

## Atualização dos mapas de recursos hídricos do Estado do Mato Grosso do Sul por meio do uso de geotecnologias





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Informática Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 32***

## **Atualização dos mapas de recursos hídricos do Estado do Mato Grosso do Sul por meio do uso de geotecnologias**

*Júlio César Dalla Mora Esquerdo*

Embrapa Informática Agropecuária  
Campinas, SP  
2012

## **Embrapa Informática Agropecuária**

Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo  
Caixa Postal 6041 - 13083-886 - Campinas, SP  
Fone: (19) 3211-5700 - Fax: (19) 3211-5754  
[www.cnptia.embrapa.br](http://www.cnptia.embrapa.br)  
[sac@cnptia.embrapa.br](mailto:sac@cnptia.embrapa.br)

## **Comitê de Publicações**

Presidente: *Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*

Membros: *Adhemar Zerlotini Neto, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Thiago Teixeira Santos, Maria Goretti Gurgel Praxedes, Adriana Farah Gonzalez, Neide Makiko Furukawa, Carla Cristiane Osawa*

Membros suplentes: *Felipe Rodrigues da Silva, José Ruy Porto de Carvalho, Eduardo Delgado Assad, Fábio César da Silva*

Supervisor editorial: *Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Neide Makiko Furukawa*

Revisor de texto: *Adriana Farah Gonzalez*

Normalização bibliográfica: *Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Editoração eletrônica/Capa: *Diana Breitenbach*

Imagem da capa: <http://www.riosvivos.org.br/Noticia/BRPPN++gerando+servicos+ambientais/18165>

Secretária: *Carla Cristiane Osawa*

## **1ª edição on-line 2012**

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

#### **Embrapa Informática Agropecuária**

---

Esquerdo, Júlio César Dalla Mora.

Atualização dos mapas de recursos hídricos do Estado do Mato Grosso do Sul por meio do uso de geotecnologias / Júlio César Dalla Mora Esquerdo.- Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2012.

42 p. il.: cm. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Informática Agropecuária, ISSN 1677-9266, 32).

1. Geoprocessamento. 2. Sensoriamento remoto. 3. Mapeamento. 4. Bacias hidrográficas. 5. Rede de drenagem. I. Embrapa Informática Agropecuária. II. Título. III. Série.

CDD 526 (21.ed.)

# Sumário

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumo .....</b>                                                                 | <b>5</b>  |
| <b>Abstract .....</b>                                                               | <b>6</b>  |
| <b>Introdução .....</b>                                                             | <b>7</b>  |
| <b>Objetivos .....</b>                                                              | <b>9</b>  |
| Objetivo geral .....                                                                | 9         |
| Objetivos específicos .....                                                         | 9         |
| <b>Material e métodos .....</b>                                                     | <b>10</b> |
| Ajuste e atualização da malha digital da rede de drenagens .....                    | 10        |
| Dados utilizados .....                                                              | 11        |
| Malha digital da rede de drenagens do Estado .....                                  | 11        |
| Imagens CCD/CBERS-2B .....                                                          | 12        |
| Cartas topográficas em formato digital .....                                        | 13        |
| Mapa digital da vegetação do estado .....                                           | 13        |
| Mapa digital de elevação (Topodata) .....                                           | 13        |
| Metodologia para o ajuste e atualização da malha hidrográfica .....                 | 14        |
| Redefinição dos limites das sub-bacias hidrográficas .....                          | 17        |
| Mosaicagem da malha digital da rede de drenagem<br>em conjuntos de sub-bacias ..... | 21        |

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Resultados .....</b>                                                                     | <b>21</b> |
| Resultados da atividade de ajuste e atualização da malha digital da rede de drenagens ..... | 22        |
| Resultados do processo de redefinição dos limites geográficos das sub-bacias .....          | 25        |
| Apresentação dos sistemas hídricos separados por sub-bacias ou UPGs .....                   | 29        |
| Sub-bacias inseridas na Bacia do Rio Paraná.....                                            | 29        |
| Sub-bacias inseridas na Bacia do Rio Paraguai.....                                          | 35        |
| <b>Considerações finais .....</b>                                                           | <b>39</b> |
| <b>Referências .....</b>                                                                    | <b>41</b> |

# Atualização dos mapas de recursos hídricos do Estado do Mato Grosso do Sul por meio do uso de geotecnologias

---

*Júlio César Dalla Mora Esquerdo*<sup>1</sup>

## Resumo

Este boletim de pesquisa tem por objetivo apresentar os métodos e resultados alcançados nas atividades de atualização dos mapas de recursos hídricos do Estado do Mato Grosso do Sul, no âmbito do projeto Sistema de Informação Georreferenciada como apoio à tomada de decisão – estudo do Caso (GeoMS), executado pela Embrapa Informática Agropecuária em parceria do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul (Imasul). Foram atualizados os mapas referentes aos limites geográficos das sub-bacias do estado, bem como sua malha digital hidrográfica, a partir de técnicas de geoprocessamento e dados de sensoriamento remoto orbital. Os resultados alcançados representam uma significativa melhoria nas informações de recursos hídricos que o estado tem à sua disposição, embora algumas inconsistências tenham ocorrido nas áreas planas do Pantanal sul-mato-grossense, onde a pequena ou nula variação altimétrica prejudicou o entendimento das feições hídricas. Os mapas produzidos serão disponibilizados no Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (Sisla), uma ferramenta web utilizada pelo estado nos processos de avaliação de licenças ambientais.

**Termos para indexação:** geoprocessamento, sensoriamento remoto, mapeamento, bacias hidrográficas, rede de drenagem.

---

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo, 13083-886, Campinas, SP, e-mail: [julio.esquerdo@embrapa.br](mailto:julio.esquerdo@embrapa.br)

# Upgrade of water resources maps from Mato Grosso do Sul State using geotechnologies

---

## Abstract

This research report aims to present the methods and results achieved in the activities of map updating of water resources in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, by the GeoMS Project, which was carried out by Embrapa Agricultural Informatics and the Environmental Institute of Mato Grosso do Sul State (Imasul). The geographic boundaries of the sub-basins, as well as the State digital hydrologic network, were updated by the use of geoprocessing techniques and remote sensing data. The results represent an expressive improvement of quality of the water resources data available in the State of Mato Grosso do Sul, although some inconsistencies were found in the plain areas of the Pantanal, where the low slope hampered the understanding of the hydrological patterns. These updated maps will be available at the Interactive System for Environmental Licensing Support – Sisle, a Web tool used by the State in the assessment of environmental licenses.

**Index terms:** geoprocessing, remote sensing, mapping, watersheds, drainage network.

# Introdução

O Projeto GeoMS (PROJETO GEOMS, 2012) foi executado a partir do convênio de cooperação técnica e financeira entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), (Unidade: Embrapa Informática Agropecuária), o Instituto do Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul (Imasul) e a Fundação de Pesquisa Agropecuária e Ambiental (Fundapam). Finalizado em dezembro de 2011, o Projeto GeoMS teve como objetivos principais o levantamento de informações sobre recursos naturais do estado e o desenvolvimento de um sistema interativo para o suporte às atividades de licenciamento ambiental no Mato Grosso do Sul.

A atualização periódica de mapas para considerar as alterações do meio físico é um processo essencial para a manutenção das diversas bases de dados geográficas existentes, evitando que se tornem obsoletas e que percam sua utilidade. Os métodos para produção e atualização cartográfica de mapas evoluíram gradativamente com o desenvolvimento de novos processos tecnológicos, como o mapeamento digital, a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e as imagens de Sensoriamento Remoto.

Nesse contexto, o projeto gerou um conjunto de mapas digitais, além de um sistema de informação georreferenciada para a tomada de decisão, cujo objetivo foi o de auxiliar o Governo Estadual do Mato Grosso do Sul a melhorar a sua eficiência na implantação de projetos ambientalmente sustentáveis. Esse sistema (Sisla) (SPERANZA et al., 2011), teve sua concepção baseada na tecnologia da informação, sendo desenvolvido a partir de ferramentas livres e disponibilizado na Internet, com livre acesso aos seus dados (SISLA, 2012).

Em relação ao levantamento de informações georreferenciadas, o objetivo principal do Projeto GeoMS foi o mapeamento da cobertura vegetal e do uso da terra no estado do Mato Grosso do Sul na escala 1:100.000 até o ano de 2007, considerado o marco zero para o início desse tipo de monitoramento no estado. Os resultados foram publicados por Silva et al. (2011) e disponibilizados no Sisla. Além da questão da cobertura vegetal e do uso da terra, outra demanda de dados georreferenciados nasceu ao longo

da execução do projeto, culminando no desenvolvimento e execução de um subprojeto a ele atrelado, cujo objetivo foi a atualização dos mapas de recursos hídricos do estado do Mato Grosso do Sul, incluindo as redes de drenagens e os limites geográficos das bacias hidrográficas.

A malha digital da rede de drenagens do estado do Mato Grosso do Sul foi produzida por meio da digitalização das cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG), geradas nas décadas de 60 e 70 a partir de levantamentos aerofotogramétricos e técnicas de estereoscopia. O processo analógico de mapeamento conduzido pela DSG era passível de erros cartográficos que, somados aos erros do processo de digitalização das cartas e ao tempo decorrido desde o mapeamento, tornaram necessária a atualização dessa base de dados.

Considerando a existência dessa base digital da rede de drenagens do estado, um dos objetivos do subprojeto foi realizar sua atualização e correção, considerando como referência cartográfica imagens georreferenciadas de média resolução espacial, *China-Brazil Earth Resources Atélite* (CCD/CBERS-2B), Câmera Imageadora de Alta Resolução/Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, georreferenciadas no âmbito do Projeto GeoMS. A existência de mapas atualizados da rede de drenagens do estado é fator importante nos processos de licenciamento ambiental, principalmente nas questões relativas à definição das Áreas de Proteção Permanente (APPs), localizadas às margens de cursos d'água.

Outra atividade desse subprojeto foi a atualização dos limites geográficos das sub-bacias hidrográficas do estado. Recentemente, o Estado do Mato Grosso do Sul elaborou seu Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/MS) (MATO GROSSO DO SUL, 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, esses limites foram definidos a partir de métodos analógicos, baseados em mapas e cartas topográficas na escala 1:1.000.000, que apresentam detalhamento insuficiente para o planejamento regional.

Nesse sentido, um dos objetivos do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/MS), contemplado nesse subprojeto, é o ajuste dos limites

UPGs, de forma a detalhar sua delimitação geográfica. Além de fornecer informações para o gerenciamento integrado de recursos hídricos do estado, nessa base constitui-se uma fonte de informações para o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), para o monitoramento e planejamento do uso da terra e para a avaliação dos empreendimentos a serem licenciados no estado.

Há alguns anos metodologias vêm sendo propostas para a delimitação automática de bacias hidrográficas a partir de algoritmos aplicados a Modelos Digitais de Elevação (MDE) (JENSON; DOMINGUE, 1988; LIANG; MACKAY, 1999; MARTZ; GARBRECHT, 1992; RENNO et al., 2008), que são superfícies contínuas que descrevem a variação altimétrica de um terreno. Com o advento dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (NASA, 2008), uma nova base global altimétrica tornou-se disponível numa resolução espacial de 90 m, promovendo o incentivo ao uso dessas técnicas automáticas.

No presente documento, são apresentadas as metodologias empregadas e resultados da atividade de atualização e correção da rede hidrográfica digital do estado, realizada pela equipe de estagiários da Embrapa Informática Agropecuária, assim como da atividade de redefinição dos limites geográficos das sub-bacias hidrográficas do Mato Grosso do Sul a partir de métodos automáticos aplicados a Modelos Digitais de Elevação (MDE).

## Objetivos

### Objetivo geral

Apresentar mapas atualizados da rede de drenagens do Estado do Mato Grosso do Sul, bem como os limites das suas sub-bacias hidrográficas.

### Objetivos específicos

- Ajustar e atualizar a malha digital da rede de drenagens do Estado do Mato Grosso do Sul às imagens georreferenciadas de média resolução espacial CCD/CBERS-2B do ano de 2007, na escala 1:100.000.

- Nomear a malha digital da rede de drenagens do Estado do Mato Grosso do Sul de acordo com as cartas topográficas do Estado.
- Redefinir os limites geográficos das 15 sub-bacias do Estado do Mato Grosso do Sul, representando as Unidades de Planejamento e Gestão.
- Mapear novas sub-bacias desaguardando diretamente nas bacias dos Rios Paraná e Paraguai.
- Mosaicar a malha digital da rede de drenagens do Estado do Mato Grosso do Sul de acordo com as 15 sub-bacias ou Unidades de Planejamento e Gestão.

## **Material e métodos**

As atividades deste subprojeto foram divididas em duas etapas. A primeira delas consistiu no ajuste e atualização da rede de drenagens do Estado do Mato Grosso do Sul e envolveu a participação de uma grande equipe de estagiários da Embrapa Informática Agropecuária. A segunda consistiu na redefinição dos limites geográficos das sub-bacias hidrográficas do estado a partir de técnicas computacionais. O material e metodologias utilizados são descritos a seguir.

### **Ajuste e atualização da malha digital da rede de drenagens**

No início das atividades envolvendo a rede de drenagens do Estado do Mato Grosso do Sul, a proposta inicial era realizar o mapeamento de toda malha hídrica a partir de métodos automáticos baseados em algoritmos capazes de calcular os locais de acúmulo de fluxos hídricos, considerando-se como dado de entrada um Modelo Digital de Elevação (MDE), descrevendo a altimetria do estado. Testes iniciais realizados com três algoritmos

distintos aplicados ao MDE, derivado do projeto Topodata (TOPODATA, 2010), resultaram em produtos pouco confiáveis e com elevado grau de deslocamento geométrico em relação às imagens CCD/CBERS-2B, consideradas a base cartográfica do projeto GeoMS. Para que os métodos automáticos de delineamento de drenagens pudessem ser adotados com confiabilidade, seria necessária a realização de trabalhos de campo para averiguar os resultados e calcular os deslocamentos finais para posterior correção. Diante dessas dificuldades e, considerando a existência de uma malha digital hídrica do estado, foi adotada uma metodologia para ajustes e atualizações dos mapas digitais já existentes e disponibilizados pelo estado. Dessa forma, para o alcance dos resultados propostos, foi considerada, como dado base, a malha digital existente da rede de drenagem do Mato Grosso do Sul, a qual foi atualizada e ajustada manualmente, com apoio das imagens CCD/CBERS-2B. A seguir são descritos os dados e a metodologia utilizada para essa atividade.

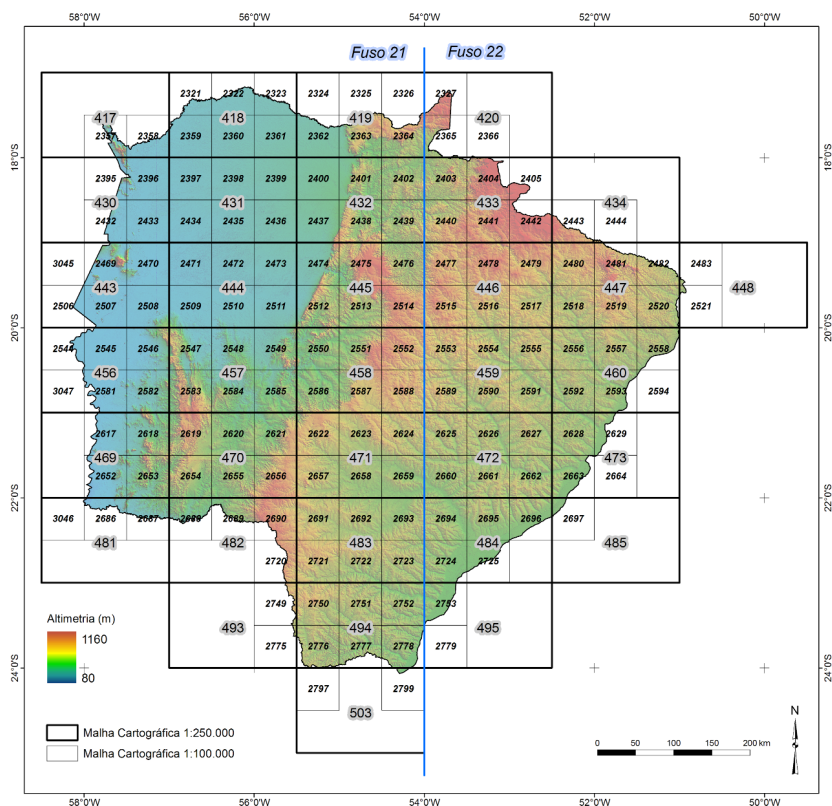
## **Dados utilizados**

### **Malha digital da rede de drenagens do Estado**

A malha digital da rede de drenagens foi disponibilizada ao Projeto GeoMS pela Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Agraer), do estado do Mato Grosso do Sul. Essa malha foi produzida por meio da digitalização das cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), geradas na década de 60 e 70 a partir de levantamentos aerofotogramétricos e técnicas de estereoscopia.

A malha digital foi disponibilizada em arquivos vetoriais no formato DWG (AutoDesk), na projeção UTM, separados em 161 cartas na escala 1:100.000, conforme ilustra a Figura 1. As drenagens foram recebidas em camadas de acordo com seu tipo: rios perenes, rios temporários e linhas de drenagem (esta última sem definição de classe). O primeiro passo foi a conversão do formato DWG para o formato *Shapefile*, compatível com os softwares de Sistemas de Informações Geográficas. Em seguida, os arqui-

vos foram agrupados de acordo com as cartas na escala 1:250.000 (Figura 1), onde cada uma delas é composta por seis cartas na escala 1:100.000. Após esse processo, os arquivos foram importados para um banco de dados do Projeto GeoMS (no software Spring), no qual foram criados os projetos dos fusos 21 e 22, no sistema de projeção UTM e datum SAD-69.



**Figura 1.** Modelo Digital de Elevação e as malhas cartográficas 1:100.000 e 1:250.000 do Estado de Mato Grosso do Sul.

## Imagens CCD/CBERS-2B

Como referência espacial para o ajuste da malha digital das drenagens foram utilizadas imagens do satélite CCD/CBERS-2B, com resolução espacial de 20 m e datas de passagem no ano de 2007, cobrindo todo o estado

do Mato Grosso do Sul. As imagens foram obtidas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e georreferenciadas no âmbito do Projeto GeoMS para interpretação da cobertura vegetal, adotando-se como referência para o georreferenciamento as imagens *Landsat* do programa *GeoCover*. Após o realce, as imagens foram mosaicadas e recortadas no tamanho da extensão das cartas na escala 1:250.000, totalizando 34 e recobrando todo o estado.

### **Cartas topográficas em formato digital**

Foram também utilizadas, como referência, as cartas topográficas geradas pela DSG e escaneadas em formato TIFF, repassadas ao projeto GeoMS pelo Imasul. As cartas topográficas originais foram utilizadas para a checagem da classificação e nomenclatura das linhas de drenagem.

### **Mapa digital da vegetação do estado**

Outra referência utilizada para a checagem das drenagens foi o mapa digital com classes de vegetação do Estado do Mato Grosso do Sul, produzido no âmbito do projeto GeoMS (SILVA et al., 2011).

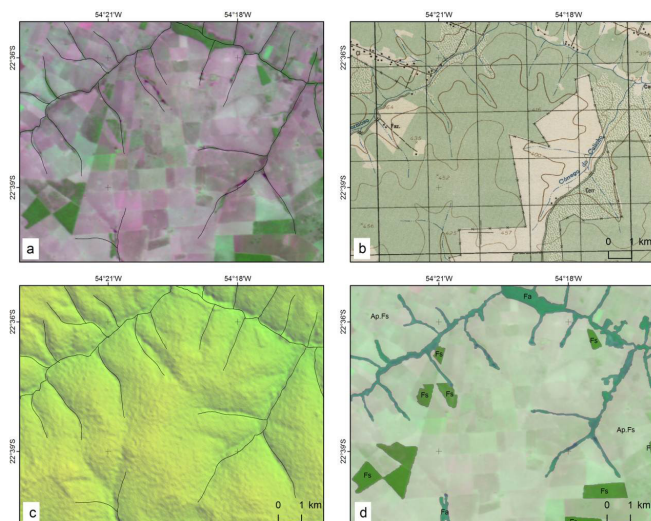
### **Mapa digital de elevação (Topodata)**

O modelo de altimetria utilizado, tanto na etapa de ajuste da rede de drenagens, quanto na delimitação das sub-bacias hidrográficas (a ser apresentada no item 3.2), foi obtido do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, um produto derivado do projeto Topodata, conduzido pelo INPE e que contou com o apoio da Embrapa Informática Agropecuária (TOPODATA, 2010). Esse projeto oferece o Modelo Digital de Elevação e suas derivações locais básicas para todo o território brasileiro, a partir do reprocessamento dos dados SRTM, refinados da resolução espacial original de três arco-segundos (90m) para um arco-segundo (30 m), por meio de técnicas de krigagem (VALERIANO, 2008). Os dados são disponibilizados pelo Inpe em imagens GeoTIFF com recortes espaciais compatíveis com a articulação 1:250.000, em folhas de 1° de latitude por 1,5°

de longitude. Os recortes referentes às imagens que cobrem o estado do Mato Grosso do Sul, além dos recortes referentes às cartas adjacentes ao estado, foram mosaicaados em uma única imagem na projeção Geográfica (datum SAD-69), sendo utilizado o software ENVI® versão 4.8 para essa atividade.

## Metodologia para o ajuste e atualização da malha hidrográfica

O processo de ajuste da rede de drenagens foi realizado de maneira manual, a partir de interpretações visuais realizadas pela equipe de estagiários do projeto GeoMS, considerando-se como referência espacial as imagens CCD/CBERS-2B do ano de 2007. Essa etapa de ajustes foi realizada no software ArcGIS®, versão 9.3.1, no qual foram montados os 34 projetos referentes à cada carta 1:250.000 na projeção UTM (fusos 21 e 22), reunindo os seguintes arquivos correspondentes a cada carta: vetores da rede de drenagem; recorte espacial das imagens CCD/CBERS-2B; cartas topográficas DSG; mapas digitais da vegetação e; recortes espaciais do modelo digital de elevação Topodata. A Figura 2 ilustra um exemplo de um recorte espacial dos dados utilizados no processo de ajustes da rede de drenagens.



**Figura 2.** Exemplo do conjunto de dados utilizados: (a) vetores digitais originais sobrepostos às imagens CCD/CBERS-2B; (b) carta topográfica DSG, (c) modelo digital de elevação Topodata e; (d) mapa digital da cobertura vegetal do estado sobreposto à imagem CCD/CBERS-2B.

Uma vez montados os projetos, foi iniciado o processo de ajustes e atualizações, onde os arquivos vetoriais da rede de drenagem foram sobrepostos às imagens CCD/CBERS-2B, de forma a verificar sua concordância às feições visíveis nas imagens na escala 1:100.000. Ferramentas de edição vetorial foram utilizadas para ajustar os cursos d'água às feições das imagens de satélite, como rios, linhas de drenagem e matas ciliares.

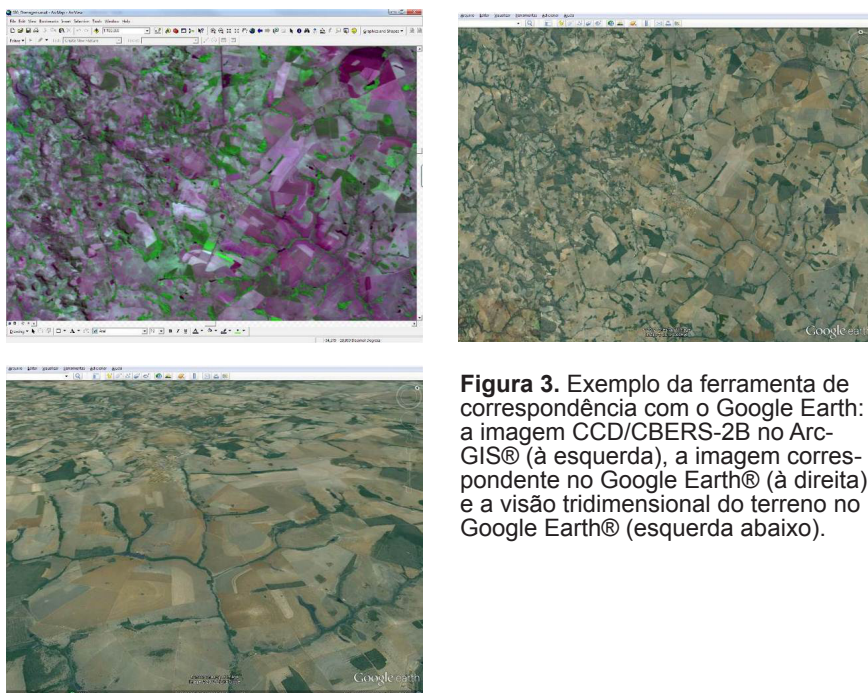
Em relação às classes de mapeamento, foram mantidas as camadas originais de linhas perenes e temporárias e adicionados outros temas, conforme mostra a Tabela 1. No caso dos arquivos de drenagens repassados pela Agraer sem a classificação quanto ao seu tipo (perene ou temporário), tais vetores foram sobrepostos às cartas originais DSG para sua checagem.

**Tabela 1.** Classes temáticas utilizadas no processo de ajuste e atualização da rede de drenagens do estado do Mato Grosso do Sul.

| Classe                    | Descrição                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Linhas Perenes            | Linhas de drenagens perenes já mapeadas e classificadas, contidas nas cartas topográficas DSG.                                                                                                                                                   |
| Linhas Temporárias        | Linhas de drenagens temporárias já mapeadas e classificadas, contidas nas cartas topográficas DSG.                                                                                                                                               |
| Polígonos Perenes         | Vetores poligonais referentes aos grandes rios do estado. Os polígonos foram extraídos do mapa da cobertura vegetal (SILVA et al., 2011), onde os limites das margens dos rios já haviam sido mapeados pela equipe do projeto GeoMS.             |
| Novas Linhas de Drenagens | Também chamada “Linhas CNPTIA”, são as novas linhas de drenagens, não contidas nas cartas da DSG, e mapeadas pela equipe do projeto GeoMS. As linhas dessa camada não apresentam classificação quanto ao tipo e drenagem (perene ou temporária). |

A partir de sobreposição da malha digital às cartas DSG, foram também inseridos os nomes dos rios, córregos, corixos, etc., quando estes estavam presentes. Para tanto, foi criada uma tabela de atributos nos arquivos vetoriais e inseridos, manualmente, os seus respectivos nomes.

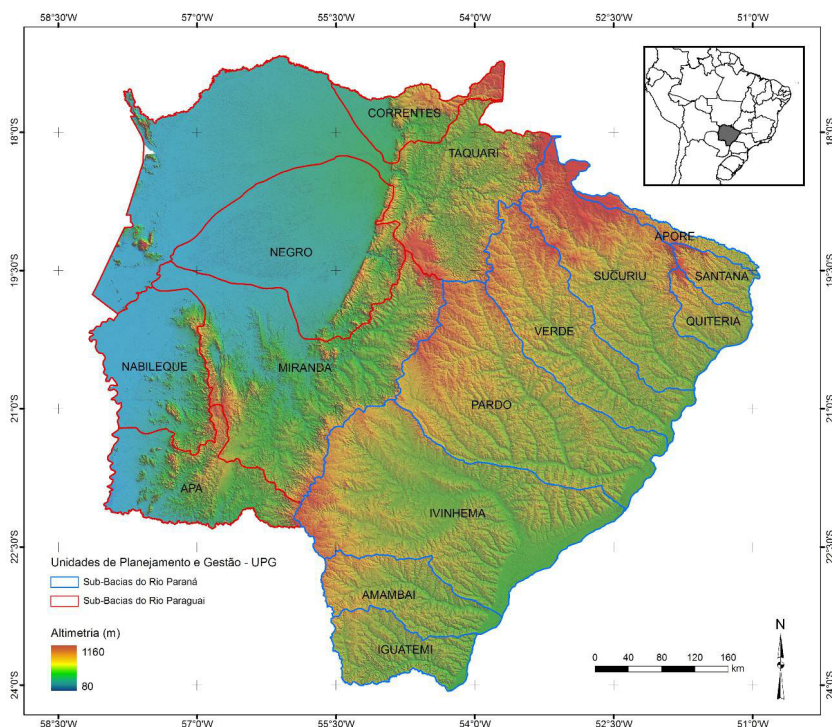
Como ferramenta auxiliar no processo de ajuste da rede de drenagem, foi utilizado o software Google Earth®, que disponibiliza imagens de maior resolução espacial, permitindo ao intérprete avaliar, em maior detalhe, as áreas que não puderam ser analisadas apenas pelas imagens CCD/CEBERS-2B. Além do maior detalhamento, o Google Earth® também disponibiliza um modelo digital de elevação, onde o intérprete pode, também, avaliar a ondulação do terreno e, dessa forma, compreender os sistemas de drenagem. Para facilitar o processo de comparação entre as imagens, foi instalado no ArcGIS um *plug-in* que permite ao intérprete obter uma correspondência espacial instantânea entre o display exibido no ArcGIS e a imagem mostrada no Google Earth®, conforme ilustra o exemplo da Figura 3.



**Figura 3.** Exemplo da ferramenta de correspondência com o Google Earth: a imagem CCD/CEBERS-2B no ArcGIS® (à esquerda), a imagem correspondente no Google Earth® (à direita) e a visão tridimensional do terreno no Google Earth® (esquerda abaixo).

## Redefinição dos limites das sub-bacias hidrográficas

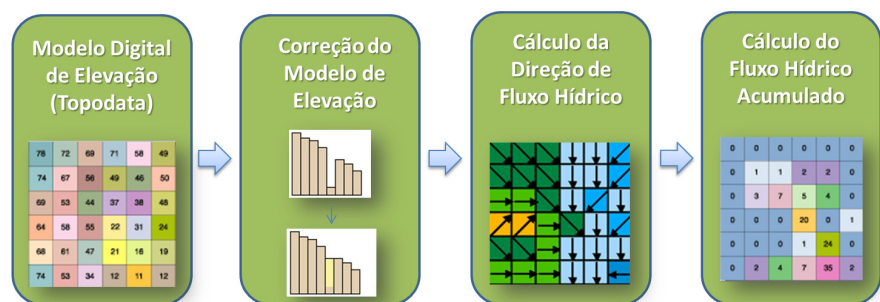
O processo de redefinição das sub-bacias hidrográficas do Estado do Mato Grosso do Sul foi realizado a partir de métodos automáticos baseados em algoritmos capazes de estimar o fluxo e o acúmulo hídricos em uma superfície contínua, ou seja, o Modelo Digital de Elevação de uma dada região. O MDE utilizado nessa atividade foi, também, o Topodata, obtido do Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil, e descrito no item 3.1.1. A Figura 4 ilustra o mapa altimétrico Topodata do Estado do Mato Grosso do Sul e a delimitação oficial das suas 15 sub-bacias hidrográficas, ou Unidades de Planejamento e Gestão (UPGs).



**Figura 4.** Modelo Digital de Elevação Topodata do Estado do Mato Grosso do Sul e os limites atuais das 15 sub-bacias (UPGs), inseridas nas bacias dos Rios Paraná (leste) e Paraguai (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. As sub-bacias estão inseridas nas bacias hidrográficas dos rios Paraná (porção leste do estado) e Paraguai (na porção oeste do estado). A delimitação atual das UPGs foi baseada em mapas na escala 1:1.000.000, não apresentando detalhamento suficiente para o planejamento regional.

Para a extração das sub-bacias hidrográficas foram testados três programas computacionais: Idrisi® versão Taiga (módulo *Watershed*), ArcGIS® (módulo *Hydrology*) e *Height Above de Nearest Drainage* (HAND), (RENNÓ et al., 2008), sendo os dois primeiros softwares proprietários e o último uma aplicação livre, executado em ambiente *Interactive Data Language* (IDL). Após alguns testes preliminares com os três pacotes, optou-se pelo uso do programa Idrisi®, considerado o de maior facilidade e praticidade de utilização. As principais etapas do processo de execução do módulo *Watershed* são ilustradas no fluxograma da Figura 5.



**Figura 5.** Fluxograma da metodologia para delimitação de bacias hidrográficas a partir de modelos digitais de elevação.

Fonte: Adaptado de Environmental Systems Research Institute (2011).

O módulo *Watershed* apresenta um algoritmo para delimitação automática de bacias baseado no método proposto por Jenson e Domingue (1988), pelo qual o fluxo hídrico é simulado sobre a superfície topográfica. Este conceito aplica o método D8 (*Deterministic Eight-neighbor Method*) para determinar a direção do fluxo de cada célula, onde a elevação local é comparada às elevações de sua vizinhança.

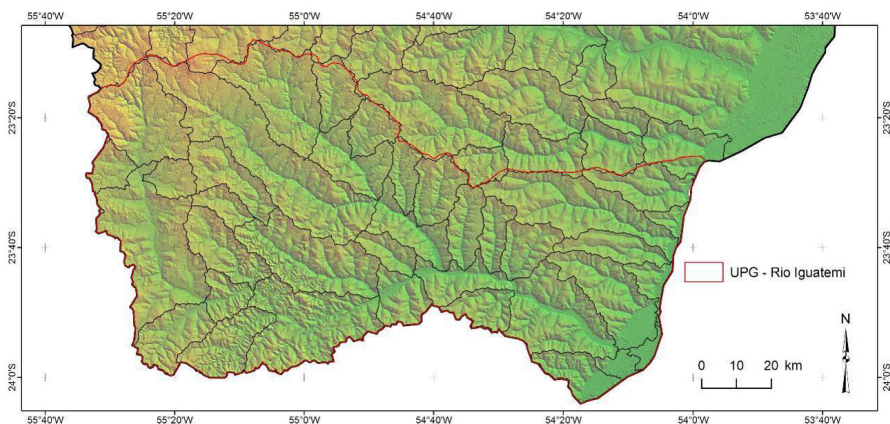
A primeira etapa foi a correção do MDE para o preenchimento de depressões ou células rodeadas por elevações de cotas superiores, denominadas *sinks*, que representam inconsistências do modelo topográfico e que causam problemas críticos em aplicações hidrológicas por interromperem o fluxo contínuo em toda a superfície do MDE.

Em seguida foi realizado o cálculo da direção do fluxo hídrico, que define as relações hidrológicas no interior das bacias hidrográficas (RENNÓ et al., 2008). A direção do fluxo entre *pixels* vizinhos é determinada de acordo com as declividades mais acentuadas numa janela de 3 x 3 células, de forma a se identificar a direção de maior declividade de um *pixel* em relação a seus 8 pixels vizinhos. O resultado desse processo é uma imagem na qual o valor de cada *pixel* representa a direção do escoamento da água. A partir da grade de direção de fluxos, uma grade de acúmulo de fluxos foi calculada, onde cada pixel recebeu um valor correspondente ao número de *pixels* que contribuíram para que a água chegasse até ele, o que foi feito a partir da soma da área das células na direção do fluxo (MENDES; CIRILO, 2001). O fluxo acumulado é um parâmetro que indica o grau de confluência do escoamento e, em outras palavras, representa a rede hidrográfica existente no MDE.

As sub-bacias hidrográficas foram, então, extraídas automaticamente a partir da grade de fluxo hídrico acumulado. O módulo *Watershed* determina as áreas de captação hídrica a partir de um valor limite, o qual define o número mínimo de células pertencentes a uma dada sub-bacia. Dessa forma, as sub-bacias são identificadas se o número de células em seu interior for igual ou superior ao valor limite definido pelo usuário. Para tornar a delimitação mais detalhada, utilizou-se uma área mínima de aproximadamente 100 km<sup>2</sup>, para posterior interpretação visual dos conjuntos de microbacias extraídas.

Considerando a área total do Estado do Mato Grosso do Sul e suas adjacências, assim como a resolução espacial de 30 m do MDE Topodata, houve problemas de falta de memória na execução do programa para delimitação das sub-bacias. O modelo altimétrico completo englobando

toda a área em questão apresentou um volume muito grande de dados, os quais não foram suportados pelo software. Assim, foi necessária a segmentação do MDE em recortes espaciais menores e regionalizados, tornando a execução do algoritmo viável e mais rápida. Após a execução do módulo *Watershed*, os resultados matriciais foram vetorizados e carregados no programa ArcMap®, onde foi conduzida a interpretação final dos resultados. A Figura 6 ilustra, como exemplo, as microbacias geradas na sub-bacia do Rio Iguatemi, no extremo sul do estado.



**Figura 6.** Microbacias extraídas automaticamente na sub-bacia do Rio Iguatemi, no extremo sul do estado.

Nessa etapa, as microbacias derivadas do processo automático foram unidas para dar origem às sub-bacias do estado, numa atividade de interpretação visual. Como dados auxiliares para a interpretação dos resultados, foram utilizadas as imagens de média resolução espacial CCD/CBERS-2, além da malha digital hidrográfica do Estado do Mato Grosso do Sul nas escalas 1:350.000 (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2008) e 1:100.000.

Foi conduzida, também, uma interpretação dos resultados para a definição de novas sub-bacias hidrográficas inseridas dentro das UPGs, porém com derivação direta nos rios Paraná ou Paraguai e visíveis na

escala 1:100.000. Tais sub-bacias, apesar de estarem inseridas nas atuais Unidades de Planejamento e Gestão, não contribuem diretamente para os rios pertencentes ao estado. Dessa forma, os limites das microbacias derivadas do processo Watershed foram analisados numa atividade de interpretação visual, onde também foram utilizados dados auxiliares, como a malha digital hidrográfica do estado e imagens CCD/CBERS-2B.

## **Mosaicagem da malha digital da rede de drenagem em conjuntos de sub-bacias**

Os novos limites geográficos das sub-bacias do estado foram utilizados para a construção das malhas hidrográficas digitais de cada UPG. Inicialmente, foi feita a reprojeção dos arquivos vetoriais das 161 cartas da malha hidrográfica, originalmente na projeção UTM (Fusos 21 e 22/SAD-69), para a projeção geográfica, a mesma utilizada nos vetores dos limites das sub-bacias. Em seguida, foi conduzido o processo de mosaicagem dos arquivos vetoriais referentes à cada classe temática (Tabela 1). Por meio de operações de intersecção espacial e edições vetoriais, foram gerados os conjuntos de drenagens interligadas referentes à cada uma das 15 sub-bacias ou UPGs do estado. Cada sub-conjunto é composto pelos seguintes arquivos vetoriais:

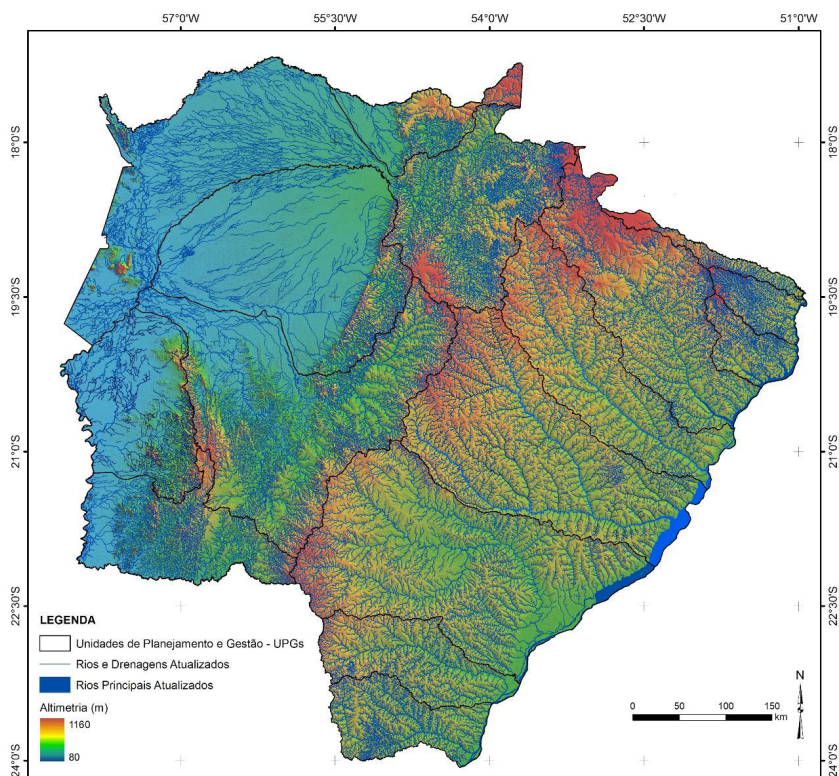
- Linhas de drenagens perenes
- Linhas de drenagens temporárias
- Polígonos de drenagens perenes
- Novas linhas de drenagens (se existirem)
- Limites das sub-bacias hidrográficas (redefinidos)
- Limites das novas sub-bacias hidrográficas (se existirem)

## **Resultados**

A seguir são apresentados os resultados das atividades do ajuste da rede de drenagens e da redefinição dos limites das sub-bacias do Mato Grosso do Sul. Por fim, são apresentados os mapas finais de cada Unidade de Planejamento e Gestão do estado, integrando os dois resultados.

## Resultados da atividade de ajuste e atualização da malha digital da rede de drenagens

O mapa da Figura 7 mostra a malha digital atualizada da rede hidrográfica do Estado do Mato Grosso do Sul, onde se observa o predomínio de drenagens do tipo dendrítico, em especial nas sub-bacias do Rio Paraná, ao leste do estado. Ao longo do processo foram realizadas as correções de deslocamento entre os vetores originais baseados nas cartas DSG e as imagens CCD/CBERS-2B onde, em geral, tais deslocamentos encontrados foram resultantes do processo de confecção e digitalização das cartas DSG. No entanto, em muitos casos, especialmente nas regiões mais planas, os deslocamentos foram oriundos das modificações fluviomorfológicas



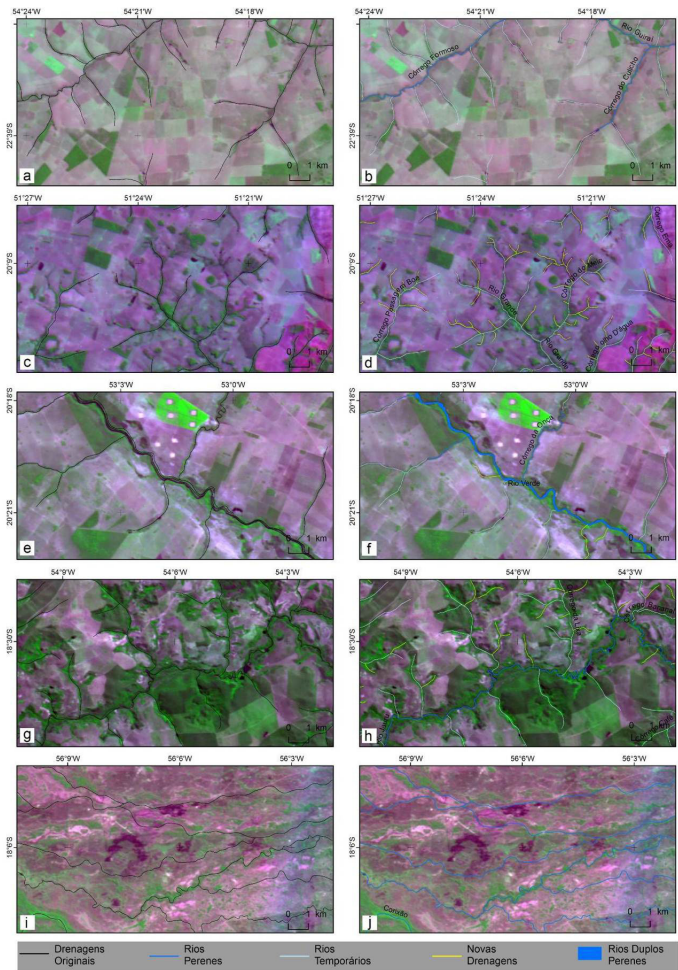
**Figura 7.** Mapa atualizado da rede de drenagens do Estado do Mato Grosso do Sul.

que ocorreram nos últimos 50 anos, resultando em discrepâncias entre a base original vetorial e as imagens CBERS do ano de 2007.

Algumas dificuldades foram encontradas nesse processo de ajuste vetorial, em especial por conta da resolução espacial das imagens CCD/CBERS-2B, que nem sempre permitiam a visualização dos rios e córregos. Nesses casos, a existência de matas ciliares ao redor das drenagens foi um fator importante para a interpretação visual e o correto delineamento dos rios. Nos casos de ausência da mata ciliar, utilizou-se como referência o modelo digital de elevação, que permitiu visualizar o padrão topográfico do terreno e identificar as regiões mais baixas. Nessa etapa, as imagens de alta resolução e o modelo digital de elevação, presentes na base de dados do Google Earth®, foram informações de grande importância para a compreensão e interpretação das imagens CCD/CBERS-2B. O *plug-in* utilizado para a correspondência instantânea entre o display do SIG e do Google Earth® tornou mais fácil e ágil esse processo de consulta.

Pelos recortes espaciais em escala mais detalhada, mostrados pela Figura 8, pode-se comparar os resultados alcançados em relação aos dados originais. Os recortes à esquerda mostram as drenagens antes do processo de correção e, os da direita, as drenagens corrigidas, atualizadas e nomeadas. A malha digital atualizada é composta por vetores lineares, representando as drenagens temporárias, perenes e novas, e de vetores poligonais, representando os rios duplos. As drenagens novas, em maior densidade nas Figuras 8d e 8h, mostradas em linhas amarelas, não estavam presentes na base original e foram mapeadas pela equipe da Embrapa Informática Agropecuária, não recebendo classificação quanto ao seu tipo, nem nomenclatura. Nos arquivos vetoriais das drenagens perenes e temporárias foi adicionada uma tabela de atributos, e os nomes dos rios, córregos, corixos, etc., que estavam presentes nas cartas DSG, foram cadastrados. Os rios duplos foram extraídos a partir do mapa do uso e cobertura da terra do estado, no qual os limites das margens foram identificados.

Nas áreas planas do Pantanal, ao oeste do estado, e em algumas regiões às margens do Rio Paraná, ao leste, o nível de dificuldade no processo de correção foi maior, por conta da baixa declividade e a impossibilidade de um melhor entendimento sobre o sistema de drenagem dessas áreas alagáveis. Em algumas áreas do Pantanal, conforme ilustram as Figuras 8i e 8j, as linhas originais não foram alteradas, em função da dificuldade na interpretação das imagens de satélite. A baixa declividade dessas áreas, aliada à ausência de padrões convencionais de drenagem, não permitiram a correção dos dados vetoriais nessas regiões, mesmo utilizando imagens de satélite obtidas em datas próximas ao período de seca do Pantanal.



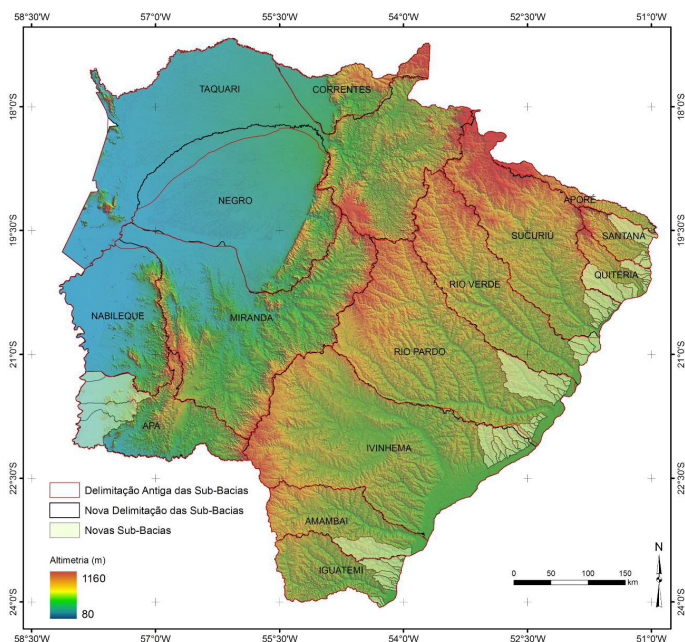
**Figura 8.** Re-cortes espaciais com detalhes das drenagens antes (à esquerda) e após (à direita) o processo de correção e atualização, sobrepostas às imagens CCD/CBERS-2B.

Também, nas áreas planas do Pantanal foram encontradas linhas de drenagem partindo ou desaguando em áreas alagadas (não mapeadas neste trabalho), fato que explica a razão de algumas dessas linhas estarem “soltas” no mapa, conforme se observou na Figura 7, em especial na sub-bacia do Rio Negro.

É importante ressaltar que os resultados aqui apresentados foram obtidos a partir da interpretação de imagens de média resolução espacial, cujo detalhamento é inferior às fotografias aéreas que deram origem ao mapeamento realizado pela DSG e que, portanto, são passíveis de erros. Apesar das dificuldades encontradas nas regiões alagáveis, a acurácia geométrica e a idade das imagens de satélite utilizadas permitiram alcançar uma significativa melhora na qualidade da malha digital de drenagens que o Estado do Mato Grosso do Sul tem à sua disposição.

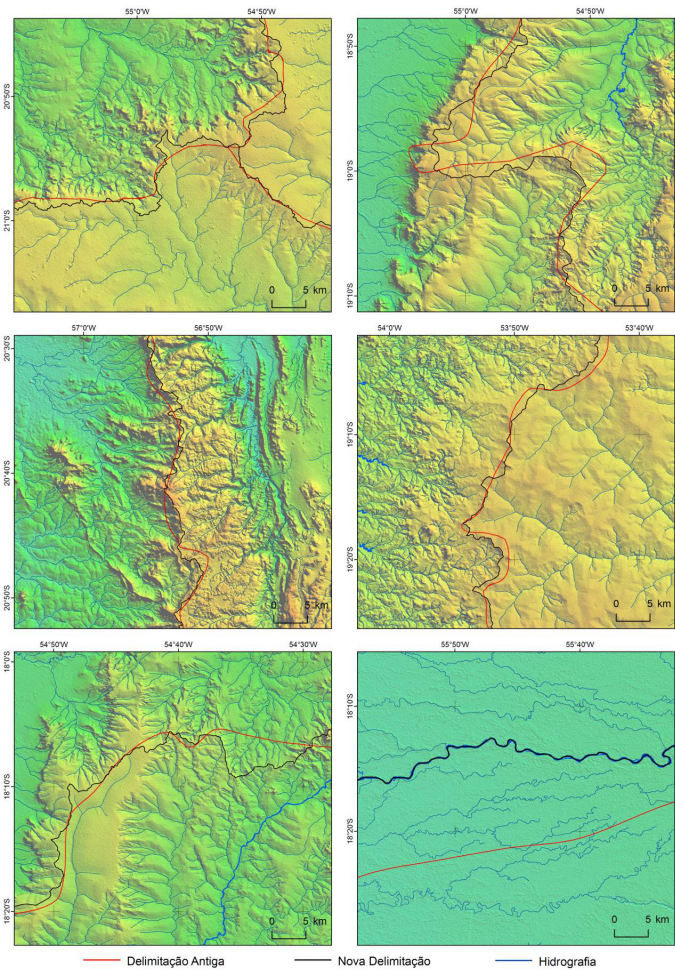
## Resultados do processo de redefinição dos limites geográficos das sub-bacias

A Figura 9 ilustra o mapa da nova delimitação das 15 UPGs do Estado do Mato Grosso do Sul (em linhas vermelhas) sobreposta à antiga delimitação (em linhas pretas). São representadas também novas sub-bacias identi-



**Figura 9.** Mapa com a nova delimitação das 15 UPGs do Estado do Mato Grosso do Sul e os limites das novas sub-bacias identificadas.

çadas que, mesmo inseridas nas UPGs do estado, contribuem diretamente com os rios Paraguai e Paraná, sob domínio da União. Detalhes dos resultados podem ser observados nas regiões ilustradas pela Figura 10, que representam áreas próximas aos divisores de água, nas quais é possível comparar, numa escala mais apropriada, os limites atuais das sub-bacias e sua nova delimitação, sendo sobrepostas também as malhas digitais da hidrografia na escala 1:100.000. Observa-se que os novos limites apresentaram-se em uma escala mais detalhada e mais coerente com a altimetria do estado.



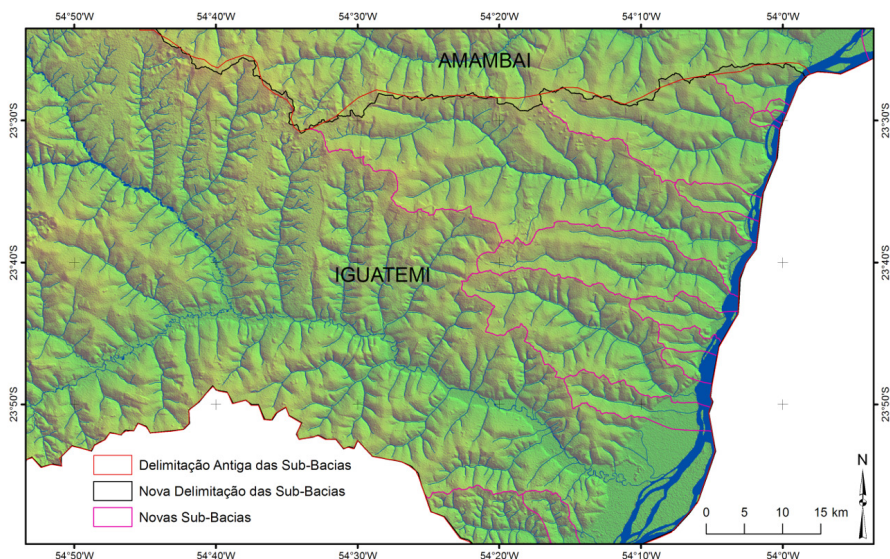
**Figura 10.** Re-cortes espaciais de seis regiões do estado e a comparação da delimitação atual com os novos limites das sub-bacias hidrográficas.

Muitas discrepâncias que ocorriam na delimitação antiga, por conta da escala do mapeamento, onde os limites das sub-bacias cruzavam linhas de drenagem, foram corrigidas. A tendência do novo delineamento foi seguir com maior rigor os divisores de água, representando, de forma mais fiel, a delimitação real dos limites das bacias. Obviamente, o nível de detalhamento alcançado ficou limitado à resolução espacial de 30 m do modelo digital de elevação utilizado no processo automático.

Em geral, os melhores resultados foram alcançados nas regiões com maior variação do relevo, onde o fluxo direcional pôde ser mais facilmente definido, permitindo cálculos mais precisos das áreas de contribuição. No entanto, 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 automático e, por consequência, as áreas de acúmulo hídrico não puderam ser definidas. Os algoritmos convencionais de processamento de MDEs, como o D8, apresentam falhas na definição da direção do fluxo hídrico em superfícies planas. Tais algoritmos se baseiam em comparações entre a elevação de uma célula do MDE e as elevações de suas oito células vizinhas. Porém, se estas têm as mesmas elevações, resultados ambíguos acabam sendo gerados (GETIRANA et al., 2009).

Nesses casos, conforme o último exemplo da Figura 10, tomou-se como referência o delineamento antigo das UPGs, que considerava como divisor o próprio leito do rio, sendo este redefinido com a ajuda das imagens de média resolução espacial CCD/CBERS-2B. Nessas regiões é fundamental um trabalho de campo para a correta interpretação e identificação dos limites hidrográficos, considerando que a dinâmica do regime anual das cheias da planície promove constantes alterações na hidrografia local. De fato, a delimitação automática de bacias em áreas planas tem se mostrado uma atividade de complexa execução, principalmente pela dificuldade de se gerar malhas de drenagem realísticas a partir dos modelos digitais de elevação convencionais, conforme discutido por Getirana et al. (2009).

Em relação às novas sub-bacias, foram identificadas 91 unidades visíveis na escala 1:100.000, sendo a maior parte delas em UPGs da bacia do Rio Paraná. A Figura 11 ilustra, numa escala mais detalhada, as novas sub-bacias identificadas na UPG do Rio Iguatemi. Nesse processo de identificação de novas sub-bacias foi fundamental a utilização de dados auxiliares, como as imagens CCD/CBERS-2B e a malha digital hidrográfica na escala 1:100.000, de modo a possibilitar um melhor entendimento do terreno e da lógica hídrica.



**Figura 11.** Novas sub-bacias desaguando no Rio Paraná, mapeadas na sub-bacia do Rio Iguatemi, no extremo sul do estado.

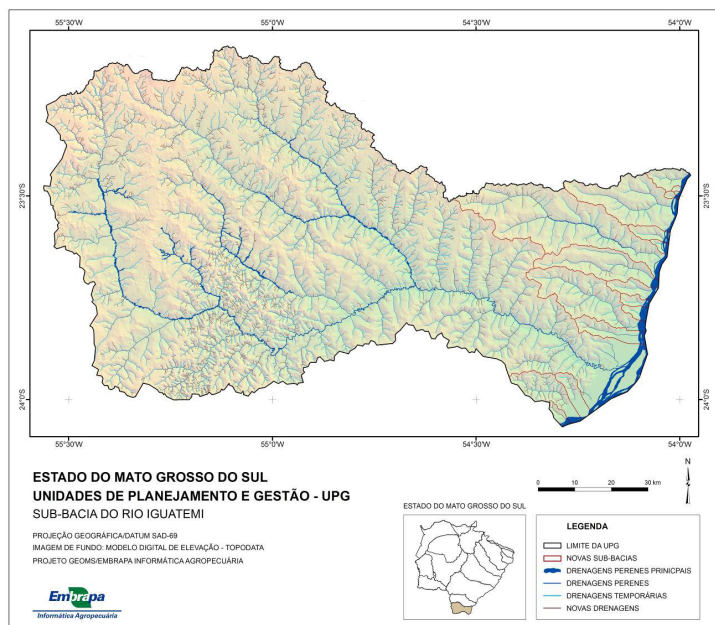
Considerando as novas sub-bacias desaguando diretamente no Rio Paraguai, foram mapeadas quatro unidades na sub-bacia do Rio Apa, no sudoeste do estado, conforme mostrou a Figura 9. Nesse caso, o algoritmo foi capaz de promover uma correta identificação dos divisores de água nas regiões com maior variação altimétrica (no centro da sub-bacia do Rio Apa), mas pouco ajudou na delimitação na planície, feita visualmente.

## Apresentação dos sistemas hídricos separados por sub-bacias ou UPGs

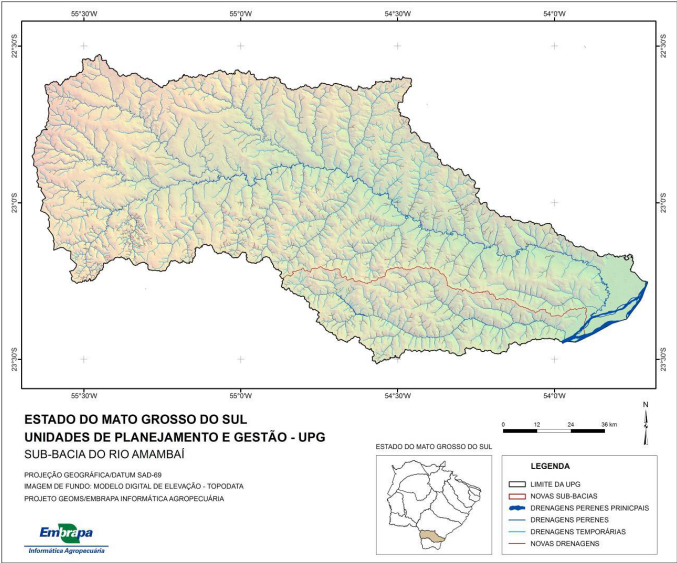
Considerando a definição de bacias hidrográficas como unidades territoriais para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos, a organização e a articulação da malha digital de drenagens em mosaicos de sub-bacias ou UPGs, ao invés de cartas na escala 1:100.000, é também um resultado desse processo, facilitando o manuseio dos dados e o carregamento das informações nos SIGs. A seguir são apresentados os conjuntos finais referentes às 15 UPGs do Estado do Mato Grosso do Sul.

### Sub-bacias inseridas na Bacia do Rio Paraná

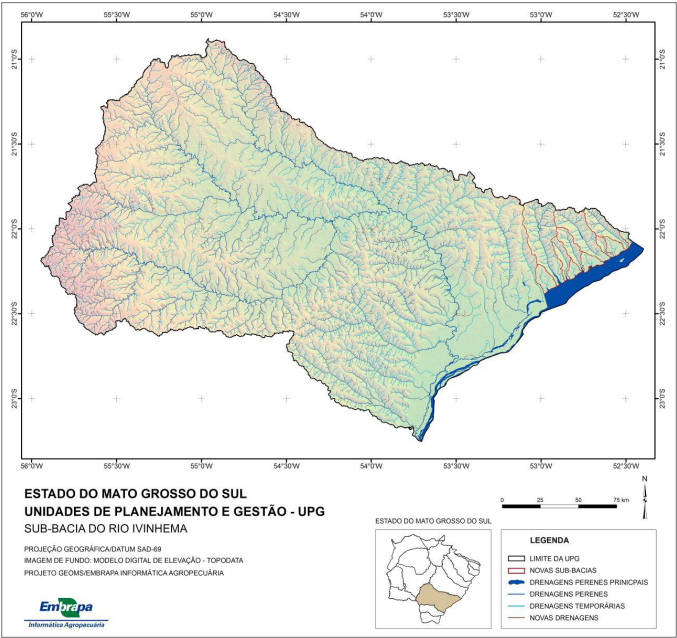
As Figuras 12 a 20 ilustram os conjuntos das sub-bacias inseridas na Bacia do Rio Paraná, ao leste do Estado do Mato Grosso do Sul.



**Figura 12.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Iguatemi, inserida na bacia do Rio Paraná.

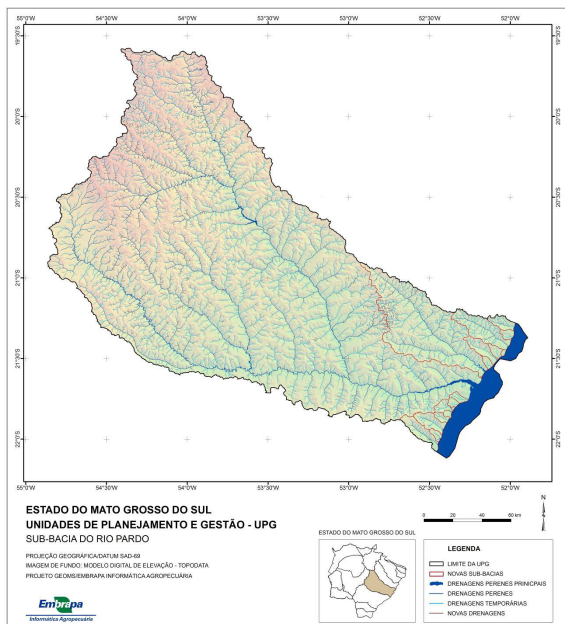


**Figura 13.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Amambai, inserida na bacia do Rio Paraná.

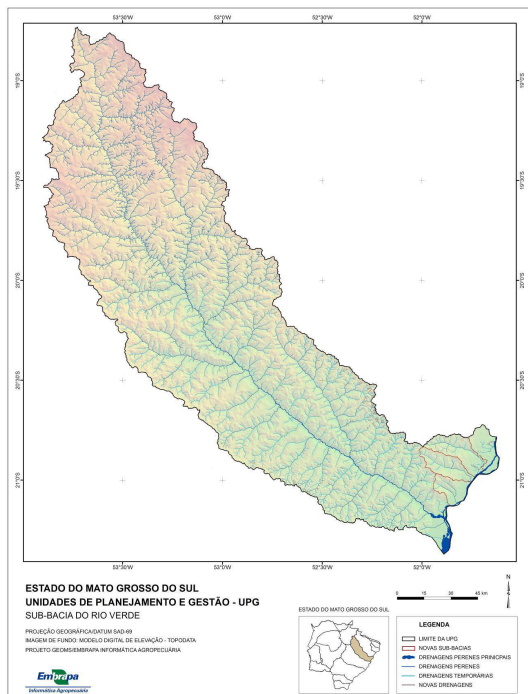


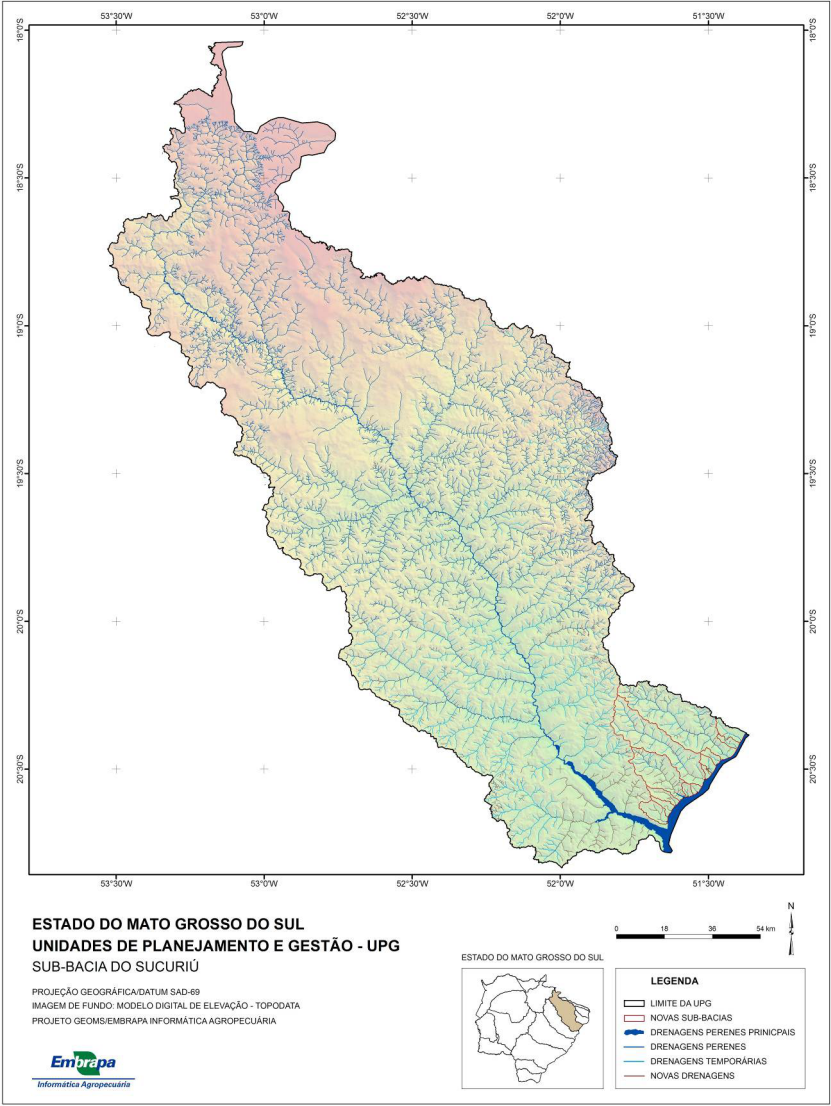
**Figura 14.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Ivinhema, inserida na bacia do Rio Paraná.

**Figura 15.**  
Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Pardo, inserida na bacia do Rio Paraná.

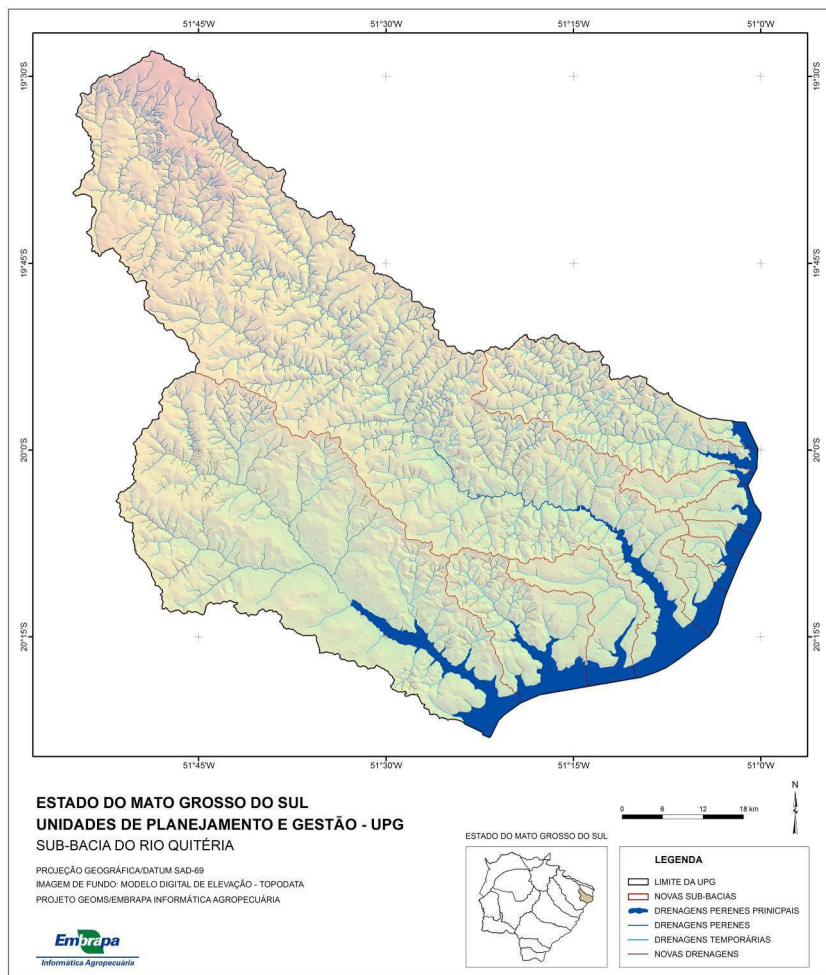


**Figura 16.**  
Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Verde, inserida na bacia do Rio Paraná.

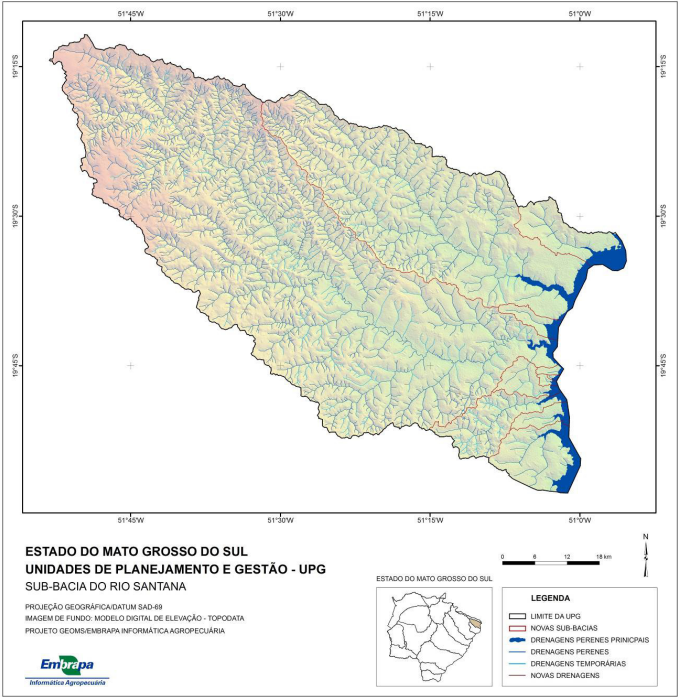




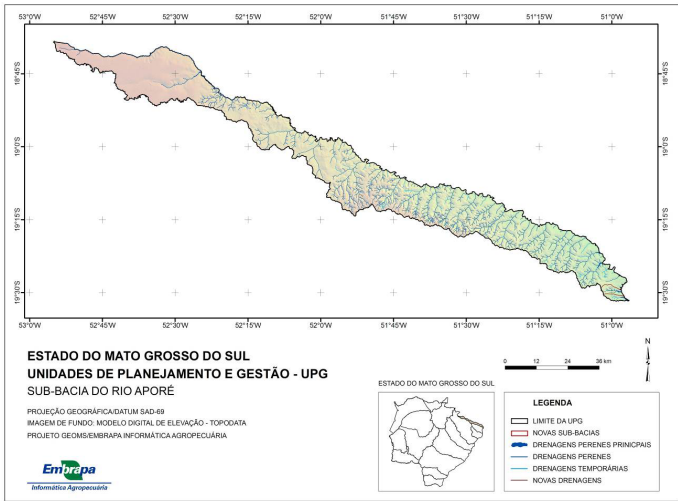
**Figura 17.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Sucuriú, inserida na bacia do Rio Paraná.



**Figura 18.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Quitéria, inserida na bacia do Rio Paraná.



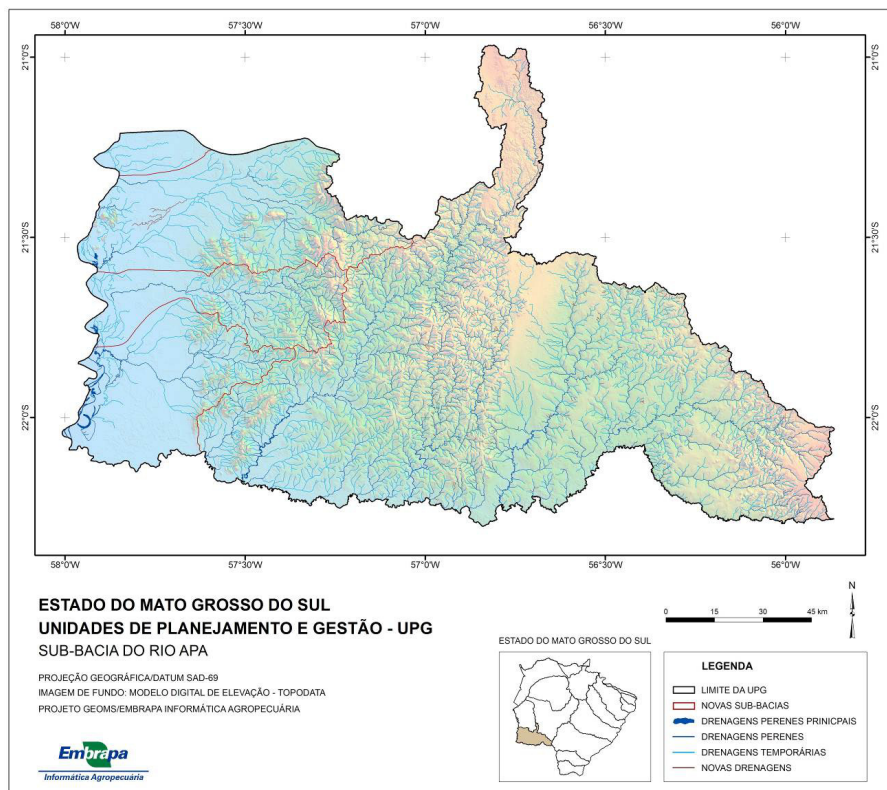
**Figura 19.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Santana, inserida na bacia do Rio Paraná.



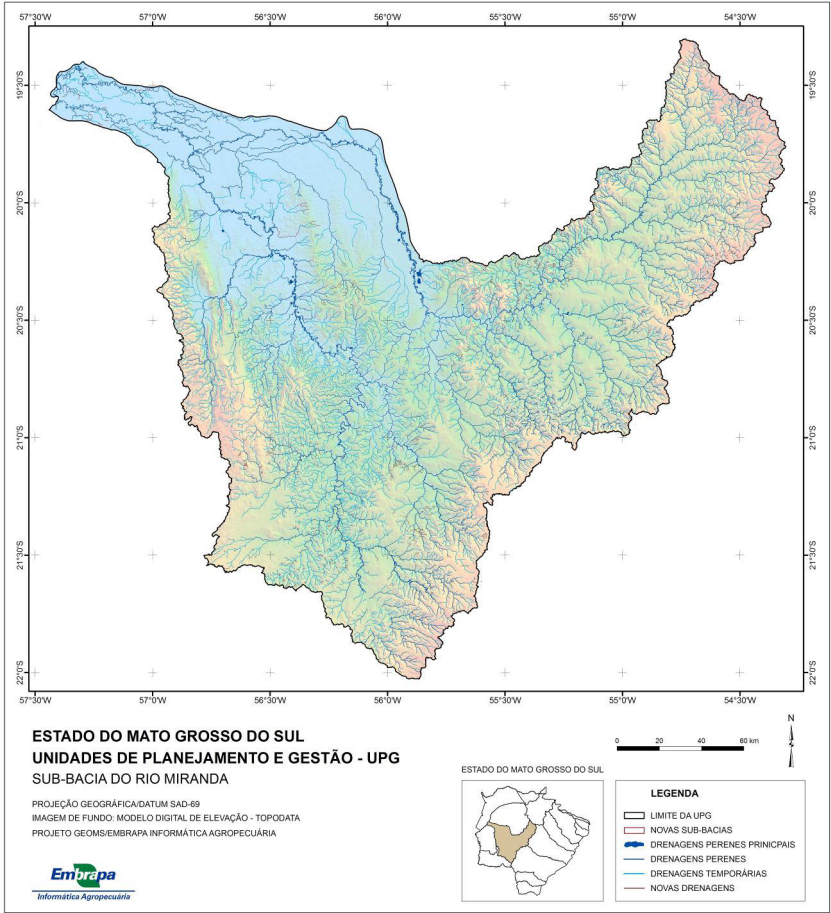
**Figura 20.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Aporé, inserida na bacia do Rio Paraná.

## Sub-bacias inseridas na Bacia do Rio Paraguai

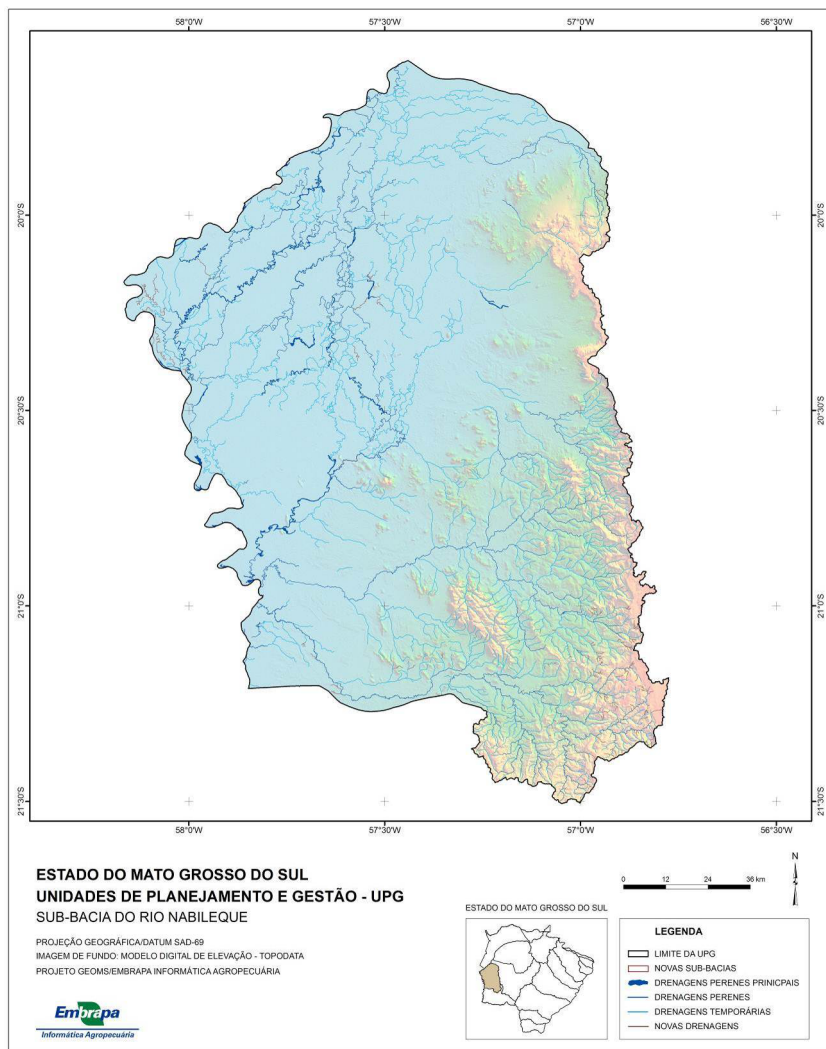
As Figuras 21 a 26 ilustram os conjuntos das sub-bacias inseridas na Bacia do Rio Paraguai, ao este do Estado do Mato Grosso do Sul.



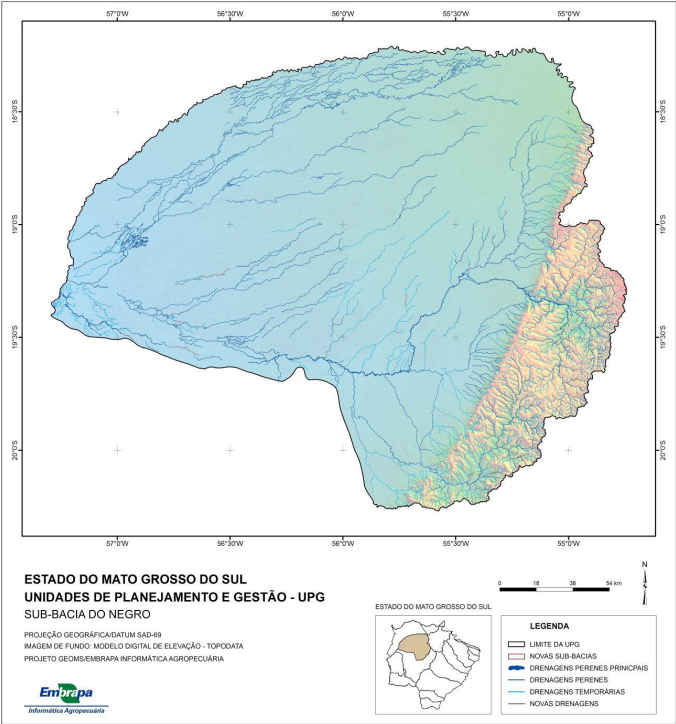
**Figura 21.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Apa, inserida na bacia do Rio Paraguai.



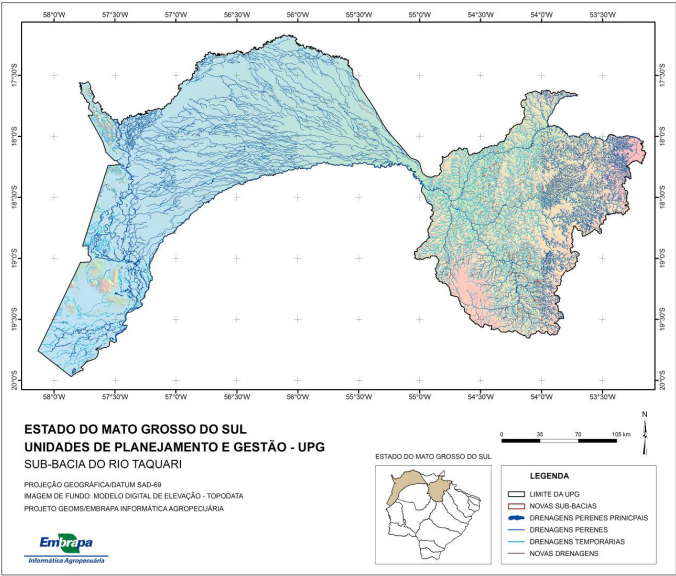
**Figura 22.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Miranda, inserida na bacia do Rio Paraguai.



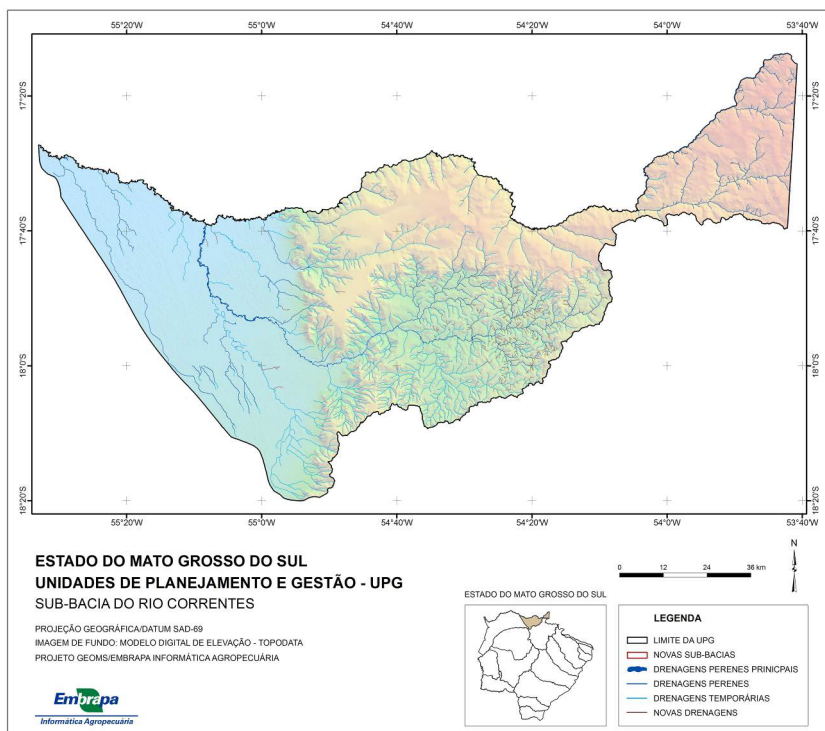
**Figura 23.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Nabileque, inserida na bacia do Rio Paraguai.



**Figura 24.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Negro, inserida na bacia do Rio Paraguai.



**Figura 25.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Taquari, inserida na bacia do Rio Paraguai.



**Figura 26.** Mapa final do sistema de drenagem e limites da sub-bacia do Rio Correntes, inserida na bacia do Rio Paraguai.

## Considerações finais

O uso do geoprocessamento e o sensoriamento remoto se mostrou apropriado nas atividades de atualização da rede digital hidrográfica do Estado do Mato Grosso Sul. Apesar das dificuldades encontradas na atualização das drenagens em áreas alagáveis, os resultados apresentados constituem-se como um avanço na qualidade das informações que o Estado do Mato Grosso do Sul tem à sua disposição, referentes aos seus recursos hídricos. Sua disponibilização no Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (Sisla) irá contribuir na acurácia das consultas espaciais conduzidas pelo sistema e no processo de licenciamento ambiental.

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. Esses resultados também se constituem como um avanço na qualidade das informações que o Estado do Mato Grosso do Sul tem à sua disposição, no que tange os limites geográficos de suas sub-bacias hidrográficas.

O conjunto de dados vetoriais, resultante das atividades aqui apresentadas, será disponibilizado pelo Sista e poderá contribuir no gerenciamento mais detalhado dos recursos hídricos do estado do Mato Grosso do Sul. Os mapas digitais da rede hidrográfica poderão contribuir na acurácia das análises de entorno e consultas espaciais realizadas pelo sistema para a avaliação de processos de licenciamento ambiental no estado, em especial na definição das APPs ao longo de cursos d'água.

Ressalta-se que o processo de atualização de mapas de recursos naturais deve ser contínuo e, nesse sentido, o sensoriamento remoto pode ser considerado uma fonte de informações permanente por conta da sua regular atualização e do desenvolvimento de novos sensores com melhores resoluções espaciais.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2008.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS 9.2 desktop help**. 2011. Disponível em: <[http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Flow\\_Direction](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Flow_Direction)>. Acesso em: 10 jun. 2011.

GETIRANA, A. C. V.; BONNET, M. P.; ROTUNNO FILHO, O. C.; MANSUR, W. J. Improving hydrological information acquisition from DEM processing in floodplain. **Hydrological Processes**, v. 23, p. 502–514, 2009.

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.

MARTZ, L. W.; GARBRECHT, J. LIANG, C.; MACKAY, D.S. Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from Digital Elevation Models. **Computer & Geosciences**, v. 18, n. 6, p.747-761, 1992.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS: UEMS, 2010. 194 p.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J.A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

NASA. Jet Propulsion Laboratory. **The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) – The Mission to Map the World**. 2008. Disponível em: <[www2.jpl.nasa.gov](http://www2.jpl.nasa.gov)>. Acesso em: 20 dez. 2012.FNASA

PROJETO GeoMS. 2012. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/projeto/geoms/>>. Acesso em: 8 nov. 2012

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.

ROCHA, O.; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: ESPÍNDOLA, E. L. G. et al. (Org.). **A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho**. São Carlos: Rima, 2000. p.1-16.

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M.; POTT, V. J.; SANTOS, K. R. **Cobertura vegetal e uso da terra do estado de Mato Grosso do Sul**. Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, 64 p. 2011

SISLA. Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental. 2012. Disponível em: <<http://sisla.imasul.ms.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

SPERANZA, E. A.; ESQUERDO, J. C. D. M.; SILVA, J. V. S.; ANTUNES, J. F. G.; LOURENÇO, F. V.; CEZAR, V. M. Sisla – Interactive System For Environmental Licensing Support. **Geografia**, v. 36, Número Especial, p. 57-72, 2011.

TOPODATA. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. 2010. 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.



---

*Informática Agropecuária*

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

