

Metodologia para delimitação da bacia hidrográfica de reservatórios hidrelétricos: aplicação ao reservatório de Itumbiara (GO)

Marcos Adami¹
Enner Alcântara¹
Ramon Morais de Freitas¹
Cleber Gonzales de Oliveira¹
Arley Ferreira de Souza^{1,2}
José Luiz Stech¹
Mauricio Alves Moreira¹
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{adami, enner, ramon, cleber, stech, mauricio, bernardo}@dsr.inpe.br

² Escola Técnica Professor Everardo Passos – ETEP
Caixa Postal 12242-800 - São José dos Campos - SP, Brasil
arley.souza@etep.edu.br

Abstract: This paper presents the development and implementation of a method of delimitation of watersheds to identify the occurrence of external processes that can affect the water quality of the Itumbiara Reservoir, located on the border of the states of Minas Gerais and Goiás, Brazil. Elevation data acquired by the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), drainage basins data obtained from the National Water Agency (ANA) and cartographic bases obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) were used in this work. We used the software ArcGIS 9.2 with the extensions and Spatial Analyst and Arhydro Tools to automatically delimitation of watershed. The methodological approach that was applied tested the application of three different sizes of windows of pixels (200, 1,000 and 2.000) for the definition of drainage network and to obtain the sub-basins using. The best result was the use of 200 pixels, with a small difference to the basin defined with a manual procedure.

1. Introdução

Reservatórios, ou lagos construído pelos homens, têm geralmente a função de estocar água para usos futuros tais como o abastecimento de água, o controle de inundação ou geração de energia. A entrada e saída da água por meio da barragem promovem um decréscimo do tempo de retenção de água no reservatório se comparado com um lago com a mesma morfometria (Ford, 1990). Por esta razão, reservatórios são geralmente considerados como corpos d'água intermediários entre rios e lagos, compartilhando algumas características (Casamitjana et al. 2003).

Em sistemas aquáticos como os reservatórios, ocorre uma intervenção direta no funcionamento do sistema hidrológico pela interrupção do fluxo natural de um rio, e a acumulação de água através de barragens, com sistemas controlados de liberação de água a jusante. Além do impacto direto sobre o ciclo hidrológico, há também o impacto ocasionado pela construção do mesmo, e o impacto indireto da atividade humana sobre os recursos hídricos. A criação de um empreendimento hidrelétrico induz mudanças no uso e cobertura da Terra, fazendo com que a carga poluidora aumente acima do que os rios normalmente conseguem depurar ao longo do seu curso. Esta capacidade de depuração é reduzida com a construção da barragem para a formação de um reservatório.

Com a construção dos reservatórios, ocorre também um aumento da capacidade de armazenamento de materiais orgânicos e inorgânicos provenientes da bacia de captação, sejam originários de fontes pontuais ou difusas, intensificando o processo de eutrofização. Desta maneira, tendo por base a importância da bacia de contribuição para a manutenção da biodiversidade foi promulgada a Lei nº 9433 de 08/01/1997 que institui a bacia de drenagem como unidade territorial para o gerenciamento dos recursos hídricos (Settiet al., 2001).

Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver e aplicar um método de delimitação de bacias hidrográficas para o reservatório de Itumbiara (GO).

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de Estudo

O reservatório hidrelétrico de Itumbiara (Figura 1), situado na divida dos estados de Minas Gerais e Goiás, é um exemplo onde os processos externos podem afetar a qualidade da água do mesmo. O uso e ocupação do solo na região são principalmente a pecuária e a agricultura. Estas atividades são realizadas praticamente até junto à margem do corpo d'água, sem que haja proteção por vegetação mais densa. Sabe-se que este tipo de atividade pode trazer problemas para a qualidade da água, por drenagem de produtos agrotóxicos, como pesticidas, defensivos agrícolas e matéria orgânica entre outros. Estes problemas podem ser agravados com o aumento da atividade agropecuária uma vez que o reservatório se encontra encaixado em um vale com grande quantidade de pequenos rios e córregos que compõe a bacia de drenagem.

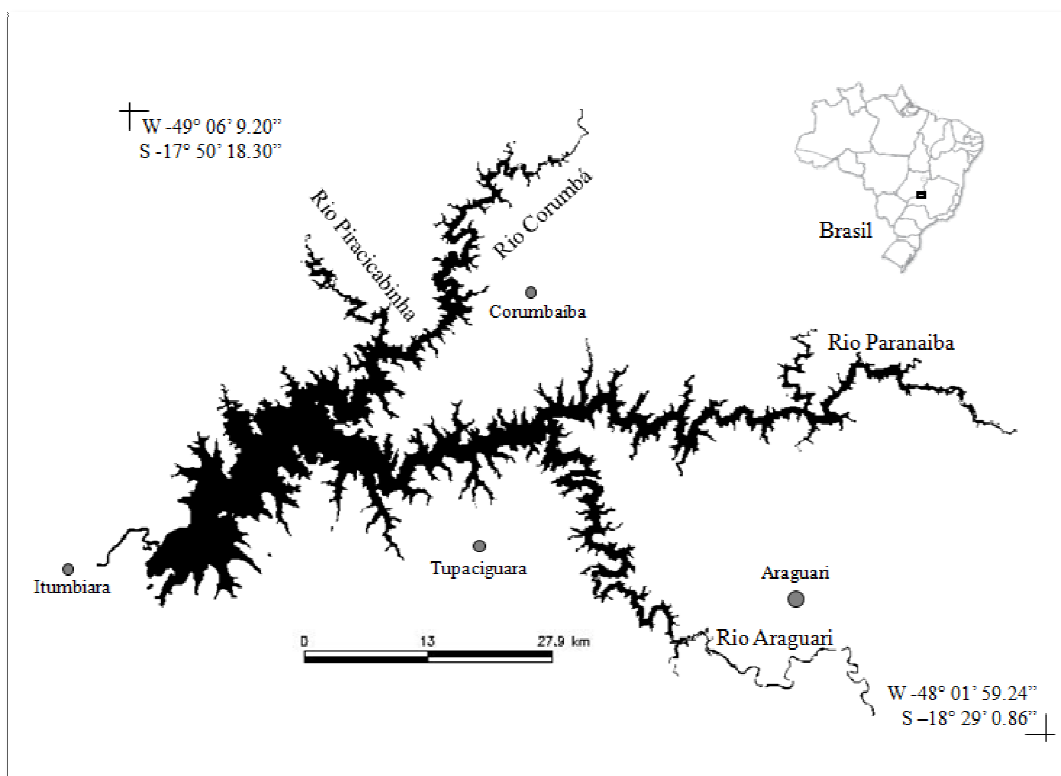


Figura 1: Localização do reservatório hidrelétrico de Itumbiara (GO).

Na região do entorno do reservatório de Itumbiara estão situados quatorze municípios, sendo o de Itumbiara um dos mais importantes, com sua sede às margens do rio Paranáiba. As principais atividades destes municípios estão relacionadas com o

agronegócio. O município de Itumbiara em 2005 tinha uma área de 7.850 hectares plantada com cana de açúcar, com uma produção de 489.500 toneladas/ano (IBGE, 2005). De acordo ainda com o IBGE o rebanho bovino era de 149.300 cabeças. Segundo informações contidas no projeto Canasat (<http://www.dsr.inpe.br/canasat>) está havendo um incremento importante na área cultivada com a cana-de-açúcar nos municípios situados nas proximidades do reservatório hidrelétrico de Itumbiara. Na Figura 2 é apresentada a área ocupada com o cultivo da cana-de-açúcar nos municípios situados no entorno do reservatório. Observa-se nesta Figura (cor rosa) que houve um incremento considerável na área plantada com cana-de-açúcar no município de Itumbiara em 2007, em relação a 2005 e, um pouco menor no município de Tupaciguara. Com o programa nacional do Etanol esta tendência pode se manter.

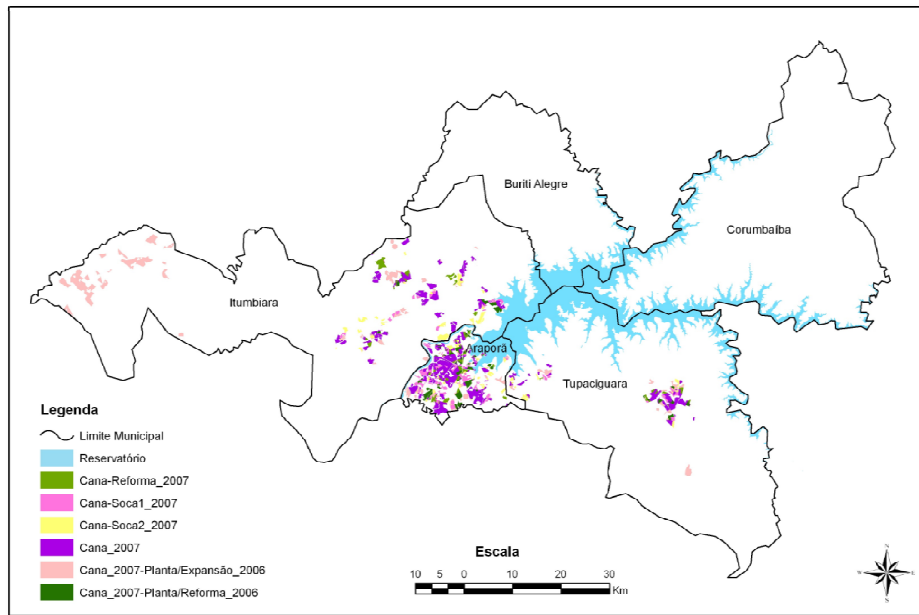


Figura 2. Área cultivada com cana de açúcar nos municípios situados no entorno do reservatório de Itumbiara.

O fato da região compreendida pela bacia hidrográfica de Itumbiara ser uma região de expansão de plantação de cana-de-açúcar (Figura 2) e principalmente de pecuária. Nestas condições certamente, num futuro próximo, se já não esta acontecendo, a qualidade da água do reservatório poderá ser afetada, pois como se sabe, o escoamento (contendo agrotóxicos, matéria orgânica, matéria inorgânica, entre outros) da bacia terá como destino final o reservatório.

2.2. Dados

Para realização desta pesquisa foram utilizados os dados de altimetria, provenientes do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM – Rabus et al., 2003), processados e disponibilizados pelo *Consortium for Spatial Information* (CGIAR-CSI) no seguinte endereço eletrônico: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. Também foram utilizados os dados de drenagem e de bacias obtidos junto a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do seguinte endereço: <http://www.ana.gov.br>. Base de dados digital disponibilizadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), composta por arquivos da Carta Internacional ao Milionésimo (1:1.000.000) obtida no seguinte endereço: <http://www.ibge.gov.br>.

O software utilizado para processamento e análise foi o ArcGis 9.2 (ESRI, 2008), com as extensões *SpatialAnalyst* e *ArcHydro Tools* 9.0.

2.3. Enfoque Metodológico

A Figura 3 mostra de forma esquemática e resumida o enfoque metodológico utilizado para a delimitar a bacia hidrográfica do reservatório de Itumbiara.

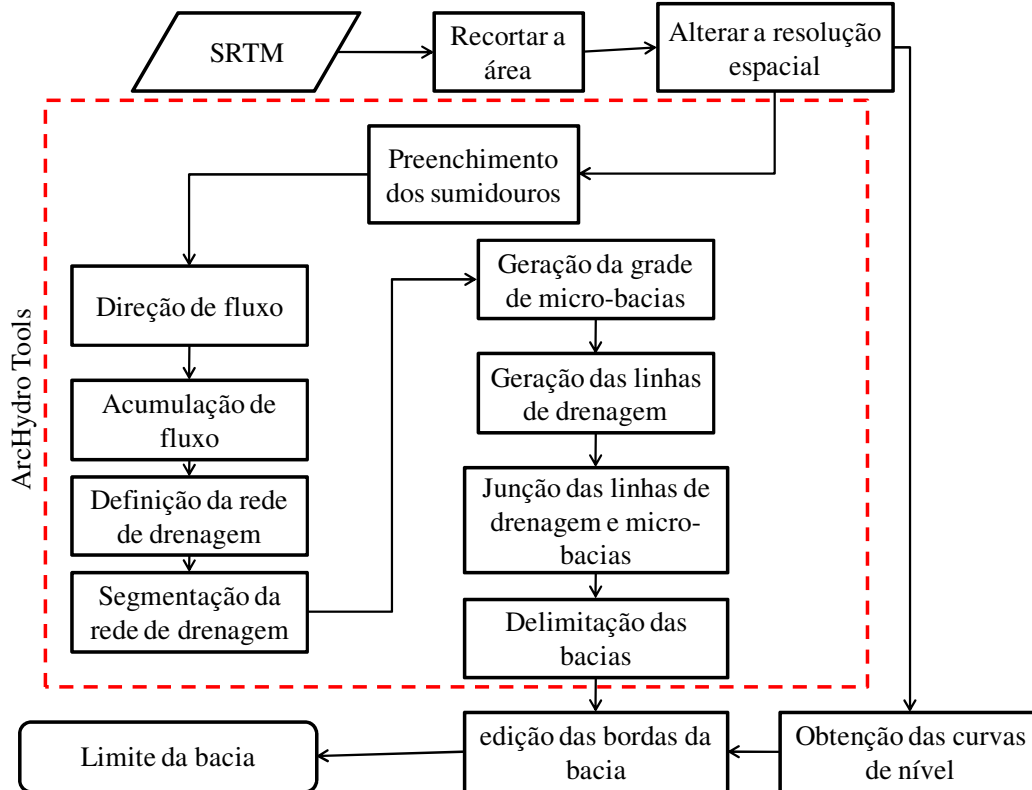


Figura 3: Procedimentos para delimitar a bacia hidrográfica do reservatório de Itumbiara.

Os dados de drenagem e bacias obtidos junto a ANA foram utilizados para se ter a dimensão inicial da área do SRTM a ser recortada. Após recortar os dados SRTM, os mesmos foram reamostrados para uma resolução espacial de 125×125 m. Este processamento de reamostragem foi realizado por meio de um algoritmo que utiliza a convolução cúbica. Esta reamostragem foi realizada para minimizar os efeitos de alta frequência e diminuir o tamanho do arquivo a ser processado.

Os processamentos descritos a seguir são parte do programa *ArcHydro Tools*. Este programa tem um algoritmo de preenchimento de sumidouros. Este algoritmo tem por objetivo eliminar os pixels que possuem valor de elevação muito abaixo da sua vizinhança. Esta função preenche estas áreas de sumidouro, que ocasionam a retenção do fluxo nesta célula. Sobre essa matriz, é então calculada a direção de fluxo. Com base na matriz de direção fluxo é calculada a matriz de acumulação de fluxo.

O passo seguinte é a definição da rede de drenagem. Para a definição da rede de drenagem é necessário definir o número mínimo de pixels necessários para definir uma rede de drenagem. Este número de pixels foi definido empiricamente, após 10 níveis de quantidades de pixels, iniciando em 200 até 2.000, em uma bacia menor. Estes testes foram realizados em uma área menor com o objetivo de minimizar o tempo de processamento.

O programa *ArcHydro Tools* gera uma matriz com a delimitação das microbacias na área, utilizando as matrizes com a direção de fluxo e com a segmentação da rede de drenagem. Em seguida são vetorizadas as linhas de drenagem e das microbacias que estavam no formato matricial.

Com base nas linhas de drenagem, as micro-bacias são unidas até obter um primeiro limite da área de influência da usina. O procedimento seguinte foi a obtenção das curvas de nível para facilitar a edição das bordas da área de influência da usina. Com base nas curvas de nível foi editado o limite da bacia hidrográfica.

3. Resultados e Discussão

A seguir serão apresentados os resultados da área teste utilizada para definição da quantidade de pixels a serem utilizados para definir o limite da área de influência. Serão apresentados 3 níveis, com 200 pixels, menor valor, 1.000 pixels, valor intermediário e 2.000 pixels, maior valor. Na Figura 4 são estão os resultados para a definição da rede de drenagem utilizando estes três níveis de pixels para definição da bacia. Nesta Figura pode ser observada a redução no número de linhas de rede de drenagem em função do aumento do número de pixels utilizados.

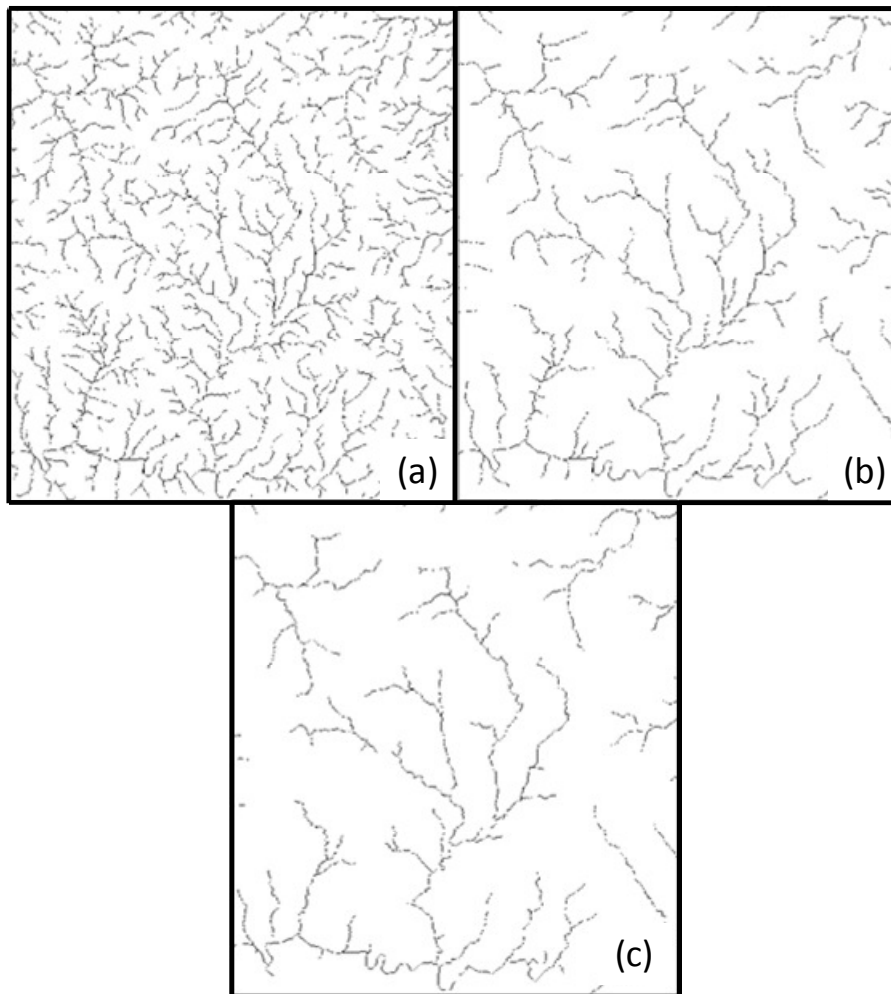


Figura 4: Três níveis de pixels para obtenção da rede de drenagem. a) rede de drenagem utilizando 200 pixels; b) rede de drenagem utilizando 1.000 pixels e; c) rede de drenagem utilizando 2.000 pixels.

Convém ressaltar que os dados SRTM tem resolução espacial de 90 m e, além disso os trabalhos de Santos et al. (2006), Pinheiro (2006) e Oliveira e Paradella (2008), que avaliaram a precisão vertical dos modelos SRTM, em regiões brasileiras distintas, concluíram que os dados de altimetria SRTM são compatíveis com uma carta topográfica de escala 1:100.000.

Na Figura 5 são apresentados os três níveis de pixels, 200, 1.000 e 2.000 pixels para definição da bacia. Da mesma maneira que o resultado anterior, também ocorreu à redução no número de linhas de bacias em função do aumento do número de pixels utilizados.

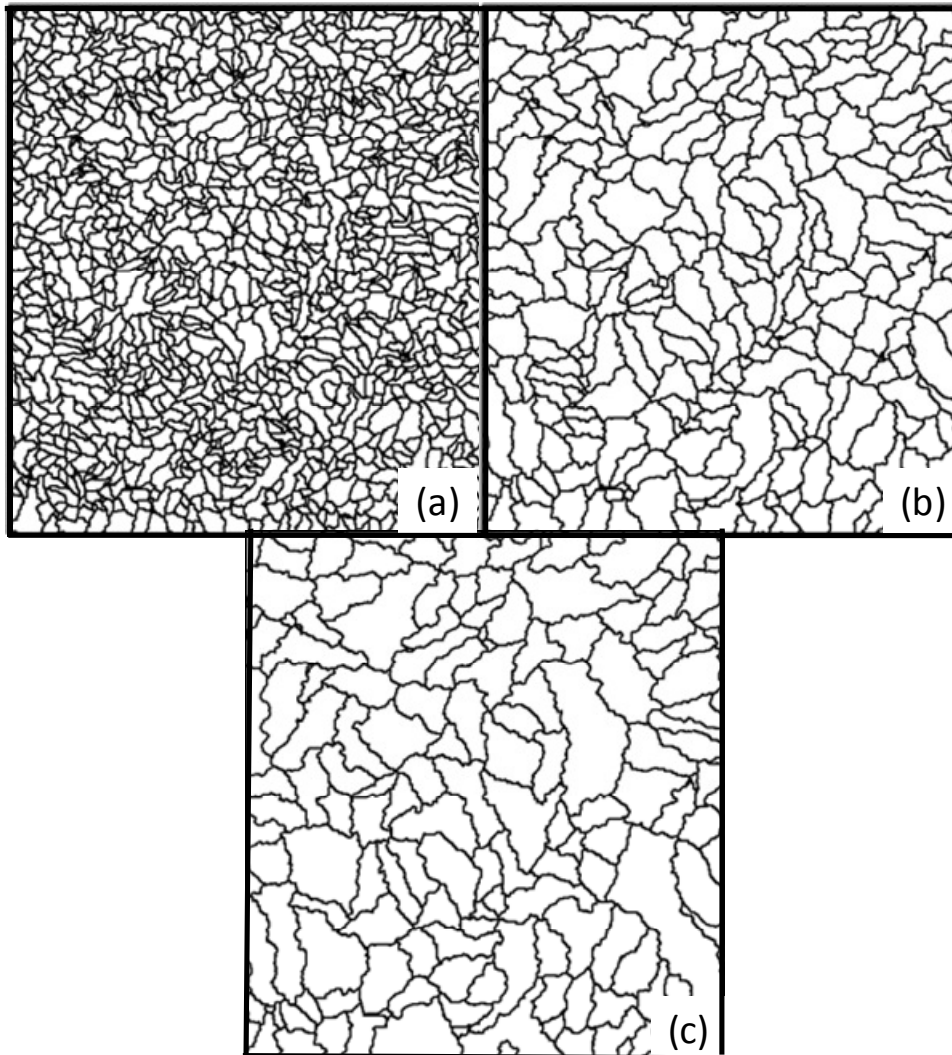


Figura 5: Três níveis de pixels para obtenção das micro-bacias. a) micro-bacias utilizando 200 pixels; b) micro-bacias utilizando 1.000 pixels e; c) micro-bacias utilizando 2.000 pixels.

A união entre as micro-bacias (Figura 5) e a rede de drenagem (Figura 4) por meio ds ferramentas disponíveis na extensão *ArcHydro Tools*, para os mesmos três níveis de pixels quando comparada a bacia obtida manualmente, permitiu observar que o melhor resultado foi aquele que utilizou 200 pixels, com uma pequena diferença para a bacia

obtida manualmente. Os resultados foram muito similares entre os outros dois níveis, 1.000 e 2.000 pixels, mas foram piores do que o nível que utiliza 200 pixels.

Com base nestes resultados, o limite da área de influência para o reservatório de Itumbiara foi obtido utilizando 200 pixels, apesar do tempo maior demandado para o processamento. Posterior ao processamento automático, este limite foi editado manualmente utilizando como referência os dados SRTM e as curvas de nível. Este limite, sobre os dados SRTM pode ser observado na Figura 6.

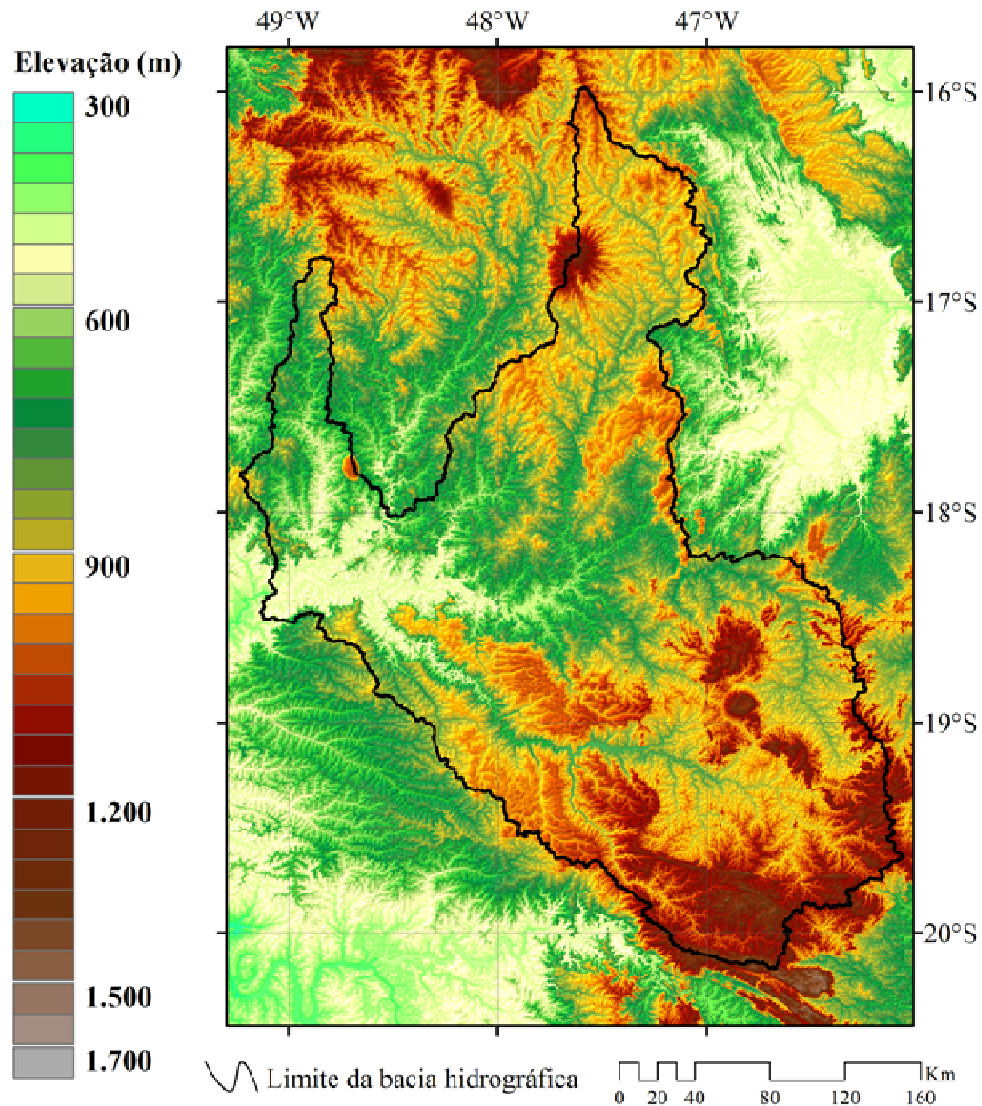


Figura 6: Limite da bacia hidrográfica do reservatório (linha em vermelho) sobreposta à representação falsa-cor do DEM SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

4. Conclusão

O trabalho mostrou a importância de realizar testes com várias janelas de pixels na definição da rede de drenagem e na obtenção das sub-bacias; pois, esta escolha pode modificar o resultado final. Assim, recomenda-se que antes de realizar estes

procedimentos, o profissional deve estabelecer o propósito da obtenção do limite da bacia hidrográfica no seu estudo.

Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer à: (1) empresa IMAGEM pela disponibilização da licença temporária do software ArcGIS 9.2; (2) o projeto FAPESP n. 2007/08103-2; (3) INCT para Mudanças Climáticas, sub-projeto Emissões de Lagos e Reservatórios (Processo FAPESP n. 08/57719-9) pelo auxílio financeiro; (3) DSR-INPE pela oportunidade de desenvolver os estudos; (4) CNPq e (5) CAPES pelo suporte de bolsas de pesquisa.

Referências

Casamitjana, X.; Serra, T.; Colomer, J.; Baserba, C.; Pérez-Losada, J. Effects of the water withdrawal in the stratification patterns of a reservoir. **Hydrobiologia**, v. 504, p. 21-28. 2003.

ESRI.ArcGis Version 9.2. **Environmental Systems Research Institute**, Inc., Redlands, CA. 2008.

Ford, D.E. Reservoir transport process. In: Thorton, K.W.; Kimmel, B.L.; Payne, F.E. (ed.). **Reservoir limnology**. Ecological Perspectives. John Wiley and Sons. New York: 15-41. 1990.

Oliveira, C.G.; Paradella, W.R. An Assessment of the Altimetric Information Derived from Spaceborne SAR (RADARSAT-1, SRTM3) and Optical (ASTER) Data for Cartographic Application in the Amazon Region. **Sensors**, v.8, p. 3819-3829, 2008.

Pinheiro, E.S. Comparação entre os dados altimétricos Shuttle Radar Topography Mission, Cartas Topográficas e GPS: numa área com relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.1, p.1-9, 2006.

Rabus, B.M.; Eineder, A.R.; Bamler R. The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing** v. 57, p. 241-262. 2003.

Santos, P.R.A.; Gaboardi, C.; Oliveira, L.C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.1, p.101-107, 2006.

Setti, A.A.; Lima, J.E.F.W.; Chaves, A.G.M.; Pereira, I.C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 3ed. Brasília: Agência nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas. 2001. 328 p.