

---

## DIFERENTES IMAGENS DE SATÉLITE NO MAPEAMENTO VISUAL DE DRENAGENS E NASCENTES EM AMOSTRAS CIRCULARES

---

Raoni Wainer Duarte Bosquilia, Peterson Ricardo Fiorio, Sergio Nascimento Duarte e Pedro Paulo Da Silva Barros

### RESUMO

O uso de imagens de satélite vem se tornando cada vez mais comum na obtenção de dados ambientais, como os cursos d'água e as nascentes. O presente trabalho teve por objetivo comparar três diferentes produtos utilizados no mapeamento manual (visual) de drenagens e nascentes: um mosaico de imagens do satélite SPOT, imagens do programa Google Earth® e uma imagem do satélite Landsat 8; cada produto com resolução espacial diferente. Utilizou-se a rede de drenagem presente em cartas topográficas de Piracicaba, São Paulo, Brasil, escala 1:10.000, como base para comparação. Para uma melhor comparação entre os produtos, foram analisados dois fatores: comprimento de drenagem (CD) e número de nascentes (NN), sendo as análises realizadas apenas em caráter quantitativo. Para tanto, foram dispostas três amostras circulares de 2,75km

de raio em diferentes áreas do município de Piracicaba aonde fossem observadas densidades de drenagem (DD) diferentes e, portanto, relevos diferentes. Para o parâmetro CD, a imagem do satélite SPOT apresentou maior semelhança com as cartas 1:10.000 nas amostras com maior DD. Para a amostra com a menor DD, a imagem do Google Earth® mostrou-se mais próxima. Para a quantificação do NN houve maior semelhança entre os produtos estudados, sendo esse resultado dependente da resolução espacial (nível de detalhamento) do produto estudado. Concluiu-se que é possível utilizar qualquer um dos produtos analisados na elaboração de mapas hidrológicos e de nascentes, para os mais variados trabalhos, inclusive para aceitação de órgãos públicos que utilizam cartas topográficas como referência.

### Introdução

A crescente preocupação com os recursos hídricos e com o meio ambiente tem cada vez mais se materializado por meio de ações governamentais voltadas a este setor, como a elaboração de planos diretores de manejo de bacias hidrográficas e diversos programas voltados para a conservação do meio ambiente (Alves, 2000).

Alves e Carvalho (2007) afirmaram que, para a proteção do meio ambiente, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem contribuído com as metodologias empregadas em estudos ambientais, oferecendo maior agilidade, objetividade, consistência e precisão na tomada de decisões geoespaciais, sobretudo a partir

da década de 70. O processamento de informações geográficas, ou seja, aquelas desenvolvidas em ambiente de SIG, é uma ferramenta fundamental nas análises qualitativas e quantitativas na caracterização do objeto de estudo.

Para Nowatzki *et al.* (2010), a utilização de SIG pode ser uma excelente ferramenta, visto que os mapeamentos podem ser realizados com maior precisão e ser utilizados em diversos tipos de estudos. Rudorff *et al.* (2007) afirmaram que o sensoriamento remoto tem contribuído muito para o estudo dos mais diversos ambientes do planeta, ajudando a ampliar a compreensão das estruturas ecossistêmicas e de suas interações. Nesse contexto, Roig *et al.* (2009) fizeram uma avaliação

de imagens para os locais estudados.

de bem sucedida do uso e cobertura da terra em uma região da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal, Brasil, utilizando imagens do satélite SPOT 5, sendo que essa imagem foi importante para a melhor definição dos alvos pretendidos.

Simon e Trentin (2009), em busca de alternativas em imagens para a elaboração de séries temporais de uso da terra, procuraram avaliar as potencialidades das imagens do programa *Google Earth*®. Foram apresentadas duas aplicações destas imagens na identificação de padrões recentes de uso da terra e, de forma geral, as imagens do *Google Earth*® se mostraram adequadas para tal fim, já que no programa existiam algumas datas diferentes

de imagens para os locais estudados.

Já Bittencourt *et al.* (2013) utilizaram técnicas de sensoriamento remoto, como uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo classificador MaxVer, para monitorar o processo de arenização presente no município de Quaraí, Rio Grande do Sul, utilizando imagens dos satélites Landsat 5 e 8, tendo obtido resultados confiáveis e muito próximos entre as imagens avaliadas.

Kalaf *et al.* (2013) compararam o posicionamento original de seis cenas ortorretificadas do satélite Landsat 8, abrangendo todo o Estado do Rio de Janeiro, com bases cartográficas 1:2.000 e 1:25.000 e verificaram que estas cenas apresentaram uma correspondência

---

### PALAVRAS CHAVE / *Google Earth*® / Hidrologia / Landsat 8 / SIG / SPOT 5 /

Recebido: 27/11/2014. Modificado: 29/02/2016. Aceito: 03/03/2016.

**Raoni Wainer Duarte Bosquilia.** Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Brasil. Professor, Universidade Tec-

nológica Federal do Paraná (UTFPR), Brasil. Endereço: UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos. Estrada p/ Boa Esperança, km 4 - 85660-000 - Dois Vizinhos - PR, Brasil. e-mail: raonibosquilia@utfpr.edu.br

**Peterson Ricardo Fiorio.** Doutor em Agronomia, ESALQ/USP, Brasil. Professor, USP/ESALQ, Brasil. e-mail: fiorio@usp.br  
**Sergio Nascimento Duarte.** Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de

Viçosa, Brasil. Professor, USP/ESALQ, Brasil. e-mail: snduarte@usp.br

**Pedro Paulo Da Silva Barros.** Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Brasil. e-mail: pedropaulo@usp.br

## DIFFERENT SATELLITE IMAGES FOR VISUAL MAPPING OF DRAINAGE AND SPRINGS IN CIRCULAR SAMPLES

Raoni Wainer Duarte Bosquilia, Peterson Ricardo Fiorio, Sergio Nascimento Duarte and Pedro Paulo Da Silva Barros

### SUMMARY

The use of satellite imagery is becoming increasingly common in order to obtain environmental data, such as streams and springs. Thus, this study aimed to compare three different products used in manual (visual) mapping of drainage and springs: a SPOT mosaic of satellite images, Google Earth® images and, one Landsat 8 satellite image; each product with a different spatial resolution. Topographic maps of drainage network for Piracicaba, São Paulo, Brazil, on a 1:10,000 scale were used as a basis for comparison. Two factors have been analyzed for better comparison between products: drainage length (DL) and number of springs (SN). The analyses carried out were only of a quantitative character. Three circular samples with 2.75km

radius were arranged in different areas of the municipality of Piracicaba, where different drainage densities (DD) were observed and therefore different reliefs. For the DL parameter, the SPOT satellite image showed greater similarity to the 1:10,000 scale maps in the samples with higher DD, while for the sample with the lowest DD, the Google Earth® image was more similar. For SN quantification there was a greater similarity between the studied products, a result entirely dependent upon the studied product's spatial resolution (detail level). It was concluded that it is possible to use any of the analyzed products to map hydrology and springs for various tasks, including for public agencies using topographic maps as a reference.

## DIFERENTES IMÁGENES DE SATÉLITE EN EL MAPEAMIENTO VISUAL DE DRENAJES Y NACIENTES EN MUESTRAS CIRCULARES

Raoni Wainer Duarte Bosquilia, Peterson Ricardo Fiorio, Sergio Nascimento Duarte y Pedro Paulo Da Silva Barros

### RESUMEN

El uso de imágenes de satélite viene siendo cada vez más común en la obtención de datos ambientales, como los cursos de agua y las nacientes. El presente trabajo tuvo por objetivo comparar tres diferentes productos utilizados en el mapeo manual (visual) de drenajes y nacientes: un mosaico de imágenes del satélite SPOT, imágenes del programa Google Earth® y una imagen del satélite Landsat 8; cada producto con resolución espacial diferente. Se utilizó la red de drenaje presente en cartas topográficas de Piracicaba, São Paulo, Brasil, escala 1:10.000, como base para comparación. Para una mejor comparación entre los productos, fueron analizados dos factores: longitud de drenaje (LD) y número de nacientes (NN), los análisis se realizaron apenas en carácter cuantitativo. Para tanto, fueron dispuestas tres muestras circulares de 2,75km de

radio en diferentes áreas del municipio de Piracicaba donde serían observadas densidad de drenajes (DD) diferentes y, por lo tanto, relieves diferentes. Para el parámetro LD, la imagen del satélite SPOT presentó mayor semejanza con las cartas 1:10.000 en las muestras con mayor DD. Para la muestra con menor DD, la imagen del Google Earth® se mostró más próxima. Para a cuantificación del NN hubo mayor semejanza entre los productos estudiados, siendo ese resultado dependiente de la resolución espacial (nivel de detalle) del producto estudiado. Se concluye que es posible utilizar cualquiera de los productos analizados en la elaboración de mapas hidrológicos y de nacientes para los más variados trabajos, incluso para aceptación de órganos públicos que utilizan cartas topográficas como referencia.

exata com as bases comparadas, dispensando esforços de correção geométrica para o usuário final.

Senturião e Esquerdo (2012) utilizando SIG e imagens gratuitas do CBERS-2B corrigiram e atualizaram a rede de drenagem da bacia do Rio Apa, resultados que podem ser utilizados na espacialização das Áreas de Proteção Permanente e avaliação dos processos de licenciamento ambiental.

Assim sendo, o presente trabalho teve o objetivo de comparar imagens de satélite com diferentes resoluções espaciais no mapeamento visual

de drenagens e nascentes para três amostras circulares de 2,75km de raio, em diferentes áreas do município de Piracicaba, São Paulo, onde são observadas densidades de drenagem diferentes, portanto, relevos diferentes.

### Material e Métodos

#### Localização da área de estudo

O município de Piracicaba situa-se na porção central do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1), possuindo uma área total de 1.378,02km<sup>2</sup>. Foram escolhidas 3 amostras circu-

lares de 2,75km de raio (área de cada amostra igual a 2.375,71ha) em regiões do município de Piracicaba (Figura 1) onde houvessem densidades de drenagem diferentes (utilizando a hidrografia presente nas cartas 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo - IGC/SP) e, consequentemente, um relevo diferente a ser avaliado.

#### Amostras circulares e densidade de drenagem

A utilização de amostras circulares se justifica por serem amostras de mesma

área e tamanho, facilitando a análise da densidade de drenagem (DD), como fizeram Demattê *et al.* (1993). Para Christofolletti (1980) a DD é reconhecida como uma das mais importantes variáveis na análise morfométrica das bacias hidrográficas, representando o grau de dissecação topográfica e expressando a quantidade disponível de canais de escoamento. Essa variável reflete a influência das características topográficas, litológicas, pedológicas, climáticas e da cobertura vegetal do local, incluindo a influência antrópica; além disso

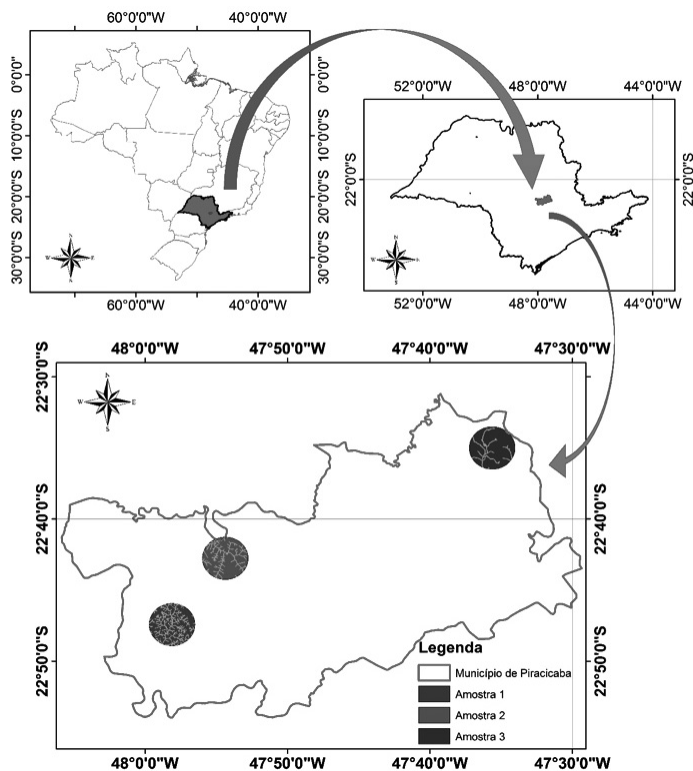


Figura 1. Localização espacial das amostras circulares dentro do município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.

permite saber se a bacia tem uma boa drenagem ou não, e assim a sua tendência para a ocorrência de cheias (Christofolletti, 1979, 1981).

A DD (km/km<sup>2</sup>) é calculada como

$$DD = \frac{L}{A} \quad (1)$$

onde DD: densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>), L: comprimento total de drenagem (km), e A: área da bacia ou amostra circular (km<sup>2</sup>). Pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> (para bacias mal drenadas devido a elevada permeabilidade ou à precipitação escassa) até 3,5 km/km<sup>2</sup> (para bacias excepcionalmente bem drenadas, ocorrendo em áreas com elevada precipitação ou muito impermeáveis), segundo literatura (Christofolletti, 1980).

As características da hidrografia obtida por meio das cartas para as três amostras circulares estão apresentadas na Tabela I. No presente trabalho, a densidade de drenagem foi utilizada para que fossem selecionadas três áreas com as maiores diferenças morfológicas

TABELA I  
COMPRIMENTO E DENSIDADE DE DRENAGEM PARA AS TRÊS AMOSTRAS CIRCULARES

Amostras circulares	CD (m)	DD (km/km <sup>2</sup> )
1	85.786,731	3,611
2	51.178,696	2,154
3	24.605,280	1,036

CD: comprimento de drenagem, DD: densidade de drenagem.

possíveis, para que os produtos e métodos analisados fossem aplicados aos mais variados tipos de relevo, dentro do município de Piracicaba.

#### Cartas planialtimétricas 1:10.000

As cartas planialtimétricas são essenciais no auxílio a mapeamentos de declividade, da rede de drenagem e hipsométricos, e dessa forma se apresentam como um subsídio para a interpretação do relevo nas bacias hidrográficas, pois os mesmos contêm importantes informações morfológicas pretendidas nesse estudo.

Assim, foram utilizadas no presente trabalho seis cartas (Tabela II) na escala de 1:10.000 do IGC/SP, duas para cada amostra circular. As cartas foram digitalizadas e importadas ao software ArcGIS 10 (ESRI, 2010), georreferenciadas por meio dos pontos de controle presentes, reprojatadas para o DATUM SIRGAS 2000 e assim obteve-se digitalizada a hidrografia, para que fosse possível mapear e quantificar o comprimento de drenagem (CD) e número de nascentes (NN) presentes nas cartas em cada amostra circular, para assim poderem ser comparadas com as imagens de satélite estudadas.

Para o presente estudo, resolveu-se utilizar a hidrografia e as nascentes presentes nas cartas topográficas 1:10.000 como base para a comparação com os produtos utilizados na determinação manual (visual) de drenagens e nascentes aplicado, já que estas são documentos oficiais utilizados por vários órgãos públicos do Estado de São Paulo.

#### Imagens Satélite SPOT

Foi utilizado um mosaico de imagens do satélite francês SPOT 5 do 20/03/2010, com 5m de resolução espacial e com uma composição em cor natural RGB e um fusão com a banda PAN já realizada. Como algumas áreas dessas imagens SPOT apresentaram alto índice de nuvens, utilizou-se recortes de imagens Ikonos de mesma data para compor a imagem. Esse mosaico de imagens SPOT foi importado ao ambiente SIG (ArcGIS 10; ESRI, 2010) e convertido para o DATUM SIRGAS 2000. Com esse mosaico de imagens

também foi feito o mapeamento dos cursos d'água e das nascentes pelo método de vetorização em tela em cada amostra circular para uma posterior comparação com os resultados das cartas.

#### Imagem do programa Google Earth®

Com a grande facilidade de acesso da sociedade ao Google Earth®, resolveu-se realizar o mapeamento das drenagens e nascentes no próprio software Google Earth®, pelo método da digitalização da imagem em tela. Posteriormente, as drenagens e nascentes foram exportadas para arquivos KMZ e importados para o ArcGIS 10 (ESRI, 2010) para finalização do mapa de drenagens e nascentes e comparação com as cartas.

As imagens utilizadas pelo software nas regiões das amostras circulares são provenientes do catálogo de imagens da DigitalGlobe®, todas obtidas através do sensor QuickBird 2 (fusionada com banda pancromática), possuindo uma resolução espacial original considerada alta (0,61m), ou seja, com uma alta capacidade de se observar o alvo pretendido.

Para as amostras circulares propostas no presente estudo, as imagens existentes no Google Earth® são datadas de 07/09/2011 para as amostras 1 e 2, e de 13/06/2007 para a amostra 3.

#### Imagem Landsat 8

Com o lançamento do Landsat 8 no 11/02/2013 surgiu uma nova e gratuita opção de obtenção de imagens de satélite disponíveis para todo o planeta. Tendo em vista esse

TABELA II  
FOLHA, NUMERAÇÃO E ARTICULAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS 1:10.000 QUE COMPÕEM A ÁREA DE ESTUDO

Folha	Numeração	Articulação
Córrego do Limoeiro	SF-23-Y-A-IV-1-NE-F	069/087
Vila Olímpia	SF-23-Y-A-IV-2-NO-E	069/088
Estância Lago Azul	SF-23-Y-A-IV-1-SE-B	070/087
Córrego das Ondas	SF-23-Y-A-IV-2-SO-A	070/088
Ártemis	SF-23-Y-A-IV-1-SE-D	071/087
Santa Terezinha do Piracicaba	SF-23-Y-A-IV-2-SO-C	071/088

fato, obteve-se uma imagem do Landsat 8 (Sensor OLI) para ser incluída na análise, já que, a partir de agora, deverá ser esta a grande fonte de dados orbitais disponíveis sem custo. Assim, obteve-se uma imagem que compreendeu a região das amostras circulares no município de Piracicaba (Órbita/Path 220; Ponto/Row 76), datada de 06/07/2013.

Importada a imagem ao SIG ArcGIS 10 (ESRI, 2010), utilizou-se as bandas 2, 3 e 4 (RGB do sensor OLI) na geração de uma composição colorida cor natural, com 30m de resolução espacial. Posteriormente, realizou-se um fusão da banda 8 (Pancromática) com a composição colorida obtida anteriormente, resultando em uma imagem fusionada em coloração natural, com 15m de resolução espacial.

#### Metodologia aplicada

A metodologia aplicada está representada no fluxograma das etapas de trabalho presente na Figura 2. Conforme tal fluxograma, estudou-se a possível diferença no mapeamento das drenagens e nascentes utilizando imagens de satélite de diferentes resoluções espaciais com as cartas topográficas do IGC 1:10.000.

#### Comparação dos resultados

Para uma melhor comparação entre os métodos, foram analisados os fatores quantitativos comprimento das drenagens (CD), e, conseqüentemente, densidade de drenagem (DD) e número de nascentes (NN). Para os dois parâmetros estudados, foram analisados e comparados resultados absolutos de cada produto nas três amostras circulares.

#### Resultados e Discussão

Realizou-se o mapeamento dos cursos d'água presentes nas amostras circulares por meio de vetorização em tela no programa ArcGIS (ESRI, 2010) para os três produtos analisados (Figuras 3, 4 e 5).

Os valores de CD, em metros, e da variação, em porcentagem, em relação à hidrografia existente nas cartas topográficas do IGC escala 1:10.000 obtidos através de cada produto estão apresentados na Tabela III. Na Tabela IV estão apresentados os resultados de DD, em km/km<sup>2</sup>, obtidos através de cada imagem de satélite.

Interpretando os resultados de CD e DD (Tabelas III e IV), observa-se que as drenagens obtidas por intermédio da imagem do satélite SPOT 5 apresentaram os resultados mais semelhantes aos das cartas 1:10.000, para as amostras circulares 1 e 2, superestimando os valores em 2,54 e 3,34%, respectivamente. Já para a amostra 3, os resultados obtidos por meio da imagem

do satélite SPOT 5 subestimou o valor existente nas cartas 1:10.000 em 15,75%.

Para as drenagens obtidas pelas imagens do *Google Earth*<sup>®</sup>, para as três amostras

circulares, houve uma superestimação dos valores; porém, para a amostra circular 3, houve uma superestimação de apenas 3,43% do valor apresentado nas cartas, sendo esse

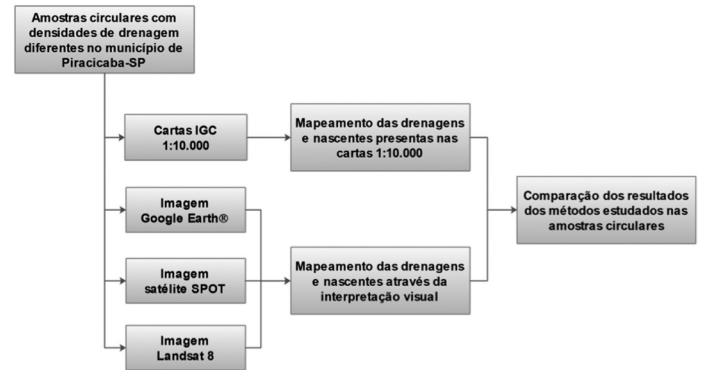


Figura 2. Fluxograma geral do trabalho: mapeamento manual (visual) dos cursos d'água e nascentes das amostras circulares utilizando diferentes produtos.

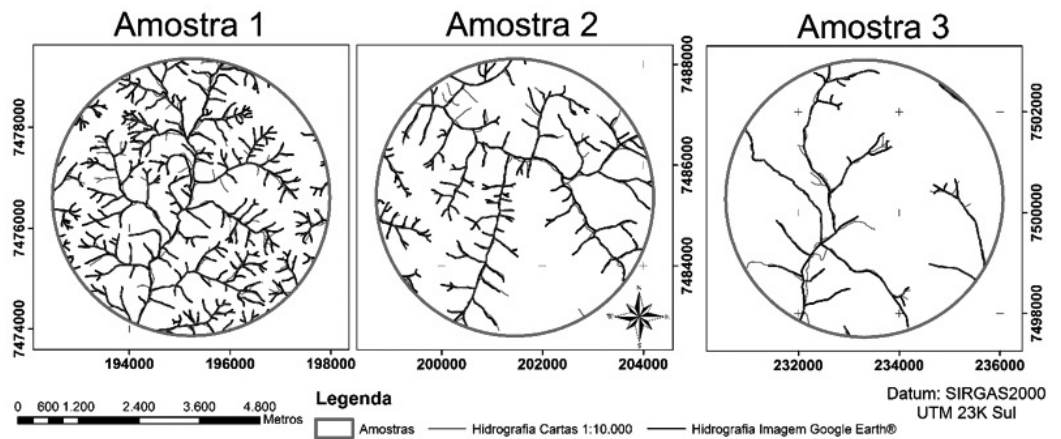


Figura 3. Amostras circulares contendo as drenagens obtidas a partir das imagens do *Google Earth*<sup>®</sup>, tendo como base a hidrografia existente nas cartas topográficas do IGC 1:10.000.

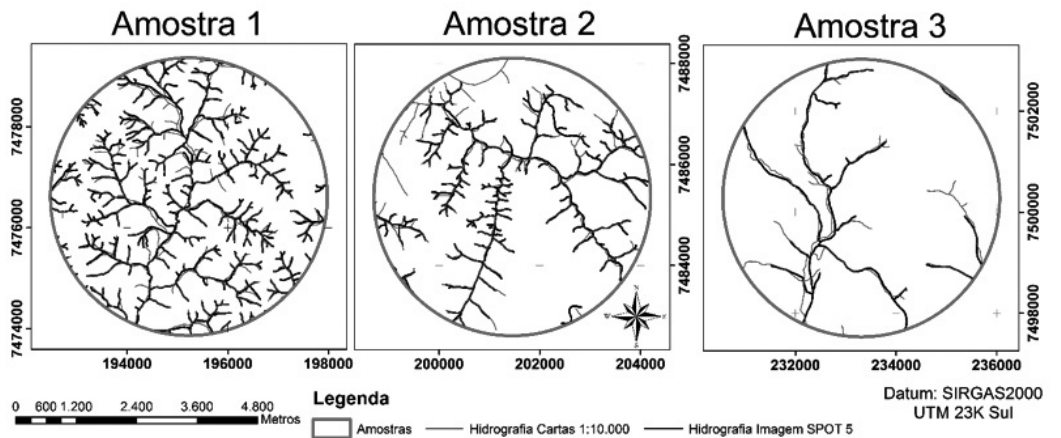


Figura 4. Amostras circulares contendo as drenagens obtidas a partir das imagens do satélite SPOT 5, tendo como base a hidrografia existente nas cartas topográficas do IGC 1:10.000.

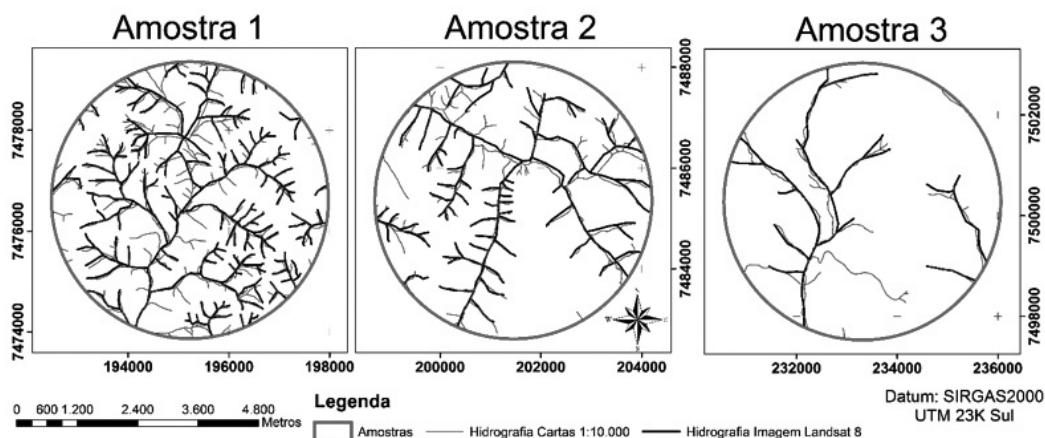


Figura 5. Amostras circulares contendo as drenagens obtidas a partir das imagens do satélite Landsat 8, tendo como base a hidrografia existente nas cartas topográficas do IGC 1:10.000.

TABELA III  
COMPRIMENTO DE DRENAGEM (CD) NAS AMOSTRAS CIRCULARES PARA CADA PRODUTO ESTUDADO E A VARIAÇÃO DO RESULTADO DE CADA PRODUTO (%) EM RELAÇÃO AO EXISTENTE NAS CARTAS TOPOGRÁFICAS 1:10.000

Amostras circulares	Cartas 1:10.000 CD (m)	Imagens de Satélite					
		Google Earth®		SPOT 5		Landsat 8	
		CD (m)	%	CD (m)	%	CD (m)	%
1	85.786,731	103.754,668	20,94	87.963,802	2,54	71.246,023	-16,95
2	51.178,696	59.050,863	15,38	52.889,672	3,34	46.478,513	-9,18
3	24.605,280	25.450,407	3,43	20.729,241	-15,75	19.008,742	-22,75

TABELA IV  
DENSIDADES DE DRENAGEM (DD) EXISTENTES NAS CARTAS 1:10.000 E OBTIDAS POR INTERMÉDIO DAS IMAGENS DE SATÉLITE, PARA CADA AMOSTRA CIRCULAR

Amostras circulares	Cartas 1:10.000 DD (km/km²)	Imagens de Satélite		
		Google Earth®	SPOT 5	Landsat 8
		DD (km/km²)	DD (km/km²)	DD (km/km²)
1	3,611	4,367	3,703	2,999
2	2,154	2,486	2,226	1,956
3	1,036	1,071	0,873	0,800

o método que mais se aproximou das cartas na amostra 3, que possui a menor DD. Para a imagem do Landsat 8, as três amostras apresentaram valores menores que os existentes nas cartas, principalmente pelo fato dessa imagem apresentar pixels de 15x15m (15m de resolução espacial), sendo essa imagem aquela com menor riqueza de detalhes, dentre todos os produtos estudados no presente trabalho.

Uma das explicações plausíveis para esse resultado muito semelhante do CD obtido por meio da imagem do satélite SPOT 5 com as cartas nas

amostras circulares 1 e 2 (amostras com maiores DD) é a de que essa imagem possui uma resolução espacial de 5m, sendo ela intermediária entre as outras duas imagens estudadas, não apresentando tanta riqueza de detalhes como a imagem do Google Earth®, que é uma imagem que possui resolução espacial <1m, nem tão poucos detalhes como a imagem do Landsat 8 que possui uma resolução espacial de 15m. As cartas topográficas do IGC 1:10.000 foram elaboradas a partir de fotografias aéreas, com escala 1:35.000, no ano de 1979, sendo esta uma escala com uma riqueza de detalhes intermediária. Por isso, o

É importante ressaltar que foram utilizadas imagens disponíveis gratuitamente, reduzindo os custos, e com vantagem de serem trabalhadas em um SIG que dispõe de ferramentas que viabilizaram a mudança de escala constante da imagem apresentada na tela, aumentando assim a fidelidade dos percursos dos rios redesenhados.

Já para o parâmetro NN estão apresentados, na Tabela V, os resultados obtidos da quantificação e da variação, em porcentagem, em relação às cartas IGC 1:10.000, obtidas por cada produto. Analisando a tabela, para o NN foram observados resultados relativamente próximos aos existentes nas cartas, mas também dependentes da resolução espacial do produto avaliado. Para a imagem do Google Earth®, pela sua resolução espacial melhor e por ser uma imagem com mais riqueza de detalhes, foram encontradas, para as amostras 1, 2 e 3, respectivamente, 38,78; 30,68 e 23,81% de nascentes além das existentes nas cartas.

Para a imagem do satélite SPOT 5, observou-se uma superestimação do NN nas duas amostras circulares com maior DD (1 e 2), com 21,94 e 38,64%, respectivamente. Já para a amostra 3, que possui uma DD considerada baixa, o resultado obtido subestimou os valores encontrados nas cartas em 38,10%. Assim, a resolução espacial da imagem SPOT 5 (5m) foi insuficiente para localização e mapeamento de todas as nascentes.

Já para a imagem do satélite Landsat 8, assim como no

produto com riqueza de detalhes intermediária apresentou os comprimentos dos canais de drenagem mais semelhantes às cartas nas amostras com as maiores densidades de drenagem.

Para a amostra circular 3, onde a DD é baixa, ou seja, há menos rios em uma mesma área, foi necessária uma imagem com maior riqueza de detalhes para serem encontrados e delimitados todos os cursos d'água. Sendo assim, as imagens obtidas pelo Google Earth® apresentaram o melhor resultado na amostra circular com a menor DD.

TABELA V  
NÚMERO DE NASCENTES (NN) NAS AMOSTRAS CIRCULARES PARA CADA PRODUTO ESTUDADO E A VARIAÇÃO DO RESULTADO DE CADA PRODUTO EM RELAÇÃO (%) AO EXISTENTE NAS CARTAS TOPOGRÁFICAS 1:10.000

Amostras circulares	Cartas 1:10.000 NN	Imagens de Satélite					
		Google Earth®		SPOT 5		Landsat 8	
		NN	%	NN	%	NN	%
1	196	272	38,78	239	21,94	136	-30,61
2	88	115	30,68	122	38,64	59	-32,95
3	21	26	23,81	13	-38,10	11	-47,62

parâmetro CD, observou-se que todos os resultados de NN subestimaram os valores de nascentes encontrados nas cartas, principalmente pelo fato dessa imagem apresentar pixels de 15x15 metros (15m de resolução espacial), não sendo possível a visualização de todas as nascentes existentes na resolução citada.

Com isso, observa-se que é possível realizar a quantificação de nascentes utilizando imagens de satélite, como fizeram Viel *et al.* (2013), que mapearam nascentes através das imagens do *Google Earth*® em Monte Belo do Sul, Rio Grande do Sul, checando-as em campo posteriormente, com êxito.

Pirolí e Zanata (2014), estudando a importância da atualização da hidrografia através imagens de alta resolução para o monitoramento das áreas de preservação permanente, sugerem a utilização desses produtos, que permitem identificações mais precisas, também no acompanhamento das mudanças que ocorrem ao longo do tempo.

Os resultados deste trabalho mostram a importância da resolução no mapeamento de drenagem e sua atualização, concordando com Vergara *et al.* (2002), que enfatizou que as imagens de sensoriamento remoto tem potencial para atualização cartográfica, por serem mais econômicas que as fotografias aéreas e apresentar melhor resolução temporal e espectral.

## Conclusão

Os produtos utilizados para o mapeamento visual de drenagens e nascentes no presente trabalho (imagem do satélite

Landsat 8, imagens do satélite SPOT 5 e imagens do programa *Google Earth*®) apresentaram, quantitativamente, semelhanças com o produto utilizado como padrão nesse trabalho (cartas topográficas do IGC 1:10.000), com variações dependentes da resolução espacial do produto avaliado.

O produto com melhor resolução espacial (*Google Earth*®) superestimou todos os resultados para dois parâmetros estudados (CD e NN), sendo que esta imagem apresentou os resultados mais próximos às cartas para a amostra circular com menor DD.

O produto com resolução espacial intermediária (SPOT 5) apresentou os melhores resultados de CD para as amostras circulares com maiores DD.

Já o produto com a menor resolução espacial (Landsat 8) subestimou todos os resultados obtidos para os dois parâmetros estudados.

Dependendo do nível de detalhamento do mapa pretendido e da resolução espacial do produto existente, é possível utilizar qualquer um dos produtos analisados na elaboração de mapas hidrológicos e de nascentes para os mais variados trabalhos, inclusive para aceitação de órgãos públicos que utilizam cartas topográficas como referência.

## REFERÊNCIAS

Alves SC (2000) A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias. *Inf. Agropec.* 21(2070): 9-14.

Alves TM, Carvalho TM (2007) Técnicas de sensoriamento remoto para classificação e quantificação do sistema lacustre do rio Araguaia entre Barra do Garças e foz do rio Cristalino. *Rev. Geogr. Acad.* 1: 79-94.

Bittencourt A, Paroli EM, Vier LP, Facco DS, Benedetti ACP (2013) Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento do processo de arenização no município de Guaraí - Rio Grande do Sul, entre 1996 e 2013. *Anais Cong. Bras. de Geoprocessamento*, 4. Rio de Janeiro, Brasil. [www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/13/sensoriamento-remoto-aplicado-ao-monitoramento-do-processo-de-arenizacao-no-municipio-de-guarai\\_1373670324.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/13/sensoriamento-remoto-aplicado-ao-monitoramento-do-processo-de-arenizacao-no-municipio-de-guarai_1373670324.pdf) (Cons. 05/10/2013).

Christofoletti A (1979) *Análise de Sistemas em Geografia*. Hucitec. São Paulo, Brasil. 106 pp.

Christofoletti A (1980) *Geomorfologia*. 2ª ed. Blücher. São Paulo, Brasil. 200 pp.

Christofoletti A (1981) A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. *Notícia Geomorfol.* 21(42): 3-22.

Demattê JAM, Borges MH, Pfeifer RM (1993) Aerofotos convencionais e imagens orbitais TM/LANDSAT no mapeamento morfopedológico em Santa Bárbara D'Oeste (SP). *Sci. Agric.* 50: 372-382.

ESRI (2010) *ArcGIS Professional GIS for the desktop*, versão 10. Software. Environmental Systems Research Institute. Nova York, EEUU.

Kalaf R, Brasileiro R, Cardoso PV, Cruz BMC. (2013) Landsat 8: Avanços para mapeamento em mesoescala. *Anais Cong. Bras. de Geoprocessamento*, 4. Rio de Janeiro, Brasil. [www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/51/resumo-geotec-roberta-raissa-1\\_1374611841.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/51/resumo-geotec-roberta-raissa-1_1374611841.pdf) (Cons. 05/10/2013).

Nowatzki A, Santos LJC, De Paula EV (2010) Utilização do SIG na delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) na bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). *Rev. Soc. Nat.* 22: 107-120.

Pirolí EL, Zanata JM (2014) Hydrography update and study of the permanent preservation areas from a remote sensing of high spatial resolution.

*Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, Guarapuava, 7(1): 7-16

Roig HL, Bayma AP, Soares Neto GB, Menezes PHBJ, Santos RP (2009) Adequação de uma área situada na APA de São Bartolomeu-DF à legislação ambiental. *Anais Simp. de Sensoriamento Remoto*, 14. Natal, Brasil. pp. 6133-6140.

Rudorff CM, Novo EMLM, Galvão LS, Pereira Filho W (2007) Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. *Acta Amaz.* 37: 269-280.

Senturião ACO, Esquerdo JC (2012) Atualização e ajustes da rede de drenagem da bacia do rio Apa/MS utilizando sensoriamento remoto o geoprocessamento. *Anais Simp. de Geotecnologias no Pantanal*, 4. Bonito, Brasil. pp. 554-560.

Simon ALH, Trentin G (2009) Elaboração de cenários recentes de uso da terra utilizando imagens do *Google Earth*. *Ar@cne. Rev. Electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales* N° 116. Barcelona, Espanha. [www.ub.es/geocrit/ara/ne/ara-ne-116.htm](http://www.ub.es/geocrit/ara/ne/ara-ne-116.htm) (Cons. 03/10/2013).

Vergara OR, Cintra JP, D'Alge JCL (2002) Atualização cartográfica integrando técnicas de sensoriamento remoto, processamento de imagens e sistemas de informação geográfica. *Anais Simp. Latino Americano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial*, 10. Cochabamba, Bolívia. pp. 1-10

Viel JA, Arruda DC, Berreta MSR, Fantin ML, Farias AR, Hoff R (2013) Geotecnologias e aprendizagem espacial em ambiente educacional: o mapeamento de nascentes utilizando técnicas de geoprocessamento por meio de softwares livres. *Anais Simp. de Sensoriamento Remoto*, 16. Foz do Iguaçu, Brasil. pp. 2650-2656.