

OTTOCODIFICAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PANDEIROS A PARTIR DO MODELO DIGITAL DO TERRENO ANADEM

Laísia Carlos Dos Santos, Douglas Silva de Souza, Yara Paulino Luiz Dos Santos, Eveline Almeida Gomes, Danilo Pereira Ribeiro e Rodrigo Nogueira Martins.

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – IFNMG Campus Januária, Fazenda São Geraldo, S/N Km 06 - 39480-000 - Januária /MG, Brasil. lcls11@aluno.ifnmg.edu.br, dsds13@aluno.ifnmg.edu.br, yplds@aluno.ifnmg.edu.br, eag1@aluno.ifnmg.edu.br, danilo.ribeiro@ifnmg.edu.br, rodrigo.martins@ifnmg.edu.br

Resumo

A ottocodificação é de grande importância para o planejamento e gestão de recursos hídricos, pois permite a organização hierárquica de bacias e sub-bacias. Este estudo teve como objetivo realizar a ottocodificação da bacia hidrográfica do Ribeirão Pandeiros, localizada no Norte de Minas Gerais, utilizando técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG. A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) delimitou-se a bacia hidrográfica, sub-bacias e interbacias, atribuindo-se códigos hierárquicos conforme o método proposto por Otto Pfafstetter. Os resultados demonstraram a divisão da bacia em diferentes áreas de drenagem, destacando-se os trechos com maior contribuição hídrica, como a ottobacia 676729 (153.837,63 ha) que contempla a nascente do Ribeirão Pandeiros e a ottobacia 676726 (75.075,17 ha) que corresponde ao córrego Catolé, o maior afluente do Ribeirão Pandeiros. Esses dados possibilitam a padronização e comparação em estudos hidrográficos, além de oferecer subsídios para ações de conservação, monitoramento e gestão integrada da bacia.

Palavras-chave: Semiárido. Recursos hídricos. Geoprocessamento.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias - Engenharia Agrícola.

Introdução

A ottocodificação de bacia hidrográfica é um método desenvolvido pelo engenheiro Otto Pfafstetter no final da década de 1980, que classifica bacias hidrográficas em áreas de contribuição, com base em uma rede de drenagem hierarquizada. As bacias são codificadas com números que variam de 1 a 9 e as bacias endorréicas recebem numeração zero, para fins de planejamento e gestão territorial. Essa metodologia foi adotada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, para efeito de codificação das bacias hidrográficas no âmbito nacional (BRASIL, 2003). E por isso tem sido mapeado pela Agência Nacional de Águas (ANA) que disponibiliza a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO-ANA) até o nível 6 de hierarquização (ANA, 2022).

A utilização da Ottocodificação em Sistema de Informações Geográficas, de acordo com Oliveira (2008), ajuda os gestores na tomada de decisão em recursos hídricos, principalmente no que diz respeito à divisão de unidades de gestão, que se baseia na divisão por bacias e a determinação de dominialidade de cursos de água. Isso facilita a gestão dos recursos hídricos, o planejamento ambiental e o monitoramento das águas.

A BHO-ANA possui a limitação de se restringir as bacias terminadas nos códigos pares, portanto não apresenta as interbacias e as bacias das áreas de nascentes de rios que possuem final ímpar pela metodologia da ottocodificação. Assim, há necessidade de publicação de trabalhos com a complementação, para melhor visualização da ottocodificações de números ímpares.

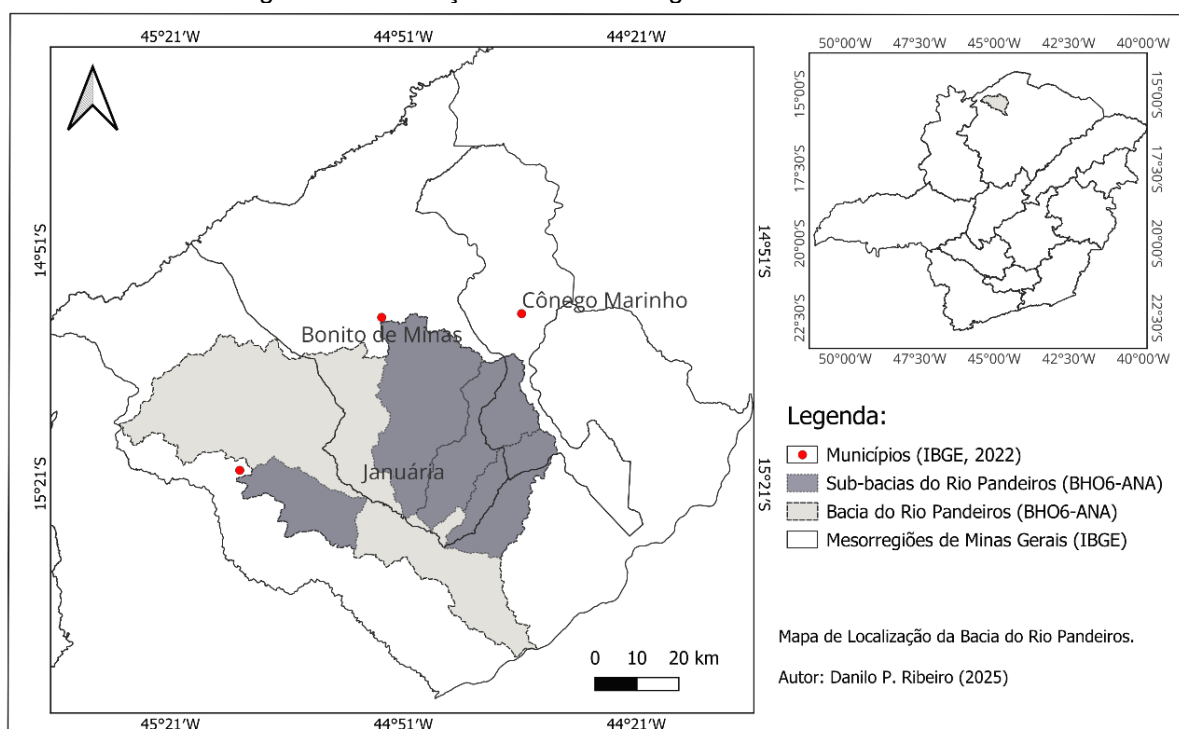
A bacia hidrográfica do Ribeirão Pandeiros, localizada no Norte de Minas Gerais, está inserida no bioma Cerrado com ocorrência de todas suas diferentes fitofisionomias, portanto abrange área de significativa relevância ecológica e hidrológica. Além disso, é afluente do Rio São Francisco e considerado importante berçário de peixes. Por sua relevância ambiental foi declarada Área de Proteção Ambiental (Minas Gerais, 1995), sendo a maior unidade de conservação do Estado de Minas Gerais.

Diante do exposto, esse trabalho foi realizado com o objetivo de ottocodificar a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pandeiros em nível 6 de codificação para disponibilizar informações que possam amparar decisões técnicas voltadas para gestão e conservação dos recursos hídricos e florestais da APA Pandeiros.

Metodologia

A bacia hidrográfica do rio Ribeirão Pandeiros (Figura 1) localiza-se à margem esquerda do rio São Francisco, no norte do Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas 45°95'W, 15°88'S e 43°95'W, 14°40'S. Encontra-se inserida na Macrorregião Norte de Minas, Microrregião de Januária e compreende parte dos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho.

Figura 1. Localização da Bacia hidrográfica do Rio Pandeiros.



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A ottocodificação da bacia foi realizado no software livre QGIS versão 3.34. Para delimitar a bacia hidrográfica utilizou-se o ANADEM versão 1.0, modelo digital do terreno (MDT) com remoção de viés causado pela vegetação no modelo digital de elevação (MDE) Copernicus GLO-30, com resolução espacial de 30 metros, e disponível para toda a América do Sul (Laipelt et al., 2024).

Inicialmente, realizou-se o mosaico das imagens ANADEM (22, 23 e 24 K e L) para obter a cobertura do Norte de Minas Gerais. Em seguida adicionou-se o vetor da bacia do Ribeirão Pandeiros, da Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescala Versão Seis da ANA (BHO6), com o *shapifile* de nível 5. Após definir a área de abrangência da bacia, utilizou-se um shape de máscara para recortar o mosaico do MDE. O MDE recortado foi processado para preenchimento do falhas, posteriormente gerou-se os arquivos matriciais de Direção de Fluxo e Drenagem Numérica com acúmulo de 500 pixels, no comando *r.watershed* do GRASS.

O arquivo de direção de fluxo foi utilizado no comando *r.water.outlet* e a bacia foi gerada a partir da coordenada do ponto de foz, marcado sobre a drenagem numérica, um pixel antes de encontrar com o rio São Francisco, buscando aproximar ao máximo da foz, sem provocar problema de análise no algoritmo. A bacia foi delimitada como arquivo matricial e convertida em arquivo vetorial.

Para delimitação das sub-bacias, utilizou-se como referência de cursos hídricos o arquivo de Hidrografia Ottocodificada - ottotrechos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, disponibilizado no

IDE-Sisema 3.0. A partir da rede de cursos hídricos desse arquivo, definiu-se as maiores sub-bacias dos afluentes do Rio Pandeiros e gerou-se as sub-bacias utilizando o comando *r.water.outlet* para delimitar as 4 maiores sub-bacias que são numeradas com os números pares 2, 4, 6 e 8. Para definir as quatro maiores sub-bacias, delimitou-se 6, visivelmente maiores, que foram convertidas em arquivo vetorial para determinação da área utilizando a calculadora de campo da tabela de atributos. Das 6 obteve-se as 4 maiores que foram numeradas com os números pares já informados, começando pela foz, conforme definido na metodologia de Otto Pfafstetter.

A interbacia 9 também foi delimitada como sub-bacia, por ser a parte final da bacia do Rio Pandeiros e se inicia no rio principal, logo após a sub-bacia de número final 8. As demais interbacias de numeração ímpar 1, 3, 5 e 7 foram delimitadas a partir de delimitação de bacias sobre o arquivo de drenagem numérica com ponto de foz no rio principal, utilizando o comando *r.water.outlet*. A sub-bacia de número 1 foi obtida a partir do arquivo vetorial delimitado da bacia do Rio Pandeiros, a sub-bacia 3 foi delimitada a partir da sub-bacia com ponto de foz dois pixels após a sub-bacia de final 2. A sub-bacia 5 foi delimitada a partir da sub-bacia com ponto de foz dois pixels após a sub-bacia de final 4. A sub-bacia 7 foi delimitada a partir da sub-bacia com ponto de foz dois pixels após a sub-bacia de final 4. Essas sub-bacias foram criadas para obter as interbacias de mesmo número, a partir do comando da barra de Menu Vetor, Geoprocessamento, opção Diferença.

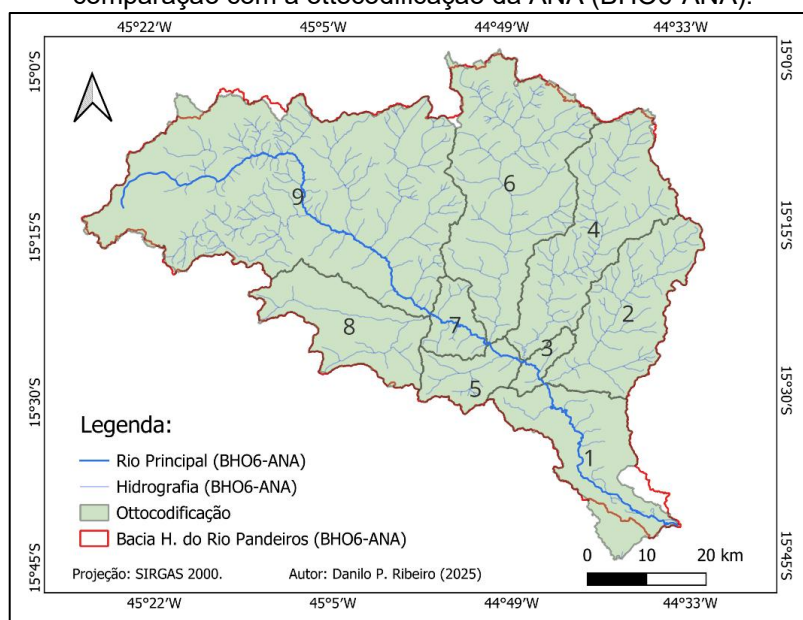
Para obter a interbacia 1, realizou-se o comando diferença entre o arquivo vetor da bacia do rio Pandeiro e as sub-bacias 2 e 3 mescladas previamente. A interbacia 3 foi obtida pela diferença da sub-bacia 3 com as sub-bacias 4 e 5 mescladas previamente. A interbacia 5 foi obtida pela diferença da sub-bacia 5 com as sub-bacias 6 e 7 mescladas previamente. E a interbacia 7 foi obtida pela diferença da sub-bacia 7 com as sub-bacias 8 e 9 mescladas previamente.

Após a delimitação de todas as ottotrechos, as 4 maiores sub-bacias de código final par 2, 4, 6 e 8 e as interbacias de código final ímpar 1, 3, 5, 7 e 9 todos foram mesclados e deste arquivo, pela tabela de atributos, calculou-se as áreas em hectares de cada ottotrecho. Os resultados obtidos foram comparados com os arquivos vetoriais da Base Hidrográfica Ottocodificada da ANA.

Resultados

Na Figura 2 estão apresentados os mapas de ottocodificação do Rio Pandeiros a partir do MDE ANADEM em comparação com a ottocodificação da ANA (BHO6-ANA).

Figura 2. Mapa de ottocodificação do Rio Pandeiros (67672) a partir do MDE ANADEM em comparação com a ottocodificação da ANA (BHO6-ANA).



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Constata-se diferenças nas delimitações da bacia do rio Pandeiros, especialmente na sua foz, na ottocodificação 1 e na nascente, na ottocodificação 9. A sub-bacia 6 também apresentou diferença na delimitação, especialmente na área da nascente.

As áreas de cada sub-bacia e interbacia determinadas a partir da ottocodificação da bacia do Pandeiros e comparadas com os valores apresentados nos arquivos disponibilizados pela Base Hidrográfica Ottocodificada da ANA (BHO6-ANA) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Áreas da bacia e sub-bacias ottocodificadas do Rio Pandeiros, obtidas a partir do MDE ANADEM e comparação com as áreas informadas na ottocodificação da ANA (BHO6-ANA).

Ottocodificação	Área (ha)	Ottobacias BHO-ANA	Área (ha)	Ottocodificação
1		--	36.785,01	
2		38.405,6	40.231,28	
3		--	4.773,85	
4		48.527,5	50.449,84	
5		--	13.075,24	
6		71.255,8	75.075,18	
7		--	10.115,15	
8		30.328,3	31.659,35	
9		--	153.837,63	
Total		396.107,3	416.002,52	

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Três das quatro maiores sub-bacias estão na margem esquerda do rio Pandeiros, uma ao lado da outra e são as ottobacias, 2, 4 e 6. A Ottobacia 8 está à margem direita do rio Pandeiros. As ottobacias de códigos 9 e 6 possuem as maiores áreas de contribuição, o que indica a relevância hidrológica dessas ottobacias para a dinâmica hídrica do rio Pandeiros.

Discussão

As diferenças nas áreas da bacia hidrográfica do Pandeiros podem estar associadas a precisão dos modelos digitais utilizados. As áreas de drenagem que compõem a BHO6 foram extraídas a partir de modelos digitais de elevação que variam de modelos globais, como os do projeto SRTM da NASA e Nasadem também da NASA, até modelos digitais de terreno de alta resolução. O MDE do projeto SRTM pode ter resolução espacial de 90 ou 30 metros (ANA, 2024). A ottocodificação realizada neste trabalho utilizou o MDE ANADEM desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). O ANADEM possui resolução espacial de 30 metros e remoção de viés causado pela vegetação no modelo digital de elevação (MDE) Copernicus GLO-30 (Laipelt et al., 2024). Esse modelo melhorou a precisão da delimitação da bacia e constatou área de quase 20 mil hectares a mais na bacia do rio Pandeiros.

A aplicação da ottocodificação na bacia do Rio Pandeiros permitiu identificar de forma hierárquica as áreas de drenagem, destacando as diferenças entre os trechos delimitados. De acordo com a hierarquização realizada pela ANA para as principais bacias hidrográficas brasileiras em nível 5, a bacia do Rio Pandeiros, definida como Ribeirão Pandeiros possui a ottocodificação 67672, assim suas sub-bacias e interbacias ottocodificadas compõe o nível 6, finalizando com os algarismos 1 a 9 (676721 a 676729).

De acordo com Goldenfum (2003), a compartimentação de bacias em unidades menores possibilita análises mais precisas sobre disponibilidade hídrica, erosão, sedimentação e impactos ambientais. A bacia do Rio Pandeiros enfrenta pressões relacionadas ao assoreamento e à carga sedimentar (Chagas et al., 2023), processos que podem ser melhor monitorados e mitigados a partir da delimitação clara das áreas de drenagem e de suas contribuições. A integração da ottocodificação com dados de uso do solo e práticas conservacionistas pode, portanto, orientar ações de preservação e recuperação ambiental.

Conclusão

A ottocodificação da bacia do Rio Pandeiros é um processo essencial para a gestão sustentável dos recursos hídricos dessa região. Ao segmentar a bacia em unidades hierárquicas, com base em critérios de drenagem e contribuição, facilita-se a análise das dinâmicas hídricas e monitoramento ambiental. Isso permite a aplicação de medidas de conservação, controle de impactos ambientais e a gestão integrada de usos múltiplos da água, contribuindo para a preservação dos ecossistemas e o desenvolvimento econômico sustentável da bacia.

Referências

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. 2022 **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 6 (BHO 6)**. Disponível em:

<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/32e309da-a8c1-443f-90ac-0cd79ce6a33d> Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. 2024. NOTA TÉCNICA Nº5/2024/CCOGI/SHE. Disponível em:

https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/32e309da-a8c1-443f-90ac-0cd79ce6a33d/attachments/Nota%20t%C3%A9cnica%20ANA_SHE_CCOGI%20-%2005_2024.pdf Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. Resolução CNRH nº 32, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 17 dez. 2003.

CHAGAS, C. J.; BANDEIRA, J. V.; SALIM, L. H.; CAMARGOS, C. C.; DE FRANÇA, G. P.; SÁ, L. P. **Avaliação da carga sedimentar entre os anos de 2016 e 2019 no Rio Pandeiros, Januária, MG e sua influência na preservação ambiental da bacia hidrográfica**. Revista Científica MG.Biota, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 135–161, 2023. Disponível em:

<https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/MB/article/view/274>. Acesso em: 21 out. 2024.

GOLDENFUM, J. A. Conceitos de Pequenas Bacias Hidrográficas e Suas Aplicações. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2003.

LAIPELT, L.; DE ANDRADE, B.C.C.; COLLISCHONN, W.; AMORIM, A.; PAIVA, R.C.D.; RUHOFF, A. ANADEM: A digital terrain model for South America. **Remote Sensing** v. 16, p. 2321, 2024.

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 11.901, de 01/09/1995. Declara de proteção ambiental as Áreas de interesse ecológico situadas na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/11901/1995/> Acesso em 20 agosto de 2025.

OLIVEIRA, F.A. **“Procedimentos para aprimorar a regionalização de vazões: estudo de caso da bacia do Rio Grande.”** Dissertação de Mestrado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2008, 173p.