# Comparação entre diferentes imagens de satélite no mapeamento visual de drenagens e nascentes em amostras circulares

Raoni Wainer Duarte Bosquilia<sup>1</sup> Peterson Ricardo Fiorio<sup>2</sup> Sergio Nascimento Duarte<sup>2</sup> Vinícius Guidotti de Faria<sup>2</sup> Pedro Paulo da Silva Barros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Dois Vizinhos Estrada p/ Boa Esperança, km 4 – 85660-000 – Dois Vizinhos – PR, Brasil raonibosquilia@utfpr.edu.br

> <sup>2</sup>Universidade de São Paulo – USP/ESALQ Av. Pádua Dias, 11 – 13416-000 - Piracicaba – SP, Brasil {fiorio, snduarte, viniciusgf, pedropaulo}@usp.br

**Abstract.** The use of satellite images is becoming increasingly common in obtaining environmental data, such as streams and springs. Thus, the present study aimed to compare three different products used in the visual mapping of drainages and springs: a mosaic of images from SPOT satellite, *Google Earth*® images and a Landsat 8 image, each product with a different spatial resolution. Were used the drainage network present in the IGC topographic maps scale 1:10,000 as a basis for comparison in the study. For a better comparison between the products, were analyzed two factors: length of drainage and number of springs. Analyses were performed only on quantitative character. Therefore, three circular samples of 2.75 km radius were placed in different areas of Piracicaba/SP where observed different drainage densities thus different reliefs. For the parameter length of drainage, the SPOT satellite image showed greater resemblance to the 1:10.000 maps in the samples with higher Drainage Density (DD). For the sample with the lowest DD, the image of *Google Earth*® was closer. To the number of springs, there was a greater similarity between the studied products, and this result was entirely dependent of the spatial resolution (level of detail) of the image. Thus, was concluded that it is possible to use any of the analyzed products to make hydrological and springs maps, including acceptance of public agencies that use the topographic maps as reference.

Palavras-chave: remote sensing; image analysis; SPOT 5; Google Earth®; Landsat 8

#### 1. 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 do Sistema de Informações Geográficas (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 bem sucedida do uso e cobertura da terra, em uma área da APA da Bacia do Rio São Bartolomeu-DF, 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 exata com as bases comparadas, dispensando esforços de correção geométrica para o usuário final.

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 2,75 km de raio, em diferentes áreas do município de Piracicaba/SP, onde são observadas densidades de drenagem diferentes, portanto, relevos diferentes.

#### 2. Metodologia de Trabalho

#### 2.1. Localização da área de estudo

Foram escolhidas 3 amostras circulares de 2,75 km de raio (área de cada amostra igual a 2.375,71 ha) em regiões do município de Piracicaba-SP (Figura 1) onde houvessem densidades de drenagem diferentes (utilizando a hidrografia presente nas cartas 1:10.000 do IGC/SP), e consequentemente um relevo diferente a ser avaliado.



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

# 2.2. Amostras Circulares e Densidade de Drenagem

A utilização de amostras circulares se justifica por serem amostras de mesma área e tamanho, facilitando a análise de DD, como fizeram Demattê et al. (1993).

Para Christofoletti (1980), a densidade de drenagem (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.

A DD (km/km<sup>2</sup>) é calculada pela divisão do comprimento total de todos os segmentos (L) pela área da bacia (A). 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 (CHRISTOFOLETTI, 1980).

As características da hidrografia obtida por meio das cartas para as três amostras circulares estão apresentadas na Tabela 1.

lensidade de drenagem (DD) para as tres 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		

Tabela 1. Características do comprimento de drenagem (CD) e da densidade de drenagem (DD) para as três Amostras circulares.

# 2.3. Cartas planialtimétricas 1:10.000

Foram utilizadas no presente trabalho seis cartas na escala de 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (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, reprojetadas 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, Brasil.

# 2.4. Imagens de Satélite

O uso de imagens de satélite como meio de se obter dados remotos diversos vem se tornando cada dia mais difundido, tanto no meio científico como em áreas comerciais. Para isso, utilizou-se três tipos diferentes de imagens de satélite para se obter o mapa de drenagem e, por fim, o mapa das nascentes contidas nas amostras circulares propostas.

# 2.4.1. Imagens Satélite SPOT

No presente trabalho foi utilizado um mosaico de imagens do satélite francês SPOT 5 do ano de 2010, com 5 metros de resolução espacial e com uma composição em cor natural RGB e um fusionamento com a banda PAN já realizada. Como algumas áreas dessas imagens SPOT apresentaram alto índice de nuvens, utilizou-se recortes de imagens Ikonos 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. Assim, 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.

# 2.4.2. 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 no programa 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 (0,61 metros), 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 de Setembro de 2011 para as amostras 1 e 2, e de 13 de Junho de 2007 para a amostra 3.

# 2.4.3. Imagem Landsat 8

Com o lançamento do Landsat 8 no dia 11 de Fevereiro de 2013, surgiu uma nova e gratuita opção de obtenção de imagens de satélite disponíveis para todo o planeta. Tendo em vista esse fato, obteve-se uma imagem do Landsat 8 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/SP (Órbita/*Path* 220; Ponto/*Row* 76), datada de 06 de Julho de 2013.

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

# 2.5. Metodologia aplicada

A metodologia aplicada está representada no fluxograma das etapas de trabalho presente na Figura 2.



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

Conforme o fluxograma apresentado na Figura 2, no presente trabalho 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.

#### 2.5. Comparação dos Resultados

Para uma melhor comparação entre os métodos, foram analisados os fatores quantitativos comprimento das drenagens (CD), e, consequentemente, 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.

#### 3. Resultados e Discussão

Assim, 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 a 5).



Figura 3. Amostras circulares contendo as drenagens obtidas a partir das imagens do *Google Earth*®, 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.

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 2. Na Tabela 3, estão apresentados os resultados de DD, em km/km<sup>2</sup>, obtidos através de cada imagem de satélite.

Tabela 2. Comprimento de Drenagem (CD) nas amostras circulares para cada produto estudado, em metros, e a variação do resultado de cada produto em relação ao existente nas Cartas Topográficas 1:10.000, em %.

Amostras	Cartas	Imagens de Satélite					
circulares	1:10.000	Google Earth®		SPOT 5		Landsat 8	
	CD (m)	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 3. Densidades de drenagem (DD) existentes nas cartas 1:10.000 e obtidas por intermédio das imagens de satélite, para cada amostra circular

	0	1			
Amostras	Cartas	Imagens de Satélite			
Circulares	1:10.000	Google Earth®	SPOT 5	Landsat 8	
	DD (km/km²)	DD (km/km <sup>2</sup> )	DD (km/km <sup>2</sup> )	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	

Interpretando-se os resultados de CD e DD (Tabelas 2 e 3), 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*®, 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 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 15x15 metros (15 metros 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 5 metros, 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 de menos de 1 metro, nem tão poucos detalhes como a imagem do Landsat 8 que possui uma resolução espacial de 15 metros. 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 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.

Já para o parâmetro NN, estão apresentados, na Tabela 4, os resultados obtidos da quantificação e da variação, em porcentagem, em relação às cartas IGC 1:10.000, obtidas por cada produto.

10	,						
Amostras	Cartas 1:10.000	Imagens de Satélite					
circulares		Google Earth®		SPOT 5		Landsat 8	
	NN	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

Tabela 4. 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, em %.

Analisando a Tabela 4, para o NN, foram observados resultados relativamente próximos aos existentes nas cartas, mas também depedentes 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 (5 metros), foi insuficiente para localização e mapeamento de todas as nascentes.

Já para a imagem do satélite Landsat 8, assim como no 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 (15 metros de resolução espacial), não sendo possível a visualização de todas as nascentes existentes na resolução citada.

### 4. 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.

Assim, conclui-se que, 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 Bibliográficas**

ALVES, S.C. A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, Epamig, v.21, n.207, p.9-14, 2000.

ALVES, T.M.; CARVALHO, T.M. Técnicas de sensoriamento remoto para classificação e quantificação do sistema lacustre do rio Araguaia entre Barra do Garças e foz do rio Cristalino. **Revista Geográfica Acadêmica**, Goiânia, UFG, v.1, n.1, p.79-94, 2007.

BITTENCOURT, A.; PAROLI, E.N.; VIER, L.P.; FACCO, D.S.; BENEDETTI, A.C. P. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento do processo de arenização no município de Guaraí - Rio Grande do Sul, entre 1996 e 2013. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., 2013. Rio de Janeiro. Anais... Disponível em: <a href="http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/13/sensoriamento-remoto-aplicado-ao-monitoramento-do-processo-de-arenizacao-no-municipio-de-quarai\_1373670324.pdf">http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/13/sensoriamento-remoto-aplicado-ao-monitoramento-do-processo-de-arenizacao-no-municipio-de-quarai\_1373670324.pdf</a>>. Acesso em: 05 out. 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 200p.

DEMATTÊ, J.A.M.; BORGES, M.H.; PFEIFER, R.M. Aerofotos convencionais e imagens orbitais TM/LANDSAT no mapeamento morfopedológico em Santa Bárbara D'Oeste (SP). **Scientia Agrícola,** Piracicaba, Braz. [online]., v.50, n.3, p. 372-382,1993.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10. Software. 2010.

KALAF, R.; BRASILEIRO, R.; CARDOSO, P.V.; CRUZ, B.M.C. Landsat 8: Avanços para mapeamento em mesoescala. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., 2013. Rio de Janeiro. Anais... Disponível em: <a href="http://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</a>>. Acesso em: 05 out. 2013.

NOWATZKI, A.; SANTOS, L.J.C.; DE PAULA, E.V. Utilização do Sig na Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) na Bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.22, n.1, p.107-120, 2010.

ROIG, H.L.; BAYMA, A.P.; SOARES NETO, G.B.; MENEZES, P.H.B.J.; SANTOS, R. P. Adequação de uma área situada na APA de São Bartolomeu-DF à legislação ambiental. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO,14., 2009, Natal. **Anais...** 2009. p. 6133-6140.

RUDORFF, C.M.; NOVO, E.M.L.M.; GALVÃO, L.S.; PEREIRA FILHO, W. Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. Acta Amazônica, Manaus, v. 37, n. 2, p. 269-280, 2007.

SIMON, A.L.H.; TRENTIN, G. Elaboração de cenários recentes de uso da terra utilizando imagens do *Google Earth.* Ar@cne. Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, nº 116, 2009. Disponível em: <a href="http://www.ub.es/geocrit/aracne/aracne-116.htm">http://www.ub.es/geocrit/aracne/aracne-116.htm</a>. Acesso em: 03 out. 2013.