

ANÁLISE COMPARATIVA DA ACURACIDADE DA REDE DE DRENAGEM GERADA AUTOMATICAMENTE E EXTRAÍDA DE CARTA TOPOGRÁFICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA – PR.

Carina Petsch
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
carinapetsch@gmail.com

Jéssica Barion Monteiro
Universidade Estadual de Maringá - UEM
jessicabarion@hotmail.com

Marina Brandt Bueno
Universidade Estadual de Maringá
mima_b2@hotmail.com

EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

RESUMO

Atualmente se tornou comum o uso da unidade de paisagem bacia hidrográfica para atividades de planejamento do território. Para isso, é necessária uma boa qualidade da base de rede de drenagem. O objetivo desta pesquisa é a comparação entre a rede de drenagem obtida automaticamente e aquela vetorizada a partir da carta topográfica. A área experimental é na carta de Ponta Grossa (SG-22-X-C-II-2) que apresenta declividade média e razoável densidade de drenagem. Além da comparação visual entre as duas bases de drenagem, foram aplicados os parâmetros morfométricos de índice de sinuosidade, densidade de drenagem, densidade hidrográfica e ordem dos canais para 5 bacias hidrográficas. O principal problema da drenagem automática foi a generalização desta em relação aos canais de primeira ordem que acabam influenciando em parâmetros morfométricos como a densidade de drenagem, densidade hidrográfica e ordem dos canais. O índice de sinuosidade variou pouco, considerando que o canal principal da bacia frequentemente é maior na carta topográfica do que na automática.

PALAVRAS CHAVES

Rede de drenagem, parâmetros morfométricos, bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Actually is common the use of the landscape unity hydrographic basin to activities of territory planning. Therefore, is necessary a good quality of the drainage system. The objective of this research is the comparison between the drainage system obtained automatic and the of topography letter. The experimental area is the letter of Ponta Grossa (SG-22-X-C-II-2) that report medium slope and reasonable hydrographic density. Beyond the visual comparison between the two drainage, it was applied morfometric parameters of sinuosity index, drainage density, hydrographic density and channel order for 5 hydrographic basins. The principal problem of the automatic drainage was the generalization in relation at the channels of first order that influence in morfometric parameters as the drainage density, hydrographic density and channels order. The sinuosity index varied a little, considering that the principal channel of the basin frequently is more bigger in the topographic letter than in the automatic drainage.

Key-words: drainage grid, morfometric parameters, hydrographic basin.

INTRODUÇÃO

A caracterização física da bacia hidrográfica e do sistema de drenagem são instrumentos básicos para o desenvolvimento de planos de gestão que visem à utilização racional do meio ambiente e a compreensão dos processos naturais atuantes neste meio.

No Brasil, a Lei Federal Nº 9.433, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, institui a bacia hidrográfica (BH) como unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Estudar o comportamento hidrológico de rios e bacias hidrográficas é fundamental para tentar prever possíveis impactos, auxiliando no processo de tomada de decisão e na elaboração de medidas de mitigação (PAZ e COLLISCHONN, 2008)

Tradicionalmente, os dados da rede de drenagem podem ser extraídos manualmente a partir de mapas topográficos impressos ou através da fotointerpretação. Atualmente foram desenvolvidos vários métodos de extração automática, ferramentas de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido empregadas para obter as mesmas informações a partir do processamento automático de dados.

A partir da disponibilização de dados de sensoriamento remoto obtidos pela *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para América do Sul em 2002, aumentou significativamente a frequência de trabalhos que incorporaram a extração automática de rede de drenagem como forma de dinamizar e obter maior detalhamento no mapeamento de drenagens (ANDRADES FILHO, 0000). Tendo em vista a expansão do uso de rede de drenagem gerada automaticamente é importante analisar a acurácia desta base cartográfica.

OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é a comparação entre a rede de drenagem gerada automaticamente no *software* ARC GIS 9.0 e a extraída da carta topográfica de Ponta Grossa – SG-22-X-C-II-2. Para isso foram delimitadas 6 bacias hidrográficas experimentais para aplicação de índices morfométricos como sinuosidade do canal, densidade de drenagem, densidade hidrográfica e ordem dos canais utilizando como base as informações das duas bases de rede de drenagem.

MATERIAL E MÉTODO

A carta topográfica utilizada foi a de Ponta Grossa (SG-22-X-C-II-2) na escala de 1:50000, sendo que a rede de drenagem das bacias experimentais foi vetorizada no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Spring 5.06. A rede de drenagem também foi gerada de forma automática no ArcGis 9.2 com o utilitário Arc Hydro e empregando como base uma imagem SRTM (*Shuttle Radar*

Topography Mission) do Projeto TOPODATA, disponível em <http://www.dpi.inpe.br/topodata/data/grd/> apresentando células com espaçamento de 30 m.

As etapas para geração da rede de drenagem foi a aplicação do comando “*fill sinks*”, que analisa a consistência da drenagem, e posteriormente o cálculo da direção de fluxo (*flow direction*), e obtenção da matriz com acumulação de fluxos e então a geração da rede de drenagem, onde define-se o tamanho mínimo de bacia hidrográfica através do número de células pelo usuário. A rede de drenagem foi exportada no formato de arquivo shapefile e importado para o Spring 5.06 (CAMARA et. al., 1996).

As medições utilizadas nos cálculos morfométricos foram obtidas com o comando *medição de classes* do Spring 5.06. Os parâmetros morfométricos analisados no decorrer da pesquisa foram:

- **Índice de Sinuosidade (Is)** é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância entre os extremos do canal (ALVES e CASTRO, 2003):

$$Is = \frac{L}{Dv}$$

Onde, L= comprimento do canal em km e Dv=comprimento do eixo axial;

- **Densidade de drenagem** corresponde à relação entre a área da bacia e comprimento total da rede de drenagem. A fórmula é (HORTON, 1945):

$$Dd = \frac{LT}{A}$$

Onde, LT é o comprimento total da rede de drenagem em km.

- **Densidade hidrográfica** é a relação existente entre o número de rios ou cursos d’água e a área da bacia hidrográfica expressa pela fórmula:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

Sendo N = número de canais e A = Área da bacia.

- **Ordem dos canais:** a atribuição de um número de ordem fornece níveis de importância aos canais de uma bacia. Arthur N. Strahler, em 1952, propôs uma metodologia onde os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores, assim sucessivamente (**Figura 01**).

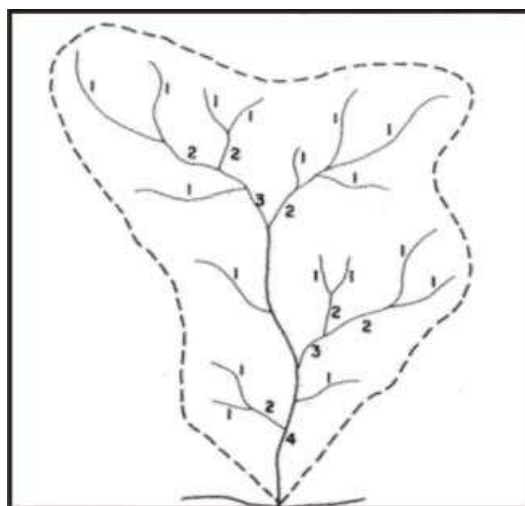


Figura 01: Ordem dos canais segundo Sthraler (1952).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo localiza-se entre as coordenadas de latitude S 25°00'00'' e S 25°15'00'' e de longitude W 50°10'00'' e W 50°15'00''.

O local de pesquisa apresenta uma declividade média, podem ser vistas também amplas áreas planas relacionadas a planícies de inundação. Na porção nordeste da área, associados também à “Escarpa Devoniana”, são encontrados locais com maior concentração de encostas com maiores declividades.

O Segundo Planalto apresenta relevo contrastante, apresentando grandes amplitudes próximas a Escarpa Devoniana, com encostas abruptas, *canyons* e fragmentos de rios encaixados, além de diversas cachoeiras e corredeiras sobre leito rochoso. No sentido oeste e noroeste, quando se afastando desta escarpa, a topografia se apresenta suavemente ondulada de forma bastante uniforme, constituída por colinas e pequenos montes. Singularmente na região dos Campos Gerais são encontradas as feições morfológicas furnas e os relevos ruiformes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Algumas medições realizadas nas bacias experimentais (**Quadro 01**) demonstram diferenças entre o comprimento total da rede de drenagem, comprimento do canal principal, número de canais e comprimento axial da bacia (distância entre a foz e o ponto mais distante da bacia). A maior discrepância entre os dados se encontra no número de canais de drenagem, pois na carta topográfica muitos canais de primeira ordem são incluídos enquanto na geração automática, ocorre uma generalização que acaba omitindo estes canais. A bacia do Arroio da Ronda a diferença no número de canais é de 49, enquanto a menor diferença é na bacia 06 (assim denominada, pois não possui nomenclatura na carta topográfica), com apenas 8 canais a mais na carta topográfica em relação à

geração automática. Em relação ao comprimento total da rede de drenagem, a carta topográfica apresenta aproximadamente o dobro do valor da geração automática. O comprimento do canal principal de cada bacia é próximo comparando os dados da carta topográfica e da geração automática, sendo de apenas 120 metros na bacia do Arroio da Chapada e de 800 metros na bacia do Arroio da Ronda e de 840 metros na bacia do rio da Morte.

Os valores do comprimento axial também tiveram pouca variação oscilando devido a posição da foz do canal principal na bacia. A bacia 06 teve somente a diferença de 40 metros e 110 metros na bacia do Arroio da Olaria.

	Bacia do Arroio Chapada	Bacia do Arroio da Ronda	Bacia do Arroio da Olaria	Bacia do Arroio Água da Onça	Bacia do rio da Morte	Bacia 6
Área da bacia (km ²)	14,67	34,11	29,80	25,19	19,55	7,8
Comprimento da rede de drenagem - carta (km)	26,80	50,95	34,90	34,50	25,18	13,5
Comprimento da rede de drenagem - automático (km)	14,57	26,30	20,60	21,78	15,46	9,04
Comprimento do canal principal - carta (km)	4,77	10,62	9,45	6,97	8,94	5,40
Comprimento do canal principal – automático (km)	4,89	9,81	9,06	7,33	8,10	5,17
Número de canais – carta	24	58	35	20	18	12
Número de canais - automático	6	9	8	6	4	4
Comprimento do eixo axial - carta (km)	3,71	9,34	8,14	6,81	7,74	4,98
Comprimento do eixo axial – automático (km)	3,65	9,27	8,03	6,75	7,83	4,94

Quadro 01: Dados morfométricos das bacias experimentais.

O Índice de sinuosidade próximo a 1 indica que os canais tendem a serem retilíneos, já os valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários

indicam formas transicionais, regulares e irregulares (TEODORO, et. al., 2007). As bacias experimentais desta pesquisa apresentaram valores próximos a 1, ou seja, são canais com tendência a serem retilíneos. A diferença dos valores, considerando as duas bases, foi pequena sendo a maior discrepância encontrada na bacia do rio da Morte com 1,16 com a drenagem da carta topográfica e 1,05 com a drenagem automática.

De acordo com Villela e Mattos (1975) a densidade de drenagem, pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas. A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia. Sendo assim, este índice, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (ANTONELI e THOMAZ, 2007). Com a drenagem automática os valores da densidade de drenagem sempre foram inferiores a 1 km/km² e na drenagem com a carta topográfica os valores variaram entre 1,17 e 1,82 km/km². Esses valores diferentes ocorrem devido a generalização de canais de primeira ordem na geração automática da drenagem, o que acaba diminuindo a densidade de drenagem.

A densidade hidrográfica é baixa, quando os valores são próximos de 1 canal/km² e alto quando se aproxima de 3 canais/km² 1 canal por km². O número de canais da drenagem da carta topográfica são bem maiores que na geração automática, sendo que os valores deste variaram entre 0,69 e 1,15 canais/km² e daquele foram de 0,79 e 1,63 canais/km² (**Quadro 02**).

Parâmetros morfométricos	Bacia do Arroio Chapada	Bacia do Arroio da Ronda	Bacia do Arroio da Olaria	Bacia do Arroio Água da Onça	Bacia do rio da Morte	Bacia 6
Índice de Sinuosidade (carta)	1,28	1,13	1,16	1,02	1,16	1,08
Índice de Sinuosidade (automático)	1,31	1,05	1,11	1,07	1,05	1,03
Densidade de drenagem (carta)	1,82	1,49	1,17	1,36	1,28	1,73
Densidade de drenagem (automático)	0,99	0,77	0,69	0,86	0,79	1,15
Densidade hidrográfica (carta)	1,63	1,7	1,17	0,79	0,92	1,53
Densidade hidrográfica (automático)	0,4	0,26	0,26	0,23	0,2	0,51

Quadro 02: Parâmetros morfométricos das bacias experimentais.

Analisando a ordem dos canais de drenagem para a bacia do Arroio Chapada, têm-se a ordem 3 para a drenagem automática com apenas 6 canais de primeira ordem e ordem 4 para a drenagem vetorizada a partir da carta topográfica e 25 canais de primeira ordem (**Figura 01**, parte superior). Para a bacia do Arroio da Ronda também houve diferença na ordem da bacia, sendo de 3 para a drenagem automática e 4 para a da carta topográfica apresentando 45 canais de primeira ordem a mais que a drenagem gerada no ArcGis 9.0 (**Figura 02**, parte inferior).

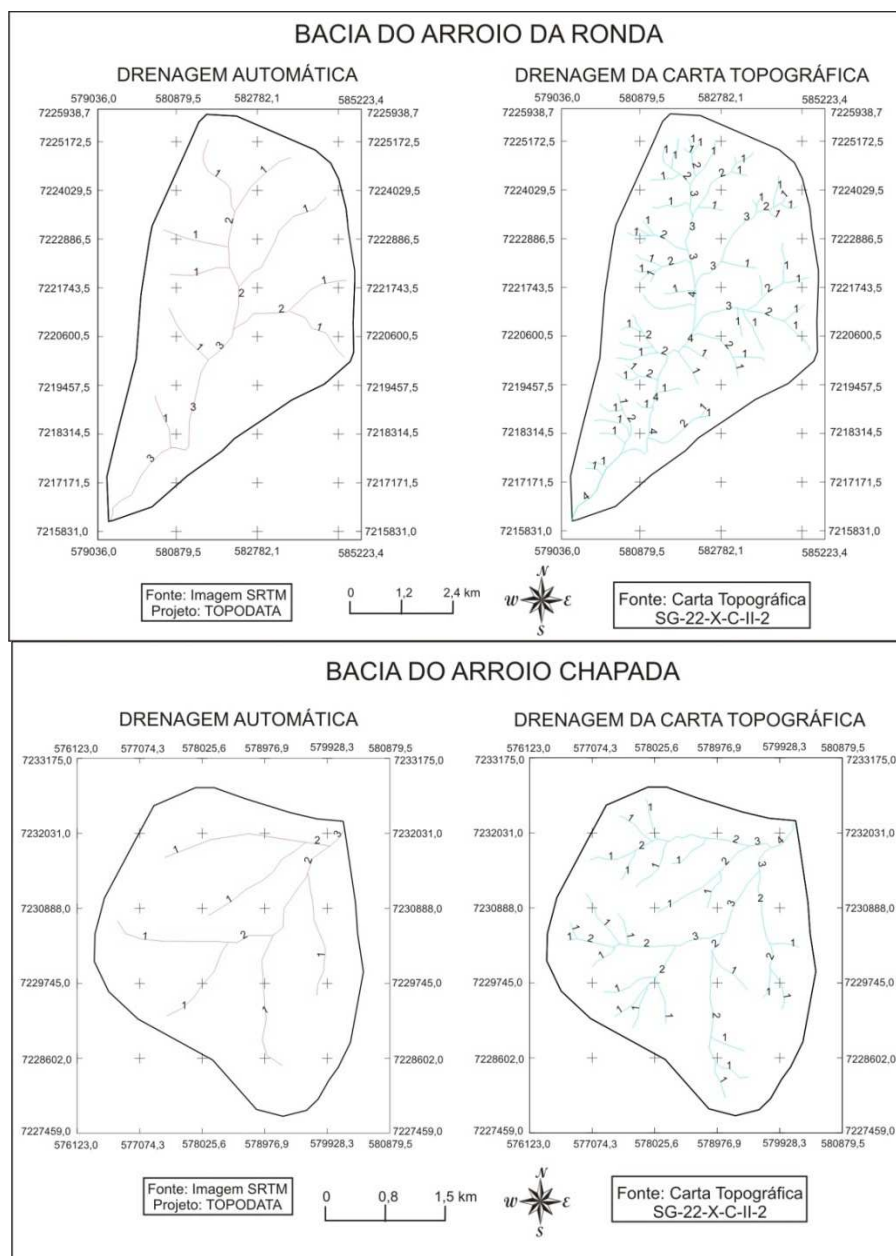


Figura 02: Ordem dos canais de drenagem da bacia do Arroio Chapada e bacia do Arroio da Ronda.

A ordem do canal principal da bacia do Arroio Água da Onça foi o mesmo para ambas as redes de drenagens com 6 canais de primeira ordem para a drenagem automática e 17 a drenagem da carta topográfica (**Figura 03**, parte superior). Para a bacia do Arroio da Olaria, apesar da ordem do canal ter sido a mesma, o número de canais de primeira ordem foi bem diferente, com 8 para a drenagem automática e 33 para a carta topográfica (**Figura 03**, parte inferior).

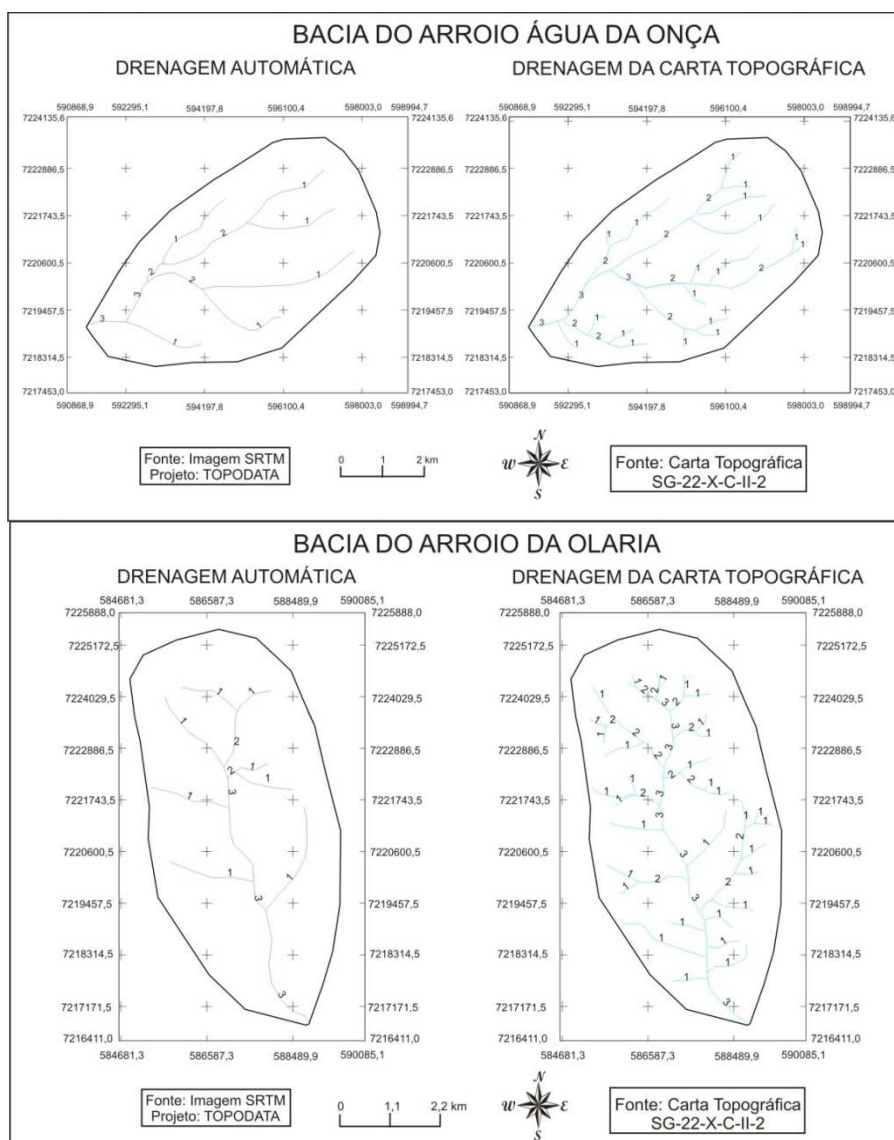


Figura 03: Ordem dos canais de drenagem da bacia do Arroio Água da Onça e bacia do Arroio da Olaria.

A ordem da bacia hidrográfica do rio da Morte é 3 segundo as duas bases de rede de drenagem, mas, assim como as demais bacias apresenta uma diferença no número de canais de primeira ordem com 4 para a drenagem automática e 15 para a drenagem gerada automaticamente (**Figura 04**, parte superior). Para a bacia 06 a ordem do canal principal é maior para a carta topográfica, no caso 3 e para a drenagem automática têm-se a ordem 2. Houve uma diferença de 8 canais de primeira ordem entre as bases de drenagem (**Figura 04**, parte inferior).

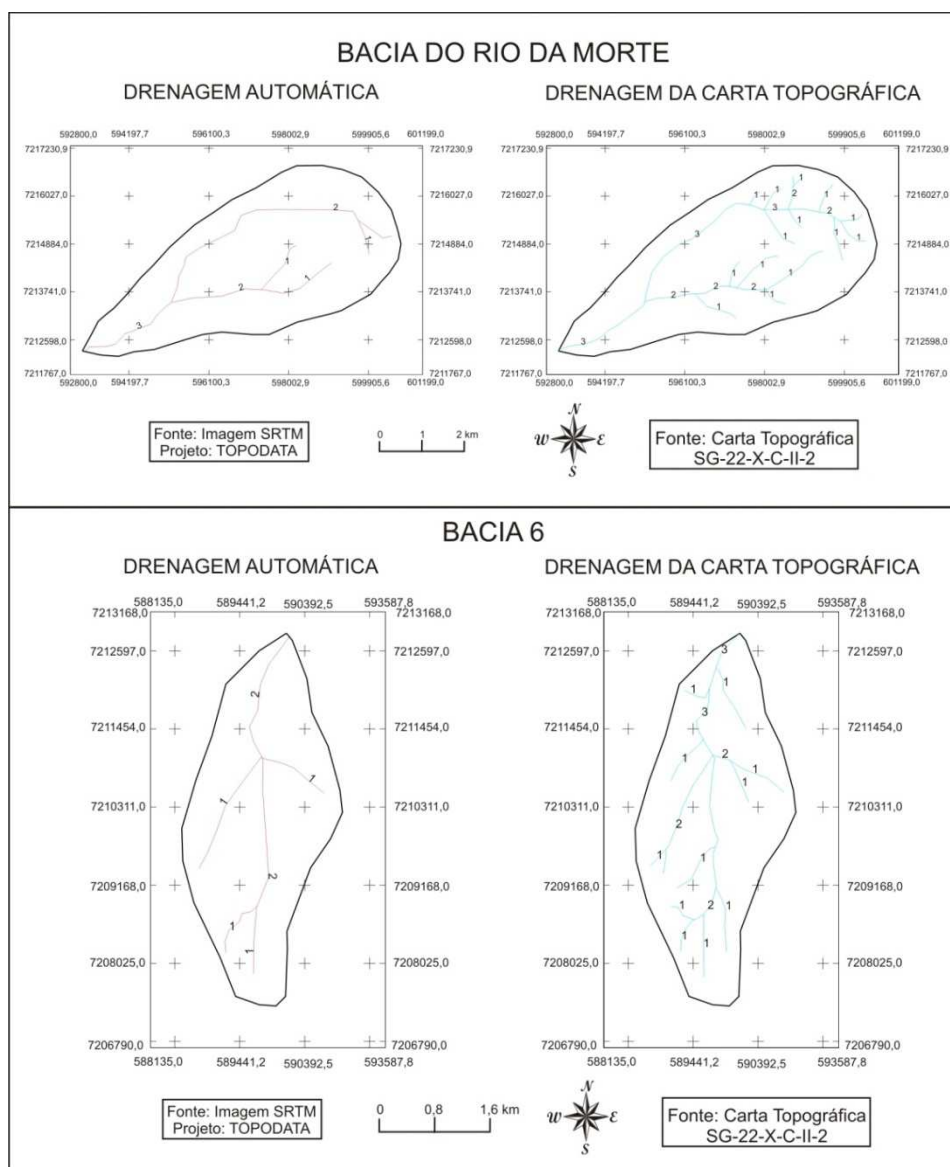


Figura 04: Ordem dos canais de drenagem da bacia do rio da Morte e bacia 6.

A comparação visual entre as duas bases de rede de drenagem demonstra que estas não se encaixam perfeitamente, sendo possível observar que a drenagem automática em alguns pontos possuem a curvatura dos rios mais fechada (bacia do rio da Morte e bacia 6), e com canais mais curtos em relação à drenagem da carta topográfica (bacia do Arroio Chapada). Algumas bacias apresentam a drenagem na parte da foz não se encaixando como na bacia 6 (**Figura 05**).

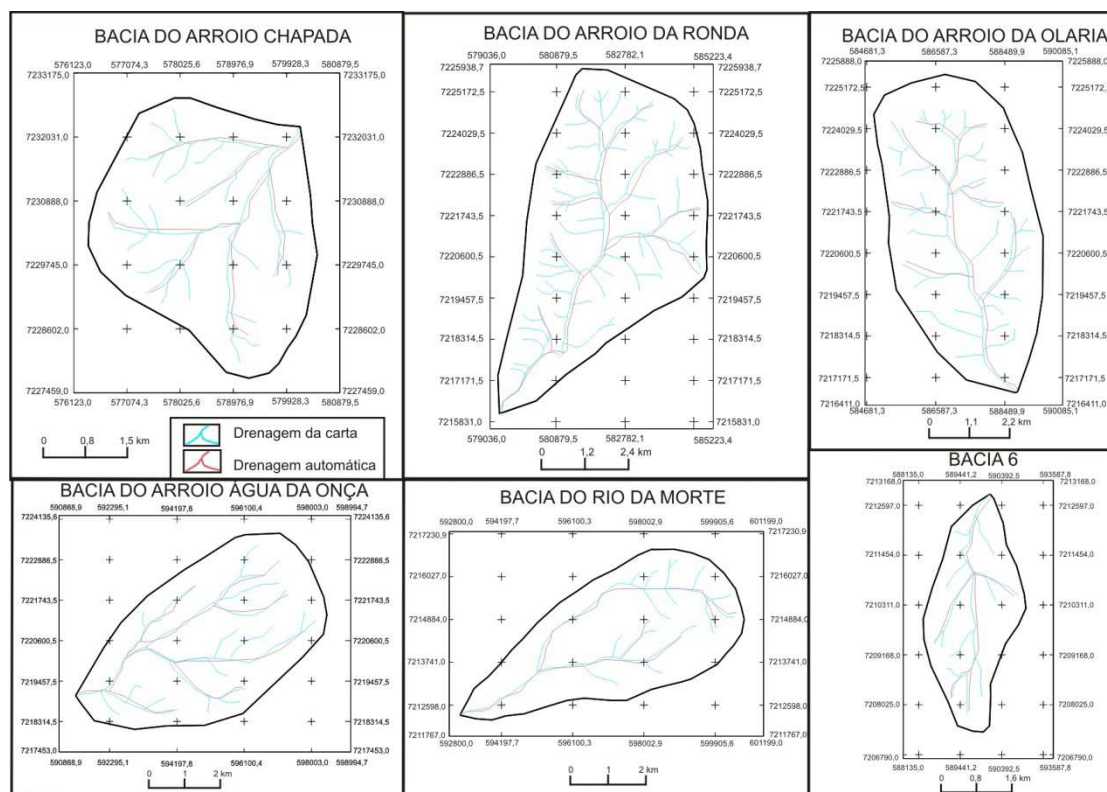


Figura 05: Comparação entre as redes de drenagem automática e da carta topográfica.

CONCLUSÃO

O principal problema da drenagem automática foi a generalização desta em relação aos canais de primeira ordem que acabam influenciando em parâmetros morfométricos como a densidade de drenagem e densidade hidrográfica. Com a drenagem automática os valores da densidade de drenagem sempre foram inferiores a 1 km/km^2 e na drenagem com a carta topográfica os valores variaram entre 1,17 e $1,82 \text{ km/km}^2$. Para pesquisas que tem como objetivo o uso destes parâmetros, recomenda-se prudência na utilização da drenagem automática.

O Índice de Sinuosidade variou pouco, considerando que o canal principal da bacia frequentemente é maior na carta topográfica do que na automática. A maior discrepância encontrada na sinuosidade foi na bacia do rio da Morte com 1,16 com a drenagem da carta topográfica e 1,05 com a drenagem automática. O Índice de Sinuosidade pode ser utilizado com uso de drenagem gerada automaticamente.

Para a aplicação da metodologia de atribuição de ordem aos canais de drenagem da bacia, é mais recomendável o uso da carta topográfica considerando seu maior nível de detalhamento nos canais de primeira ordem.

Contudo, dependendo do tamanho da área de estudo, o uso de cartas topográficas não é viável, e o uso da drenagem automática é mais adequado desde que sua utilização esteja informada na

pesquisa e que se tenha cuidado na aplicação de índices morfométricos como densidade de drenagem e hidrográfica.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. **Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos.** Rev. Brasileira de Geociências, p. 117-1245, jun. 2003.

ANDRADES FILHO, C. de O.; HAYAKAWA, E. H.; PRADO, B. R. **Avaliação comparativa da qualidade da extração automática de drenagens a partir de dados SRTM provenientes de diferentes fontes.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE – São José dos Campos, 2004.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E.L. **Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR.** Rev. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.

BURROUGH, P.A., MCDONNELL, R.A. 1998. **Principles of Geographical Information Systems: Spatial Information Systems and Geostatistics.** Oxford University Press. Oxford, 333 p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J.C.P. **“SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling”.** *Computers and Graphics*, vol.15, n.6, July 1996, pp.13-22.

HORTON, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology.** Geol. Soc America Bulletin, v.3, n.56, 1945.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. **Derivação de rede de drenagem a partir de dados do SRTM.** Rev. Geográfica Acadêmica v.2 n.2, p.84-95, edição especial, 2008.

STRAHLER A.N. 1952. **Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography.** Geological Society of America Bulletin, 63 (10):1117-1142.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara, n. 20, 2007.

VILELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: Mc Graw Hill do Brasil, 1975. 245 p.