



## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

### ANÁLISE COMPARATIVA DE OTTOBACIAS NA REGIÃO AMAZÔNICA

*Laila Rover Santana<sup>1</sup>, Adria Lorena de Moraes Cordeiro<sup>2</sup>, Roberto dos Santos Correa<sup>3</sup>,  
Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa<sup>4</sup>*

**Resumo** - Bacias delimitadas pelo método de Otto são utilizadas em diversos estudos, uma vez que são importantes ferramentas no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Com base no método de Otto Pfafstetter, o objetivo foi delimitar e ottocodificar a bacia hidrográfica a montante da estação fluviométrica Foz do Rio Iratapuru (AP), comparando os resultados com a ottocodificação realizada pela Agência Nacional das Águas (ANA). Segundo o método, a delimitação das bacias é feita a partir da identificação do rio principal, e posteriormente, codificam-se suas bacias afluentes por área de contribuição. Diante disto, ele foi aplicado no Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) a partir do nível 4 da ottocodificação realizada pela ANA. Comparando as duas ottocodificações, constatou-se que o nível de detalhamento da rede drenagem influenciou diretamente na quantidade de ottobacias geradas em cada caso. Constatou-se que o método de Otto aplicado ao MDEHC apresentou resultados mais detalhados em relação a rede hidrográfica e as ottobacias geradas.

**Palavras-Chave** – Bacias, Codificação, Ottobacias.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF OTTOBACIES IN THE AMAZON REGION

**Abstract** – Basins delimited by the method of Otto are used in several studies, since they are important tools in the planning and management of the water resources. Based on the method of Otto Pfafstetter, the objective was to delimit and ottocodify the watershed upstream of the fluvial station River Mouth Iratapuru (AP), comparing the results with ottocoding performed by the National Water Agency (ANA). According to the method, the delimitation of the basins is made from the identification of the main river, and later, its tributaries are codified by area of contribution. In view of this, it was applied to the Hydrologically Consistent Digital Elevation Model (MDEHC) from level 4 of the ottocoding performed by the ANA. Comparing the two ottocodifications, it was verified that the level of detail of the drainage network influenced directly the quantity of ottobacias generated in each case. It was verified that the Otto method applied to the MDEHC presented more detailed results in relation to the hydrographic network and the ottobacias generated.

**Keywords** – Basins, Codification, Ottobasins.

<sup>1</sup> Engenheira Ambiental, Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará. E-mail: [lailasrover@gmail.com](mailto:lailasrover@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, Bolsista PIBIC, Universidade Federal do Pará. E-mail: [adrialme@gmail.com](mailto:adrialme@gmail.com)

<sup>3</sup> Engenheiro Sanitarista, Mestre em Engenharia Civil, Professor do Instituto Federal do Pará. E-mail: [roberto22\\_correa@hotmail.com](mailto:roberto22_correa@hotmail.com)

<sup>4</sup> Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Mestre em Engenharia Civil, Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará. E-mail: [eduardoaguiarsc@hotmail.com](mailto:eduardoaguiarsc@hotmail.com)



## **XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**

**Florianópolis- SC**

### **INTRODUÇÃO**

A disponibilidade hídrica e o gerenciamento adequado dos recursos hídricos são assuntos que vem sendo bastante debatidos no meio científico e na mídia nacional, uma vez que as alterações climáticas estão causando mudanças significativas nos regimes de chuvas das regiões brasileiras.

No Brasil ocorreram várias ações de modo a aperfeiçoar o processo de gestão, preservando a água potável para consumo das gerações atuais, futuras e para os seus diversos usos, industriais e de lazer. Gerir os diversos usos da água sem comprometer a sua qualidade é um dos desafios enfrentados atualmente. Para isso é necessário ter um controle dos diversos usos, evitando assim a contaminação dos mananciais e de todo o sistema hídrico (GOMES e BARROS, 2011).

No território brasileiro, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/1997, define a bacia hidrográfica como unidade territorial básica à gestão dos recursos hídricos. Anos depois, com a necessidade de um sistema único de classificação de bacias, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) adota a metodologia desenvolvida pelo engenheiro Otto Pfafstetter como a codificação oficial das bacias hidrográficas brasileiras.

O método de classificação e codificação de bacias hidrográficas de Otto é natural e hierárquico, iniciando-se pela identificação do rio principal, e posteriormente dos maiores rios de uma determinada bacia, descendo em nível de detalhe a cada etapa, até que se tenha codificado todos os trechos da rede hidrográfica (PFAFSTETTER, 1989). Cada trecho corresponde a uma área de drenagem individual, o que favorece o gerenciamento e o controle das ações do homem em áreas específicas, assim como as consequências que essas ações podem causar em todo o sistema hídrico (ANA, 2012; GOMES e BARROS, 2011).

As “ottobacias”, como são conhecidas as bacias delimitadas pelo método de Otto, são utilizadas em diversos estudos, uma vez que são importantes ferramentas no planejamento e gestão dos recursos hídricos, bem como de fácil implementação computacional e boa interação com Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (ANA, 2012). Galvão e Galvão (2012) utilizaram as ottobacias para avaliar a presença de cavidades naturais subterrâneas no território brasileiro. Os pesquisadores utilizaram como base de dados a ottocodificação em nível seis da Agência Nacional de Águas (ANA) e verificaram que das 60.001 ottobacias existentes nesse nível, apenas 1.139 registraram a ocorrência de cavernas. Já Marcuzzo e Cardoso (2013) aplicaram o método de ottocodificação na sub-bacia hidrográfica 63 (afluente do rio Paraná), delimitando, caracterizando e calculando as áreas e perímetros das ottobacias formadas. Eles utilizaram um Modelo Digital de Elevação (MDE) para extrair a drenagem e delimitar as áreas e perímetros das ottobacias.



## **XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**

**Florianópolis- SC**

Com o surgimento dos SIGs foi possível otimizar e ter maior precisão na delimitação e extração de características físicas de bacias hidrográficas. Informações de drenagem como direção do fluxo das águas, segmentos das redes fluviais, áreas de bacias e sub-bacias podem ser extraídas de MDEs, utilizando ferramentas de SIG (TURCOTTE, 2001). A consistência hidrológica de um MDE, o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistido (MDEHC), assegura a convergência do escoamento superficial para a rede de drenagem mapeada, uma vez que representa verdadeiramente as feições do relevo do terreno (OLIVEIRA et al., 2012). Por isso, em estudos hidrológicos deve-se utilizar o MDEHC.

Com base no método de Otto Pfafstetter, este estudo tem como principal objetivo delimitar e ottocodificar a bacia hidrográfica a montante da estação fluviométrica Foz do Rio Iratapuru, comparando os resultados obtidos com a ottocodificação realizada pela ANA. Para isto, será necessário o uso de um MDEHC para extração da rede hidrográfica e delimitação da área drenada pela bacia de estudo. As ottobacias serão delimitadas até o nível 7, partindo-se do nível 4 estabelecido pela ANA. Por fim, os resultados da ottocodificação da bacia Foz do Rio Iratapuru serão comparados com a ottocodificação realizada pela ANA.

### **METODOLOGIA**

#### **Área de Estudo**

O estudo foi realizado em janeiro de 2017, sendo desenvolvido a montante da estação fluviométrica Foz do Rio Iratapuru, de código 19140000, da Agência Nacional de Águas (ANA). A estação está localizada no município de Laranjal do Jari, no Estado do Amapá. Para obtenção da área drenada, a montante da estação fluviométrica, foi necessário o uso de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), que foi extraído de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução espacial de 30m, disponibilizadas na base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). O MDEHC permite que as delimitações das bacias hidrográficas sejam realizadas com maior precisão, uma vez que ele é a representação digital do relevo, capaz de reproduzir o caminho preferencial do escoamento superficial da água (ESRI, 1997).

A bacia delimitada abrange uma área de aproximadamente 4.445 km<sup>2</sup>, ocupando espaço territorial em três municípios amapaenses (Mazagão, Laranjal do Jari e Pedra Branca do Amapari) (FIGURA 1).

## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

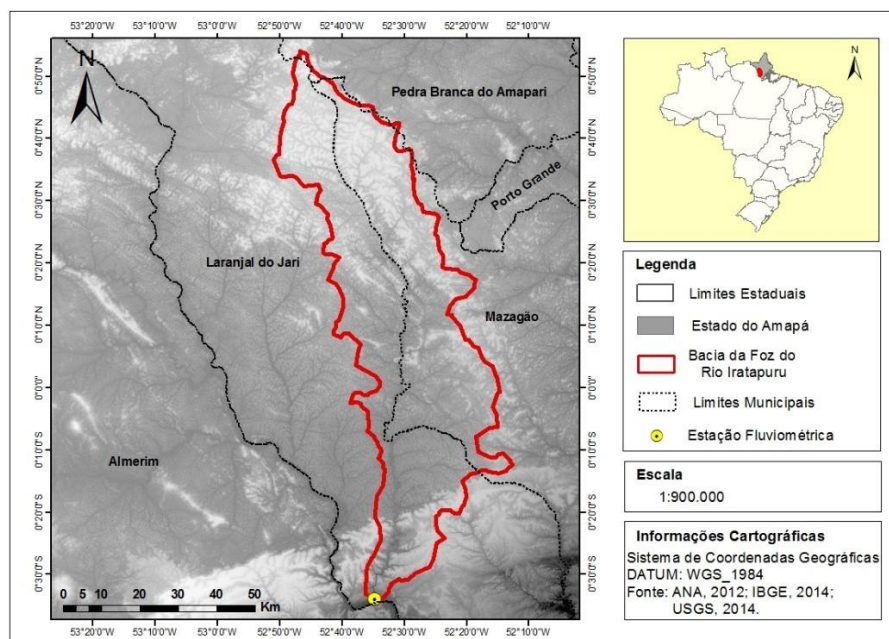


Figura 1. Mapa de localização da bacia Foz do Rio Iratapuru.

Para o tratamento das imagens SRTM e obtenção do MDEHC, foi utilizado um programa de Sistema de Informações Geográficas (SIG). A extração da drenagem e as delimitações das bacias foram processadas através das extensões do programa SIG. Neste estudo, a rede hidrográfica foi extraída a partir de uma drenagem numérica gerada pela acumulação de 1.000 células do MDEHC.

### Sistema de Otto Pfafstetter

A codificação de Otto Pfafstetter, também chamada de “Ottocodificação”, baseia-se nas seguintes regras: a delimitação das bacias é feita a partir da identificação do rio principal, e posteriormente, codificam-se suas bacias afluentes por área de contribuição.

O processo de ottocodificação inicia-se pela identificação do rio principal, posteriormente separam-se as quatro maiores bacias identificadas ao longo do rio principal, as quais receberão como código, em ordem de jusante para montante, os números pares 2, 4, 6 e 8. O código 0 (zero) é atribuído para a maior bacia fechada. As bacias restantes são denominadas de “interbacias” e são divididas em cinco áreas que recebem como códigos os números ímpares 1, 3, 5, 7 e 9, também atribuídos de jusante para montante. Ao final da codificação, a configuração das bacias encontra-se de forma que a interbacia 3 se localiza entre as bacias 2 e 4, a interbacia 5, entre as bacias 4 e 6, e assim por diante (PFAFSTETTER, 1989). O processo pode ser repetido enquanto houver afluentes na rede hidrográfica representada na escala de trabalho adotada.

## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

Para este trabalho, o método de Otto Pfafstetter será aplicado no MDEHC a partir do nível 4 da ottocodificação realizada pela ANA. Ressalta-se que a hidrografia utilizada pela ANA foi extraída de um MDE de imagens SRTM com resolução espacial de 90 metros (ANA, 2013).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ottocodificação na bacia a montante da estação fluviométrica Foz do Rio Iratapuru foi aplicada a partir do nível 4 da ottocodificação realizada pela ANA, que gerou o código 4182 para esta bacia. A rede hidrográfica utilizada na ottocodificação da ANA e a extraída do MDEHC apresentam diferentes níveis de detalhamento (FIGURA 2). A hidrografia da ANA está na escala 1:1.000.000 (base cartografia do IBGE) e foi extraída de um MDE de imagens SRTM com resolução espacial de 90 metros (ANA, 2013). Já a rede de drenagem do MDEHC foi extraída de imagens SRTM com resolução espacial de 30 metros, a partir de um acúmulo de 1.000 células, gerando uma hidrografia mais detalhada e com um número maior de trechos de drenagem.

Na Figura 3 estão representadas a ottocodificação no nível 5 da ANA e do MDEHC. Em ambos os casos foram geradas 9 ottobacias, no entanto já é possível observar que no próximo nível da ottocodificação, o nível 6, o número de sub-bacias geradas no MDEHC será maior que o número de sub-bacias geradas na ottocodificação da ANA.

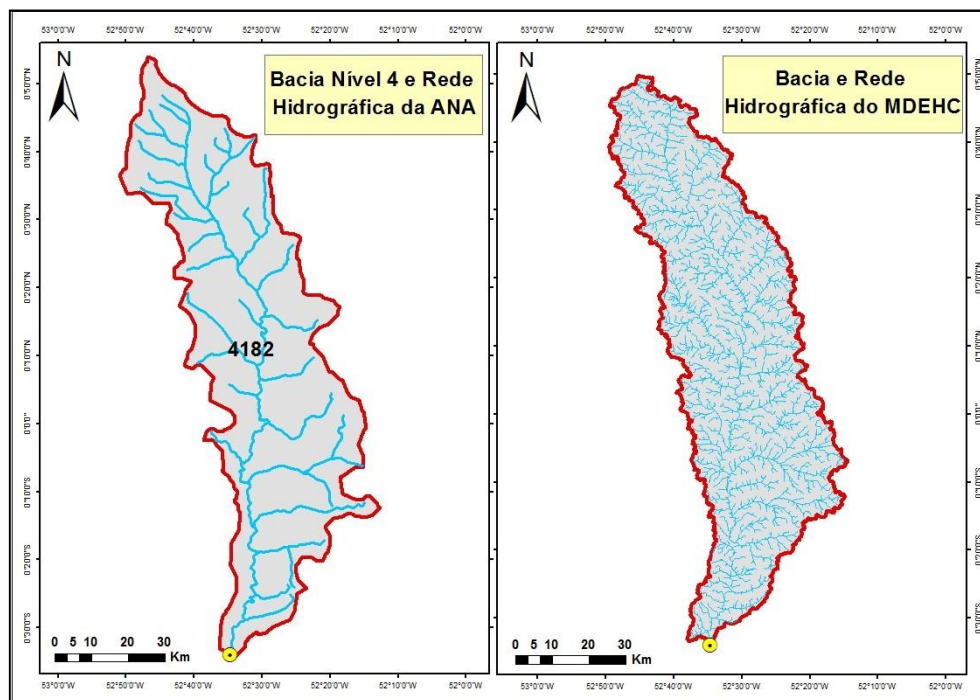


Figura 2. Ottocodificação nível 4 disponível pela ANA e gerada a partir do MDEHC.

**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

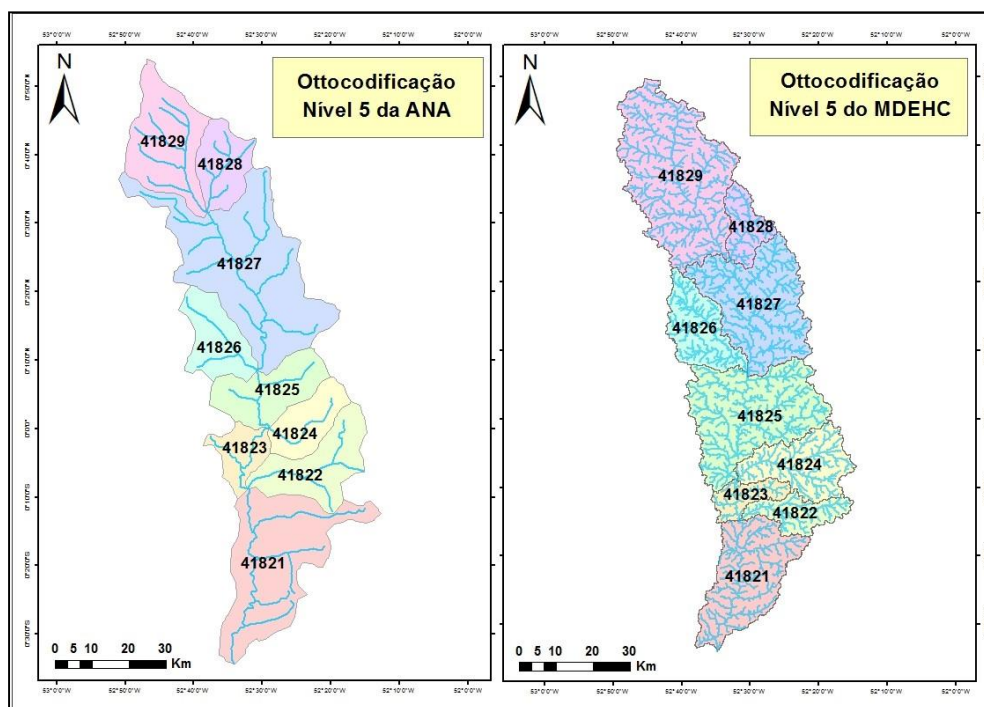


Figura 3. Ottocodificação nível 5 disponível pela ANA e gerada a partir do MDEHC.

A codificação no nível 6 apresentou uma diferença significativa no número de ottobacias geradas na ottocodificação realizada pela ANA e no MDEHC. Enquanto no nível 6 da ANA foram delimitadas 53 sub-bacias, no MDEHC esse número foi de 81 sub-bacias. Essa diferença ocorre devido ao menor detalhamento da hidrografia da ANA quando comparada com a hidrografia do MDEHC (FIGURA 4).

**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

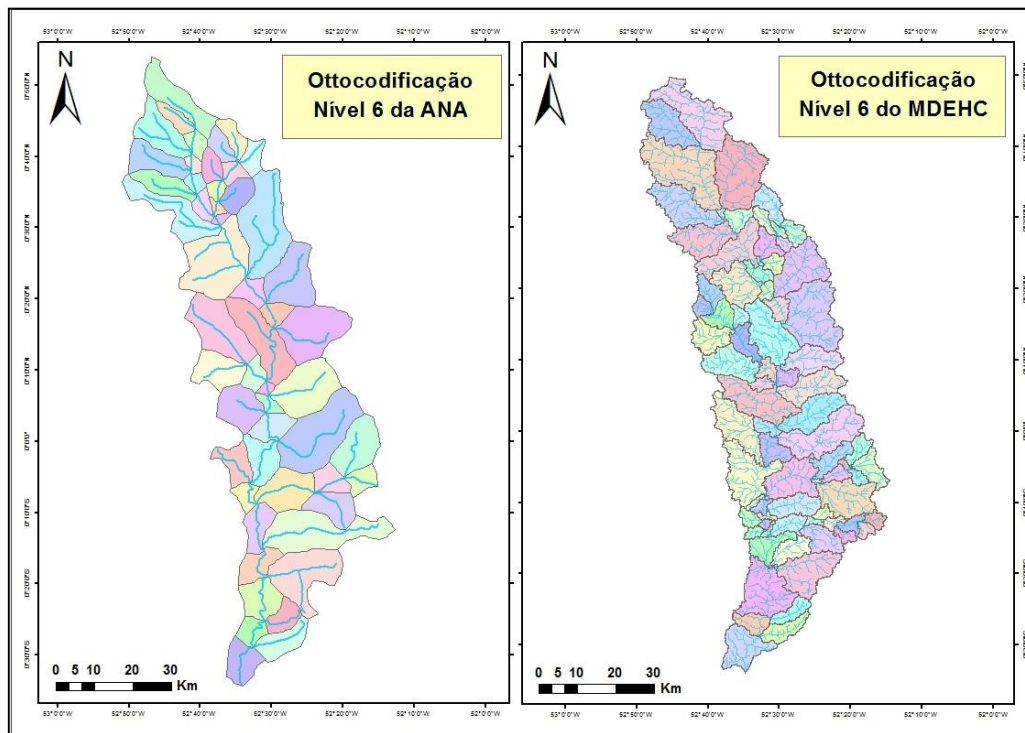


Figura 4. Ottocodificação nível 6 disponível pela ANA e gerada a partir do MDEHC.

Ainda de acordo com a Figura 4, nota-se que no nível 6 da ANA quase todas as ottobacias geradas apresentam apenas um afluente, impossibilitando a realização de uma nova codificação nessas bacias. Apenas 6 das 53 ottobacias geradas na ottocodificação da ANA permitem a codificação ao nível 7. Já no MDEHC observa-se a possibilidade da ottocodificação ao nível 7 de 91% das ottobacias do nível 6, não sendo possível codificar apenas 7 das 81 sub-bacias geradas.

Como a ANA definiu ottobacias até o nível 6, não será realizada a comparação entre os resultados obtidos pela ottocodificação da ANA com os resultados obtidos pela ottocodificação no nível 7 do MDEHC (FIGURA 5).



**ABRH**  
Associação Brasileira de  
Recursos Hídricos

## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

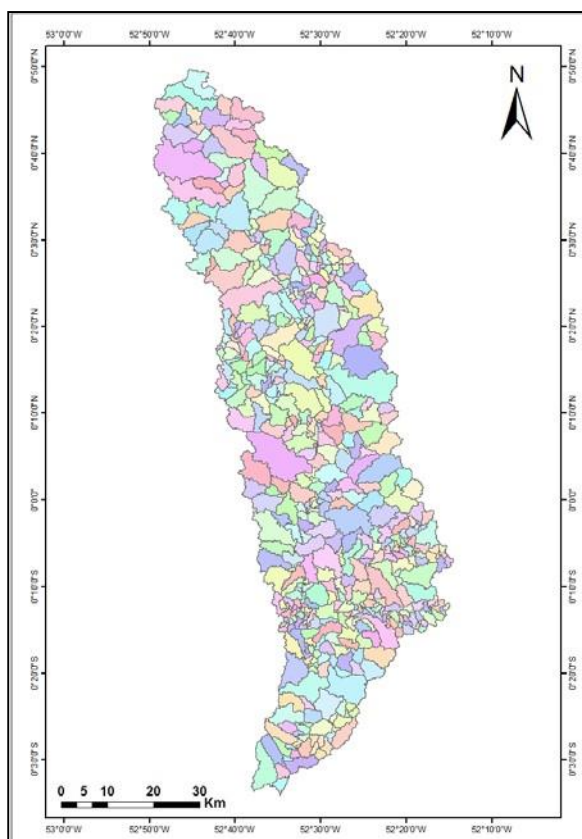


Figura 5. Ottocodificação nível 7 gerada a partir do MDEHC.

A ottocodificação no nível 7 do MDEHC gerou um total de 609 ottobacias (FIGURA 5). O detalhamento da rede hidrográfica utilizada pelo MDEHC permite ottocodificar a bacia Foz do Rio Iratapuru em mais níveis, como ao nível 8 e 9.

### CONCLUSÕES

Comparando a ottocodificação realizada pela ANA e a ottocodificação realizada a partir do MDEHC, constatou-se que o nível de detalhamento da rede drenagem influenciou diretamente na quantidade de ottobacias geradas em cada caso. Este estudo constata que o método de Otto aplicado ao MDEHC apresentou resultados mais detalhados em relação a rede hidrográfica e as ottobacias geradas para a bacia Foz do Rio Iratapuru.





## **XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**

**Florianópolis- SC**

### **REFERÊNCIAS**

- ANA. Agência Nacional de Água. *Codificação de Bacias Hidrográficas pelo Método de Otto Pfafstetter - Aplicação na ANA*. Brasília, 2012.
- ANA. Agência Nacional de Água. *Base Hidrográfica Ottocodificada*. Brasília, 2013.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. ARC/INFO v.7.1.1. Help on Line. Redlands, Califórnia: ESRI, 1997.
- GALVÃO, A. L. C. de O.; GALVÃO, W.S. As relações espaciais entre os dados de localização de cavernas e as ottobacias - base hidrográfica geocodificada do Brasil. *Revista Brasileira de Espeleologia*. Brasília, v. 2, n. 2, p 38 - 56. 2012.
- GOMES, J. V. P.; BARROS. R. S. A importância das Otto Bacias para a Gestão de Recursos Hídricos. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1287. 2011.
- MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. (2013). Delimitação e estudo das ottobacias de afluentes do rio Paraná utilizando MDE de imagens de radar ASTER GDEM. *Revista Eletrônica Georagaia*. Barra do Garças-MT. V 3, n.1, p 50 - 60. Janeiro/julho. 2013.
- OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. L. N.; NILTON, C.; NETO, G. K.; SILVA, M. A. da; ARAÚJO, E. F. de. Consistência hidrológica de modelos digitais de elevação (MDE) para definição da rede de drenagem na sub-bacia do Horto Florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS. *Rev. Bras. Cienc. Solo*. Campinas, v. 36, p. 1259-1267, 2012.
- PFRAFSTETTER, O. *Classificação de bacias hidrográficas - metodologia de codificação*. Rio de Janeiro, RJ: DNOS, 19p. 1989.
- TURCOTTE, R. et al. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. *Journal of Hydrology*, v.240, p. 225–242. 2001.
- USGS. United States Geological Service. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 08 de maio de 2017.