

## ELABORAÇÃO DA BASE HIDROGRÁFICA OTTOCODIFICADA DO ESTADO DA BAHIA E SUAS POTENCIALIDADES NA GESTÃO: CASO DE ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE CONTAS

Adriano Nascimento Mascarenhas<sup>1</sup>, Ismael Fiuza Ramos<sup>2</sup>, Moisés Bruno Carvalho dos Santos<sup>3</sup>, Carlos Alves de Freitas Júnior<sup>4</sup>, Dênisson Ferreira Silva<sup>5</sup>, Fabíola Andrade Souza<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Geógrafo, Analista em Geoprocessamento Pleno, INEMA, Salvador-BA, adriano.geo@gmail.com

<sup>2</sup>Geógrafo, Analista em Geoprocessamento, INEMA, Salvador-BA, ismael.fiuza@inema.ba.gov.br

<sup>3</sup>Desenhista Industrial, Analista em Geoprocessamento, INEMA, Salvador-BA, brunocarvalhosantos@hotmail.com

<sup>4</sup>Geógrafo, Coordenador de Cartografia, SEI, Salvador-BA, carlosfreitas@sei.ba.gov.br

<sup>5</sup>Engenheiro Agrimensor, Analista em Geoprocessamento Pleno, INEMA, Salvador-BA, denisson.silva@inema.ba.gov.br

<sup>6</sup>Analista de Sistemas, Subcoordenadora de Geoprocessamento, INEMA, Salvador-BA, fabiolaandrade.souza@inema.ba.gov.br

**RESUMO:** Esta publicação tem o objetivo de descrever a metodologia utilizada na elaboração da base hidrográfica ottocodificada do estado da Bahia, tendo como estudo de caso a bacia do rio de Contas. A metodologia foi desenvolvida pela Agência Nacional de Águas, intitulada de pgHydro, sendo este um projeto que visa a implementação de um complemento em banco de dados geográficos compostos por uma série de objetos hidrográficos como tabelas, consultas, funções ou visões que podem ser utilizadas em conjunto ou individualmente, para ajudar na gestão hídrica. Contempla também, demonstrações de algumas simulações de acordo com as informações hidrográficas finais, de consultas espaciais que podem ser realizadas em qualquer ambiente SIG, que são fundamentais para estudos hidrológicos. E por fim, sugere algumas sugestões das potencialidades deste insumo para serem implementados em sistemas computacionais de inteligência geográfica e hídrica, como um instrumento de fortes possibilidades para a efetivação da gestão integrada dos recursos hídricos e suporte à tomada de decisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** pgHydro, codificação de bacias de Pfafstetter, gestão integrada dos recursos hídricos.

**INTRODUÇÃO:** Diante de uma parceria técnica entre o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA) e a Agência Nacional de Águas (ANA), foi desenvolvida a base hidrográfica ottocodificada do estado da Bahia, no que tange as bacias da Região Hidrográfica Nacional do Atlântico Leste, fruto da base cartográfica da hidrografia na escala de 1:100.000, sendo que para este trabalho serão realizadas simulações e representações na bacia do rio de Contas. A parte complementar do território baiano, no que tange a Região Hidrográfica Nacional do São Francisco foi executada pela ANA, na mesma escala de 1:100.000. O procedimento de edições finais e validações para obter a base hidrográfica ottocodificada foi realizada pelo pgHydro desenvolvido pela ANA, sendo este um projeto que incorporou objetos ao PostgreSQL para criar e ampliar a base de dados do PostGIS/PostgreSQL, provendo funcionalidades para apoiar na tomada de decisão em recursos hídricos, baseada em informações extraídas de uma base hidrográfica, intitulado pela ANA, como o primeiro projeto a utilizar inteligência hidrográfica em complemento de sistema gerenciador de bancos de dados geográficos. A metodologia e as vantagens da Ottocodificação estão consolidadas e debatidas em diversas publicações da ANA e correlatas. Assim, esta publicação tem o propósito de descrever objetivamente a experiência da Bahia neste projeto, os resultados alcançados e as potencialidades deste insumo para a gestão integrada dos recursos hídricos, por meio de sua implementação nos sistemas computacionais de inteligência geográfica e hídrica desenvolvidos no âmbito INEMA.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Cabe, neste momento, descrever de maneira simplificada os procedimentos utilizados para a construção da base ottocodificada, caracterizada pelas principais edições vetoriais dos Trechos de Drenagem e das Áreas de Contribuição Hidrográfica (ACH). O primeiro procedimento caracteriza-se como um tratamento da base hidrográfica pelas ações de unifilarização de rios de margem dupla e conectividade dos trechos, definidos por correções topológicas no ambiente ArcGis, de acordo com a Figura 1, à esquerda nas condições originais e à direita unifilarizada.

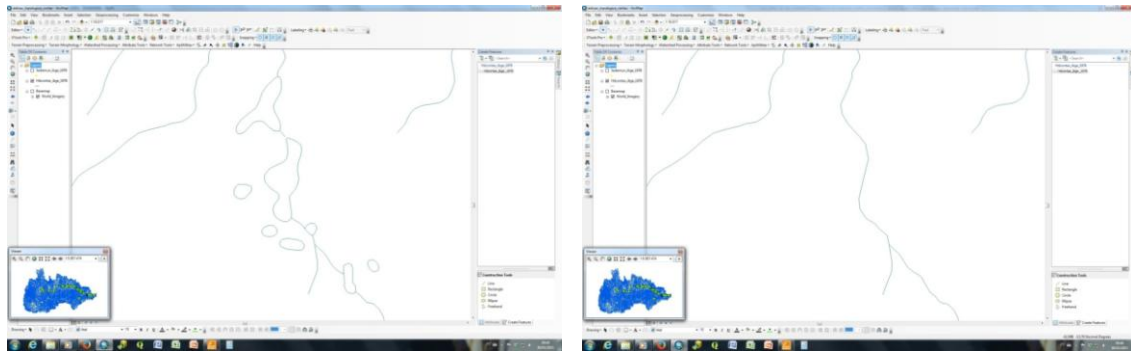


Figura 1 – Unifilarização dos trechos duplos e lagoas.

Posteriormente, no ambiente pgHydro, realizou-se as demais validações de consistência hídrica, dentre as quais se enquadram a identificação e edição dos trechos de confluências múltiplas que tem o propósito de definir os trechos mais distantes para hierarquizá-los, conforme representado na Figura 2.

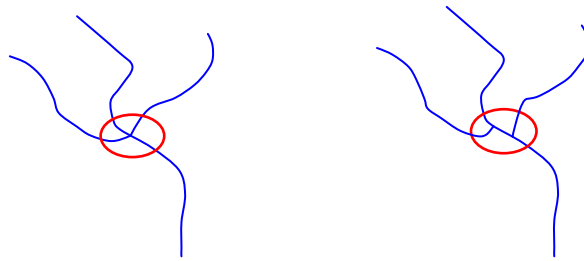


Figura 2 – Exemplo de confluência múltipla à esquerda e edição a ser realizada à direita.

Após todas as validações dos trechos de drenagem, geram-se as ACH por meio de um Modelo Digital de Elevação - SRTM - hidrológicamente consistente, figura 3. Para as ACH existem todas as correções topológicas de “vazios” e “sobreposições”, além de uma relação de 1 para 1 entre estas ACH e seus respectivos trechos de drenagem. Conforme publicação no manual da ANA, segue um fluxo geral de todo o processo de construção, representado na figura 4.

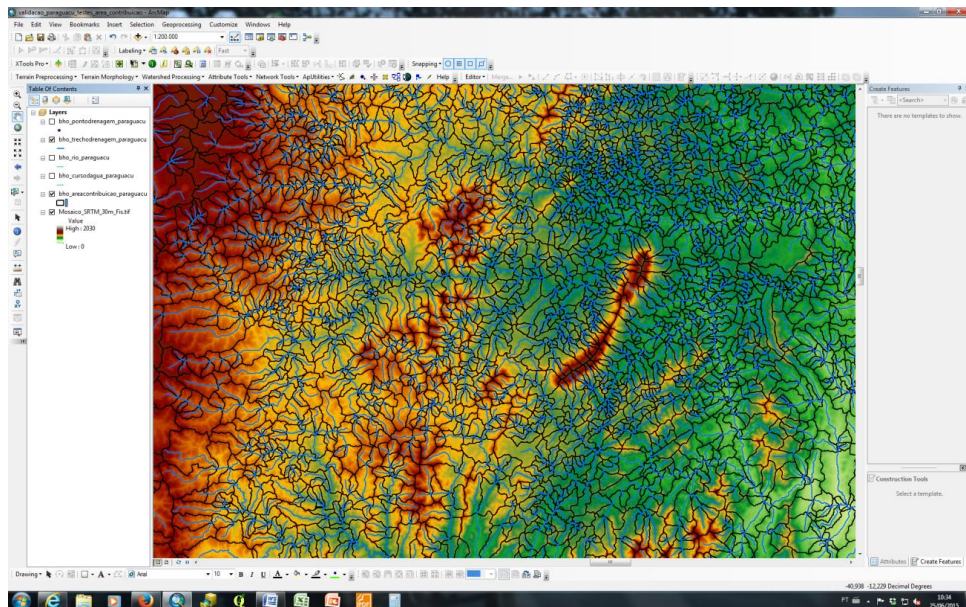


Figura 3 – Representação das ACH com o Modelo Digital de Elevação SRTM.

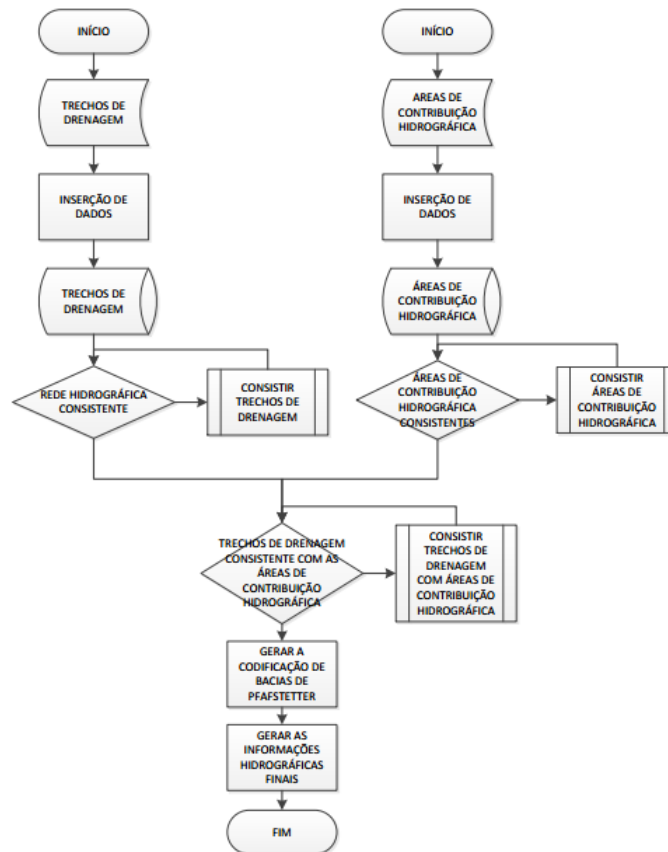


Figura 4 – Fluxo geral do processo de construção da base hidrográfica ottocodificada (BRASIL, 2015).

No manual da ANA (BRASIL, 2015), afirma-se que no pgHydro os objetos hidrográficos englobam todas as tabelas, procedimentos, consultas, funções ou visões desenvolvidos em PostGIS/PostgreSQL com a finalidade de gerar informações que auxiliam os entes envolvidos na gestão de recursos hídricos. A partir desses objetos pode-se construir uma rede hidrográfica consistente que assegure a validade da geometria, a sua conectividade, o correto sentido do vetor de fluxo d'água e informações como codificação de bacia, hierarquização, ordenamento, seleção de trechos a montante/jusante, distância a foz da bacia, área de drenagem a montante, entre outras informações que ajudem na tomada de decisão em recursos hídricos (BRASIL, 2015).

O processo de construção da base hidrográfica ottocodificada no território baiano, primeiramente, foi realizado por bacias individuais ou conjunto de bacias (a depender da caracterização e extensão das Regiões de Planejamento e Gestão das Águas - RPGA). O INEMA está em fase final de edição de junção de bordas de todas as bacias unificadas da Região Hidrográfica Nacional do Atlântico Leste, incluindo os trechos mineiros, capixabas e sergipanos, enquanto a ANA já concluiu toda a bacia do Rio São Francisco. Neste contexto, elegeram-se a bacia do rio de Contas para fins desta publicação.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A partir dos resultados da bacia hidrográfica ottocodificada do rio de Contas, serão realizados alguns exemplos de consulta espacial para posteriormente serem elencados os futuros usos deste insumo, como alicerce aos sistemas de inteligência hídrica e geográfica desenvolvidos no âmbito do INEMA, no intuito de promover uma gestão integrada dos recursos hídricos. Nestas primeiras consultas, representam-se as sub-bacias no nível 04, 05, 06 e o código de bacia de Pfafstetter individual, conforme representados a seguir nas Figuras de 5 a 10.

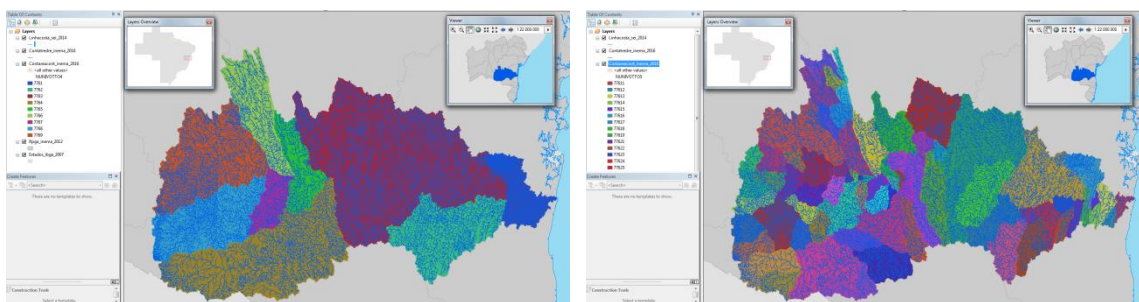


Figura 5 – Sub-bacias no nível 04 e Figura 6 – Sub-bacias no nível 05.

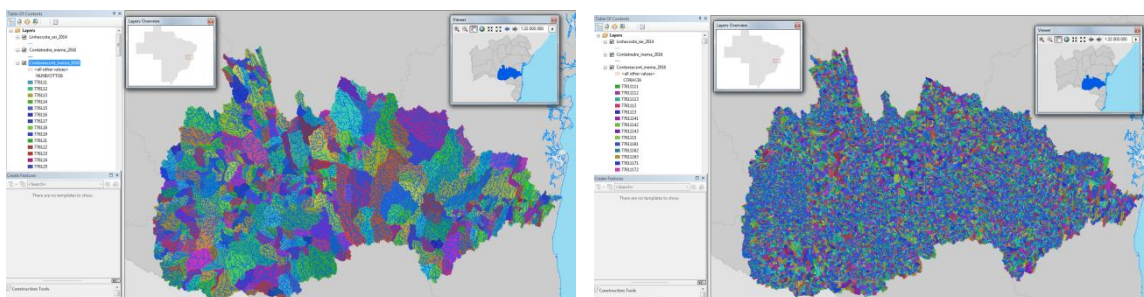


Figura 7 – Sub-bacias no nível 06 e Figura 8 – Sub-bacias com código de Pfafstetter.

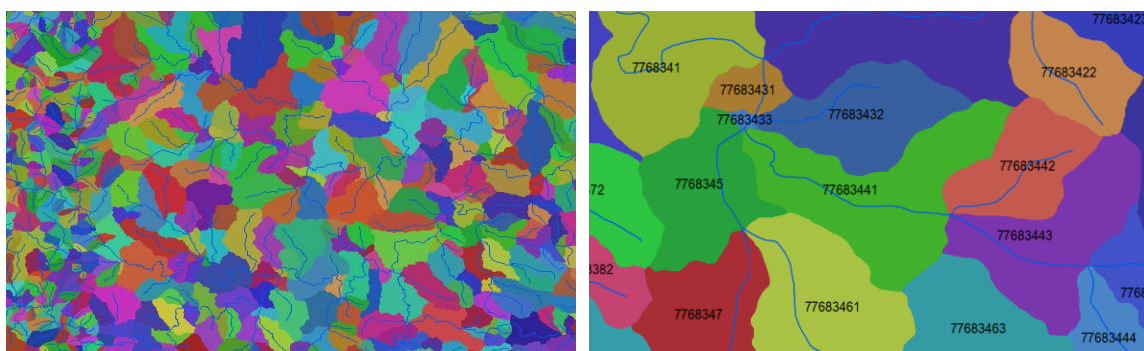


Figura 9 e Figura 10 – Detalhes das sub-bacias com código de Pfafstetter.

Conforme descreve o manual da ANA (BRASIL, 2015), as informações hidrográficas finais otocodificadas possibilitam a realização de algumas consultas, que são fundamentais para apoiar cálculos e modelos hidrológicos, que são: Código de bacia de Pfafstetter; Código de curso d'água derivado do código de bacia de Pfafstetter; Comprimento dos trechos de drenagem; Comprimento dos cursos d'água; Área de contribuição hidrográfica por trecho de drenagem; Área a montante; Distância a foz da bacia a partir do trecho; Distância a foz da bacia a partir do curso d'água; Direção do fluxo do trecho de drenagem de montante para jusante; Trecho a montante; Trecho a jusante; Trecho afluente; Ordem de curso d'água; Nível do código de bacia de Pfafstetter; Nível do código de curso d'água derivado do código de bacia de Pfafstetter e Nível da ordem de curso d'água.

Como exemplo, as respostas supracitadas realizadas em softwares de Sistema de Informações Geográficas em ambiente desktop já são um suporte importante aos processos de outorga, bem como aos cálculos de áreas de bacias proporcionais à área da vazão de um ponto monitorado, sendo este um dos cálculos realizados para o prosseguimento do ato autorizativo no INEMA.

Por meio de uma consulta espacial utilizando a expressão: "COBACIA" >= '7765711' AND "COCURSODAG" LIKE '776%', determina-se a área de contribuição à montante de um determinado ponto de captação, representado na Figura 11 à esquerda. E por meio da expressão: concat('R', "COBACIA") < 'R7765711' AND concat('R', "COCURSODAG") IN ('R776'), obtêm-se a área de contribuição à jusante, para fins de autorização de outorga para lançamentos de efluentes, conforme representado na Figura 12 à direita.



Figura 11 – Consulta espacial de um determinado ponto à montante e Figura 12 – Consulta espacial de um determinado ponto à jusante.

Além das situações supracitadas, o insumo da base hidrográfica ottocodificada terá grande importância em diversos projetos no âmbito do INEMA, dentre os quais: definição dos limites das bacias hidrográficas; refinamento dos limites das RPGA; apoio para definição dos limites das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH), como resultados dos planos de bacias hidrográficas; suporte para estudos de definição das áreas de contribuição para fins do balanço hídrico; implementação em sistemas de inteligência geográfica para determinação dos cálculos da disponibilidade hídrica para a tomada de decisão; suporte para o monitoramento das barragens e para definição de áreas estratégicas para ampliação da rede de monitoramento das águas superficiais; dentre outros.

**CONCLUSÕES:** Como foi apresentado neste trabalho, a metodologia do pgHydro desenvolvida pela ANA é uma proposta útil, inovadora, segura e eficaz para construção da base hidrográfica ottocodificada. O insumo da base hidrográfica ottocodificada permite idealizar e desenvolver soluções computacionais que venham garantir a gestão integrada dos recursos hídricos diante dos princípios da inteligência geográfica, com o propósito de oferecer autonomia técnica para a tomada de decisão, de acordo com os instrumentos da Lei Federal 9.433 (BRASIL, 1997), a exemplo do enquadramento e da outorga.

**AGRADECIMENTOS:** A equipe técnica da Agência Nacional de Águas, que fez concretizar a parceria para a efetivação deste projeto, em especial aos Especialistas em Geoprocessamento Alexandre de Amorim Teixeira e Fábio Vicente Ferreira. Além de todos os colaboradores que participaram historicamente na concepção e execução deste projeto no âmbito INGA/INEMA.

#### **REFERÊNCIAS:**

BRASIL. (1997). **Lei Federal 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: Maio 2017.

BRASIL. (2015). **Manual de Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada da ANA -** Construção da base hidrográfica conforme a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter. Agência Nacional de Águas (ANA). Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: Setembro 2015.

TEIXEIRA, Alexandre de Amorim; SILVA, Adalene Moreira; MOLLERI, Gustavo Souto Fontes; FERREIRA, Fábio Vicente, BORELLI, Aldir José. **PGHYDRO – Objetos Hidrográficos em Banco de Dados Geográficos.** XX Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos – 2013. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/>>. Acesso em: Setembro 2015.