

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Bárbara Hollo de Andrade¹; Mayara Saragosa Biazzi²; Paulo Tarso Sanches de Oliveira³; Dulce Buchala Bicca Rodrigues⁴ & Teodorico Alves Sobrinho⁵

RESUMO – Bacias hidrográficas são unidades complexas que necessitam de caracterização física para sua simplificação e para o conhecimento do comportamento hidrológico destas. Deste modo, este trabalho teve como objetivo determinar e avaliar os parâmetros físicos morfométricos da Bacia Hidrográfica do córrego Ângico, constituída de 400 km². Para tanto, tomou-se por base a carta topográfica do local, processada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), no software Spring 5.0.5. Verificou-se que a bacia em estudo possui 52,9% da área com relevo plano e 30,28% com relevo suave ondulado, sendo a declividade média da bacia de 3%. Além disso, pode-se classificar a bacia como de baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. Assim, a utilização de SIG para é uma alternativa viável em recursos e tempo para análise de bacias hidrográficas, servindo de subsidio a eficiência da gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT – Watersheds are complex units that require physical characterization to their simplification and to knowledge about hydrologic behavior. Thus, this study aimed to determine and evaluate the morphometric physical parameters of Angico Stream Watershed, with approximately 400 km². For these, based on topographic map of the place, that was process in Geographic Information System (GIS), software Spring 5.0.5. It was found that the basin has 52.9% of the area with plan relief and 30.28% with soft wavy relief, in addition the average slope is 3%. This basin can be classified as low susceptibility to flooding under normal conditions of rainfall. The use of GIS is a viable alternative in resources and time for analysis of watersheds, and allow the efficient management of water resources.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos, modelo numérico do terreno, geoprocessamento.

1) Aluna de Iniciação Científica. E-mail: bahollo@hotmail.com.

2) Aluna de Iniciação Científica. E-mail: may_biazi@hotmail.com.

3) Mestrando em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Cidade Universitária, Campus da UFMS, Campo Grande, MS, CEP 79070-900, Caixa Postal 549. E-mail: paulotarso@nin.ufms.br.

4) Mestranda em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Cidade Universitária, Campus da UFMS, Campo Grande, MS, CEP 79070-900, Caixa Postal 549. E-mail: dulce@nin.ufms.br.

5) Prof. Associado. Departamento de Hidráulica e Transportes. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Bolsista do CNPq – PQ 2. Cidade Universitária, Campus da UFMS, Campo Grande, MS, CEP 79070-900, Caixa Postal 549. UFMS. E-mail: talves@nin.ufms.br

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Lei Federal nº 9433/97 estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A fixação dessas unidades básicas envolve a abrangência de aplicação dos instrumentos da PNRH, tais como: enquadramento dos corpos de água, outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos. Assim, é fundamental a realização da caracterização de bacias, com intuito de verificar de subsidiar o gestão dos recursos hídricos. Segundo Cardoso *et al.* (2006), para avaliar o possível efeito de qualquer perturbação numa bacia hidrográfica, é necessário conhecer, inicialmente, as características do ecossistema em suas condições naturais de equilíbrio, a fim de estabelecer comparações entre as condições hidrológicas e de qualidade da água no ecossistema natural e os ecossistemas nos quais ocorre ação direta do homem.

A delimitação e caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é muito utilizado para análises ambientais e hidrológicas, uma vez que ela é considerada uma captação natural da água de precipitação fazendo todo o escoamento gerado por ela ir pra um mesmo ponto. De acordo com Tonello *et al.* (2006), as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e o escoamento superficial e sub-superficial.

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas atualmente é realizada com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Esse procedimento pode ser realizado de modo manual ou automático (Cardoso *et al.*, 2006). As informações de relevo são representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Numérico do Terreno (MNT). Esses modelos são atualmente obtidos por meio da interpolação de curvas de nível, extraídas de uma carta topográfica, ou através de imagens de sensores remotos.

Valeriano *et al.* (2006) descrevem algumas vantagens da utilização do MNT em SIG, tais como: os recursos digitais (velocidade, repetibilidade e integração com outras bases de dados), a redução de intervenções manuais e, portanto, subjetividade e a possibilidade de representação paramétrica. Neste sentido, diversos autores utilizam MNT integrado em SIG em estudos aplicados a recursos hídricos, principalmente na caracterização morfométrica de bacias hidrográficas (Jenson e Domingue, 1988; Verdin e Verdin, 1999; Ogden *et al.*, 2001; Castrogiovanni *et al.*, 2005; Alcaraz *et al.*, 2009).

Deste modo este trabalho teve por objetivo realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Angico, localizada no Estado de Mato Grosso do Sul, a partir da estimativa

de alguns parâmetros físicos, como: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, ordem e densidade de drenagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreendeu a bacia hidrográfica do Córrego Angico, com aproximadamente 400 Km², localizada entre as coordenadas de latitudes 20° 06' S a 20° 18' S e longitude 54° 33' W a 54° 55' W. Encontra-se inserida nos municípios de Campo Grande, Rochedo e Jaraguari, no estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1).

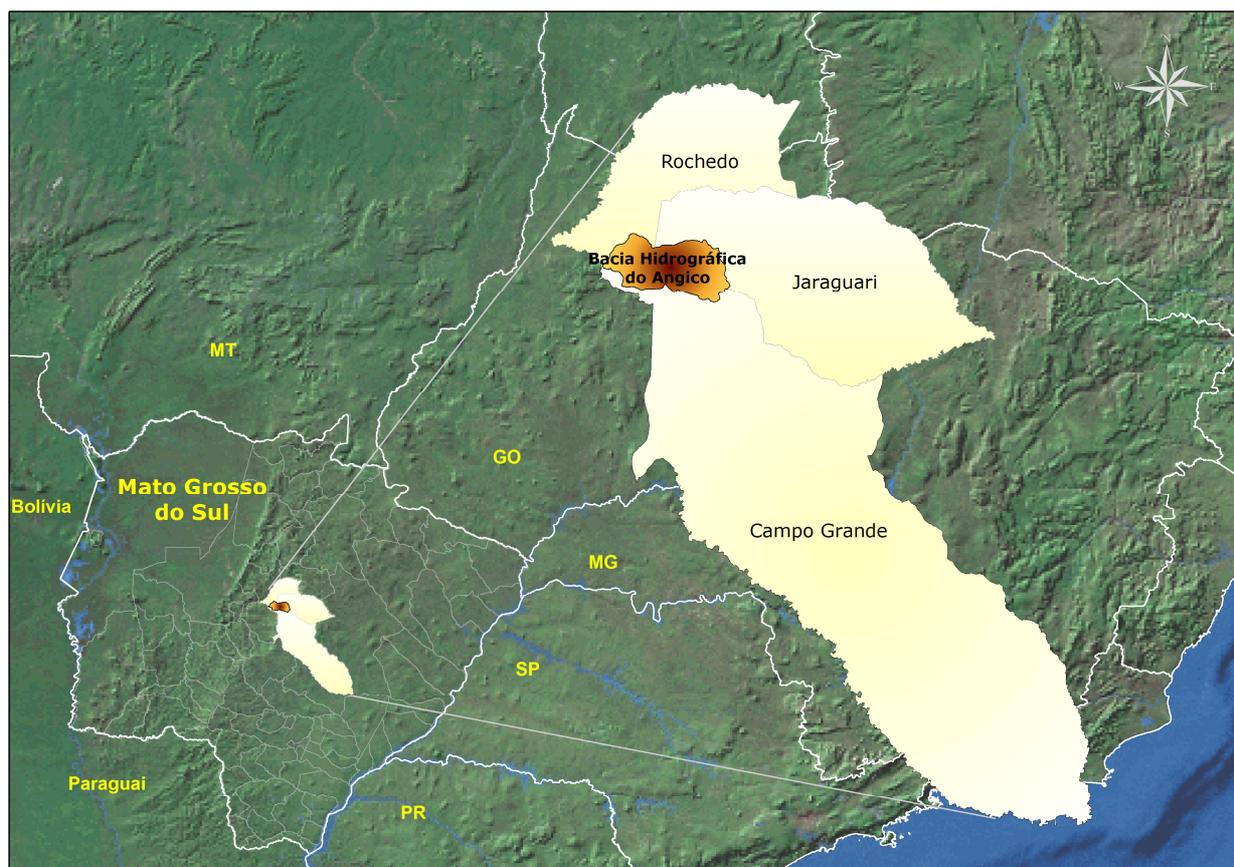


Figura 1. Localização da área em estudo

O clima predominante na região segundo a classificação climática de Köppen, é Aw, Clima Tropical chuvoso de savana, apresentando inverno seco e chuvas máximas no verão. Conforme dados da Embrapa obtidos através das redes de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 1961-1990 a temperatura média anual foi de 22,7 °C. A precipitação média anual, no mesmo período foi de 1.468 mm.

Elaboração do Modelo Numérico do Terreno

A base cartográfica de referência utilizada neste trabalho foi a carta topográfica folha Campo Grande SF. 21-X-B-II (DSG, 1979), na escala 1:100.000, representadas por curvas de nível eqüidistantes 40 m, pontos cotados e hidrografia. Primeiramente, essa carta foi digitalizada com

resolução de 300 dpi e convertidas para o formato SPG no módulo IMPIMA do SPRING 5.0.5 (Câmara *et al.*, 1996). Posteriormente, procedeu-se o registro utilizando-se polinômio de 2º grau e o interpolador vizinho mais próximo. A carta foi registrada com 20 pontos de controle, obtendo-se valores de erro inferiores a 0,5 *pixel*. Realizou-se a vetorialização da base topográfica e, a partir das amostras vetorializadas gerou-se grade triangular e posteriormente uma grade retangular para a obtenção do MNT, conforme apresentado na figura 2.

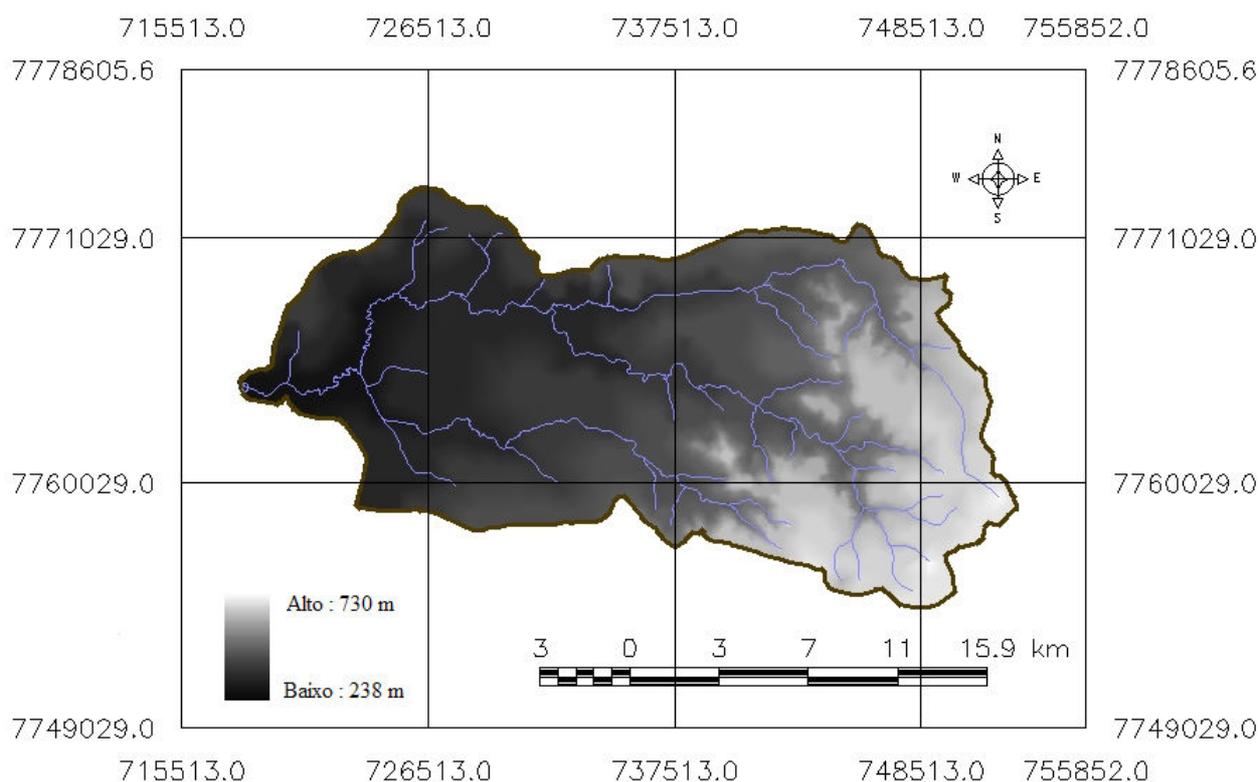


Figura 2. Modelo numérico de terreno da bacia do Angico.

Morfometria da bacia hidrográfica

De posse dos resultados obtidos por meio dos dados das cartas topográficas, foram obtidas diferentes características físicas da bacia hidrográfica em estudo, tais como: área da bacia; perímetro; coeficiente de compacidade; fator de forma; índice de circularidade; declividade; altitude; densidade de drenagem; e, ordem dos cursos d'água.

O coeficiente de compacidade (K_c), é um índice de forma que relaciona o perímetro da bacia com o perímetro do círculo de mesma área. O K_c foi determinado de acordo com equação 1.

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

Sendo: K_c o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m^2).

O fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (equação 2). Uma bacia com um fator de

forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (Villela e Mattos, 1975).

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

Sendo: F= fator de forma; A= área de drenagem (m²); L = comprimento do eixo da bacia (m).

O índice de circularidade (IC) é um índice de forma que avalia o grau de alongamento da bacia, tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada. No cálculo do IC utilizou-se a equação 3.

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

Em que: IC = índice de circularidade, A = área de drenagem (m²) e p = o perímetro (m).

A rede hidrográfica foi ordenada de acordo com Strahler (1957), que considera todos os canais sem tributários como de primeira ordem; os canais de segunda ordem, por outro lado, se originam da confluência de dois canais de primeira ordem; os de terceira ordem, por sua vez, formam-se pela junção de canais de ordem 2.

A densidade de drenagem (Dd) fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede perenes, intermitentes ou temporários e a área total da bacia (equação 4).

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (4)$$

Sendo: Dd = densidade de drenagem (km/km²); Lt = comprimento total de todos os canais (km); A = área de drenagem (km²).

A declividade do terreno consiste entre variação de altitude entre dois pontos do terreno e a distância horizontal que os separa. Na obtenção dos dados de declividade utilizou-se o MNT gerado a partir da carta topográfica e aplicou-se a função declividade em porcentagem do SPRING, sendo posteriormente realizado um fatiamento conforme classes propostas na tabela 1.

Tabela 1. Classificação da declividade segundo a

Declividade (%)	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979)

Todo o processo realizado neste estudo foi desenvolvido no SIG SPRING sendo os mapas finais editados no modulo SCARTA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se, como resultado um relatório contendo todos os parâmetros de interesse calculados para a bacia do Angico (Tabela 2).

Tabela 2. Características físicas da bacia hidrográfica do Angico

Características físicas	Resultados
Área de drenagem (km ²)	399,82
Perímetro (km)	98,802
Comprimento do rio principal (km)	50,52
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,3835
Fator de forma(F)	0,3432
Índice de circularidade (IC)	0,5148
Declividade média (%)	3,13
Altitude máxima(m)	730
Altitude média (m)	397
Altitude mínima(m)	238
Ordem da bacia	3
Densidade de drenagem (km / km ²)	0,4777

Considerando os resultados obtidos pode-se classificar a bacia hidrográfica do Córrego Angico como de baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. Isso pode ser constatado em virtude de o coeficiente de compacidade (Kc) apresentar o valor afastado da unidade e fator de forma (F) exibir um valor baixo. No entanto, a partir do índice de circularidade (IC) pode-se verificar que a bacia do Angico encontra-se no limite entre a forma alongada e circular. Pois segundo Schumm (1956), valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (picos de cheias). Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento. Deste modo, pode-se considerar que a bacia em estudo possui forma pouco circular com tendência alongada.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, esses valores ajudam substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica (Cardoso *et al.*, 2006). A densidade de drenagem (D_d) da bacia em estudo é baixa, indicando área permeável e de relevo plano e suave. A D_d varia diretamente com a extensão do escoamento superficial, concluindo-se que a bacia possui baixa suscetibilidade a enchentes, em condições normais de precipitação.

A partir da figura 3 é possível verificar a hierarquização da bacia em estudo, sendo essa de ordem 3 conforme Strahler (1957).

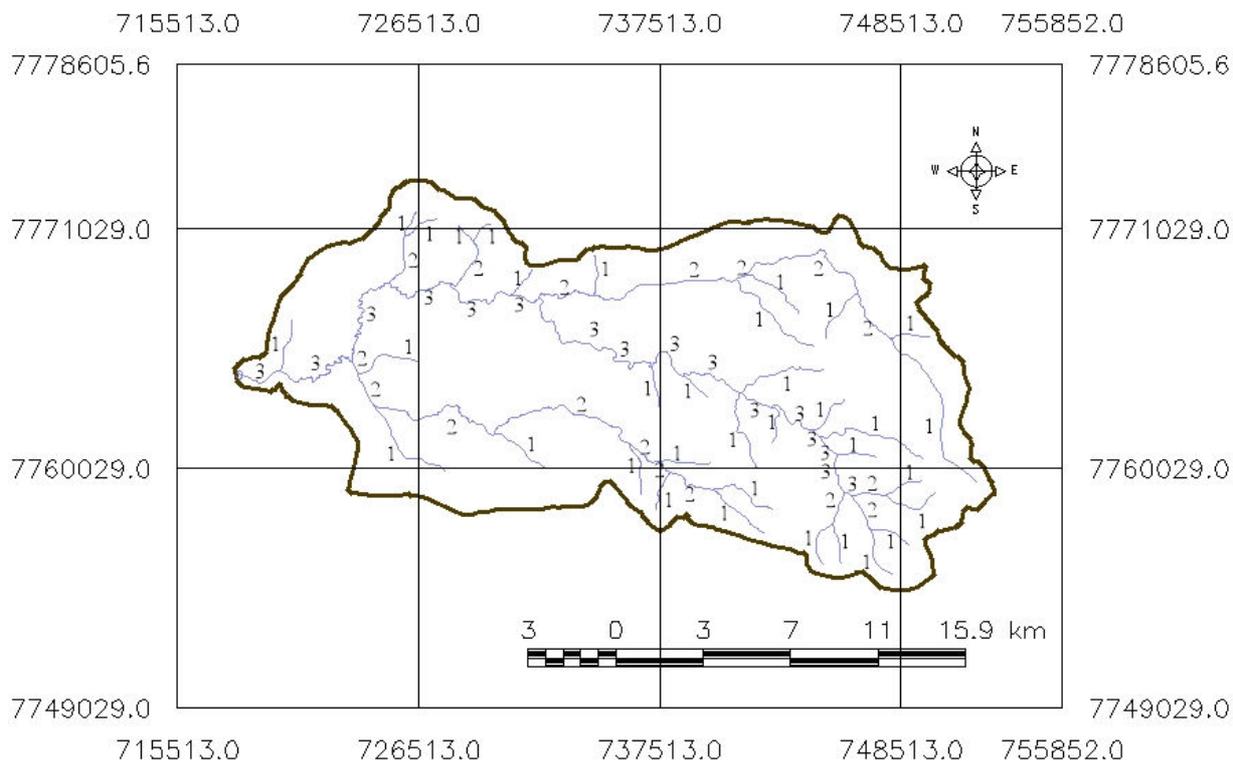


Figura 3. Ordenamento da bacia hidrográfica do Angico, conforme metodologia de Strahler (1957).

Na tabela 3, encontram-se representadas as informações quantitativas associadas à declividade e relevo da bacia em estudo.

Tabela 3. Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica do Angico

Declividade (%)	Relevo	Área (km ²)	Área %
0 – 3	Plano	211,508101	52,90
3 – 8	Suave ondulado	121,056240	30,28
8 – 20	Ondulado	44,124457	11,03
20 – 45	Forte ondulado	20,392442	5,10
45 – 75	Montanhoso	2,636410	0,66
> 75	Forte montanhoso	0,100921	0,03

Observa-se que a maior parte da bacia do Angico possui características de relevo plano, sendo 52,9% da área classificada como plano e 30,28% como suave ondulado. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade do escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração da água no solo. A declividade média calculada para a bacia é de aproximadamente 3%, assim, pode-se verificar baixa influencia do relevo no processo de velocidade do escoamento superficial. No entanto, existem áreas em que a declividade é mais acentuada, conforme verificado na Figura 4.

Nota-se que as maiores declividades estão concentradas na região leste da bacia, enquanto que na porção oeste a declividade é inferior a 8% (Figura 4)

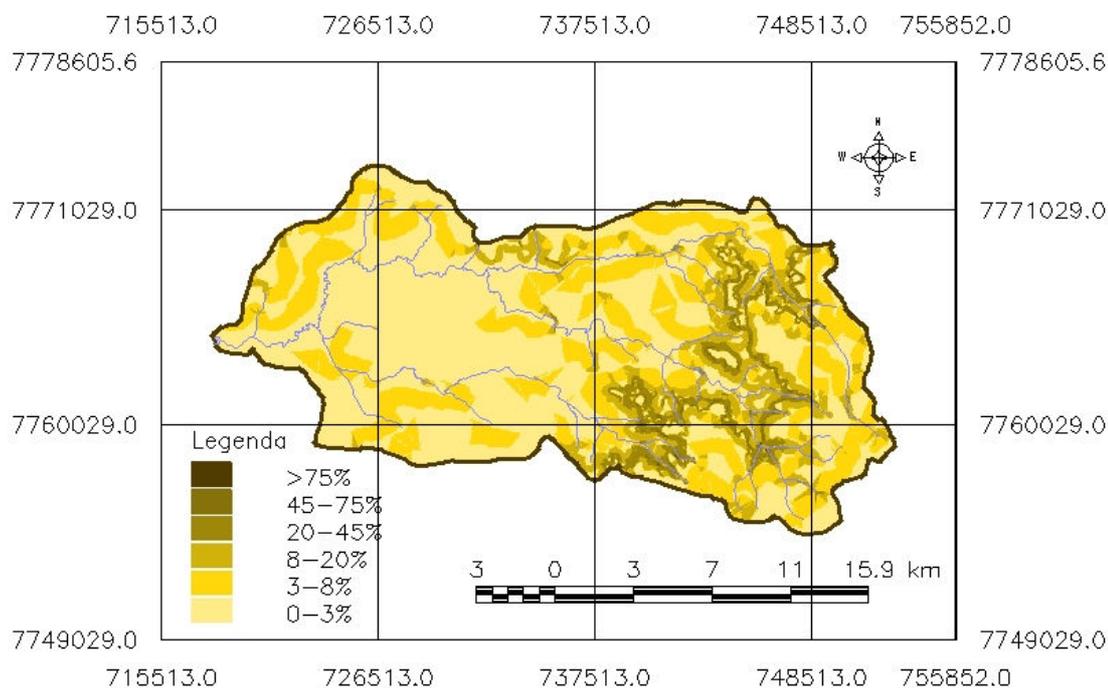


Figura 4. Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica do Angico

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se classificar a bacia hidrográfica do Córrego Angico como de baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação.

A bacia em estudo possui características de relevo plano, sendo 52,9% da área classificada como plano e 30,28% como suave ondulado. A declividade média para toda a bacia é de 3%.

A disponibilização gratuita do SIG SPRING proporciona o desenvolvimento de pesquisas sobre recursos hídricos com qualidade e custos reduzidos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a FUNDECT pelo auxílio financeiro concedido para a realização do trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ALCARAZ, S.A.; SANNIER, C.; VITORINO, A.C.T.; DANIEL, O. (2009). "Comparison of methodologies for automatic generation of limits and drainage networks for hidrographic basins". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.4, pp.369-375.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. (1996). "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". Computers & Graphics, v. 20, n. 3, pp. 395-403.

- CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. (2006). “*Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ*”. Revista *Árvore*, v.30, n.2, pp. 241-248.
- CASTROGIOVANNI, E.M.; LOGGIA, G.L.; NOTO, L.V. (2005). “*Design storm prediction and hydrologic modeling using a web-GIS approach on a free-software platform*”. Atmospheric Research, v.77, pp. 367-377.
- DSG (Diretoria do Serviço Geográfico). *Carta Campo Grande. Folha SF. 21-X-B-II*. Escala 1:100.000. Ministério do Exército. Região Centro-Oeste do Brasil. Carta, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- JENSON, S.K.; DOMINGUE, J.O. (1988). “*Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis*”. Photogrammetric Engineering and remote sensing, v.54, n.11, pp. 1593-1600.
- OGDEN, F.L.; GARBRECHT, J.; DEBARRY, P.A.; JOHNSON, L.E. (2001). “*Gis and distributed watershed models. II: Modules, Interfaces, and models*”. Journal of Hydrologic Engineering, pp. 515-523.
- SCHUMM, S.A. (1956). “*Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy*”. Geological Society of America Bulletin, n. 67, pp. 597-646.
- STRAHLER, A.N.(1957) “*Quantitative analysis of watershed geomorphology*”. Transaction of American Geophysical Union, pp. 913-920.
- TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; ALVARES, C.A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F.P. (2006). “*Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG*”. Revista *Árvore*, v.30, n.5, pp. 849-857.
- VALERIANO, M.M., KUPLICH, T.M., STORINO, M., AMARAL, B.D., MENDES JUNIOR., J.N., LIMA, D. (2006). “*Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with SRTM-90m data*”. Computers & Geosciences, v. 32, n. 8, pp. 1169-1181.
- VERDIN, K.L.; VERDIN, J.P. (1999). “*A topological system for delineation and codification of the Earth’s river basins*”. Journal of Hydrology. v.218, pp. 1-12.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.