

REDEFINIÇÃO DOS LIMITES DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL COM O AUXÍLIO DE TÉCNICAS COMPUTACIONAIS

JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO¹
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA²

RESUMO: As bacias hidrográficas constituem-se como unidades territoriais para a aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo consideradas em muitos estados como unidades de gerenciamento e planejamento. No Mato Grosso do Sul, a delimitação das sub-bacias foi realizada em 1990 a partir da interpretação de mapas na escala 1:1000.000, não havendo detalhamento suficiente para o planejamento regional. Um novo mapa com uma delimitação mais detalhada das sub-bacias do estado vem sendo realizado e, neste sentido, o objetivo deste estudo foi aplicar uma metodologia automática baseada em técnicas computacionais para redefinir e detalhar os limites das sub-bacias hidrográficas do estado. Os resultados mostraram que as técnicas computacionais utilizadas facilitaram o processo de delimitação das sub-bacias, sendo que os melhores resultados foram alcançados nas regiões com maior variação do relevo. A metodologia adotada representa uma alternativa viável e de baixo custo no apoio às atividades de delineamento de bacias hidrográficas.

PALAVRAS-CHAVE: bacias hidrográficas, delimitação, modelo digital de elevação.

REDEFINITION OF WATERSHED BOUNDARIES IN THE STATE OF MATO GROSSO DO SUL WITH THE AID OF COMPUTATIONAL TECHNIQUES

ABSTRACT: Watersheds are defined as territorial units for the implementation of the National Water Resources Policy, and thus are considered in many states as units of management and planning. In the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, the delimitation of watersheds was held in 1990 through the interpretation of maps at the 1:1000.000 scale, which cannot provide enough detail for regional planning. A new map with a more detailed delineation of watersheds in the State is being carried out. Thus, the objective of this study was to apply an automated methodology based on computational techniques to refine and detail the watershed boundaries in Mato Grosso do Sul. Results showed that the computational techniques sped up the process of watershed delimitation. Best results were achieved in regions with higher variation of terrain elevation. The methodology represents a viable and cost-effective alternative in order to support watershed mapping activities.

KEYWORDS: watershed, delimitation, digital elevation model.

1. INTRODUÇÃO

A Lei Federal nº9.433/97 estabeleceu as bacias hidrográficas como unidades territoriais para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Recentemente, o estado do Mato Grosso do Sul elaborou seu Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH/MS

¹ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, E-mail: julio@cnptia.embrapa.br.

² Matemático, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, E-mail: jvilla@cnptia.embrapa.br.

(SEMA/IMASUL, 2010), definindo 15 Unidades de Planejamento e Gerenciamento (UPG), que coincidem com a delimitação das 15 sub-bacias que o estado vem utilizando desde 1990 para seu planejamento. No entanto, estes limites foram baseados em mapas na escala 1:1.000.000, que apresentam detalhamento insuficiente para o planejamento regional. Dessa forma, um dos objetivos do PERH/MS é o ajuste dos limites das UPGs, de forma a estabelecer suas delimitações geográficas e a definição da rede hidrográfica que as integra. Além de fornecer informações para o gerenciamento integrado de recursos hídricos do estado, esta base constitui-se uma fonte de informações para o Zoneamento Ecológico Econômico, para o monitoramento e planejamento do uso da terra e para a avaliação dos empreendimentos a serem licenciados no estado.

A redefinição dos limites das 15 sub-bacias do estado do Mato Grosso do Sul é uma das atividades que vêm sendo executadas no âmbito do Projeto “Sistema de Informação Georreferenciada como apoio à tomada de decisão – estudo de caso: Estado de Mato Grosso do Sul (GeoMS)”, liderado pela Embrapa Informática Agropecuária, cujos resultados são disponibilizados por meio do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA).

A delimitação atual das sub-bacias do estado foi estabelecida a partir de métodos manuais, baseados na interpretação de mapas e cartas topográficas. No entanto, metodologias vêm sendo propostas para a delimitação automática das bacias a partir de algoritmos aplicados a modelos digitais de elevação (MDE), que descrevem a altimetria do terreno (LIANG e MACKAY, 1999; RENNÓ et al., 2008). Com o advento dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), uma nova base global altimétrica tornou-se disponível numa resolução espacial de 90m, promovendo o incentivo ao uso destas técnicas automáticas.

2. OBJETIVO

Redefinir e detalhar os limites das sub-bacias hidrográficas do estado do Mato Grosso do Sul utilizando um algoritmo de delimitação automática como ferramenta auxiliar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A **Figura 1** ilustra o mapa da altimetria do estado do Mato Grosso do Sul e a delimitação oficial das suas 15 sub-bacias hidrográficas, por sua vez inseridas nas bacias hidrográficas dos rios Paraná (na parte leste) e Paraguai (na parte oeste). O relevo do estado é relativamente plano, com predominância de altitudes moderadas, compreendendo o complexo do Pantanal no extremo oeste, as planícies na parte noroeste e os planaltos com escarpas na serra da Bodoquena, no centro do estado.

O modelo de altimetria foi obtido do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA, 2010), na resolução espacial de 30m. Trata-se de um modelo digital de elevação derivado dos dados SRTM, refinados da resolução espacial original de 3 arco-segundos (90m) para 1 arco-segundo (30m), por meio de krigagem (VALERIANO, 2008).

A delimitação automática das sub-bacias do estado foi realizada por meio do módulo Watershed, presente no programa computacional Idrisi Taiga. Este módulo apresenta um algoritmo de delimitação automática das bacias baseado no método proposto por Jenson e Domingue (1988), onde um fluxo de água é simulado sobre a superfície topográfica. A direção do fluxo entre pixels vizinhos é determinada de acordo com as declividades mais acentuadas numa janela de 3 x 3 células. A partir da grade de direção de fluxos, uma grade de acúmulo de fluxos é calculada e, a partir dela, as bacias hidrográficas são extraídas. Para sua execução, o módulo Watershed requer como entrada o modelo digital de elevação e o valor de área mínima das bacias a serem extraídas. Para tornar a delimitação mais detalhada, utilizou-se uma área mínima de aproximadamente 100km², para posterior interpretação visual dos

conjuntos de micro-bacias extraídas. Como dados auxiliares para a interpretação dos resultados foram utilizadas imagens CCD/CBERS-2 e dados vetoriais da rede de drenagem do estado na escala 1:350.000, todos obtidos na página do SISLA (SISLA, 2010).

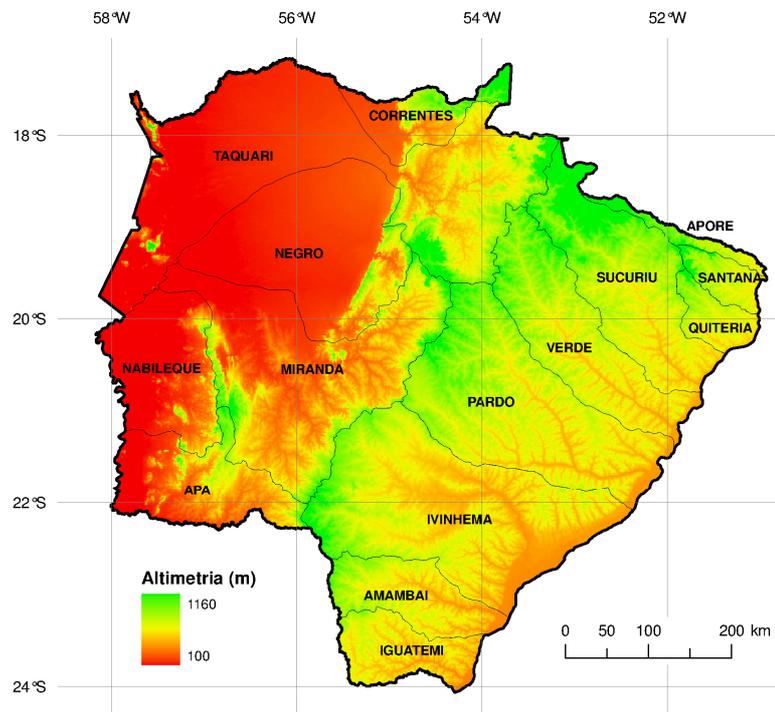


Figura 1. Mapa de altimetria do estado do Mato Grosso do Sul e suas sub-bacias hidrográficas inseridas nas bacias do Rio Paraguai (oeste) e Rio Paraná (leste).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a limitações do programa utilizado, a extração das bacias hidrográficas foi feita em recortes espaciais regionalizados, uma vez o modelo digital de elevação contendo toda a extensão do estado apresenta um volume muito grande de dados. Após a execução do módulo Watershed (Idrisi Taiga) foram geradas imagens contendo as micro-bacias extraídas pelo algoritmo, que posteriormente foram vetorizadas e carregadas no programa ArcMap 9.3. Em seguida, com o apoio de imagens CBERS e da rede de drenagens, conduziu-se a interpretação visual para união das micro-bacias e a definição do novo limite das sub-bacias do estado. A **Figura 2** ilustra o conjunto de micro-bacias que posteriormente deram origem à sub-bacia do Rio Iguatemi, no extremo sul do estado.

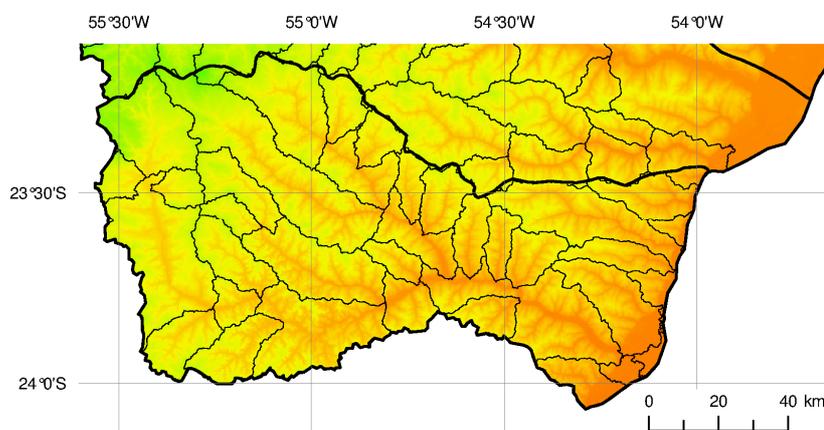


Figura 2. Micro-bacias extraídas automaticamente na sub-bacia do Rio Iguatemi, no MS.

Em geral, os melhores resultados foram alcançados nas regiões com maior variação do relevo, onde o fluxo direcional pôde ser mais facilmente definido. Nas regiões planas, como no Pantanal, os resultados foram inferiores, já que nessas áreas a baixa ou nula variação altimétrica impossibilitou a detecção eficiente da direção do fluxo de água por meio deste tipo de algoritmo.

A **Figura 3** ilustra algumas regiões do estado para exemplificar os resultados, podendo-se comparar numa escala mais apropriada os limites atuais das sub-bacias e sua nova delimitação.

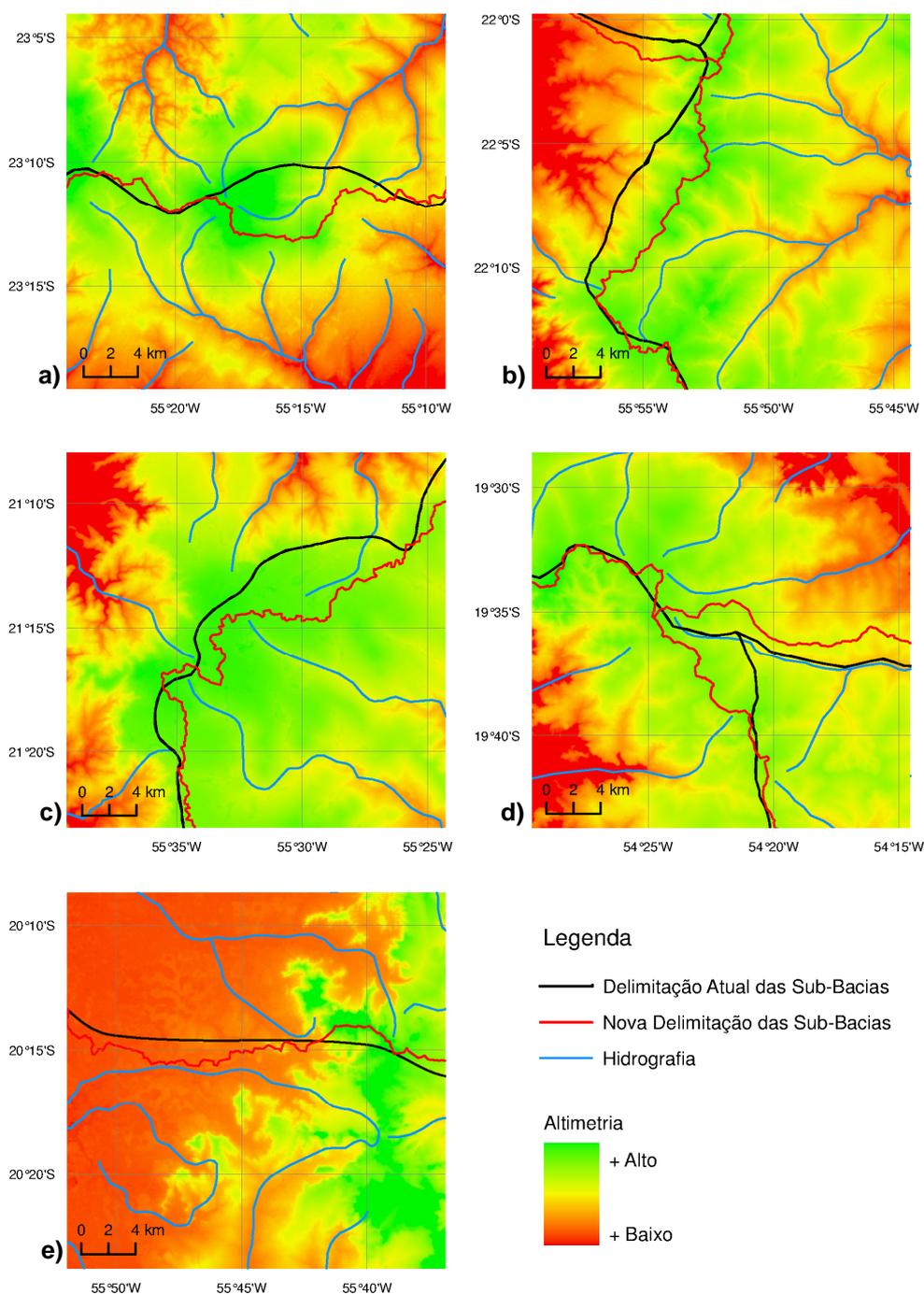


Figura 3. Recortes espaciais de seis regiões do estado e a comparação da delimitação atual aos novos limites das sub-bacias hidrográficas.

Observou-se que os novos limites apresentaram-se em uma escala mais detalhada e mais coerente com a altimetria do estado. Muitas discrepâncias que ocorriam na delimitação antiga, onde os limites das sub-bacias cruzavam as linhas de drenagem, foram corrigidas (**Figuras 3a e 3c**). A tendência do novo delineamento foi seguir com mais rigor os divisores de água, representando de forma mais fiel delimitação real dos limites das bacias. Já nas áreas planas, onde tais divisores inexistem, o delineamento foi prejudicado, conforme mostra a **Figura 3e**, na região de transição entre o planalto e a planície do Pantanal. Nestes casos, a interpretação visual deve ser conduzida, ainda que apresente um alto nível de dificuldade.

5. CONCLUSÃO

As técnicas computacionais utilizadas facilitaram o processo de delimitação das sub-bacias hidrográficas, sendo que os melhores resultados foram alcançados nas regiões com maior variação do relevo. Nas regiões mais planas, como no Pantanal, os resultados foram inferiores. A metodologia adotada representa uma alternativa viável e de baixo custo no apoio às atividades de delineamento de bacias hidrográficas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JENSON, S.; DOMINGUE, J. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 11, p. 1593-1600, 1988.

LIANG, C.; MACKAY, D. S. A general model of watershed extraction and representation using globally optimal flow paths and up-slope contributing areas. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 14, n. 4, p. 337-358, 1999.

RENNÓ, C.D.; NOBRE, A.D.; CUARTAS, L.A.; SOARES, J.V.; HODNETT, M.G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M.J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3469-3481, 2008.

SEMA/IMASUL (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO, DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL). **Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS: UEMS, 2010. 194p. ISBN: 978-85-99880-24-1.

SISLA **Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental**. Disponível em: <<http://sisla.imasul.ms.gov.br/>>. Acesso em: 22 out. 2010.

TOPODATA **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPQ/818). 75 p. 2008.