dados por meio de uma interface gráfica alternativa a linha de comando. Na prática, a implementação dos procedimentos se faz com uso de algumas práticas mais sofisticadas do que as apresentadas aqui, exigindo conhecimento intermediário a avançado das tecnologias empregadas. Por brevidade, a apresentação de resultados é realizada de maneira a destacar as bases técnicas adotadas, utilizando conceitos e exemplos adequados para uma compreensão didática do assunto, sobretudo devido a interdisciplinaridade no campo da tecnologia da informação.

RESULTADOS

O pghHGM utiliza e opera o cálculo de novos atributos sobre três feições hidrográficas lógicas do pgHydro: os trechos de drenagem, as áreas de contribuição local e os cursos de água. O modelo digital de elevação é armazenado no banco de dados utilizando o esquema lógico do pghRaster com a ferramenta raster2psql. As operações para cálculo de atributos são realizadas pelos procedimentos de consulta e união de tabelas, a partir das chaves-primárias e geometrias, de acordo com as particularidades de cada atributo. A Tabela 1 resume as principais tabelas utilizadas no pghHGM.

Tabela 1. Elementos lógicos do pgHydro utilizados no pghHGM.

esquema.tabela	Chave-primária, geometria	Descrição	Tipo da geometria
pghydro.pghft_drainage_line	drn_pk, drn_gm	Trechos de drenagem	Multilinha
pghydro.pghft_drainage_area	dra_pk, dra_gm	Áreas de contribuição local	Multipolígono
pghydro.pghft_watercourse	wtc_pk, wtc_gm	Cursos d'água	Multilinha
pghydro.pghft_hydro_intel	hin_pk	Tabela de inteligência de dados	-
pgh_raster.pghrt_elevation	-	Modelo digital de elevação	Raster
pgh_hgm.pghft_hydro_intel	hig_pk	Armazenamento de novos atributos	-

A Tabela 2 apresenta os novos atributos que foram selecionados para inclusão no processamento do pghHGM, agrupados por tipo de objeto. A gestão do processo e armazenamento é realizada com a tabela pghft_hydro_intel, seguindo as boas práticas do pgHydro. É interessante observar que muitos atributos, tais como o tempo de concentração, declividade, comprimento axial, dentre outros, podem ser calculados por diferentes métodos ou fórmulas. Outro aspecto importante é que a união geométrica de objetos na área de drenagem a montante é processada por funções desenvolvidas para esse fim no pghHGM, enquanto a seleção de trechos a montante pode ser realizada com funções nativas do pgHydro. Tipicamente, as operações que exigem consultas à montante apresentam um custo computacional maior, sendo importante o pré-processamento dessas geometrias.

Tabela 2 – Lista de novos atributos para processamento no pghHGM + pghRaster.

Atributo	Trecho de Drenagem	Área de Contribuição Local	Curso d'Água - Área de drenagem a montante
Perímetro		x	x
Elevação	x	x	x
Desnível	x	x	x
Declividade	x	x	x
Compacidade		x	x
Circularidade		x	x
Comprimento Axial		x	x
Fator de Forma		x	x
Razão de Relevo		x	x
Sinuosidade	x		x
Largura do rio	x		
Profundidade do rio	x		
Tempo de concentração		x	x
Tempo de propagação de onda	x		
Tempo de pico (poluentes)	x		
Densidade de drenagem			x
Comprimento total da drenagem			x

A Figura 1 ilustra os esquemas relacionados ao pgHydro e extensões na interface do pgAdmin4, destacando as funções do esquema pgh_raster, que é parte da extensão pghRaster. Conforme já mencionado, o pghRaster é utilizado para armazenar o modelo digital de elevações, mas também outras tabelas matriciais, i.e., raster, direções de fluxo (FDR), áreas acumuladas, rede de drenagem. A Figura 2 resume algumas funcionalidades do pghRaster, por exemplo, a delimitação de bacias hidrográficas (e bacias incrementais) e redes vetoriais a partir do MDE e FDR, bem como o perfil de elevações. Nesse exemplo, nota-se que o percurso é de aproximadamente 2 km, sendo uma aplicação típica em maior detalhe quando comparada a BHO5K (metadados.snirh.gov.br/).

Figura 1 – Ilustração dos esquemas relacionados ao pgHydro (destaque nas funções pgh_raster).

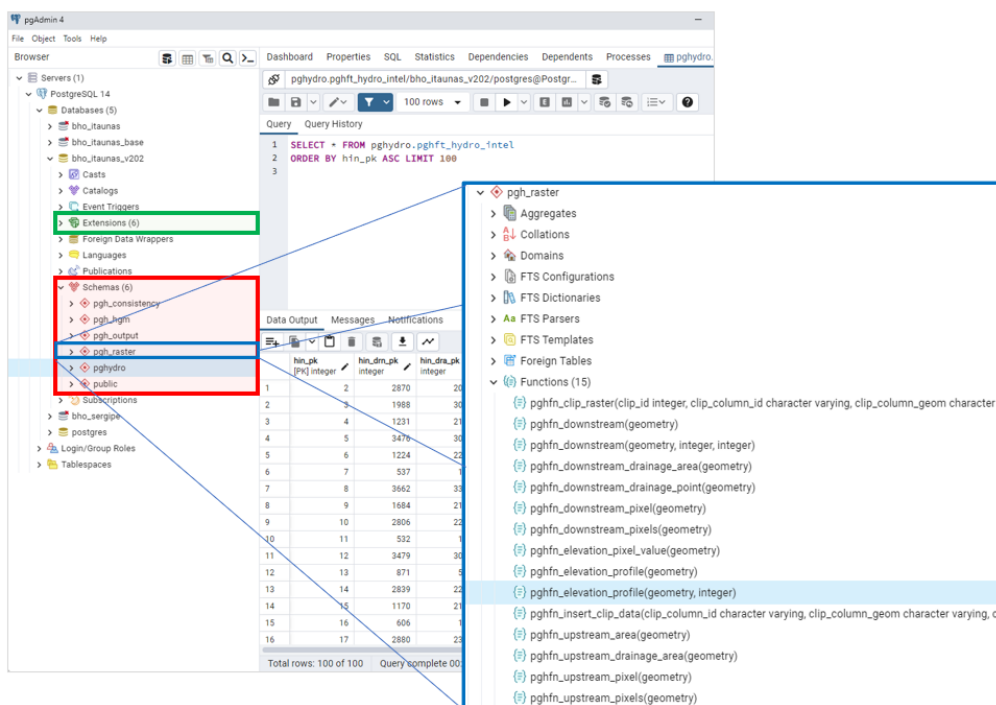
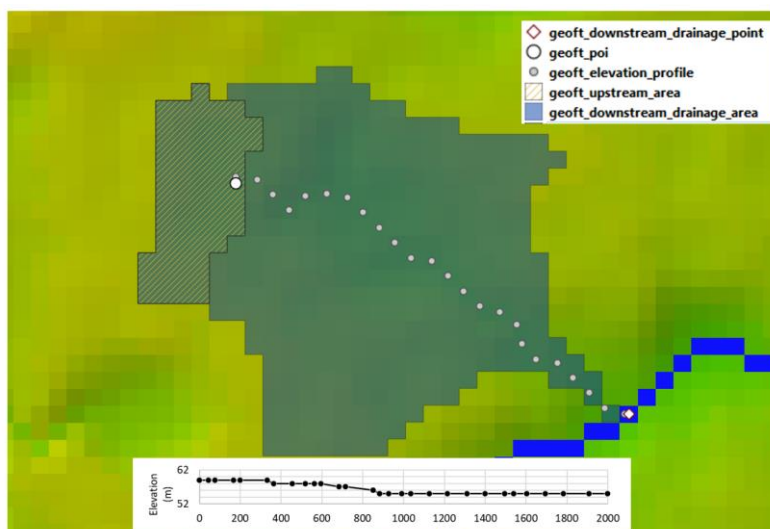


Figura 2 – Exemplo de processamento de ponto de interesse (poi) no pghRaster.



O PostgreSQL possui interfaces para o desenvolvimento de funções em diferentes linguagens procedurais como PL/python, PL/R, PL/Java, PL/Ruby, etc. No entanto, as extensões do pghRaster e do pghHGM são desenvolvidas em linguagem SQL e PL/pgSQL, mantendo uma estrutura padronizada e compreensiva para manutenção da plataforma. A seguir são apresentados alguns exemplos didáticos de consultas e funções. O exemplo (1) demonstra como o índice de compacidade, dado por uma fórmula bastante simples, pode ser calculado se as informações de perímetro e área são conhecidos e armazenados na tabela pgh_hgm.pghft_hydro_intel. O exemplo (2) demonstra o uso de funções ST_Perimeter e ST_Transform fornecidas pelo PostGIS, que permitem o cálculo do perímetro da geometria dra_gm, sem necessidade de programar os cálculos cartográficos. Nesse exemplo, a transformação da projeção geométrica com o código EPSG:5880 garante que a geometria esteja em SIRGAS 2000 antes do procedimento de cálculo do perímetro, que é baseado em distâncias entre sequências de vértices. O exemplo (3) demonstra como é possível filtrar o ponto de aplicação de uma consulta com a cláusula WHERE, sendo utilizado para selecionar uma ou mais bacias (dra_pk), por exemplo. O exemplo (4) demonstra como uma consulta pode ser generalizada para uma função em PL/pgSQL. O exemplo (5) apresenta como é possível obter a declividade a partir de um perfil de elevações, usando mais de um método. O exemplo (6) demonstra que apesar da simplicidade da fórmula, algumas funções possuem dependência de múltiplos atributos, sendo necessária a organização dos procedimentos. Por fim, o exemplo (7) mostra uma consulta de maior complexidade, que faz uso de múltiplas tabelas, subqueries, *common table expressions* e encapsulamento de funções.

1. Índice de Compacidade – exemplo simples:

$$K_C = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

```
SELECT
    0.28*hig_perimeter_km/SQRT(hig_area_km2) AS compacity
FROM pgh_hgm.pghft_hydro_intel
```

2. Perímetro – exemplo com PostGIS:

$$P = \sum_{i \in E} e_i \quad (2)$$

```
SELECT
    ST_Perimeter(ST_Transform(dra_gm, 5880))*1000. AS hig_perimeter_km
FROM pghydro.pghft_drainage_area
```

3. Tempo de concentração – exemplo com seletor/filtro de chave-primária:

$$T_C = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0.385} \quad (3)$$

```
SELECT
    57.0*(length_km^3./dh_m)^0.385 as tc
FROM pgh_hgm.pghft_hydro_intel
WHERE hig_dra_pk = dra_pk_
```

4. Celeridade cinemática ($R_h \sim h$) – exemplo de generalização com função PLPGSQL:

$$c = \frac{5}{3} \left(\frac{h^{2/3} \sqrt{S_0}}{n} \right) \quad (4)$$

```
CREATE FUNCTION pgh_hgm.pghfn_kinematic(dra_pk_)
RETURNS celerity double precision AS $$
BEGIN
SELECT
    (5./3.)* u AS celerity
FROM (
    SELECT ((hig_depth)^(2./3.))*SQRT(hig_slope)/ hig_manning AS u
    FROM pgh_hgm.pghft_hydro_intel
    WHERE hig_dra_pk = dra_pk_
) a
RETURN;
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql'
```

5. Declividade de trecho – exemplo de diferentes métodos para mesmo atributo:

$$S = \frac{\max(z) - \min(z)}{L} \quad (5a)$$

$$S = -a, \text{ onde } \hat{z} = a\vec{z} + b + \varepsilon \quad (5b)$$

```
SELECT
    MAX(z) - MIN(z) / (MAX(s) - MIN(s)) as slope_maxmin,
    -REGR_SLOPE(z,s) as slope_linreg
FROM pgh_hgm.pghft_drn_elevprof
```

6. Velocidade de pico do modelo de Jobson – exemplo de dependência com outros atributos:

$$V_p = 0.094 + 0.0143A^{0.919}Q'^{-0.469}S_0^{0.159} \frac{Q_e}{Q_m} \quad (6)$$

```
SELECT
    0.094 + 0.0143*f1*f2*f3*f4 as upeak
FROM (
SELECT
    ad_area^0.919 as f1,
    ad_flow^-0.469) as f2,
    ad_slope^0.159 as f3,
    ev_flow/mu_flow as f4
FROM pgh_hgm.pghft_hydro_intel
) a
```

7. Razão de relevo - exemplo de função complexa:

$$R_R = \frac{\Delta h_{bacia}}{L_A} \quad (5)$$

```

WITH
  tb_DH AS (
    SELECT
      dra_pk, MAX(pixels)-MIN(pixels) AS DH
    FROM pgh_hgm.pghfn_dra_elevations(dra_pk_)
    GROUP BY dra_pk
  )
SELECT
  tb_DH /axial_length AS reliefratio
FROM (
  SELECT
    DH, ST_MaxDistance(foz_gm, ring_gm) AS axial_length
  FROM (
    SELECT
      DH,
      ST_Exteriorring((ST_Dump(dra_gm_5880)).geom) AS ring_gm,
      ST_EndPoint((ST_Dump(drn_gm_5880)).geom) AS foz_gm
    FROM (
      SELECT
        DH,
        ST_Transform(drn_gm,5880) AS drn_gm_5880,
        ST_Transform(dra_gm,5880) AS dra_gm_5880
      FROM pghydro.pghft_drainage_area dra
      INNER JOIN pghydro.pghft_drainage_line drn
      ON dra.dra_pk = drn.drn_dra_pk
      INNER JOIN tb_DH ON tb_DH.dra_pk = drn.dra_pk
      WHERE dra.dra_pk = dra_pk_
    ) a
  ) a
) a;
RETURN;
END;

```


DISCUSSÃO

A partir do sistema de banco de dados espaciais PostgreSQL/PostGIS é possível realizar consultas que realizam operações de geoprocessamento pelas bibliotecas GDAL e GEOS, ambas suportadas pela OSGeo Community. O pgHydro faz uso extensivo dessas funcionalidades, sendo o núcleo para aplicações hidrográficas e desenvolvimento de bases hidrográficas hidrologicamente consistentes no Brasil.

O desenvolvimento do protótipo de funções para o cálculo de novos atributos está sendo consolidado na extensão denominada pghHGM, referente a hidrogeomorfologia. A extensão pghRaster realiza a interface com o PostGIS Raster para processamento do modelo digital de elevações e direções de fluxo. A complexidade em cada cálculo depende da formulação de cada atributo, mas também do(s) relacionamento(s) (e.g. JOIN) de uma (ou mais) tabela(s), o tipo de geometria utilizado (i.e., trecho, área, curso, MDE) e cuidados especiais, como as especificações de unidades e sistemas de coordenadas apropriados.

Um aspecto importante do pgHydro é que este fornece funcionalidades que permitem a consulta topológica na rede de drenagem, i.e., a montante e a jusante. Assim, é possível que os atributos sejam calculados tanto para área de contribuição local, quanto para os trechos e área total a montante, fazendo poucas alterações nas consultas e funções. Por exemplo, o cálculo da sinuosidade da drenagem pode ser aplicado tanto para um trecho isolado ou para o curso d'água principal. Similarmente, o índice de circularidade de bacias hidrográficas pode ser calculado na resolução espacial da base hidrográfica ou para toda a área a montante. Nesse sentido, existe um grande potencial para a avaliação do comportamento de índices geométricos e relações hidrogeomorfológicas, em diferentes escalas, como nunca realizado antes.

Os exemplos escolhidos e demonstrados permitem uma compreensão geral de funcionalidades do pghRaster e as bases técnicas adotadas no desenvolvimento corrente do pghHGM, não sendo de interesse aqui, apresentar um detalhamento extensivo de todos os novos atributos e outras técnicas. Até o momento, testes têm sido realizados para verificação de cálculos implementados (e.g. comparado em planilhas, scripts em python/matlab e QGIS), bem como para avaliar requisitos de execução em tempo hábil, priorização de atributos e melhoria do modelo de dados. A aplicação em grandes bases de dados tal qual a base hidrográfica nacional que apresenta centenas de milhares de feições - e futuramente, provavelmente, milhões - deve resultar em desafios adicionais. Devido à capacidade de acesso e indexação de tabelas e índices espaciais (e.g. GiST/R-Tree) de maneira eficiente, o sistema de banco de dados espaciais apresenta-se como uma solução bastante robusta. Além disso, a aceleração computacional pode ser realizada obtida pelo refatoramento e encapsulamento de algumas funções e atualização do modelo de dados do protótipo.

Em versões futuras da Base Hidrográfica de referência os usuários terão acesso a novos atributos úteis para caracterização de bacias hidrográficas e aplicação de modelos em recursos hídricos, calculados de maneira sistematizada na escala nacional pela ANA.

CONCLUSÃO

Nesse trabalho apresentamos as bases técnicas para a implementação de novos atributos na BHO, utilizando a plataforma pgHydro como núcleo de desenvolvimento. Além de índices que permitem caracterizar a rede de drenagem e as bacias hidrográficas utilizando aspectos geométricos e diferentes atributos relacionados a aspectos hidráulicos do escoamento em canal, que são úteis para modelos de propagação de ondas de cheia e, também, para avaliação de plumas de poluentes. Assim, os avanços no desenvolvimento do pgHydro com as extensões pghRaster e pghHGM têm

um papel importante no cálculo sistematizado e disseminação de novas informações em versões futuras da BHO. Além disso, esses avanços também contribuem para a ampliação do pgHydro em aplicações mais dinâmicas em recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, G. H.; DAVID, C. H.; KONSTANTINOS, M. A.; HOSSAIN, F.; FAMIGLIETTI, J.S. (2018) Global Estimates of River Flow Wave Travel Times and Implications for Low-Latency Satellite Data, *Geophysical Research Letters*, doi: 10.1002/2018GL077914
- ABREU, E.S.; ROSIM, S.; RENNÓ, C. D. *et al.* (2012) Terrahidro - A Distributed Hydrological System to delimit large basins, 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Munich, Germany, 2012, pp. 546-549, doi: 10.1109/IGARSS.2012.6351535.
- COLLISCHONN, W., DORNELLES, F. (2013). Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH).
- FRASSON, R. P. d. M.; PAVELSKY, T. M.; FONSTAD, M. A.; *et al.* (2019). Global relationships between river width, slope, catchment area, meander wavelength, sinuosity, and discharge. *Geophysical Research Letters*, 46, 3252– 3262. Doi:10.1029/2019GL082027
- JOBSON H.E. (1996) Prediction of traveltime and longitudinal dispersion in rivers and streams: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 96-4013, 69 p. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/of/1996/4013>.
- LINKE, S., LEHNER, B., OUELLET DALLAIRE, C.; *et al.* (2019). Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution. *Sci. Data*, 6: 283. doi: 10.1038/s41597-019-0300-6.
- SENER, M.; ARSLANOGLU, M. C. (2023) Morphometric analysis in Google Earth Engine: An online interactive web-based application for global-scale analysis. *Environmental Modelling and Software*, 162.
- SIQUEIRA, V. A.; FLEISCHMANN, A. S.; JARDIM, P. F.; FAN, F. M.; COLLISCHONN, W. (2016) IPH-Hydro Tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in open-source environment. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, p. 274-287.
- TEIXEIRA, A. A.; SILVA, A. M.; MOLLERI, G. S. F; *et al.* (2013) pgHydro – Objetos Hidrográficos em Banco de Dados Geográficos. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, 17-22 de novembro de 2013 (ISSN 2318-0358).
- TEIXEIRA, A. A.; MELLER, A; FUCKNER, M. A.; *et al.* (2021) Estado atual da elaboração de bases hidrográficas otocodificadas. Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (ISSN 2318-0358).

AGRADECIMENTOS. Os autores agradecem à ANA pelo financiamento através do projeto “Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional”.