



---

# UM NOVO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

SOBRE RIOS E BACIAS  
PARA A CONSERVAÇÃO DE  
ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS  
NA AMAZÔNIA

[pt.aguasamazonicas.org](http://pt.aguasamazonicas.org)

[info@aguasamazonicas.org](mailto:info@aguasamazonicas.org)

**Um novo Sistema de Informações Geográficas (SIG) sobre rios e bacias para a conservação de ecossistemas aquáticos na Amazônia**

**Edita**

Iniciativa Aguas Amazônicas

**Equipe científica**

Eduardo Venticinque

Bruce Forsberg

Ronaldo Barthem

Paulo Petry

Laura Hess

Armando Mercado

Carlos Cañas

Mariana Montoya

Carlos Durigan

e Michael Goulding

## Introdução

A Iniciativa Águas Amazônicas é uma chamada para ações afim de promover uma visão do vasto ecossistema aquático amazônico como um todo, juntando diversos atores que atuam em inúmeras fronteiras: nas margens de rios, em áreas protegidas, em cada uma das nações amazônicas e em todas as instituições que trabalham dentro dessas fronteiras.

Suas ações focam na manutenção da integridade desse sistema interligado e dinâmico de águas amazônicas, com objetivo de preservar o bem-estar humano, a vida silvestre, e as paisagens de que ambos dependem.

Esse documento resume o processo de construção e uso de um novo marco geográfico para a bacia amazônica em múltiplas escalas. Esse novo marco foi primeiramente publicado<sup>1</sup> na revista científica *Earth System Science Data*, por Eduardo Venticinque da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Bruce Forsberg do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; Ronaldo B. Barthem do Museu Paraense Emilio Goeldi; Paulo Petry da The Nature Conservancy; Laura Hess do Earth Research Institute; Armando Mercado, Carlos Cañas, Mariana Montoya, Carlos Durigan, e Michael Goulding da Wildlife Conservation Society, em dezembro de 2016. E está disponível, sem custos, no link:

<http://www.earth-syst-sci-data.net/8/651/2016/>

Este marco geográfico<sup>2</sup> para a bacia amazônica é uma contribuição da Iniciativa Águas Amazônicas e SNAPP, e produto de um esforço colaborativo de mais de 15 anos entre hidrólogos, limnólogos, e ecólogos de água doce. O desenvolvimento desse marco SIG foi coordenado por Michael Goulding. Pode ser descarregado em

<https://knb.ecoinformatics.org/#view/doi:10.5063/FIBG2KX8>

<sup>1</sup>Venticinque, E. and Forsberg, B. and Barthem, R. and Petry, P. and Hess, L. and Mercado, A. and Cañas, C. and Montoya, M. and Durigan, C. and Goulding, M.: *An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon*, Earth System Science Data, 8, 2.651-661, 2016.

<sup>2</sup> Venticinque, E., Forsberg, B., Barthem, R. B., Petry, P., Hess, L., Mercado, A., Canas, C., Montoya, M., Durigan, C., and Goulding, M.: SNAPP Western Amazon Group - Amazon Aquatic Ecosystem Spatial Framework, KNB Data Repository, doi:10.5063/FIBG2KX8, 2016.

## Descrição geral da base de dados

Bacias hidrográficas são unidades espaciais naturais dos ecossistemas aquáticos e, portanto, são as unidades normalmente utilizadas por agência e autoridades que gerenciam os países amazônicos.

No entanto, a maior parte das classificações de bacias usadas para a Amazônia (como a metodologia Pfafstetter<sup>3</sup>) não considera o canal principal dos rios e as planícies de inundação associadas como uma única unidade. Essas planícies de inundação abrigam os habitats aquáticos (de rios e áreas inundáveis) mais produtivos e, portanto, deveriam ser manejadas como uma unidade, do mesmo modo que as grandes bacias. Essa nova base de dados inclui o canal principal e as planícies de inundação associadas do rio Amazonas e seus principais tributários como sub-bacias distintas, em uma hierarquia regional de bacia. Isso cria um novo marco espacial, explícito e integrado, para a bacia hidrográfica, tornando mais fácil o gerenciamento e a conservação do ecossistema fluvial amazônico em escalas múltiplas. Fig. 1.

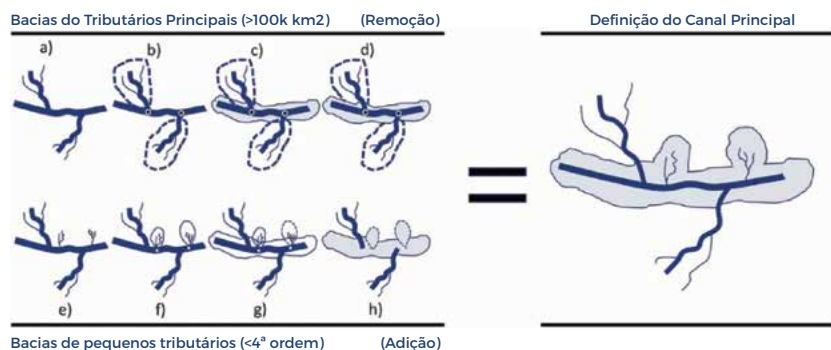


Figura. 1. Definição esquemática das sub-bacias do canal principal.

3. Desenvolvida por Otto Pfafstetter em 1989, é uma metodologia que consiste em designar uma identificação as unidades de drenagem baseada na topografia da superfície do terreno. É um sistema hierárquico e as unidades são delimitadas desde a união dos rios (confluências), onde o nível 1 corresponde a escala

O pulso de inundação dos rios, no tempo e no espaço, influencia os padrões de inundação de áreas alagáveis e tem um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e produtividade desses habitats, e também no modo de vida das populações humanas em toda a Amazônia. O desenvolvimento de infraestruturas, incluindo a construção de barragens, estradas, e hidrovias ao longo da bacia, assim como a transformação acelerada do uso dos solos e as mudanças climáticas, ameaçam o equilíbrio desse complexo sistema de águas e vida silvestre, com previsíveis consequências negativas para a biota e as populações ribeirinhas que dependem diretamente dessa integridade. A conservação e manejo dos recursos naturais e serviços fornecidos por este ecossistema requerem um marco hidrológico padrão que funcione toda a região amazônica, e que esteja especialmente desenhado com esse objetivo.

Dois tipos de dados sobre os sistemas aquáticos são incluídos neste marco espacial para a bacia amazônica (ambos descritos com mais detalhes em seções mais a frente):

**1. Bacias (polígonos):** representa a classificação hierárquica de bacias hidrográficas e delimitação das planícies de inundação associadas ao canal principal. Canais principais são as seções da bacia que coletam toda a água do rio Amazonas e também os seus tributários principais. Ainda que não sejam bacias por si só, esses canais principais possuem amplas planícies de inundação que são importantes para a produção pesqueira e para a biodiversidade aquática da bacia amazônica. Essa classificação de bacias tem sete níveis de bacias com áreas decrescentes, incluindo as áreas das planícies de inundação das sub-bacias dos canais principais, permitindo assim a análise de dados em escalas variáveis.

**2. Rios (Linhas):** representa uma nova rede de drenagem de alta densidade contendo importantes atributos geográficos, que incluem a ordem do curso de água (da 1ª a 11ª ordem), nome do tributário (de 6ª a 11ª ordem), tipo de rio (de 6ª a 11ª ordem) e distância até a foz do rio Amazonas (de 4ª a 11ª ordem).

continental de unidades de drenagem (Pfafstetter, O., 1989, "Classification of hydrographic basins: coding methodology", unpublished manuscript, DNOS, August 18, 1989, Rio de Janeiro).

## Bacias: O desenvolvimento da hierarquia de bacias

Sete diferentes escalas de níveis hierárquicos são delineadas na nossa hierarquia de bacias, denominadas: nível de bacia 1 até nível de bacia 7 (BL1-BL7, devido a suas siglas em inglês, *Basin Level*). Fig 2

**Figura 2.** Representação cartográfica da bacia Amazônica (área de trabalho). Classificação com dados dos 4 primeiros níveis de bacia

(BL = Basin Level).


  
 Amazon Region  
 Amazon Basin  
 Canal Principal



**Geração do código de bacia** os códigos de bacia de BL1 a BL4 são derivados dos nomes dos principais rios para cada polígono. Os códigos de bacia de BL5 a BL7 foram criados combinando os nomes de bacia associados a bacias BL2 com o número ID gerado automaticamente quando cada bacia foi delimitada.

**Nível de Bacia 1 (BL1. Bacias regionais):** Esse nível divide a área de trabalho em 3 polígonos de drenagem: um polígono maior que inclui as bacias do rio Amazonas e Tocantins; e dois polígonos menores que incluem as bacias da costa norte e sul que drenam diretamente para o Atlântico.

**Nível de Bacia 2 (BL2. Bacia dos principais tributários do Amazonas):** Esse nível delimita todas bacias dos tributários maiores que 100.000 km<sup>2</sup> (bacia principal), cujo canal principal drena para o canal principal do rio Amazonas; assim como o polígono do canal principal do rio Amazonas que inclui as águas abertas do rio Amazonas, sua planície de inundação e bacias adjacentes de pequenos tributários.

**Nível de Bacia 3 (BL3. Bacia dos tributários principais):** Esse nível delimita todas bacias dos tributários maiores que 100.000 km<sup>2</sup>, incluindo aquelas que não drenam diretamente para o canal principal do rio Amazonas; todas as bacias de tributários maiores que 10.000 km<sup>2</sup> e menores que 100.000 km<sup>2</sup> que drenam para o canal principal do rio Amazonas; e um polígono único central que representa a área de drenagem central das planícies de inundação.

**Nível de Bacia 4 (BL4. Bacias de tributários secundários):** Esse nível delimita todas as bacias de tributários maiores que 10.000 km<sup>2</sup> e menores que 100.000km<sup>2</sup>. A drenagem das planícies de inundação inclui todos os tributários com bacias menores que 10.000 km<sup>2</sup> que correm em direção a planície de inundação de um nível superior.

**Nível de Bacia 5-7 (BL5-BL7. Sub-bacias Secundárias)** – Os 3 níveis de bacia restantes (BL5, BL6 e BL7) foram criados subdividindo as bacias BL4 em subunidades de drenagem com tamanhos limites de 5.000, 1.000 e 300 km<sup>2</sup>, respectivamente.

Os limites de bacias para os tributários do Amazonas (BL2), tributários principais (BL3), e tributários secundários (BL4) foram criadas a partir de estimativas que usaram a grade de direção do fluxo e a ajuda de um *shapefile*<sup>4</sup> que representa o ponto de confluência das bacias. A base de dados inclui informações sobre áreas e os nomes dos principais tributários de todas as bacias de tributários principais e secundários. Os limites de sub-bacias de 5.000 (BL5), 1.000 (BL6) e 300 km<sup>2</sup> (BL7) foram criadas para toda a bacia amazônica. Os limites das sub-bacias foram então transformados em polígonos separados usando uma ferramenta que processa essa informação indicando a direção de drenagem da água. Características gerais e estatísticas para cada nível de bacia são resumidas na **Tabela 1**.

**Tabela 1** – Descrição geral do sistema de captação da Amazônia.

Descrição geral	Nível	Nº Bacias	Área Média (km <sup>2</sup> )	Canal principal
Amazonas e bacias costeiras	<b>BL1</b>	3	N/A	No
Bacia tributários principais do Amazonas > 100.000 km <sup>2</sup>	<b>BL2</b>	21	385.386	Si
Bacia tributários principais > 100.000 km <sup>2</sup>	<b>BL3</b>	38	170.277	Si
Bacia tributários secundários < 100.000 km <sup>2</sup> > 10.000 km <sup>2</sup>	<b>BL4</b>	199	36.625	Si
10.000 km <sup>2</sup> < Sub-bacias > 5.000 km <sup>2</sup>	<b>BL5</b>	1075	6.811	No
5.000 km <sup>2</sup> < Sub-bacias > 1.000 km <sup>2</sup>	<b>BL6</b>	4606	1.589	No
1.000 km <sup>2</sup> < Sub-bacias > 300 km <sup>2</sup>	<b>BL7</b>	15269	479	No

4. Um *shapefile* é um formato de armazenamento de dados vetoriais de Esri para armazenar a localização, a forma e as características de entidades geográficas (*Environmental Systems Research Institute, Inc. - ESRI, 2016*).

## Rios: Desenvolvimento da rede de drenagem

Construímos o sistema de cursos d'água a partir de um modelo digital de elevação (DEM; cobertura geoespacial que descreve gradientes de elevação e de direção de fluxo, especificando como a água deve correr dada a elevação), e um arquivo de acumulação de fluxo (que mostra como a água se acumularia, dada a elevação e a direção do fluxo). O valor do "limite dos cursos d'água" determina o tamanho da área de drenagem a montante onde a grade do curso d'água começa a ser delineada, e conseqüentemente a resolução final da rede de drenagem. Para criar uma grade ordenada de cursos d'água de alta resolução foi utilizada um arquivo cum um limiar de cursos d'água a montante de aproximadamente 81 ha junto com o arquivo de direção de fluxo.

Neste produto, a hierarquia de ordem dos cursos d'água variou de primeira a décimo-primeira. Provavelmente está subestimada por uma ordem, já que as áreas de drenagem da primeira ordem de cursos d'água (rios permanentes com tributários a montante não permanentes) tende a variar entre 10 e 50ha na bacia central do Amazonas. Assumindo que isso é correto, o menor curso d'água na rede de cursos d'água desenvolvida aqui seria aproximadamente de segunda ordem e o canal principal do rio Amazonas próximo ao seu delta seria de décima-segunda ordem. Os três diferentes *shapefiles* da rede rios foram criados com este produto de alta resolução, que contém rios de primeira a décimo-primeira ordem, sexta a décimo-primeira ordem e sétima a décimo-primeira ordem, respectivamente. Os nomes dos tributários, derivados de base de dados existentes, foram adicionados à rede de drenagem da sexta a décimo-primeira ordem.

O *shapefile* que contém os rios de primeira a décimo-primeira ordem foi filtrado para remover os cursos d'água de primeira a terceira ordem que se geraram em superfícies de águas abertas e áreas úmidas conhecidas, e que se foram gerados devido a possíveis erros de DEM e do arquivo de direção do fluxo d'água. Essas anomalias resultaram em falsos segmentos de rios de baixa ordem, gerados predominantemente em áreas úmidas de baixo relevo onde a variação da elevação foi hora extremamente baixa (ambientes de águas abertas) ou devido a variação na altura da vegetação. Mesmo com a maioria dos segmentos com anomalias removidos pelo filtro, alguns ainda estão aparentes em resoluções mais altas. alguns todavia aparecem em resoluções altas.

## Classificação do tipo de rios

Os tipos de águas variam consideravelmente no sistema fluvial amazônico e já foi demonstrado que influenciam fortemente os processos biogeoquímicos e a distribuição e dinâmica dos habitats e da biota aquática.

Existem três tipos principais de rios na bacia amazônica classificados por diferenças naturais na cor e qualidade de suas água: 1) *rios de águas brancas*, tem pH neutro e alta concentração de material em suspensão e sedimentos, 2) *rios de águas pretas*, tem pH baixo e baixa concentração de nutrientes e material em suspensão, mas alto teor de carbono orgânico dissolvido; e 3) *rios de águas claras*, tem pH baixo ou neutro, baixa concentração de nutrientes, material em suspensão e carbono orgânico dissolvido. Definimos os tipos de água (branca, preta ou clara) para rios de sexta a décimo-primeira ordem com base no conhecimento regional e análise visual de imagens ópticas a diversas resoluções disponíveis através do Google Earth (Google Inc). O resultado dessa classificação de tipos de rios baseada no tipo de suas águas é mostrado na figura 3. Essa é uma primeira aproximação que utiliza o conhecimento existente.

## Definição e mapeamento das áreas de desova de peixes

Muitas espécies de characiformes migratórios desovam, ou liberam seus ovos, nos encontros de rios de água branca com rios de água preta ou clara. Essas áreas de desova foram identificadas e incorporadas no shapefile de rios de sexta a décimo-primeira ordem. As áreas mais importantes, dentre todas, também foram identificadas através da interseção de áreas de desova com sub-bacias ou canais principais importantes para a pesca comercial. Fig. 3.

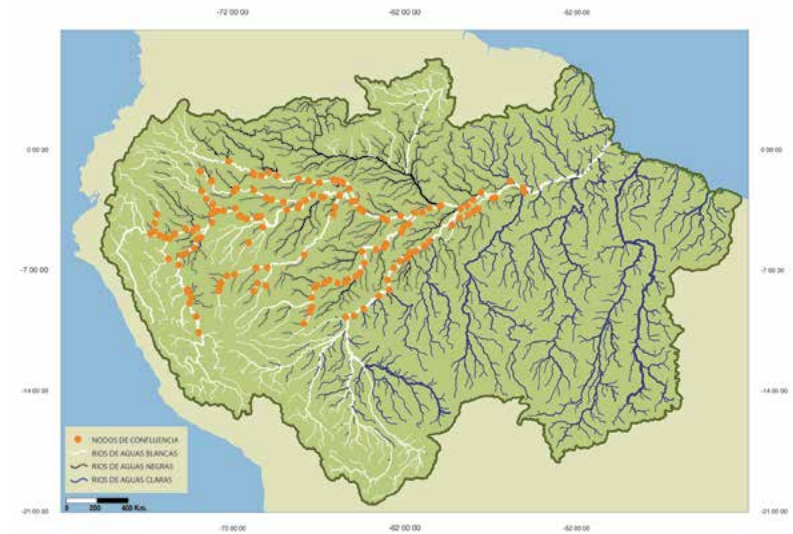


Figura 3. Mapa de áreas importantes de confluência onde peixes desovam e humanos pescam.

## Distância dos rios.

As distâncias ao longo da rede fluvial desde a foz do rio Amazonas até pontos específicos dentro do sistema, podem ser importantes para caracterizar as rotas de desova, para estimar quanto tempo uma espécie permanece em determinado lugar, ou para estimar a velocidade das larvas/juvenis durante as migrações rio abaixo, e a presença de outros materiais, como sedimentos, no sistema fluvial. Esses dados fornecem não só a distância até pontos específicos desde a foz do Amazonas, mas também até regiões distantes. Os valores das distâncias e a ordem dos cursos d'água estão incluídos na tabela de atributos dos segmentos no shapefile final da rede fluvial na base de dados.



## Conclusões gerais

Essa hierarquia de múltiplos níveis de bacias e a classificação dos rios fornecem uma nova ferramenta que reflete a visão da Amazônia como uma região conectada através de suas águas. Sua arquitetura permite o monitoramento e gerenciamento integrado dos ecossistemas aquáticos em distintas escalas espaciais. Os principais produtos de dados fornecidos pelo SIC, incluem:

1. **Uma hierarquia em múltiplos níveis especialmente** desenhada para conservação e manejo de bacias de rios e planícies de inundação em diferentes escalas de bacias e sub-bacias.
2. **Uma rede de drenagem ordenada** de alta resolução (primeira e segunda ordem) e especialmente uniforme para a bacia amazônica e suas bacias costeiras adjacentes (norte e sul).
3. **Uma primeira aproximação dos tipos de rios baseada em tipos de águas como um indicador** para diferentes características químicas, incluídas nos atributos de tributários de sexta a décimo-primeira ordem.
4. **Estimativas de distâncias de seções de rio desde em relação a foz do rio Amazonas**, no Oceano Atlântico, incluídas como atributos para os rios da bacia amazônica de quarta a décimo-primeira ordem.
5. **Um shapefile de pontos indicando as confluências (nós) entre diferentes tipos de rio** que são zonas críticas para a desova de espécies migratórias de peixes.

Essa base de dados regional e hidrológica fornece um marco coerente para a integração e análises de uma ampla variedade de dados espaciais, fundamentais para a gestão e a conservação desse valioso ecossistema fluvial.

---

## Próximos passos

A publicação original deste marco, *GIS-based River Basin Framework for Aquatic Ecosystem Conservation in the Amazon*, foi desenvolvido como um marco interativo para abordar uma ampla gama de desafios de conservação. Pesca e paisagens aquáticas foram o foco da análise inicial devido ao seu papel crítico na segurança alimentar na bacia amazônica. Vamos continuar a construir esses aspectos com análises de áreas protegidas, territórios indígenas e impactos de infraestruturas nas águas, paisagens aquáticas e bacias prioritárias.

O time da Iniciativa Águas Amazônicas irá também trabalhar em conjunto com uma variedade de atores chaves para implementação do marco para monitoramento e planejamento ambiental de ecossistemas aquáticos e sua biodiversidade. Esperamos que agências governamentais, ONGs, universidades e outras instituições adaptem várias de suas ferramentas dentro deste marco de acordo com seus interesses específicos na análise espacial a diferentes escalas de bacias na Amazônia.

---

[info@aguasamazonicas.org](mailto:info@aguasamazonicas.org)

[facebook.com/AguasAmazonicas](https://www.facebook.com/AguasAmazonicas) [twitter.com/aguasamazonicas](https://twitter.com/aguasamazonicas)



[pt.aguasamazonicas.org](http://pt.aguasamazonicas.org)

MOORE  
MOORE  
MOORE

