

## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CANCÃ EM VENDA NOVA DO IMIGRANTE – ES - BRASIL

MORELI, Aldemar Polonini<sup>1</sup>  
PEREIRA, Daniel Pena<sup>2</sup>  
SILVA, Samuel Ferreira da<sup>3</sup>

Recebido em: 2013.07.21

Aprovado em: 2014.09.16

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.945

**RESUMO:** A morfometria da sub-bacia permite obter as diferentes características geométricas, de relevo e da rede de drenagem, fornecendo subsídios sobre as diferenças essenciais das distintas paisagens e disponibilizando informações para a elaboração de planejamentos e controles das ações associadas à dinâmica ambiental. Objetivou-se com a realização deste trabalho realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã, integrante da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim - ES. Foram adotados os procedimentos para delimitação manual e automática da sub-bacia, em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), por meio da geração de um Modelo Digital de Elevação (MDE). A sub-bacia foi classificada como sendo de 3ª ordem para os métodos automático e manual, com perímetro de 9.511 km e 9.087 km e área total de 403,75 ha e 394,80 ha, respectivamente. Conclui-se que, a sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã apresenta pequena suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, devido a sua forma semicircular, sendo necessário um manejo adequado em relação às atividades antrópicas, a fim de proteger o solo contra erosões.

**Palavras-chave:** Morfometria. Manejo de bacias. Hidrologia.

## MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF SUB-BASIN STREAM CANCÃ, MUNICIPALITY OF VENDA NOVA DO IMIGRANTE - ES, BRAZIL

**SUMMARY:** The morphology of sub-basin allows for different geometrical characteristics, topography and drainage network, providing subsidies on essential differences of different landscapes and providing information for the preparation of plans and controls the actions associated with environmental dynamics. The objectives of this work perform morphometric characterization of the sub-basin stream Cancã, part of the River Basin Itapemirim - ES. Procedures for manual and automatic delineation of the sub-basin in a Geographic Information System (GIS) environment have been adopted, through the generation of a Digital Elevation Model (DEM). The sub-basin was classified as 3<sup>rd</sup> order for the automatic and manual methods, with a perimeter of 9,511 km and 9,087 km and total area of 403.75 ha and 394.80 ha, respectively. We conclude that the sub-basin stream Cancã shows little susceptibility to flooding under normal rainfall conditions, due to its semicircular shape, adequate management in relation to human activities, it is necessary to protect the soil against erosion.

**Keywords:** Morphometry. Watershed management. Hydrology.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um tema muito abordado nos dias de hoje, apesar disso, não existem tantos adeptos para colocá-lo em prática em face de sua complexidade e resistência do modelo econômico, apesar de reconhecê-lo como fundamental para a sobrevivência das futuras gerações. A reversão dessa situação envolve planejamento de ações a partir do conhecimento técnico dos ecossistemas

<sup>1</sup> Professor do Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* Ibatiba.

<sup>2</sup> Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - *Campus* Uberaba.

<sup>3</sup> Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

samuelfd.silva@yahoo.com.br (autor para correspondência).

e com base na integração dos aspectos econômicos, sociais e ambientais do espaço físico de uma bacia hidrográfica.

Fatores como a erosão de terras precisam ser controlados e revertidos, a fim de prevenir consequências futuras, que podem ocasionar a aceleração da degradação dos componentes ambientais solo e água. Além da reversão de tal processo, torna-se necessário prever danos futuros com base no planejamento e na gestão ambiental desses recursos. Sendo que, as tomadas de decisão no gerenciamento de bacias hidrográficas dependem da geração de informações oriundas do planejamento conservacionista das terras, imprescindível para a conservação do solo, controle da perda de sedimentos e de água (CRESTANA *et al.*, 2010).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) utilizados na estruturação de dados geoambientais locais é uma importante ferramenta de análise com grande utilidade no monitoramento do uso e da ocupação da terra, no zoneamento agroecológico e na análise da quantidade e disponibilidade dos recursos naturais (PESSOA; FERNANDES, 2010).

A caracterização da topografia das classes de declividade, forma do relevo, escoamento superficial, rede de drenagem e área de preservação permanente são importantes para estimar as suas condições de conservação (RODRIGUES *et al.*, 2011), além de fornecer subsídios quantitativos sobre as diferenças essenciais das distintas paisagens, disponibilizando informações para a elaboração de planejamentos e controle das ações associadas à dinâmica ambiental.

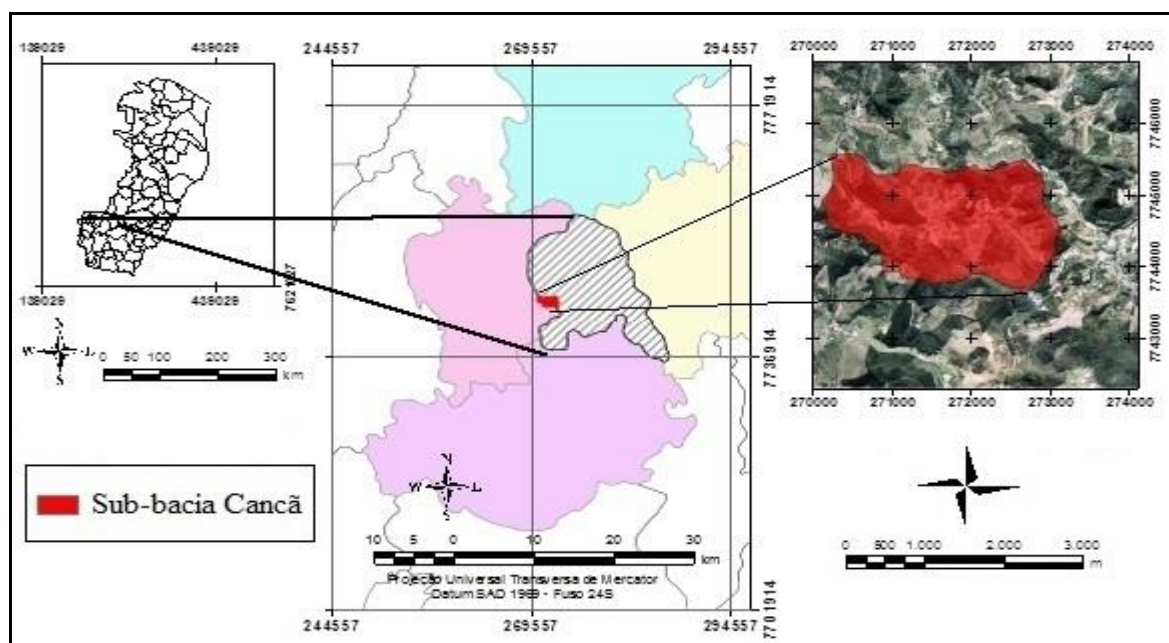
Desta forma, objetivou-se com a realização deste trabalho caracterizar a sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã, Venda Nova do Imigrante - ES visando contribuir para a formulação de propostas de gestão dos recursos naturais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Características do local**

O estudo foi realizado na área da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã (Figura 1), integrante da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, localizada no distrito de São João de Viçosa, município de Venda Nova do Imigrante - ES, na região Centro-Serrana do Estado do Espírito Santo, devido não somente a condição ambiental existente, com reflexos socioeconômicos para os residentes, mas também, pelo interesse dos setores públicos em diagnosticar as características locais para formulação de propostas de gestão.

**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo com destaque para a sub-bacia hidrográfica do Cancã em Venda Nova do Imigrante - ES.



Fonte: elaborado pelos autores.

A sub-bacia hidrográfica do Cancã possui uma economia puramente agrícola, com aproximadamente 380 ha, distribuída entre nove propriedades, onde vivem cerca de 90 pessoas. A estrutura fundiária é heterogênea, com lotes variando de 3,50 a 160,00 ha, tendo características de unidade de produção familiar, com predominância do sistema de contratação de trabalhadores assalariados. Sendo, localizada nas coordenadas geográficas de 20°30'12" S e longitude de 40°32'00" e altitude de 736 m (MORELI, 2010).

O clima foi caracterizado pela EMCAPA/NEPUT (1999), como pertencendo a duas zonas naturais, onde 76,70% da área total do município pertence à Zona 1, com características de terras frias, acidentadas e chuvosas, enquanto a Zona 2 (terras quentes e planas), com os demais 23,30% restantes. Na Zona 1, a média da temperatura mínima do mês mais frio varia de 7,30 e 9,40 °C (junho) e a média da máxima entre 25,30 e 27,80 °C (fevereiro), enquanto na Zona 2, a média mínima ocorre entre 9,40 e 11,80 °C (julho) e a média da máxima entre 27,80 e 30,70 °C (março). A sub-bacia hidrográfica do Cancã possui características de terras com declividade e temperaturas amenas com longos períodos chuvosos.

Visando ampliar a base de dados disponibilizados, foi realizada a caracterização morfométrica desta sub-bacia hidrográfica por meio de delimitação manual e automática.

### **Delimitação manual e automática**

A delimitação manual em carta topográfica planialtimétrica com escala de 1:5.000 foi desenvolvida por meio do traçado de uma linha representativa do divisor de águas, conforme descrito por Cecílio *et al.* (2011). Convencionou-se iniciar o traçado do divisor de águas a partir da foz da bacia hidrográfica, partindo-se de uma das margens do curso d'água, passando pelas linhas de cumeada até

chegar à margem oposta, no mesmo ponto da foz. Durante o traçado, foi realizada a identificação do conjunto de canais que constituem a rede de drenagem da bacia e as maiores altitudes da linha de cumeada, por meio de pontos, que separam a sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã das adjacentes.

O procedimento adotado para delimitação automática da sub-bacia, em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) foi feito por meio do programa computacional ArcGis 10, gerando um Modelo Digital de Elevação (MDE). O MDE foi originado a partir de curvas de nível (IBGE, 2013), pelo processo de triangulação de *Delaunay* (TIN) e com pixel de 10 x 10 m. Em seguida, de posse do MDE, foi feita a análise hidrológica da sub-bacia do córrego Cancã, conforme descrito por Santos *et al.* (2007).

### Morfometria da sub-bacia hidrográfica

De acordo com Teodoro *et al.* (2011), após a delimitação de uma área da sub-bacia, obtêm-se diferentes características, entre elas: as geométricas (área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade e densidade hidrográfica), de relevo (declividade, altitude e amplitude altimétrica) e da rede de drenagem (ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem, índice de sinuosidade e o coeficiente de manutenção).

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), de acordo com Vilela; Mattos (1975), é um número adimensional que varia com a forma da bacia, onde, quanto mais irregular, maior o  $K_c$ . Um valor mínimo, próximo a unidade, representa uma forma circular e ao contrário, quanto mais afastado de 1, mais alongada é a bacia. Uma bacia de forma circular está mais susceptível a enchentes. O  $K_c$  é calculado pela Equação 1:

$$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} . \quad (1)$$

Em que,

$K_c$  = coeficiente de compacidade;

$P$  = perímetro (m);

$A$  = área de drenagem (m<sup>2</sup>).

O fator de forma ( $K_f$ ) corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, podendo ser influenciado pela geologia. Um  $K_f$  baixo  $\leq 0,50$  classifica-a com menor probabilidade de enchentes, enquanto valores  $\geq 0,75$ , á predispõe a tais fenômenos (VILELA; MATTOS, 1975). O  $K_f$  é descrito pela Equação 2:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Em que,

$K_f$  = fator de forma;

$A$  = área de drenagem (m<sup>2</sup>);

$L$  = comprimento do eixo da bacia (m).

O índice de circularidade (Ic), é relativo à forma da bacia e similar ao Kc, tendendo a forma circular à medida que o índice se aproxima da unidade. O Ic é expresso pela Equação 3:

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (3)$$

Em que,

IC = índice de circularidade;

A = área de drenagem (m<sup>2</sup>);

P = perímetro (m).

A densidade hidrográfica (Dh) é a relação existente entre o número de cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. Segundo Teodoro *et al.* (2011), este índice tem a finalidade de comparar a quantidade de cursos d'água existentes por km<sup>2</sup>. A Dh é obtida por meio da Equação 4:

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Em que,

Dh = densidade hidrográfica;

N = número de rios, canais ou cursos d'água;

A = área de drenagem (m<sup>2</sup>).

A densidade de drenagem (Dd) é obtida pela razão entre o comprimento dos canais e rios com a área da sub-bacia. Esse índice pode variar de 0,50 (drenagem pobre) a 3,50 km km<sup>-2</sup> ou mais, em bacias com ótima drenagem, fornecendo indicativos da eficiência de drenagem (VILLELA; MATTOS, 1975). A Dd é obtida por meio da Equação 5:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (5) \text{ Em}$$

que,

Dd = densidade de drenagem (km km<sup>-2</sup>);

L = comprimento total dos rios ou canais (km);

A = área de drenagem (km<sup>2</sup>).

O índice de sinuosidade (Is), segundo Alves; Castro (2011) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre seus extremos. É fornecido por meio da Equação 6:

$$IS = \frac{L}{Dv} \quad (6)$$

Em que,

Is = índice de sinuosidade;

L = comprimento do canal principal;

Dv = distância vetorial do canal principal.

O índice de coeficiente de manutenção (Cm) representa uma medida de textura, semelhante à

densidade de drenagem. Tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente. Este índice pode ser calculado por meio da Equação 7:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (7)$$

Em que,

Cm = coeficiente de manutenção;

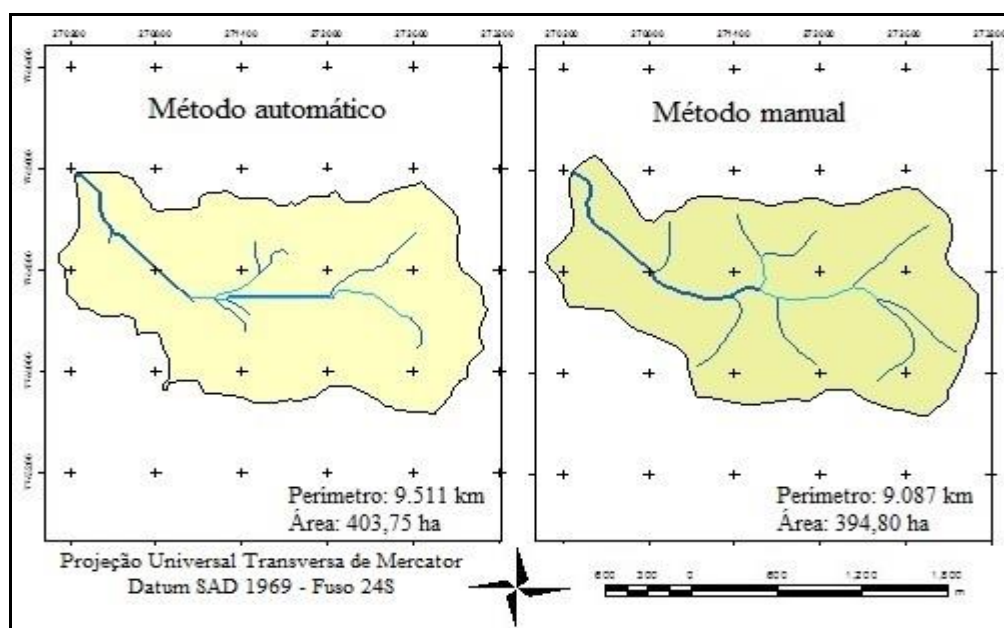
Dd = densidade de drenagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área da sub-bacia é uma característica determinante para a totalização do escoamento superficial das águas das chuvas. A delimitação da sub-bacia do Cancã, por meio do método automático registrou uma área total de 403,75 ha e pelo método manual 394,80 ha (Figura 2). Tais valores representam um incremento de área da sub-bacia, da ordem de 6,25 e 3,89%, respectivamente, se comparado aos 380,00 ha apresentados por Moreli (2010). No entanto, a diferença verificada entre os métodos utilizados pode caracterizar uma margem de erro de inclusão de área pela adoção do método automático.

Ao identificar o grau de ramificação dos cursos d'água, determinou-se a ordem dos mesmos em ambiente SIG, de acordo com a metodologia de Rodrigues *et al.* (2011). A sub-bacia foi classificada como sendo de 3ª ordem de ramificação e apresenta 9 segmentos de rios de 1ª ordem e 2 de 2ª ordem e 1 de 3ª ordem.

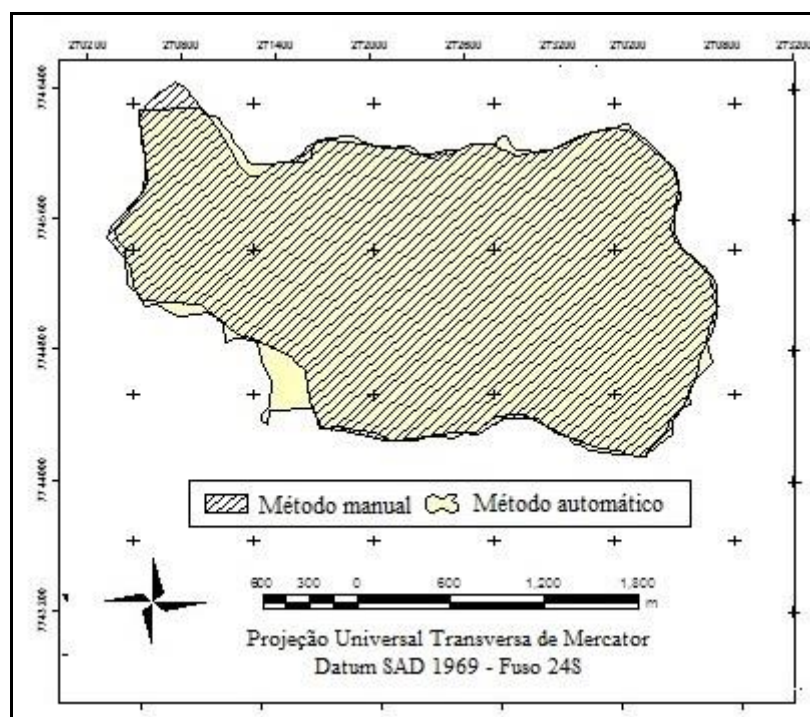
**Figura 2.** Mapas comparativos de delimitação pelos métodos automático e manual da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã Venda Nova do Imigrante - ES.



Fonte: elaborado pelos autores.

Ao sobrepor as imagens dos mapas para fins comparativos (Figura 3), observam-se os pontos divergentes. O delineamento automático proporcionou uma diferença de área maior de (8,95 ha) quando comparado ao método manual. Essa pode estar associada à qualidade dos dados de entrada processados, no método automático e ao tamanho do pixel de 10m, que foi usado para obter a vetorização dos rios, possibilitando assim, delimitar a bacia e caracterizar a hierarquia dos mesmos.

**Figura 3.** Sobreposição dos métodos manual e automático de delimitação da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã Venda Nova do Imigrante - ES.



**Fonte:** elaborado pelos autores.

A declividade tem uma relação importante com o escoamento superficial e os processos erosivos do solo, e, quando o ambiente encontra-se desprotegido de vegetação, aumenta a degradação da sub-bacia (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Observa-se, na Tabela 1, que a declividade média é de 31,00%, condizente com o relevo fortemente ondulado da região, e 72,70% da área total encontra-se nas classes de relevo variando de fortemente ondulado a fortemente montanhoso. Essas características influenciam diretamente nos planos de manejo do solo e nas ações de controle ambiental da sub-bacia.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues *et al.* (2011), onde mais de 90% da área da sub-bacia do ribeirão Tamanduá, em São Paulo, encontram-se suscetíveis à erosão devido à existência dessas áreas inclinadas.

Neste tipo de área o escoamento superficial aumenta em função da declividade, o que reflete na susceptibilidade à degradação ambiental, devido a maior erosão causada pelo escoamento da água das chuvas. Tais valores evidenciam a importância de se programar manejos adequados para o uso do solo visando preservar a vegetação, bem como, a necessidade de se planejar e desenvolver estratégias que minimizem os impactos de degradação, naturalmente desencadeados quando não é observada a legislação pertinente.

**Tabela 1.** Classificação da declividade e tipo de relevo da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã Venda Nova do Imigrante - ES.

Declividade (%)	Área (ha)	Área (%)	Tipo de relevo
0 – 3	64,01	15,85	Plano
3 – 8	7,53	1,88	Suavemente ondulado
8 – 20	38,61	9,56	Ondulado
20 – 45	188,12	46,59	Fortemente ondulado
45 – 75	94,25	23,34	Montanhoso
> 75	11,23	2,78	Fortemente montanhoso
Total	403,75	100,00	

EMBRAPA (1979).

A caracterização morfométrica da sub-bacia encontra-se apresentada na Tabela 2. Observam-se variações nos valores apurados por meio dos métodos manual e automático para quase todos os parâmetros. A vantagem do método automático está na agilidade, porém é necessário verificar a confiabilidade dos dados gerados por esse processo.

A forma da sub-bacia é determinada por índices que se relacionam com formas geométricas, como o coeficiente de compacidade e o fator de forma.

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã observou-se um coeficiente de compacidade com valor afastado da unidade, 1,28 para o método manual e 1,32 para o método automático, já para o fator de forma foram verificados valores muito próximos para ambos os métodos utilizados, 0,40 (automático) e 0,39 (manual), demonstrando uma capacidade boa de concentração de água de chuva. Diante do exposto, evidenciou-se que a sub-bacia do córrego do Cancã possui formação geométrica alongada.

Tonello *et al.* (2006), avaliando uma bacia na região de Guanhães - MG, encontraram características tais como: declividade média de 33,90%, coeficiente de compacidade de 1,57 e fator de forma de 0,41.

Considerando os resultados obtidos para coeficiente de compacidade e fator de forma como valores baixos, pode-se considerar que a sub-bacia em estudo possui pequena suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, estando em conformidade com os resultados encontrados por Oliveira *et al.* (2010).

**Tabela 2.** Características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã em Venda Nova do Imigrante - ES.

Características analisadas	(Continua)	
	Método automático	Método manual
Área	403,75 ha ou 4,04 km <sup>2</sup>	394,8 ha ou 3,95 km <sup>2</sup>
Perímetro	9,511 km	9,087 km
Comprimento do eixo da bacia	3,16 km	3,18 km
Coeficiente de compacidade	1,32	1,28
Fator de forma	0,40	0,39
Índice de circularidade	0,56	0,60
Densidade de drenagem	1,38 km km <sup>-2</sup>	2,02 km km <sup>-2</sup>



**Tabela 2.** Características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã em Venda Nova do Imigrante - ES. **(Conclusão)**

Características analisadas	Método automático	Método manual
Densidade hidrográfica	1,49 canais km <sup>2</sup>	2,28 canais km <sup>2</sup>
Coefficiente de manutenção	724,64 m <sup>2</sup>	495,05 m <sup>2</sup>
Declividade média	31%	-
Altitude	680 a 1.000 m	680 a 1.000 m
Amplitude altimétrica	320 m	320 m
Índice de sinuosidade	1,02	1,14
Ordem dos cursos d'água	Ordem 3	Ordem 3

**Fonte:** elaborado pelos autores.

A densidade de drenagem de 2,02 e 1,38 km km<sup>2</sup> (Tabela 2), obtidos com os métodos manual e automático, respectivamente, indicam que a sub-bacia possui baixa capacidade de drenagem, mesmo com valores de alta amplitude (320 m). Segundo Villela; Mattos (1975), valores entre 0,50 e 3,50 km km<sup>2</sup> são de drenagem pobre e acima deste valor são considerados de excelente drenagem.

Os valores de densidade hidrográfica de 2,28 e 1,49 canais km<sup>2</sup>, obtidos para os métodos manual e automático, respectivamente, refletem, conseqüentemente, uma tendência para maior dissecação hídrica do terreno, desencadeando o fenômeno de esculturação da paisagem, o mesmo observado por Zimback; Carvalho (1996).

Conforme relatado por Alves; Castro (2011), quando o índice de sinuosidade é igual a 1,00 ou maior que 2,00 o canal tende a ser retilíneo e tortuoso, respectivamente. Valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. A sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais.

Á medida que o relevo tornou-se mais tortuoso, Pissarra *et al.* (2004), observaram aumento nos valores médios da densidade de drenagem, refletindo em condições que a infiltração da água encontra maior dificuldade.

A sub-bacia do córrego Cancã, com índice de sinuosidade de 1,14 e 1,02 obtidos pelo método manual e automático, respectivamente, podem ser classificados como de baixa sinuosidade e mais retilíneo.

Em relação à amplitude altimétrica de 320 m, observou-se que a sub-bacia possui características de relevo variado, levando os gestores a produzirem planos que se adéquem às diversidades apresentadas, pois a declividade de uma sub-bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto no que se refere ao cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções no meio.

Considerando os procedimentos de verificação da qualidade das bacias hidrográficas, percebeu-se que há necessidade de ajustes na hidrografia, no que se refere à sua localização (nascente e calha) e que a verificação, com exatidão, da conformidade e do seu perímetro é dificultada pela projeção ortogonal. Sugere-se, nesse caso, usar técnica de obtenção de imagem em três dimensões, tipo estereoscópico, assim como verificação em campo, quando possível.

## CONCLUSÕES

A sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã é de 3ª ordem, com altitudes variando de 680 á 1.000 m, declividade média de 31%, com 26% da área acima de 45%, e relevo fortemente ondulado, favorecendo o escoamento superficial.

A sub-bacia possui um canal principal de baixa sinuosidade, favorecendo o fluxo de água relativamente rápido. Porém, com maior tempo de concentração de água da chuva. Possui ainda, forma semicircular e pequena suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação.

É necessário um manejo adequado da sub-bacia do córrego Cancã, em relação às atividades antrópicas, a fim de proteger o solo contra erosões.

## 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 análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.33, n.2, p.117-124, 2011.

CECÍLIO, R. A. et al. Delimitação de bacias hidrográficas. In: ANDRADE, F. V. et al. **Tópicos especiais em Produção Vegetal II**. Alegre: Centro de Ciências Agrárias, 2011, p. 329-348.

CRESTANA, S.; MINOTI, R. T.; NEVES, F. F. Modelagem e simulações aplicadas à avaliação dos impactos da perda de solo e dos dejetos de suínos na qualidade da água de microbacias: Uma nova abordagem voltada ao planejamento ambiental de microbacias hidrográficas. In. Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas. Brasília, DF. **Embrapa Informação Tecnológica**, 2010, p.167-199.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10. 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

EMCAPA/NEPUT. **Mapa de Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES. Viçosa, MG: UFV; Norwich: Eastia Anglia University: Brasília, DF: SAE; Rio de Janeiro: PRÓ – NATURA, (Mapa. Esc.: 1: 400.000), 1999.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 de jul. 2013.

MORELI, A. P. et al. A microbacia hidrográfica como espaço territorial para planejamento integrado de desenvolvimento rural e gestão dos recursos da terra. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9., CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39, 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010.1 CD-ROM.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.8, p.819–825, 2010.

PESSOA, M. C. P. Y.; FERNANDES, E. N. **Modelagem matemática e simulação de sistemas aplicados ao planejamento ambiental e da atividade agrícola**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2010, p.79-117.

---

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, n.28, p.297-305, 2004.

RODRIGUES, V. A. et al. Degradação ambiental da microbacia do ribeirão Tamanduá em relação com sua morfometria. **Revista Florestal Venezuelana**, v.55, n.1, p.23-28, 2011.

SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. **ArcGIS 9.1 Total**: aplicações para dados espaciais. Vitória: Fundagres, 2007. 226p.

TEODORO, V. L. I. et al.. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Uniará**, v.20, p.137-156, 2011.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

ZIMBACK, C. R. L.; CARVALHO, A. M. Caracterização hídrica dos solos de três bacias hidrográficas na região de Marília (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.20, p.459-466, 1996.

