

## COMPARAÇÃO DOS LIMITES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE DISPONÍVEIS EM FONTES OFICIAIS COM AQUELA PRODUZIDA USANDO A EXTENSÃO ARCSWAT DO ARCGIS

*Hullysses Sabino<sup>1\*</sup>; Gustavo M. Vasques<sup>2</sup>; Luís Carlos Hernani<sup>2</sup>*

**Resumo** – Os webportais I3Geo, do Ministério do Meio Ambiente, e GeoNetwork, da Agência Nacional de Águas, oferecem gratuitamente dados geoespaciais dos limites de bacias hidrográficas, entre eles o da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD), no sudeste do Brasil. Apesar de se tratar da mesma bacia, os limites da BHRD oferecidos por esses portais são diferentes. Este trabalho tem como objetivos: comparar os limites da BHRD disponíveis nos webportais I3Geo e GeoNetwork; e comparar com a delimitação feita a partir de um modelo digital de elevação com *pixel* de 30 m da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) usando a extensão ArcSWAT do ArcGIS. Entre os limites oferecidos pelos portais, a Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD é a que apresenta maior acurácia, visto que ela foi baseada em cartas topográficas na escala 1:50.000 e 1:100.000. A delimitação obtida usando dados da SRTM e a extensão ArcSWAT apresentou pequena variação em relação à Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD, sendo que a extensão ArcSWAT ainda calcula automaticamente diversos parâmetros das sub-bacias e dos rios delineados. Os resultados obtidos pela extensão ArcSWAT mostraram-se satisfatórios, diante disso, recomenda-se seu uso para a delimitação de bacias hidrográficas.

**Palavras-Chave** – Modelo digital de elevação, SRTM, Base Hidrográfica Ottocodificada

## COMPARISON OF DOCE RIVER BASIN BOUNDARIES AVAILABLE FROM BRAZILIAN OFFICIAL SOURCES WITH THOSE PRODUCED USING THE ARCSWAT ARCGIS EXTENTION

**Abstract** – The webportals I3Geo, of the Brazilian Ministry of Environment, and GeoNetwork, of the Brazilian National Water Agency, offer geospatial data of the boundaries of water basins, including that of the Doce River Basin (DRB), in southeastern Brazil. Although it is the same basin, the DRB boundaries available in these portals are different. This study aims: to compare the DRB boundaries available in the I3Geo and GeoNetwork portals; and to compare these with DRB delineation from a 30-m-pixel Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) digital elevation model using the ArcSWAT extension in ArcGIS. Among the available boundaries in the portals, the Ottocoded Hydrographic Base of the DRB has better accuracy, since it was derived from 1:50.000 and 1:100.000 topographic sheets. The delineation derived from SRTM data using the ArcSWAT extension varied little in relation to the Ottocoded Hydrographic Base of the DRB, with the advantage that the ArcSWAT extension automatically calculates several parameters of the delineated sub-basins and streams. The results obtained by the ArcSWAT extension were reasonable, thus it is recommended to use it for the delimitation of river basins.

**Keywords** – Digital elevation model, SRTM, Ottocoded Hydrographic Base

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, [hsabino@id.uff.br](mailto:hsabino@id.uff.br)

<sup>2</sup> Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, [gustavo.vasques@embrapa.br](mailto:gustavo.vasques@embrapa.br), [luis.hernani@embrapa.br](mailto:luis.hernani@embrapa.br)

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui diversas leis e decretos que regulamentam direitos e deveres sobre o meio ambiente e, em especial, sobre a água. Sobre a legislação brasileira de gestão de recursos hídricos, destaca-se a Lei nº 9.433/97, que cria o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e efetiva a bacia hidrográfica como unidade territorial para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do SINGREH (BRASIL, 1997).

As bacias hidrográficas, diante da sua importância para o planejamento socioambiental, são estudadas amplamente por diferentes instituições. As bacias são áreas limitadas por divisores d'água, onde toda a água superficial escoar em direção a um único ponto. O webportal GeoNetwork, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), e o I3Geo, do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), disponibilizam diversos dados sobre bacias hidrográficas, tais como: unidades de planejamento hídrico, bases hidrográficas ortocodificadas, entre outros.

Mesmo com a oferta de dados oficiais gratuitos, é comum que se produza as próprias delimitações de bacias hidrográficas. Bonnet *et al.* (2008) e Brubacher *et al.* (2011) exemplificam algumas das metodologias de delimitação de bacias que usam Modelos Digitais de Elevação (MDE's) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) no Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS.

No ano de 2000, a agência estadunidense *National Aeronautics and Space Administration* lançou a SRTM com o propósito de mapear a topografia terrestre (NASA, 2016). Os dados de MDE's SRTM com resolução espacial (tamanho de *pixel*) de 30 e 90 m estão disponíveis gratuitamente *online*. Esses MDE's possuem dados da altimetria da superfície terrestre, e, por isso, possibilitam a extração de diversos dados, como geomorfológicos e hidrológicos, o que viabiliza o estudo de bacias.

Como método de constatar a acurácia da delimitação produzida, é usual utilizar imagens de satélite, cartas topográficas e banco de dados oficiais. Contudo, como as instituições utilizam metodologias e bases de informações distintas, uma mesma bacia pode apresentar diversas e discrepantes delimitações oficiais, como ocorre com a bacia hidrográfica do Rio Doce (BHRD). O uso de dados conflituosos pode gerar incompatibilidade com bases de dados espaciais, problemas topológicos e resultados imprecisos quando usados para derivar outras informações relevantes.

Os objetivos deste trabalho são: comparar as delimitações oficiais da BHRD disponíveis nos webportais GeoNetwork e I3Geo; e comparar a melhor delimitação com o limite obtido a partir de MDE's da SRTM com *pixel* de 30 m usando a extensão ArcSWAT no ArcGIS.

## METODOLOGIA

Segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce, 2016), a BHRD localiza-se nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, abrange 228 municípios e abriga uma população de cerca de 3,5 milhões de habitantes. A BHRD tem 98% de sua área no bioma de Mata Atlântica e 2% no Cerrado, e apresenta grande potencial de exploração de energia elétrica (CBH-DOCE, 2016).

O Ministério do Meio Ambiente, por meio de seu webportal digital i3Geo, disponibiliza um *shapefile* das bacias otocodificadas do território brasileiro (MMA, 2017). O webportal de dados geoespaciais da Agência Nacional de Águas, o GeoNetwork, oferece, entre outros, três limites da BHRD no formato *shapefile*, sendo: Base Hidrográfica Otocodificada da BHRD, Base Hidrográfica Otocodificada Multiescalas 2012 e Unidade de Planejamento Hídrico (ANA, 2017). Esses quatro limites da BHRD foram baixados dos respectivos portais, sendo que, em alguns casos, foi preciso selecionar as sub-bacias que compõem a BHRD e unificá-las, para, assim, formar uma única bacia.

Para a delimitação da BHRD no ArcGIS utilizaram-se 17 MDE's da SRTM com *pixel* de 30 m, baixados gratuitamente do sítio *EarthExplorer* do *United States Geological Survey* (<https://earthexplorer.usgs.gov>), e três MDE's da SRTM com *pixel* de 90 m, baixados do sítio *The CGIAR Consortium for Spatial Information* (<http://srtm.csi.cgiar.org>), respectivamente.

Os modelos da SRTM de 30 m apresentam dados mais precisos do que os de 90 m, todavia possuem *pixels* com valores nulos (*NoData*), os quais não estão presentes nos dados da SRTM de 90 m. Os valores nulos nos MDE's interferem na análise do terreno e, conseqüentemente, na delimitação da bacia. Para reverter esse problema, os *pixels* com valor nulo no MDE da SRTM de 30 m foram preenchidos com os dados do MDE de 90 m, conforme metodologia exposta por Sabino *et al.* (2017).

Utilizou-se o programa ArcGIS versão 10.2 (ESRI, Redlands, EUA) e a extensão ArcSWAT, baixada gratuitamente do sítio eletrônico *Soil & Water Assessment Tool* (<http://swat.tamu.edu/software/arcswat>). Essa extensão foi desenvolvida pelo *Agricultural Research Service* do *United States Department of Agriculture* e pelo *Blackland Research and Extension Center* da *Texas A&M University*, tendo o seu algoritmo fundamentado em Jenson e Dominique (1988). As imagens de satélite oferecidas pelo ArcGIS (*Basemap*) foram usadas para conferir os delineamentos.

De acordo com Texas A&M University (2017), a delimitação pelo ArcSWAT segue, em resumo, os seguintes passos: 1) cálculo da direção e acumulação de fluxo; 2) definição do parâmetro para extrair a rede de drenagem; 3) extração da rede de drenagem; 4) criação de um ponto de exutório sobre a rede de drenagem recém produzida; 5) delimitação da bacia. Além da delimitação da bacia,

diversos parâmetros das sub-bacias da bacia foram calculados usando a função *Calculate subbasin parameters*, disponível da extensão ArcSWAT. Por último, os limites obtidos pela extensão ArcSWAT foram suavizados usando a ferramenta *Smooth Polygon* do ArcGIS, usando o *Paek* como algoritmo de suavização.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das delimitações da BHRD apresentaram similaridade entre si, como observado na Tabela 1. A delimitação mais abrangente foi a encontrada no webportal I3Geo e a menor foi aquela obtida pela extensão ArcSWAT. Por utilizar dados com maior detalhamento espacial, a Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD é a fonte de dados que possui melhor acurácia entre os dados analisados. Tomando como referência a Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD, a área da BHRD variou desde 4,36% menor até 5,45% maior do que esses limites, enquanto o perímetro variou mais.

Tabela 1. Área e perímetro dos limites da BHRD obtidos das diferentes fontes e variação desses valores em relação aos da Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD.

Fonte	Área (km <sup>2</sup> )	Varição da área (%)	Perímetro (km)	Varição do perímetro (%)
Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD	87.749,88	--	2290,54	--
Portal I3Geo	92.532,49	5,45	1804,77	-21,20
Unidade de Planejamento Hídrico	92.271,36	5,15	2336,15	1,99
Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2012	87.642,40	-0,12	1989,19	-13,15
ArcSWAT	83.918,14	-4,36	2979,17	28,53

Os limites da BHRD comparados apresentaram diferentes traçados, em especial na região da planície costeira deltaica, como ilustrado em destaque na Figura 1. Os limites obtidos no portal do I3Geo e pela Unidade de Planejamento Hídrico mostraram-se os mais destoantes. Isso porque, no caso da Unidade de Planejamento Hídrico, aplica-se uma metodologia que força a continuidade espacial da área considerando a homogeneidade geomorfológica e hídrica (ANA, 2017).

A Resolução nº 353/13 (Brasil, 2013), no seu artigo primeiro, explicita que se deve adotar a hidrografia registrada nas cartas topográficas com escala de até 1:1.000.000 (escala do milionésimo). Na mesma resolução, o artigo quarto diz que se pode adotar escalas maiores, isto é, mais detalhadas. A Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2012 utiliza como base o mapeamento na escala do milionésimo, enquanto que a Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD usa dados cartográficos nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000 (TEIXEIRA *et al.*, 2015; ANA, 2017).

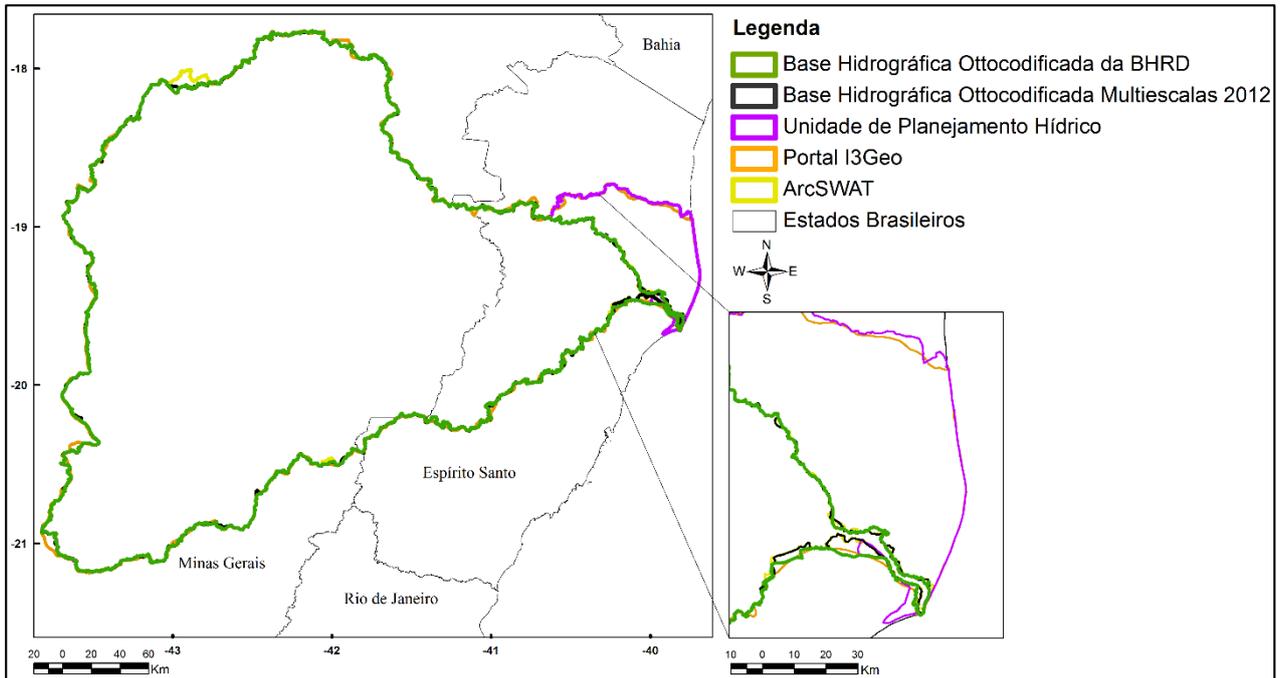


Figura 1. Sobreposição das delimitações da BHRD com destaque para a região deltaica.

Neste trabalho, a extensão ArcSWAT, no geral, gerou limites próximos aos limites advindos da Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD, considerada como a mais acurada (Figura 2). Contudo, diferenças existem, as quais são devidas às diferentes fontes de dados e metodologias empregadas para gerar esses produtos. Essas diferenças são maiores nas áreas mais planas (Figura 2A) e menores nas áreas mais íngremes (Figuras 2B e 2C), o que era esperado, dado que a baixa declividade dificulta o posicionamento consistente dos limites da bacia.

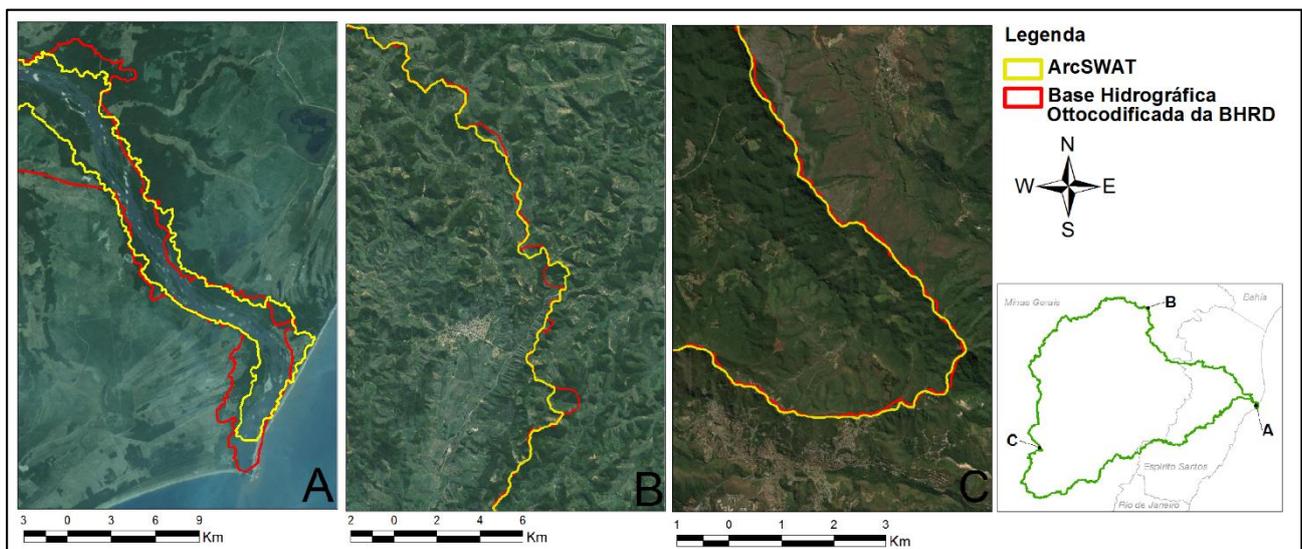


Figura 2. Comparação entre os limites da BHRD obtidos pela extensão ArcSWAT e pela Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD.

A extensão ArcSWAT dividiu a BHRD em 40 sub-bacias (Figura 3), delineou a rede de drenagem e calculou automaticamente diversos parâmetros. A quantidade de sub-bacias delimitadas varia de acordo com o parâmetro utilizado para extrair a rede de drenagem. Como exemplo, a Tabela 2 expõe alguns dos parâmetros calculados automaticamente da sub-bacia que engloba as cidades de Ouro Preto e Mariana, MG. Ademais, essa extensão permitiu calcular alguns parâmetros dos rios.

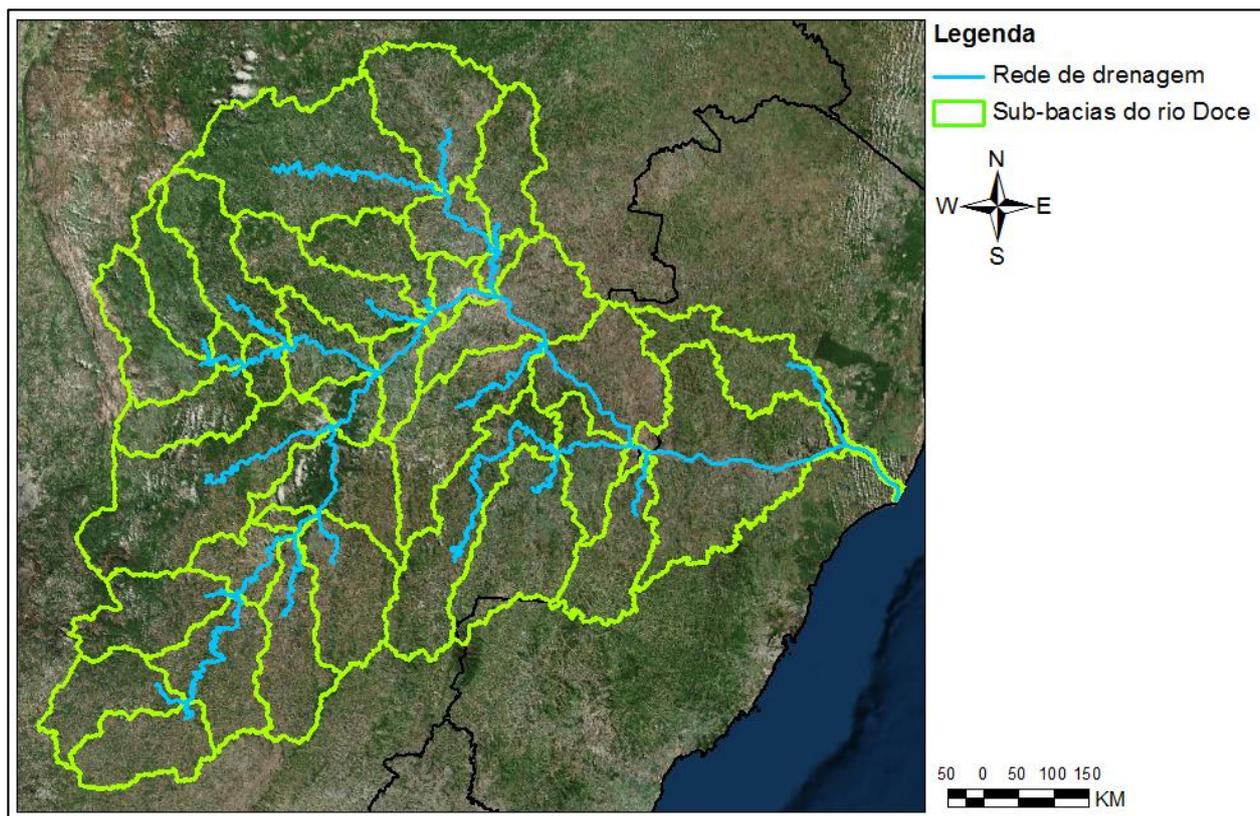


Figura 3. Sub-bacias e rede de drenagem da BHRD delimitadas pela extensão ArcSWAT.

Tabela 2. Parâmetros calculados pela extensão ArcSWAT de uma das sub-bacias da BHRD.

Área	Perímetro	Declividade média	Latitude central	Longitude central	Altitude mínima	Altitude média	Altitude máxima
2316,6 km <sup>2</sup>	409,4 km	28,8%	-20,376°	-43,315°	348 m	813 m	1761 m

A Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD oferece um arquivo *shapefile* dos trechos de drenagens oriundos de cartas topográficas (ANA, 2017), mas como a BHRD não é abrangida completamente por cartas de mesma escala, a densidade da drenagem encontrada varia de acordo com o nível de detalhamento da carta disponível na região. Essa variação é não é encontrada nos produtos da extensão ArcSWAT, visto que usa-se um mesmo parâmetro para delinear os rios em toda bacia.

Tomazoni *et al.* (2011) e Cherem *et al.* (2009) fazem objeção à extração da rede de drenagem a partir de MDE's SRTM de 90 m de resolução espacial. Todavia, neste trabalho foram usados dados

da SRTM de 30 m, isto é, dados com maior resolução espacial, de melhor detalhamento da superfície. Os dados da SRTM de 90 m foram usados somente em pequenas áreas onde havia valores nulos nos MDE's da SRTM de 30 m. Os dados SRTM 30 m permitiram delinear a rede de drenagem com maior acurácia do que se MDE's de 90 m tivessem sido usados prioritariamente, o que resultou em uma rede de drenagem próxima àquela fornecida pela Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD, como visto na Figura 4. Ressalta-se que a densidade da drenagem é previamente selecionada no ArcSWAT.

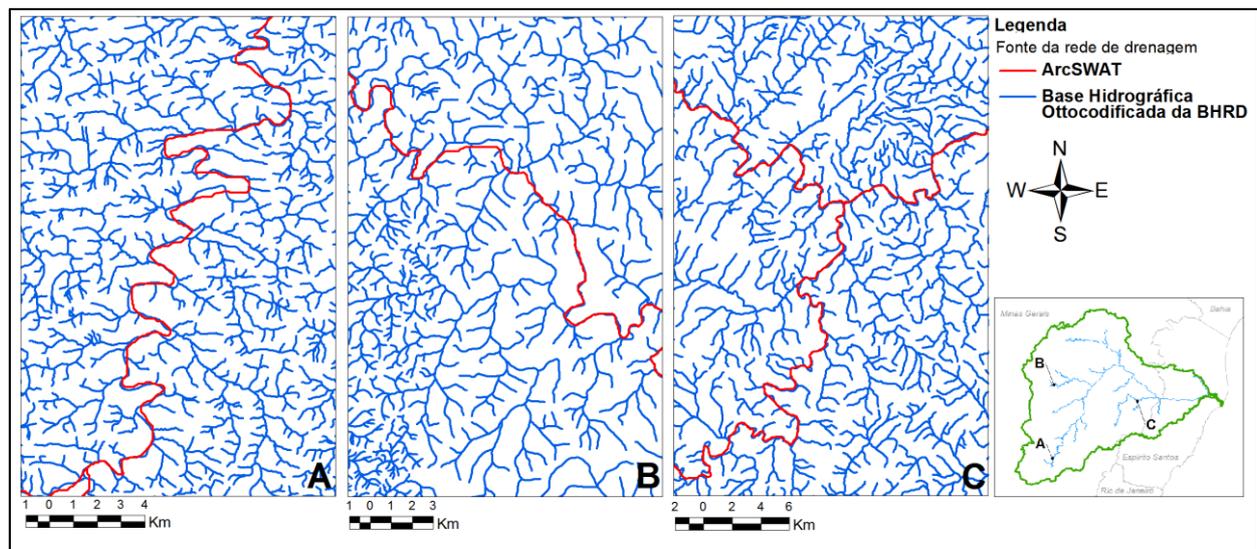


Figura 4. Rede hidrológica da Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD e extraída pela extensão ArcSWAT a partir de MDE's da SRTM.

## CONCLUSÕES

Os limites da BHRD obtidos do portal I3Geo são mais genéricos, enquanto aqueles da Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD, fornecidos pelo GeoNetwork, são os mais minuciosos, visto que foram usados dados cartográficos nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000 para a sua obtenção.

A delimitação produzida pela extensão ArcSWAT a partir de MDE's da SRTM de 30 m de resolução espacial mostrou-se satisfatória, apesar de apresentar discordância em relação àquela da Base Hidrográfica Ottocodificada da BHRD. Contudo, foi necessário corrigir os valores nulos usando dados da SRTM de 90 m.

Recomenda-se o uso da extensão ArcSWAT para a delimitação de bacias hidrográficas com extensões na ordem da extensão da BHRD, pois o ArcSWAT permitiu delinear com qualidade os limites da BHRD e, ainda, permitiu o cálculo automático de diversos parâmetros das sub-bacias e dos rios. Outras fontes de dados, como cartas topográficas e imagens de satélites podem auxiliar na obtenção e verificação dos limites de bacias hidrográficas, podendo os mesmos serem incorporados em estudos futuros.

## AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Geomática (NGeo) da Embrapa Solos, pelo apoio. À Embrapa e à Itaipu Binacional, pelo suporte financeiro via projeto “Aprimoramento de Processos para a Qualificação do Manejo de Terras no Centro-Sul do Brasil” (No. 02.12.12.004.00.01).

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2017). Portal metadados geoespaciais da ANA. Disponível em <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: 28 mai. 2017.
- BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. (2008). Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. *R. Árvore* v. 32, nº 2, pp. 331-322.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. *Resolução nº 353*, 11 de março de 2013. Define escala e base cartográfica oficial para apoio à classificação dos cursos d’água quanto ao domínio. Disponível em <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/353-2013.pdf>. Acesso em 25 abr. 2017.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- BRUBACHER, J. P; OLIVEIRA, G. G.; GUASSELLI, L. (2011). Suscetibilidade de enchentes a partir de análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. In *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Curitiba, Mai. 2011, pp. 1279-1286.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – CBH-DOCE. (2016). A bacia. Disponível em <http://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>. Acesso em 2 abr. 2017.
- JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54, pp. 1593-1600.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. (2017). Portal I3Geo. Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 30 maio. 2017.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. (2016). *Mission*. Disponível em <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm>. Acesso em 22 mar. 2017.
- SABINO, H.; VASQUES, G. M.; DART, R. O. (2017). Preenchimento de pixels com valor nulo (NoData) em MDE’s da SRTM 30 M da Amazônia Legal. In *Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Pará, Jul. 2017. No prelo.
- TEIXEIRA, A. A; BORELLI, A. J.; FERREIRA, F. V.; FERREIRA, D. A. C.; FUCKNER, M. A.; TRIGO, A. J.; MOLLERI, G. S. F; PINHATI, F. S. C.; SIQUEIRA, R. V.; LIMA, D. G.; PINTO, M. B. P.; TEIXEIRA, A. L. F. (2015). Base hidrográfica ottocodificada multiescalas. In *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Brasília, Nov., 2015, pp. 1-8
- TEXAS A&M UNIVERSITY. (2017). *Instructional vídeos: watershed delineation*. Disponível em: <http://swat.tamu.edu/workshops/instructional-videos>. Acesso em 8 mar. 2017.