

## DELIMITAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA NO AMBIENTE GOOGLE EARTH<sup>1</sup>

**Eduardo Pinheiro de Freitas<sup>2</sup>; Daiane Kloss<sup>3</sup>; Isamara Rosa da Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Parte componente do projeto de pesquisa “Fisiografia de microbacias hidrográficas utilizando o software Google Earth e o modelo digital de elevação SRTM” com o apoio da PROPI – IFRS (Fomento Interno AIPCT); <sup>2</sup>Eng.º Agrônomo, Prof. Doutor, IFRS campus Bento Gonçalves, Av. Osvaldo Aranha, 540, CEP 95.700-000, Bento Gonçalves, RS, Fone (54) 3455-3200, e-mail: [eduardo.freitas@bento.ifrs.edu.br](mailto:eduardo.freitas@bento.ifrs.edu.br); <sup>3</sup>Bolsista PROBITI/FAPERGS, Estudante Curso Tecnólogo em Viticultura e Enologia, IFRS campus Bento Gonçalves.

### 1 RESUMO

Considerada a unidade estratégica de planejamento na administração pública, a microbacia hidrográfica tem na linha imaginária denominada de divisor de águas o seu limite físico. Obtidos tradicionalmente através de cartas cartográficas, os limites de uma bacia hidrográfica podem ser traçados automaticamente com o uso de *software* específicos, desde que um modelo digital de elevação (MDE) abrangendo toda a sua extensão esteja disponível, contudo o processo envolve uma complexidade operacional limitante aos técnicos não especialistas. Como opção ao tradicional e ao complexo é apresentado o *software* Google Earth, permitindo uma visualização realística em três dimensões das características geográficas naturais da área que possibilita delimitar interativamente a bacia através do traçado de seu divisor de águas. As elevações nessas visualizações são baseadas no MDE SRTM, cujos dados podem ser utilizados pelo *software* TauDEM na delimitação automática. Ambos os procedimentos, delimitação interativa e delimitação automática, foram aplicados à microbacia do arroio Burati, localizada na Serra Gaúcha, resultando em dois divisores de águas semelhantes com desvio médio de 52,9m entre si, menor do que o espaçamento de 90m dos pontos amostrais geradores do MDE, concluindo que o Google Earth permite obter adequadamente os limites de uma bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** divisor de águas, delimitação interativa, arroio Burati

**FREITAS, E. P. de; KLOSS, D; SILVA, I. R. da.**  
**WATERSHED DELIMITATION IN THE GOOGLE EARTH**

### 2 ABSTRACT

Traditionally obtained through cartographic map, the watershed of a river basin can be obtained automatically with the use of software, since a digital elevation model (DEM), covering its entire length is available, however, the process involves a limiting operational complexity. Google Earth software is presented as an option, allowing to see the geographical area perspective and interactively define the basin. The elevations in these views are based on the SRTM DEM, whose data can be used in automatic delineation through the TauDEM software. Both procedures, interactive and automatic delimitations, were applied to the watershed of the Burati stream resulting in two watersheds with similar average deviation of 52.9 m apart, smaller than the 90 m spacing of the DEM points, concluding that Google Earth enables to properly obtain boundaries of a watershed.

**Keywords:** watershed, interactive delineation, Burati stream

### 3 INTRODUÇÃO

Unidade estratégica de planejamento na administração pública, embora considerada por Silva (1994) não sendo a ideal, a microbacia hidrográfica deve ser diagnosticada quanto a seus elementos culturais, sociais, econômicos e ecológicos. Considera, também, que a abordagem em microbacias diz respeito a um tratamento local e regional do desenvolvimento, buscando intervir na organização territorial em conformidade com as condições naturais existentes.

No Brasil, a bacia hidrográfica é legalmente estabelecida como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo que a fixação dessas unidades envolve a abrangência de aplicação de seus instrumentos como enquadramento dos corpos d'água, outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos. Alves Sobrinho et al. (2010) consideram também que a padronização e automatização do traçado de bacias hidrográficas são fundamentais para a efetivação adequada desta Política, evitando possíveis conflitos de utilização dos recursos hídricos.

A delimitação dos limites físicos de uma bacia hidrográfica tem sido obtida tradicionalmente através do traçado da linha que representa seu divisor de águas diretamente sobre cartas cartográficas, impressas ou em meio digital e dotadas de curvas de nível, como em estudos recentes de Périco et al. (2011) e Lima et al. (2011). Contudo, a crescente popularização de bancos de dados e de imagens disponibilizados gratuitamente tem facilitado os trabalhos de caracterização fisiográfica de bacias ou microbacias hidrográficas, destacando-se as imagens de satélite veiculadas através do *software* Google Earth, de Google Inc., e os dados provenientes da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Equipo Urbano (2007) comenta que este *software* tem se tornado um instrumento técnico de grande importância para o estudo e pesquisa geográficos, bem como para outras ciências naturais e sociais.

O *software* Google Earth permite a visualização das feições do relevo em diferentes perspectivas tridimensionais, com uma inclinação da linha de visão variando de zero a 90 graus a partir do Zênite. Os dados altimétricos são provenientes da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), que teve como principal objetivo obter dados topográficos da Terra utilizando um sistema de radar de abertura sintética interferométrico (InSAR) com amostragem de pontos distantes entre si de aproximadamente 90 metros.

A utilização dos dados SRTM em substituição às cartas topográficas foi analisada por Pinheiro (2006), obtendo modelos mais precisos quando da utilização dos dados SRTM, além de apresentar maior confiabilidade, com erros distribuídos e independentes da forma do relevo. O autor conclui que a disponibilidade de MDE SRTM pode representar um passo importante para possibilitar o mapeamento de locais com difícil acesso e/ou com deficiência cartográfica, além de auxiliar nos trabalhos de planejamento e de estudos ambientais e que sua gratuidade pode facilitar o acesso a informações para pequenas prefeituras, instituições de ensino, entre outros.

A potencialidade descrita acima tem sido utilizada na delimitação automática de bacias hidrográficas, como nos estudos de Alves Sobrinho et al. (2010), Oliveira et al. (2010) e Cândido e Santos (2011). Alguns *software* estão disponíveis para esta atividade, como o

TauDEM, de David Tarboton Hydrology Research Group (Utah State University) e o Arc Hydro Groundwater, de Aquaveo LLC..

Pelo exposto, vislumbra-se o uso do *software* Google Earth na delimitação interativa de bacias hidrográficas e a comparação do produto obtido àquele proveniente da delimitação automática sobre MDE SRTM, buscando validar sua efetividade. Como estudo de caso selecionou-se a microbacia do arroio Burati, afluente do rio das Antas e localizada na região da Serra Gaúcha, ocupando áreas dos municípios de Bento Gonçalves, Garibaldi e Farroupilha, tendo coordenadas UTM (WGS84) de sua foz os valores 450933,27m E e 6782801,63m S zona 22, com uma altitude geométrica de 122m.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada para a execução do projeto foi dividida em quatro etapas, as quais são: localização da microbacia do arroio Burati e sua delimitação interativa no ambiente do Google Earth; obtenção e tratamento do modelo digital de elevação SRTM que engloba toda a microbacia do arroio Burati; delimitação automática da microbacia do arroio Burati pelo *software* TauDEM; e validação da delimitação interativa em comparação à delimitação automática. Tais etapas são descritas a seguir.

### 4.1 Localização da microbacia do arroio Burati e sua delimitação interativa no ambiente do Google Earth

A microbacia do arroio Burati, tomada como estudo de caso, é afluente do rio das Antas, margeada à sua esquerda no sentido de montante para jusante pelas áreas urbanas dos municípios gaúchos de Bento Gonçalves e Garibaldi. À sua direita se tem as áreas urbanas do município de Farroupilha e do distrito de Pinto Bandeira, parte do município de Bento Gonçalves.

Conhecidas as imediações ao arroio Burati, o primeiro passo consistiu na identificação do limite de sua microbacia, definido pelo divisor de águas que a circunda, feita a partir de sua foz. Sua delimitação se deu dentro do ambiente do Google Earth, fazendo uso da perspectiva tridimensional com ampliação da elevação de três vezes (exagero vertical) para visualizar o relevo e decidir, interativamente, pelo seu melhor traçado utilizando a funcionalidade <Caminho> deste *software*. A poligonal, criada pela utilização desta técnica, teve início no ponto de deságue ou foz do arroio Burati e desenvolveu-se ao longo do divisor de águas até circundar toda a microbacia, retornando à foz.

Esta poligonal que delimita a microbacia foi salva em um arquivo no formato KML, no ambiente do Google Earth, com coordenadas referenciadas na projeção UTM (WGS84). Tal arquivo foi convertido para o formato DXF em coordenadas planas através do uso do *software* Spring, da Divisão de Processamento de Imagens do INPE, possibilitando sua importação pelo *software* AutoCAD, da Autodesk, Inc.

Metodologicamente, o *software* AutoCAD foi utilizado apenas no processo de validação do estudo, não sendo necessário ao longo de um procedimento corriqueiro de delimitação interativa, garantindo que as ferramentas computacionais empregadas sejam todas classificadas como *freeware*.

### 4.2 Obtenção e tratamento do modelo digital de elevação SRTM que engloba a microbacia do arroio Burati

O USGS EROS Data Center mantém e distribui gratuitamente os MDE SRTM. O modelo digital de elevação, baixado como arquivo no formato HGT, foi aberto pelo *software* 3DEM, da Visualization Software LLC, no qual uma região retangular da imagem que contempla toda a microbacia do arroio Burati foi selecionada e salva em um arquivo no formato GeoTiff DEM, com coordenadas referenciadas no sistema de projeção UTM (WGS84).

O modelo digital de elevação SRTM foi escolhido, neste trabalho, como base altimétrica para realização da delimitação automática da microbacia do arroio Burati, em função de ser a mesma base utilizada pelo *software* Google Earth.

#### **4.3 Delimitação automática da microbacia do arroio Burati pelo *software* TauDEM**

O arquivo no formato GeoTiff DEM, referente ao MDE SRTM, foi aberto e processado pelo *software* TauDEM, embarcado no *software* MapWindow, de MapWindow OSS Team, através do *plugin* Watershed Delineation. Um dos produtos finais obtidos no processamento foi a delimitação das sub-bacias, a partir do ponto definido como a foz da microbacia do arroio Burati. Estas sub-bacias, que em conjunto formam a microbacia de interesse, foram disponibilizadas em um arquivo no formato Shape pelo *software* TauDEM.

O referido arquivo Shape foi convertido para o formato DXF em coordenadas planas através do uso do *software* Spring, possibilitando sua importação pelo *software* AutoCAD, servindo de termo comparativo ao delineamento interativo.

#### **4.4 Validação da delimitação interativa em comparação à delimitação automática**

De posse dos dois arquivos no formato DXF em coordenadas planas, referentes à delimitação interativa, proveniente do Google Earth, e à delimitação automática, proveniente do TauDEM embarcado no MapWindow, procedeu-se a edição dos mesmos no ambiente do AutoCAD, mantendo apenas os contornos da microbacia do arroio Burati, excluindo os contornos das sub-bacias gerados na delimitação automática. Com estes dois contornos se pôde obter suas áreas e seus perímetros

Feita a edição das duas delimitações, as mesmas foram sobrepostas uma à outra no ambiente do AutoCAD. A partir desta sobreposição, dois novos contornos puderam ser gerados, representando os contornos interno e externo a este conjunto. Após a obtenção da área interna e do perímetro de cada um destes dois novos contornos, calculou-se a diferença de área entre os mesmos, além do perímetro médio, obtido pela média aritmética de ambos os perímetros.

O desvio médio, ou distância média lateral entre as delimitações interativa e automática, foi calculado dividindo-se o valor da diferença de área dos contornos externo e interno pelo valor do perímetro médio, conforme discriminados acima.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A primeira etapa da metodologia utilizada, referente à localização da microbacia do arroio Burati e sua delimitação interativa no ambiente do Google Earth, resultou em uma faixa de abrangência que vai das latitudes 29° 4' 30" S até 29° 16' 30" S e das longitudes 51° 20' 30" O até 51° 33' 0" O. Feito o traçado do divisor de águas, o comprimento total resultou em 83690m, delimitando uma área de 208066832m<sup>2</sup>, cuja localização física pode ser

individualizada pela linha vermelha na Figura 1, vista em perspectiva. As coordenadas UTM (WGS84) apresentadas na porção inferior desta, igual a 450933,27m E e 6782801,63m S zona 22, referem-se à foz do arroio Burati.

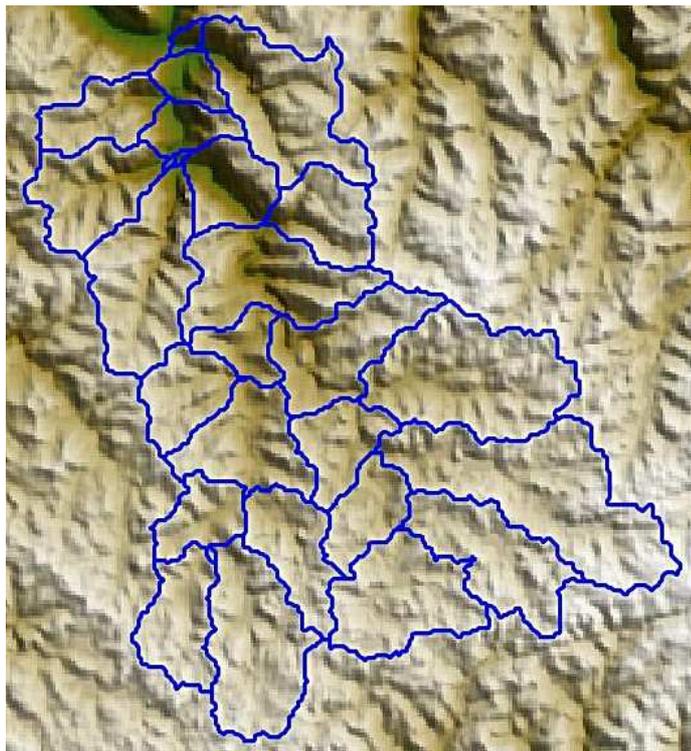


**Figura 1.** Vista em perspectiva da microbacia do arroio Burati e seu divisor de águas (linha vermelha).

Durante a obtenção e tratamento do modelo digital de elevação SRTM que engloba a microbacia do arroio Burati, referentes à segunda etapa da metodologia, um arquivo no formato HGT foi baixado do USGS EROS Data Center, abrangendo o MDE da região delimitada pelas latitudes 29° S até 30° S e pelas longitudes 51° O até 52° O. Esta delimitação cobre toda a faixa de interesse, conforme as coordenadas apresentadas acima, não havendo a necessidade de montagem de mosaico de imagens do MDE SRTM.

Este arquivo, aberto pelo *software* 3DEM, foi utilizado para a seleção da área retangular que contém a microbacia, conforme coordenadas da sua faixa de abrangência, com posterior salvamento no formato GeoTiff DEM.

Seguiu-se a terceira etapa, onde o arquivo GeoTiff DEM foi processado pelo TauDEM embarcado no MapWindow, resultando na delimitação automática das sub-bacias componentes da microbacia em questão. Um arquivo contendo os contornos de tais sub-bacias foi criado no formato Shape. A Figura 2 ilustra a disposição destas (linhas azuis), tendo como fundo o MDE SRTM.

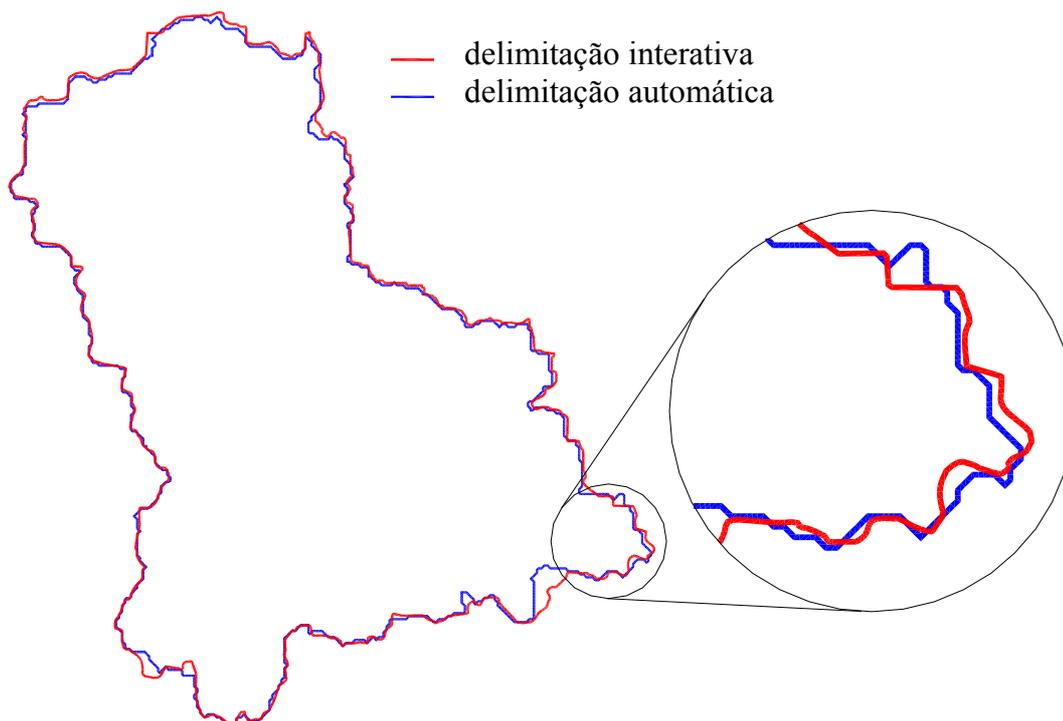


**Figura 2.** Delimitação automática das sub-bacias através do *software* TauDEM, tendo como fundo o MDE SRTM.

Na quarta etapa, referente à validação da delimitação interativa em comparação à delimitação automática, o arquivo com a representação das sub-bacias no formato Shape foi convertido para DXF através do *software* Spring, permitindo sua importação pelo AutoCAD. Apenas o contorno externo de todo o conjunto de sub-bacias foi mantido no ambiente do AutoCAD, passando a representar o divisor de águas da microbacia do arroio Burati obtido pela delimitação automática, com perímetro de 87214m e área de 207441070m<sup>2</sup>.

Sobre esse divisor de águas, referente à delimitação automática, foi sobreposto o obtido pela delimitação interativa conforme a primeira etapa apresentada, conforme ilustrado pela Figura 3. Visualmente verifica-se que ambas as delimitações são semelhantes, com uma diferença percentual de 0,3% a mais de área e 4,0% a menos de perímetro na delimitação interativa, tomando como referência a delimitação automática. Algumas inconsistências mais expressivas, como as observadas próximas à porção inferior direita da Figura 3, foram analisadas no ambiente do Google Earth e constatou-se que houve engano no processo de delimitação interativa, possivelmente motivada por uma desatenção do usuário durante a operação. Contudo, esse engano caracteriza um erro pessoal, passível de correção, não invalidando o procedimento apresentado.

Para o cálculo do desvio médio, ou distância média lateral entre as delimitações, foi obtido no ambiente do AutoCAD os contornos interno e externo ao conjunto apresentado na Figura 3, além de seus perímetros e áreas. A diferença entre tais áreas, igual a 4523413m<sup>2</sup>, foi dividida pela média dos valores dos perímetros, igual a 85452m, resultando em um desvio médio de 52,9m, inferior ao espaçamento amostral dos pontos que compõem o MDE SRTM tomado como referência.



**Figura 3.** Comparação visual entre delimitações interativa e automática.

## 6 CONCLUSÕES

A delimitação interativa realizada no ambiente do Google Earth é adequada para a obtenção do divisor de águas de bacias hidrográficas, sendo uma opção ao uso das tradicionais cartas cartográficas, além de representar um procedimento tecnicamente mais simples quando comparado à delimitação automática.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, T; OLIVEIRA, P.T.S.de; RODRIGUES, D.B.B.; AYRES, F.M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, jan./fev. 2010.

CÂNDIDO, A.K.A.A.; SANTOS, J.W.M.C. Avaliação de métodos de delimitação automática de sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Manso-MT a partir de MDE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1121-1128. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/sbsr2011/files/p1407.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2011.

EQUIPO URBANO. El uso de Google Earth para el estudio de la morfología de las ciudades. I, Alcances y limitaciones. **Ar@cne. Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, n. 100, sep. 2007. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/ aracne/ aracne-100.htm>>. Acesso em: 03 nov. 2011.

LIMA, R.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M.; BARBOZA, G.C.; SANTOS, G.O.; SALLES FILHO, A.L.O.; FEITOSA, D.G.; DAMIÃO, J.de O. Uso e ocupação do solo e regionalização da vazão do Córrego Pernilongo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1464-1470. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/sbsr2011/files/p1296.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2011.

OLIVEIRA, P.T.S.de; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J.L.; RODRIGUES, D.B.B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 819–825, 2010.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; AREND, U.; REMPEL, C.; ECKHARDT, R.R. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1200-1207. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/sbsr2011/files/p0911.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2011.

PINHEIRO, E.S. Comparação entre dados altimétricos Shuttle Radar Topography Mission, cartas topográficas e GPS: numa área com relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 58/1, p. 1-9, abr. 2006.

SILVA, C.A. da. Manejo integrado em microbacias hidrográficas. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 3, p. 182-188, nov. 1994.