

APROVEITAMENTO DO POTENCIAL DE DADOS SRTM NA GERAÇÃO DE PRODUTOS DE COMUNICAÇÃO E NA ATUALIZAÇÃO DE MAPA DE DRENAGEM PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Charles Rezende Freitas¹, Ana Clara Mourão Moura¹, Luciano Vieira Dutra^{1,2}, Gustavo dos Reis Melo¹, Omar dos Santos Carvalho³, Corina da Costa Freitas²

1 Laboratório de Geoprocessamento – IGC – UFMG. Av. Antônio Carlos 6627 – 31270-901 – Belo Horizonte - MG, Brasil {anaclara, charlesrf}@ufmg.br

2 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil {dutra, corina}@ltid.inpe.br

3 Centro de Pesquisas René Rachou/Fiocruz-MG omar@cpqrr.fiocruz.br

Palavras-chave: remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

INTRODUÇÃO

As imagens obtidas pelo SRTM – Shuttle Radar Topography Mission têm garantido amplas aplicações nos estudos espaciais, desde os processos de comunicação visual até a produção de cartografia básica de precisão e mapas de análise espacial.

Nos testes com o uso do SRTM aplicamos metodologias de destaque de informações topográficas que têm sido muito úteis para aplicações de geoprocessamento destinado ao turismo, mas que podem se estender também a quaisquer utilizações que visem a compreensão da morfologia de um território.

Por outro lado, a utilização do SRTM é base para a geração de produtos resultantes de análises topográficas, entre as quais destacamos, no presente trabalho, a composição de novo mapa de recursos hídricos para o estado de Minas Gerais – Brasil.

Os estudos de distribuição de drenagem em Minas Gerais fazem parte de uma pesquisa maior, que propõe o emprego de recursos de geoprocessamento, mais especificamente na organização de um Sistema de Informações Geográficas, para promover a integração de um conjunto de dados cadastrais, cartográficos e oriundos de análises espaciais por sensoriamento remoto, visando caracterizar a esquistossomose mansoni e os hospedeiros intermediários do *S. mansoni* no Estado de Minas Gerais. Objetiva-se inicialmente determinar as relações entre variáveis ambientais e a distribuição da doença e dos moluscos, para então desenvolver modelos que possam ser utilizados, por extrapolação, para prever o risco da esquistossomose em áreas nas quais não existem dados disponíveis.

A CONSTRUÇÃO DE MODELOS DESTINADOS À COMUNICAÇÃO VISUAL

Um dos campos de aplicação dos recursos de geoprocessamento reside na composição de produtos que ajudem o usuário, e até mesmo o usuário leigo, a compreender o território mapeado. As imagens de satélite, as ortofotos ou mesmo os mapas temáticos hipsométricos podem ter suas capacidades de informação potencializadas se combinadas com produtos SRTM.

A CONSTRUÇÃO DE UM SIG E O PAPEL DA VARIÁVEL “RECURSOS HÍDRICOS” NOS MAPEAMENTOS

Na revisão bibliográfica sobre o tema, verificou-se a produção de estudos semelhantes na China, na Etiópia e na Bahia, e todos eles elegem como variáveis de análise espacial a vegetação (NDVI), a variação de temperatura e o número de meses secos (CARVALHO,1988), (BAVIA,1999) (BAVIA,2001) (BECK,1999) (e (MENDES,2001). Contudo, os estudos com os especialistas da área nos informaram que a doença só ocorre com a existência de hospedeiro intermediário, e que este só vive em coleções hídricas (brejos e represas ou córregos e riberões). Os cursos d'água não devem apresentar fluxos de velocidade da água acima de 29

cm/s, pois caso contrário o caramujo não se fixa, e a presença de matéria orgânica favorece as coleções hídricas. Em períodos de seca ocorre maior concentração de caramujos e aumenta a difusão da doença.

Diante das informações, observou-se que o estudo sobre a influência dos cursos e corpos d'água seria fundamental, uma vez que esta é a variável indispensável para a ocorrência do hospedeiro intermediário. A contemplação desta variável constitui contribuição expressiva aos estudos sobre a esquistossomose, pois visa a criação do índice de acessibilidade à água e a análise da correlação entre esta variável e o fenômeno, assim como de sua participação no conjunto de variáveis que propiciam a ocorrência do caramujo e da doença. A produção deste índice gera produtos secundários de grande interesse para Minas Gerais, pois fornece um retrato da distribuição hídrica no estado.

METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A pesquisa baseou-se em duas etapas de tratamento de dados: inicialmente concentrou-se na manipulação de informações vetoriais existentes, para então propor a geração de informações a partir de imagens SRTM.

O processo baseia-se na transformação RGB em IHS, com o objetivo de destacar a intensidade. Trabalha-se, mais especificamente, no canal I, uma vez que ela guarda a luminosidade da imagem, mas ao se transformar novamente de IHS par RGB, o destaque pode ser verificado nas 3 bandas.

O primeiro passo é a própria transformação IHS. Dos canais obtidos separa-se o I, no qual é feita a média entre a sombra do SRTM e o próprio I. O procedimento retrata a mesma metodologia de realce de bordas, utilizando filtros de detecção de bordas.

Uma vez produzida a média, retorna-se do IHS para o RGB, sendo o novo I aquele obtido pelo resultado da operação de destaque. O que se obtém é um realce das estruturas e lineamentos que antes eram pouco visíveis na imagem, conforme figuras 1, 2 e 3.

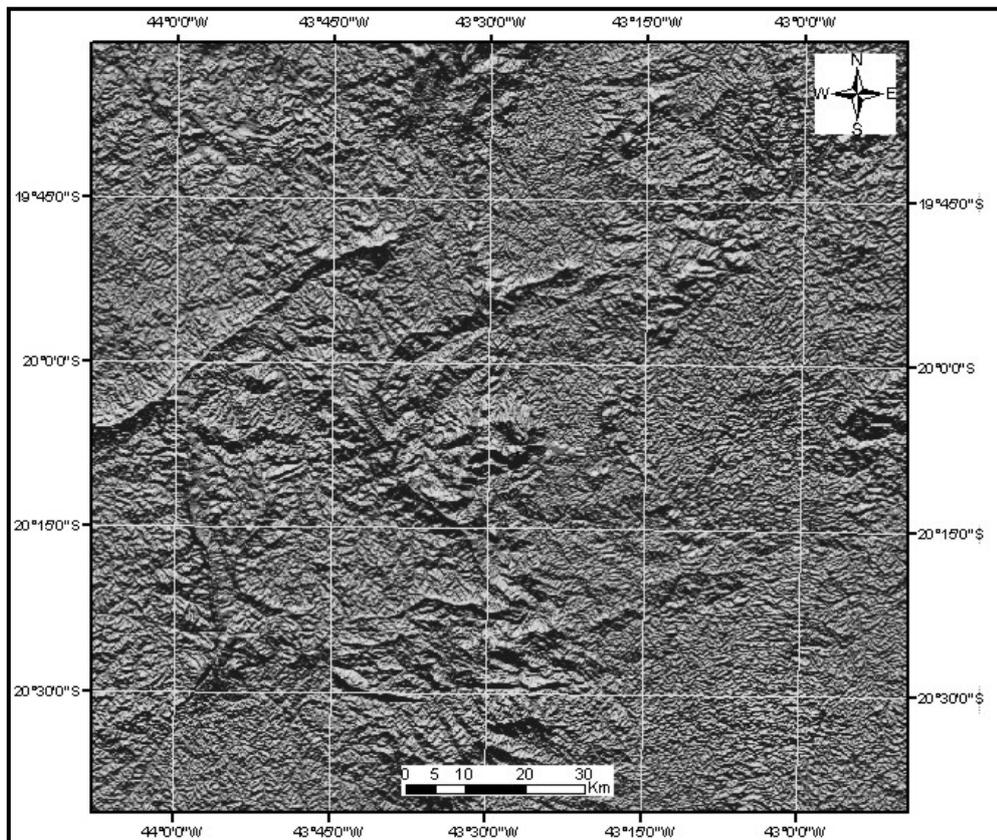


Figura 1 – Imagem SRTM de 2000 sombreada segundo azimute 180 graus e elevação 45 graus. Aplicativo utilizado: Spring/INPE.

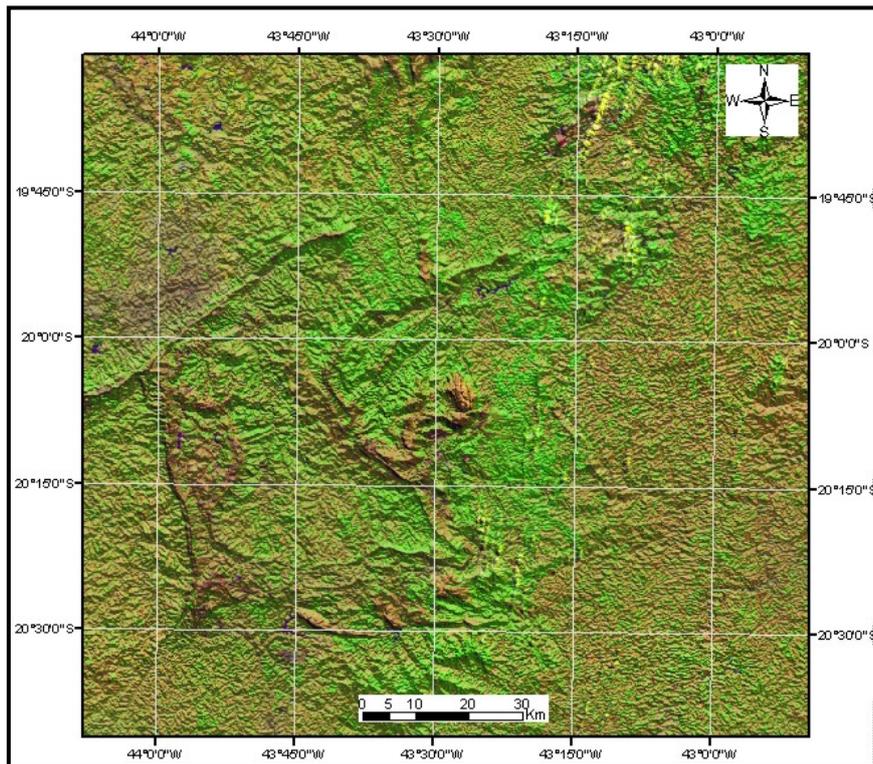


Figura 2 – Imagem Landsat de 2000 obtida a partir do site da Universidade de Maryland (USA) e com o destaque da topografia obtido por fusão com o sombreamento SRTM no espaço IHS. Aplicativo: Spring/INPE.

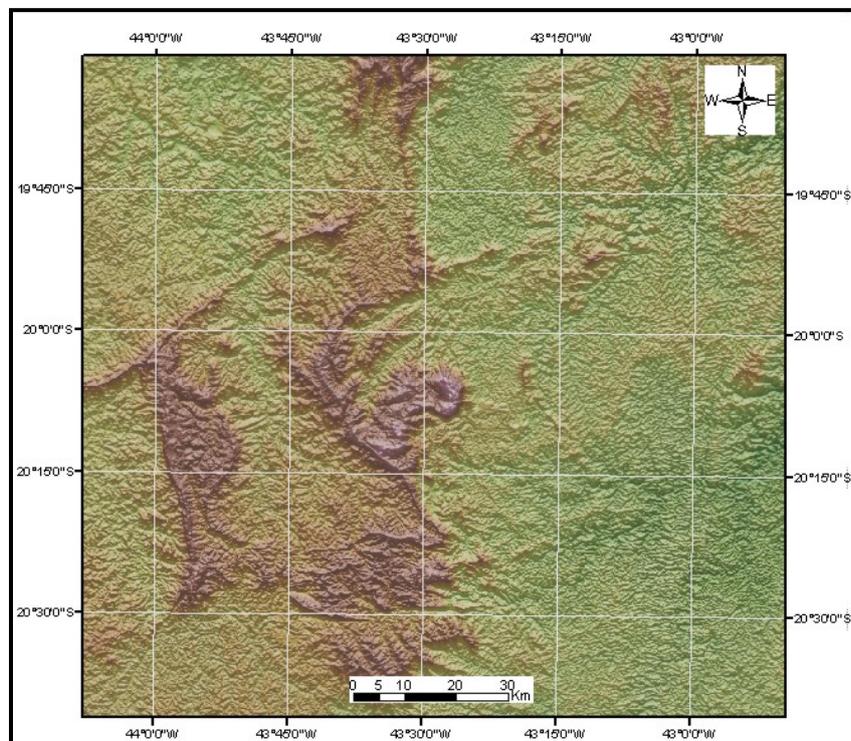


Figura 3 – Mapa hipsométrico obtido por fatiamento com destaque da topografia obtida por fusão com o sombreamento SRTM no espaço IHS. Aplicativo: Spring/INPE.

ELABORAÇÃO DE DADOS DE HIDROGRAFIA – ESTUDOS A PARTIR DE ARQUIVOS VETORIAIS

Antes de se optar pela adoção do SRTM no mapeamento e desenvolvimento de modelos representativos dos recursos hídricos, tentou-se aproveitar uma rica coleção de dados já disponíveis para o estado de Minas Gerais.

O estado já conta com coleção de arquivos vetoriais digitalizados a partir dos mapas topográficos do IBGE, em escala 1:50.000 e 1:100.000. Trata-se do projeto Geominas, que disponibilizou as informações com atributos associados, permitindo tanto o aproveitamento dos dados cartográficos, como também das associações de tabelas alfanuméricas. No caso dos dados para a pesquisa em desenvolvimento, as tabelas de informações cartográficas das curvas de nível e pontos cotados já apresentavam associações com atributos relativos à altimetria, o que facilitaria a geração de modelos digitais de elevação, mas optou-se por gerar esta informação a partir do SRTM. Do conjunto de dados disponíveis, as informações cartográficas sobre os cursos d'água foram exploradas para a construção de um primeiro estudo sobre a acessibilidade hídrica.

O princípio adotado foi o de converter os dados vetoriais para matriciais, e indicar na matriz os *pixels* correspondentes à presença da água. Esta representação permite a verificação do número de *pixels* por unidade territorial de integração que representem os cursos d'água, destacando o grau de acessibilidade aos recursos hídricos. O número de *pixels* relata não só o grau de presença da água, mas a geometria dos cursos, pois quanto mais irregular o percurso da água, menor a velocidade do curso e maior o número de *pixels* identificados (**Figura 4**). Para o estudo específico da esquistossomose, devem ser destacadas as áreas de alta concentração de água e com baixa velocidade de deslocamento, e interessam somente as bordas dos cursos d'água, onde podem se fixar os caramujos.

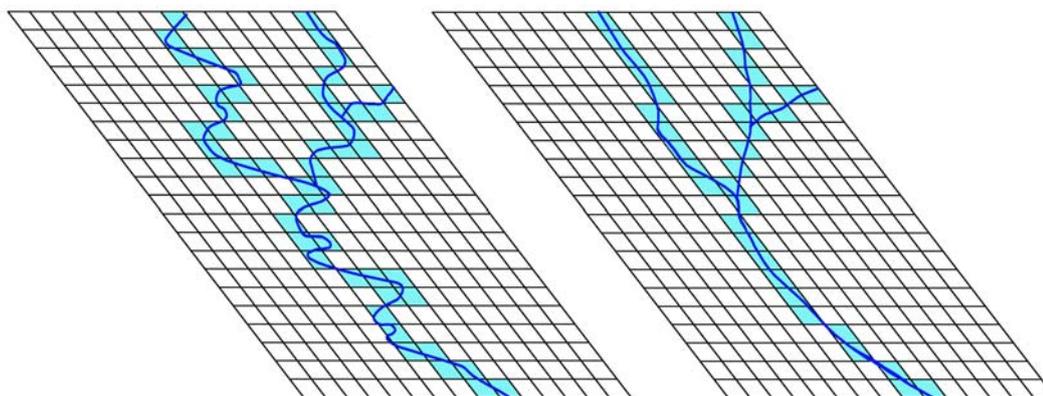


Figura 4 - A figura da esquerda exemplifica curso d'água sinuoso e com maior número de *pixels* relacionados. A figura da direita exemplifica curso d'água mais retilíneo, com menor número de *pixels* relacionados.

O roteiro metodológico deste procedimento com os dados vetoriais pode ser resumido nas seguintes etapas:

a) Os dados de drenagem do Estado de Minas Gerais, disponíveis para o software MapInfo, foram convertidos para *polyline*, pois só interessavam as bordas dos cursos d'água, uma vez que os caramujos não são encontrados distantes das bordas ou em corpos d'água de maior fluxo e volume. As polilinhas foram exportadas para *shapefile* (para serem trabalhadas no ArcView) com Datum SAD69 e Coordenadas Lat/Long;

b) No software ArcView os arquivos vetoriais foram mosaicados em um só arquivo de drenagem do estado de Minas Gerais;

c) Os vetores foram então convertidos para formato matricial com *pixel* de 25 por 25 metros. As fontes cartográficas de 1:50.000 e 1:100.000 permitiriam a adoção de *pixels* de 10 metros ou de 20 metros, mas a escolha da resolução para a conversão foi justificada pela necessidade de cruzamento do plano de informação sobre acessibilidade hídrica com outras

informações, como o uso do solo e os índices de vegetação, obtidas a partir da imagem Modis, cuja resolução é de 250 metros. A divisão da matriz em *pixels* de 25 metros, quando classificados para uma área de 250 metros, resulta em 100 *pixels*, de modo que o número de *pixels* identificados como drenagem no conjunto significa um índice em 100%.

d) A matriz gerada foi reclassificada para que houvesse somente valores 0 e 1, onde o 1 indica pixel registrado como parte do curso d'água.

e) Na matriz foi aplicada a estatística de vizinhança binária, com saída igual a 25 metros e máscara de 10x10 células. Os arquivos manipulados estavam todos com extensão *.img (Erdas Imagine), pois foi a matriz que deu melhor resposta na reamostragem através do software ENVI. Porém, ao se levar o arquivo de Estatística de Vizinhança do ArcView para o ENVI, o cabeçalho não se manteve, o que exigiu novo georreferenciamento.

f) Uma vez georreferenciado o arquivo no ENVI, a matriz foi reamostrada para *pixel* de 250 metros (**Figura 5**).

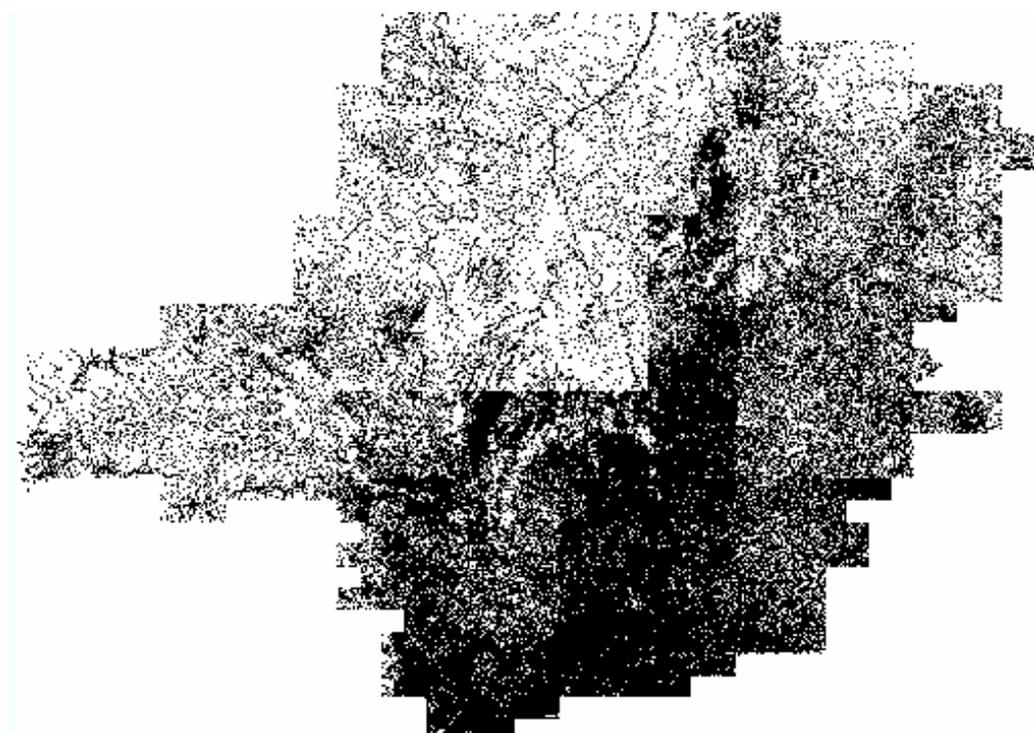


Figura 5 - Índice de Águas - estatística de vizinhança com pixel de 25m e reamostrado para 250 m com dados retirados da base Geominas. Feições geométricas da drenagem.

A análise do mapa final mosaicado de todo o estado de Minas Gerais, e já reamostrado, levantou um problema até então não observado: surgiram manchas muito geométricas, coincidentes com os contatos entre as folhas do IBGE, e que não se limitavam a diferenças de escala. Já havia sido prevista a possibilidade de ocorrência de problemas devido à diferenças de escala, pois o conjunto cartográfico do estado conta com mapas apenas na escala 1:100.000 para a região norte do estado. Caso fosse esta a única limitação, seria aplicado um filtro de homogeneização de escala, estudado da seguinte forma: seriam adotados dois produtos de diferentes escalas de uma mesma região, eles seriam convertidos para arquivo matricial usando como dimensão de pixel as respectivas resoluções cartográficas (10 metros e 20 metros), e finalmente seria estudada a relação entre pixels rios (valor 1) e pixels não-rios (valor 0), pois esta proporção, independente da escala, deve se manter equivalente.

Contudo, o problema não se concentra nas áreas de mudança de escala, mas desenha manchas retilíneas no estado, demonstrando claramente que houve mudança de metodologia nos mapeamentos, pois a coleção de mapas de Minas Gerais foi elaborada em diferentes épocas. Foram testados filtros para redução dos contrastes, mas sem melhores resultados.

ELABORAÇÃO DE DADOS A PARTIR DO SRTM

Diante da dificuldade de aproveitamento dos dados vetoriais existentes, optou-se pela adoção do Modelo Digital de Elevação obtido pela missão SRTM/USGS para a realização de testes de representação da hidrografia e produção dos índices de presença da água

O tratamento da imagem SRTM foi inicialmente realizado no aplicativo Envi, com o objetivo de seleção de canaletas (*channel*), que correspondem aos talwegues definidos pela topografia.

A classificação obtida por *pixel* foi então agrupada por município, gerando um mapa de médias da drenagem por esta unidade de análise. Uma vez obtido o mapa de classificação a partir de informações do SRTM, e já tendo sido feito o mapa a partir de classificação do arquivo vetorial cuja fonte eram os mapas topográficos do IBGE, seria importante comparar os resultados.

Observados os mapas, nota-se uma significativa diferença entre a distribuição da concentração de talwegues ou canaletas de provável passagem de cursos d'água. Nas figuras abaixo, a da esquerda refere-se ao mapa de concentração de cursos d'água gerados a partir dos dados do IBGE (Geominas) e a da direita refere-se também ao mapa de concentração de canaletas gerado a partir das imagens SRTM. Ambos retratam significativa concentração de recursos hídricos no sul do estado e a baixa presença no norte e oeste, mas distribuem a faixa de concentração principal em regiões diferentes do estado (Figura 8). Seria então importante realizar novo estudo, com outros recursos, para identificação do melhor produto.

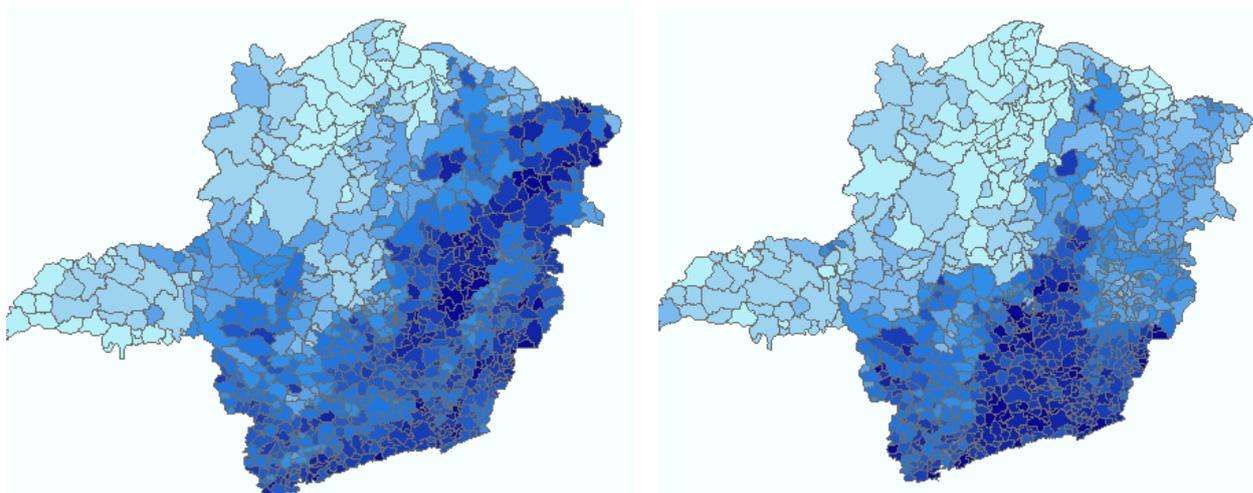


Figura 8 – À esquerda mapa de concentração de canaletas gerados a partir dos dados do IBGE (Geominas) e à direita mapa de concentração de canaletas gerado a partir do SRTM.

Os novos estudos foram realizados com os recursos do aplicativo Spring, que classifica a imagem SRTM e seleciona *pixels* correspondentes aos talwegues, definidos a partir de um limiar. Trata-se de aplicação do modelo de definição de área acumulada, que estuda o fluxo de água a montante de um determinado ponto. Para a geração do estudo de área acumulada, é necessário que já tenha sido gerado o mapa de direção de escoamento ou direção de fluxo. Uma vez obtido o mapa de fluxo, a área acumulada é obtida somando as células na direção do fluxo.

A partir do cálculo de área acumulada é então possível definir a rede de drenagem, que é representada pelas células cuja acumulação seja maior que um limiar definido. Este procedimento destaca os talwegues formados pela topografia, de modo que uma boa definição de limiar requer trabalho de campo e conhecimento da área para identificação do valor a partir do qual uma canaleta ou talwegue serão definidos como componentes da rede de drenagem.

É importante destacar que a correta definição da *saturação* requer estudo de tipos de solo e outras variáveis que dão o grau de concentração e manutenção da água no solo. Contudo, no presente estudo, optou-se por denominar a aplicação do modelo como índice de *molhamento* devido ao enfoque dado somente a fatores topográficos, e tendo em vista o

objetivo específico do trabalho, que é a identificação de área com maior presença de água empossada e com baixa velocidade de fluxo. Não interessa ao estudo da esquistossomose a presença de grandes corpos d'água, uma vez que o caramujo só se fixa nas bordas desses elementos, onde há a combinação entre água pouco movimentada e vegetação.

Uma vez estudados os modelos disponíveis para interpretação topográfica e geração de dados de drenagem, foi utilizado o software Spring para gerar a rede de drenagem a partir das imagens SRTM, com cuidado especial para escolha do limiar definidor dos *pixels* pertencentes à rede. Inicialmente foram testados limiares aleatórios, para simples comparação dos produtos obtidos com o mapa já existente, cuja fonte era a vetorização realizada pelo projeto Geominas a partir de mapas topográficos do IBGE (escala 1:50.000 e 1:100.000) (**Figura 9**).

Para correta definição do limiar definidor da rede de drenagem, foram consultados croquis de campo realizados por técnicos da Secretaria Estadual de Saúde de MG. Para realizarem seus trabalhos de campo e identificarem os pontos de pesquisa e as áreas de ocorrência da doença e de caramujos, os técnicos desenham croquis e anotam informações sobre os cursos d'água aonde realizaram seus trabalhos. Diante destes croquis é possível identificar os cursos d'água realmente existentes nas áreas visitadas por estes profissionais, e não a "possibilidade de existência de água", que é o que significa o mapeamento da canaleta. A identificação dos cursos d'água pela toponímia anotada ou pela geometria da representação, ainda que na forma de croquis, foram utilizados como referência para definição do limiar, resultando em mapa que realmente representa a existência de coleção hídrica (**Figura 10**).

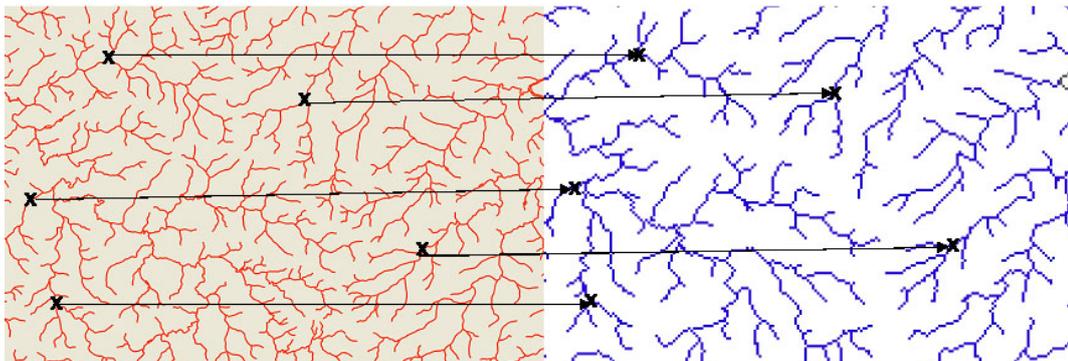


Figura 9 – a) Rede de drenagem a partir do Geominas b) Rede de drenagem a partir do SRTM (topografia e drenagem do IBGE) (obtido no Spring)

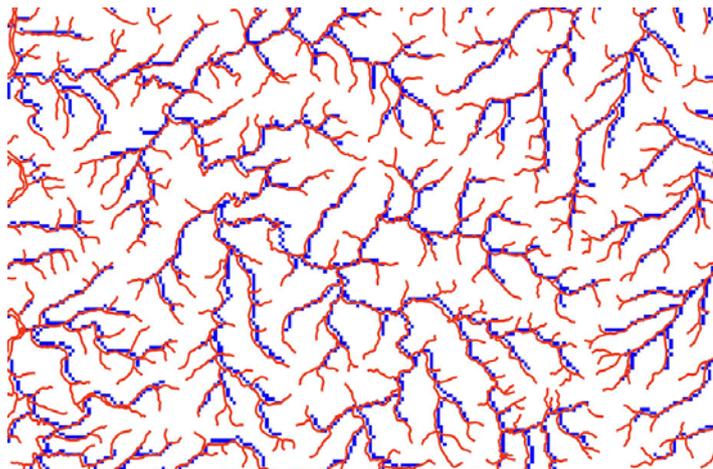


Figura 10 - Sobreposição dos resultados Geominas (vetorização do IBGE) e drenagem a partir do SRTM

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Comparando os resultados obtidos a partir dos estudos no SRTM com o produto vetorial Geominas existente para Minas Gerais, é importante observar que a resolução do SRTM é de *pixel* de 90 metros, e a resolução do IBGE pode ser dada pelo padrão de exatidão cartográfica. Isto significa que um mapa na escala 1:100.000, se classificado como padrão A, apresenta resolução de 0,2 mm na escala do mapa, o que corresponde a 20 metros. O mesmo mapa se classificado como padrão B apresentaria resolução de 50 metros, e no padrão C apresentaria resolução de 80 metros. Assim, estamos comparando produtos de menor resolução (SRTM) com produtos de maior resolução (topográfico do IBGE em escalas 1:100.000 ou 1:50.000).

No estudo específico do mapeamento da esquistossomose, os dados vetorizados pelo Geominas a partir das cartas topográficas do IBGE foram convertidos em matriciais, ainda na etapa de tentativa de classificação do índice de presença de água partir de rede hidrográfica contida nestas fontes. Para a identificação do grau de presença de água o arquivo vetorial foi convertido para uma matriz com *pixels* de 25 metros, classificada em células de 250 metros.

Ainda assim, o estudo é válido, pois mesmo apresentando pior resolução, o trabalho com o SRTM pode possibilitar a atualização de dados da rede hidrográfica de extensas áreas de modo bastante facilitado, com a vantagem de ser organizado pela mesma equipe e pelo mesmo processo metodológico, sem riscos de desigualdades de classificação.

Para ajustar o limiar de identificação de *pixels*, de modo que a drenagem gerada a partir do SRTM realmente substituísse a fornecida pelo IBGE, a pesquisa contou com a existência de croquis de campo elaborados por técnicos da Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais, que realizam seus trabalhos de coleta de amostras para identificação de focos de caramujos baseados em desenhos dos cursos d'água percorridos. Estes croquis não têm qualquer precisão geométrica ou de georreferenciamento, mas representam os cursos d'água encontrados nos deslocamentos em campo, confirmado a presença de cada afluente da rede hidrográfica. De posse desses croquis foi calibrado o limiar de representação da rede de drenagem, para que ela realmente retratasse a hidrografia existente, e não somente os talwegues definidos pela topografia.

Como desenvolvimento futuro estão previstos os estudos sobre a combinação entre declividade e cursos d'água, objetivando a produção do índice de molhamento, semelhante ao denominado *wetness index*, embora este último aborde também variáveis do solo para suas correlações específicas. Também como desenvolvimento futuro, uma vez bem caracterizada a questão das coleções hídricas no estado, será estudado o papel da variável água na distribuição espacial da esquistossomose em Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvalho OS, Rocha RS, Massara CL, Katz N 1988. Primeiros casos autóctones de esquistossomose mansoni em região do noroeste do Estado de Minas Gerais (Brasil). Rev Saúde **Pública**. S Paulo 22: 237-239.
- Bavia ME, Hale LE, Malone JB, Braud DH, Shane SM 1999. Geographic information systems and the environmental risk of Schistosomiasis in Bahia, Brazil. American Journal of Tropical Medicine Hyg 60(4): 566-572.
- Bavia ME, Malone JB, Hale L, Dantas A, Marronl L, REIS R 2001. Use of thermal and vegetation index data from earth observing satellites to evaluate the risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil. **Acta Tropica** 79: 79-85.
- Beck LR, Rodrigues MH, Dister SW, Rodrigues AD, Washino RT, Roberts DR, Spanner MA, 1997. Assesment of a remote sensing-based model for predicting malaria transmission risk in village of Chiapas. México. American Journal of Tropical Medicine Hyg 56: 99-106.
- Mendes, C.A.B., Cirilo, J.A. Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação. Porto Alegre, Ed. ABRH, 2001, 536 p.

CRÉDITOS

Os autores reconhecem o suporte do CNPq (processos 309922/03-8 ; 300927/92-4) e Fapemig (processo EDP 1775/03; Bolsa IC para GRM e bolsa DTI para RGCS)