

## Caracterização morfológica e climática da sub-bacia do córrego Cana-Brava do município de Guaraciama – MG

F. Ponciano de Deus<sup>1</sup>; L. A. Silva<sup>2</sup>; A. M. Silva<sup>2</sup>; G. Coelho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 13083-875, Campinas-SP, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras-MG, Brasil

*fabio.deus@feagri.unicamp.br*

*(Recebido em 03 de dezembro de 2010; aceito em 23 de agosto de 2011)*

O objetivo deste trabalho foi caracterizar morfométrica e climaticamente a sub-bacia hidrográfica do córrego Cana-Brava do município de Guaraciama - MG, além de gerar modelos topográficos da área. Esta sub-bacia é representativa da região do Alto Jequitinhonha, sendo pertencente à UPGRH – JQ1. As informações foram extraídas da carta topográfica vetorial do mapeamento sistemático do município de Bocaiúva – MG, com o intuito gerar os resultados dos índices morfométricos e os modelos topográficos da área de estudo. Os softwares utilizados para estas atividades foram o AutoCAD 2004 e o ArcGIS 9.1. Também foram extraídas informações de séries históricas normais mensais e anuais de temperatura média, precipitação média, umidade relativa e evaporação total, disponíveis nas Normais Climatológicas (1961 a 1990) de 8 estações climatológicas do estado de Minas Gerais próximas à área de estudo, com o intuito de espacializar o parâmetro pelo software ArcGIS 9.1. Contudo, em se tratando da caracterização morfométrica, observou-se que a sub-bacia possui tendência mediana a grandes enchentes, média densidade de drenagem e predominância de relevo plano na área. Em termos de clima, pode-se concluir que há sazonalidade da precipitação e inexistência de período de inverno característico. E por fim, o software ArcGIS 9.1 apresentou-se com um importante e fundamental instrumento para estudos relacionados à hidrologia.

Palavras-chave: manejo de bacias hidrográficas, morfometria, sistema de informação geográfica.

The aim of this research was to study the watershed's morphometric characteristics and climate characterization of the Cana-Brava's streamlet located at Guaraciama – MG, Brazil, and generate topographic models of the area. This watershed represents the High Jequitinhonha region, of the UPGRH – JQ1. The data base was obtained from the vectorial topographical maps of Bocaiúva – MG, with the objective to generate the morphometric indices and topographic models of the watershed. It was used the software AutoCAD 2004 and ArcGIS 9.1. It was also used information of the average temperature, precipitation, evaporation and humidity, obtained in climate information manuals (1961 to 1990), from 8 Climate Centers from the State of Minas Gerais, near from the watershed, with the objective to spatialize the parameter in the ArcGIS 9.1 software. However, it was observed that this watershed has intermediate tendency to overflowing, medium drainage density, and with predominance of the plan relief. In terms of climate, it was possible to observe seasonality of the precipitation and no typical winter season. And finally, the ArcGIS 9.1 software proved to be an important and fundamental tool for hydrology studies.

Keywords: watershed management, morphometric characteristics, geographic information system.

### 1. INTRODUÇÃO

Uma das etapas básicas da análise hidrológica é a determinação das características morfométricas da bacia hidrográfica e de sua rede de drenagem. Estas informações possuem aplicabilidade em diversas situações, tais como na modelagem dos fluxos hidráulicos, no transporte e deposição de sedimentos e poluentes e na predição de inundações [1, 2, 3]. Além destas aplicações, a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão de inúmeras questões geomorfológicas, pois os cursos d'água estão relacionados com processos morfogenéticos muito ativos [4].

Neste contexto, o processo de modelagem topográfica do terreno auxilia na preparação e na análise das informações associadas à hidrologia. Para isso, os sistemas de informações geográficas (SIG's) constituem uma ferramenta importantíssima e fundamental. Entre os componentes da modelagem topográfica assistida por SIG pode-se citar os dados provenientes

da análise do terreno, caracterização morfológica das bacias hidrográficas e da rede de drenagem, a partir do modelo digital de elevação.

Para a caracterização completa de uma bacia hidrográfica, é necessário determinar as variáveis climáticas da área, e sabe-se que o clima de uma região é determinado por variáveis como temperatura, umidade relativa, evaporação, precipitação dentre outros.

O conhecimento da precipitação torna-se relevante no planejamento de atividades agrícolas, permitindo previsões com melhores aproximações e decisões mais confiáveis. A precipitação é um importante componente do ciclo hidrológico, sendo o fenômeno responsável pela entrada de água na bacia hidrográfica, e seu comportamento é um dos principais responsáveis pela resposta hidrológica da bacia hidrográfica. A temperatura do ar é um dos principais parâmetros climáticos para a caracterização climática de uma região, e seu conhecimento se torna fundamental em estudos de planejamento agrícola e em análises de adaptação de culturas a determinadas regiões com características distintas [5]. A evaporação é um componente climático importante nos estudos e nos planejamentos no campo das ciências agrárias, podendo auxiliar, por exemplo, no dimensionamento de sistemas e manejo da irrigação. O conhecimento da umidade relativa do ar e suas interações com outros elementos meteorológicos ajudam no planejamento, manejo e gestão dos recursos hídricos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar as características morfométricas e climáticas da sub-bacia hidrográfica do córrego Cana-Brava, e gerar modelos topográficos da área facilitando as interpretações dos índices morfométricos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A sub-bacia hidrográfica do córrego Cana-Brava, localizada no município de Guaraciama do estado de Minas Gerais, situa-se entre as coordenadas UTM 644898,02 e 651927,46 metros de longitude, e 8100204,15 e 8110185,54 metros de latitude, do datum SAD69, e entre as altitudes de 750 e 1020 metros (figura 1).

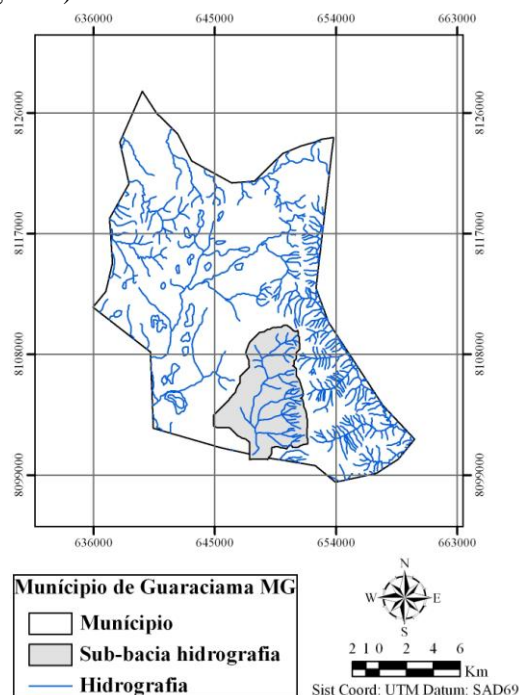


Figura 1: Sub-bacia do córrego Cana-Brava do município de Guaraciama – MG.

Esta sub-bacia é representativa da região do Alto Jequitinhonha no estado de Minas Gerais, sendo pertencente à Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos JQ1 (UPRGH – JQ1). A sub-bacia de estudo possui área total de 42,94 km<sup>2</sup>, e extensão de 11795,97 m da nascente até a foz no Rio Tabatinga.

Para análise morfométrica da sub-bacia, foi manipulada a carta topográfica vetorial do mapeamento sistemático do município de Bocaiúva – MG do IBGE, cuja identificação é NE-23-X-C-III. Esta carta consta de escala de 1:100.000, curvas de nível de 50 em 50 metros, rede hidrográfica e pontos cotados. Foi utilizado o software ArcGIS 9.1 para delimitação da bacia, e o software AutoCAD 2004 para determinação dos parâmetros básicos da análise morfométrica. O estudo foi dividido em caracterização da forma, da rede de drenagem e do relevo da bacia, onde os índices foram determinados por meio das equações e interpretações preconizadas pela literatura [6].

Para modelagem topográfica do terreno, foi gerado o modelo digital de elevação e o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente como dados base para confecção dos modelos. Para isso foi utilizado o software ArcGIS 9.1. Os modelos desenvolvidos foram: modelo de hipsometria, modelo sombreado do terreno, modelo de declividade do terreno com base na classificação desenvolvida na literatura [7], modelo de orientação do terreno e modelo de hierarquização dos cursos d'água do terreno utilizando os critérios previstos em [8].

Em termos de caracterização climática, utilizou-se séries históricas normais mensais e anuais de temperatura média, precipitação média, evaporação total e umidade relativa, disponíveis nas Normais Climatológicas (1961 a 1990) de 8 estações climatológicas do estado de Minas Gerais próximas à área de estudo, cuja as coordenadas e identificações das cidades estão apresentadas na tabela 1 [9]. Isso possibilitou que os parâmetros climáticos fossem espacializados, e posteriormente fosse retirada a informação pontual média deste para a região de interesse. Este procedimento foi feito no software ArcGIS 9.1.

*Tabela 1: Cidades utilizadas para caracterização climática e respectivas coordenadas.*

Cidades	Coordenadas	
	Longitude	Latitude
Araçuaí	815982,64	8171214,94
Diamantina	673487,17	7992438,58
Governador Valadares	863282,29	7949916,49
Itamarandiba	764385,93	8062288,85
João Pinheiro	383166,65	8073640,16
Montes Claros	658019,82	8182917,15
Patos de Minas	361593,86	7969479,26
Pompeu	500000,07	7884780,81

Fonte: Normais climatológicas do estado de Minas Gerais (1961 a 1990).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta os resultados numéricos dos parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica de estudo.

Com base no fator de forma e no índice de conformação, a sub-bacia não está sujeita a enchentes. No entanto, com base no coeficiente de compacidade, a sub-bacia possui propensão mediana a grandes enchentes. Como os índices são complementares, onde o coeficiente de compacidade expressa a tendência de enchente, e os outros expressam a dimensão desta, pode-se concluir que a sub-bacia hidrográfica do córrego Cana-Brava apresenta tendência mediana a grandes enchentes.

Com relação à caracterização da rede de drenagem da sub-bacia, de acordo com a classificação dos cursos d'água de Strahler, a mesma apresentou-se de 5ª ordem, totalizando 58 corpos d'água. Para melhor visualização, a figura 2 apresenta o modelo de hierarquização dos cursos d'água da área.

Tabela 2: Resultados das características e índices da sub-bacia hidrográfica do córrego Cana – Brava.

Característica Física	Valor
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	42,94
Perímetro da Sub-Bacia (km)	30,42
Coefficiente de Compacidade	1,30
Fator de Forma	0,40
Índice de Conformação	0,40
Comprimento Total dos Cursos D'água (km)	58,36
Comprimento do Talvegue Principal (km)	9,76
Comprimento do Canal Principal (km)	11,79
Número de Cursos D'água (Stranter)	58
Ordem dos Cursos D'água	Ordem 5
Densidade de Drenagem (km km <sup>-2</sup> )	1,36
Densidade da Rede de Drenagem (canais km <sup>-2</sup> )	1,35
Extensão Média do Escoamento Superficial (km)	0,18
Sinuosidade do Curso D'água Principal	1,21
Declividade do Curso D'água Principal (S <sub>3</sub> ) – (%)	1,04
Comprimento Total das Curvas de Nível (km)	87,13
Declividade da Sub-Bacia (%)	10,14
Elevação Média da Sub-Bacia (m)	840,80
Elevação Mediana da Sub-Bacia (m)	875,00
Elevação Moda da Sub-Bacia (m)	775,00

Pode-se observar ainda pela figura 2 que a maioria dos cursos d'água de 1ª ordem segue o escoamento da direção leste para oeste, desaguardo no córrego principal que segue da direção norte para sul. Este fato ocorre devido à existência de uma região montanhosa na região leste da sub-bacia. Com base na informação de que a maior concentração dos cursos d'água de 1ª ordem está na região leste da sub-bacia, nos leva a ter para essa região uma visão de manejo mais conservacionista, pois esta situação é característica de região de nascentes, que é um importante componente do ponto de vista da vitalidade do córrego principal de uma bacia hidrográfica.

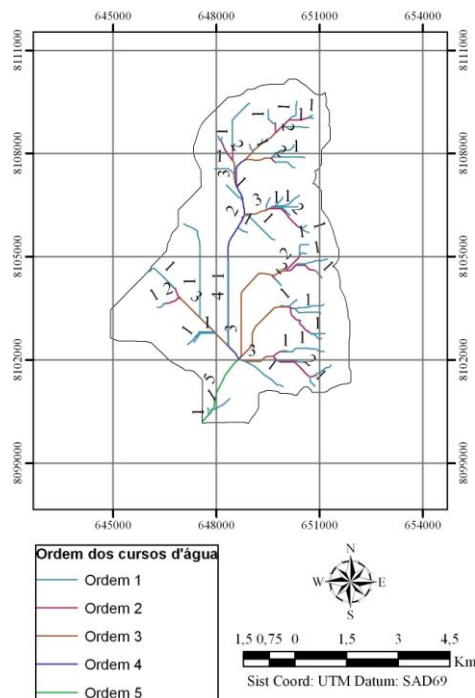


Figura 2: Modelo de hierarquização dos cursos d'água da sub-bacia hidrográfica do córrego Cana – Brava.

Com base no índice que expressa a densidade de drenagem, pode-se concluir que a sub-bacia possui média densidade de drenagem, situação característica de bacias com baixa eficiência de drenagem.

Com relação à caracterização do relevo da sub-bacia, o índice morfométrico que expressa a declividade da sub-bacia apresentou valor numérico de 10,14%. E com base na declividade da bacia pela média ponderada das áreas, esta expressa um valor de 6,42%. Na figura 3 pode-se observar o modelo que caracteriza a declividade do terreno segundo a classificação sugerida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) [7].

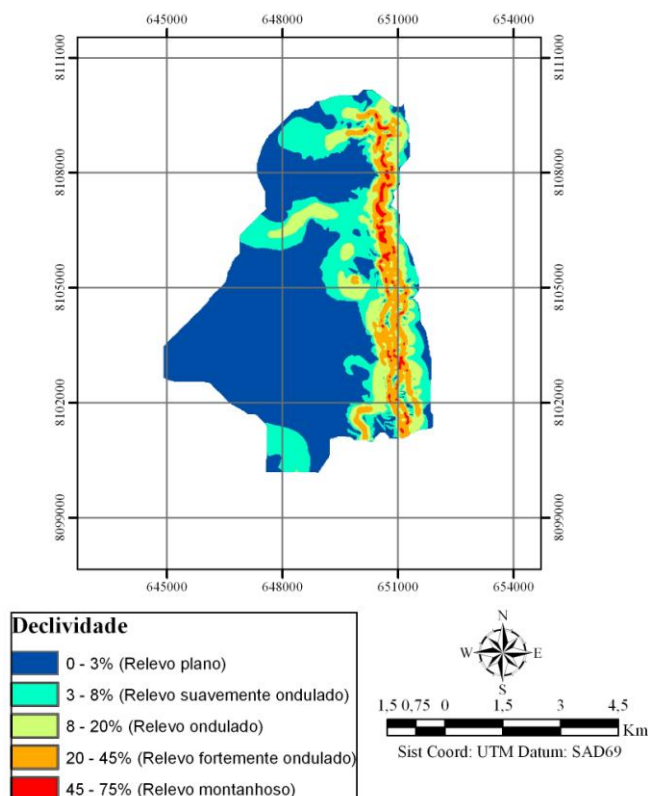


Figura 3: Mapa de declividade da sub-bacia hidrográfica do córrego Cana – Brava.

Levando em consideração a classificação do modelo apresentado acima, o relevo da sub-bacia hidrográfica poderia ser classificado como sendo ondulado com base no valor calculado do índice que mede a declividade da sub-bacia, e suavemente ondulado com base no valor de declividade da bacia pela média ponderada das áreas. No entanto, de acordo com o resultado que expressa a porcentagem de ocorrência de cada tipo de relevo na área (tabela 3), extraídos do modelo de declividade do terreno, pode-se observar que 57,77% da área da sub-bacia é representativa de relevo plano. Neste sentido, deve-se ressaltar a acentuada diferença nos resultados fornecidos pela caracterização numérica em relação ao apoio da ferramenta SIG.

Tabela 3: Distribuição percentual de ocorrência das classes de relevo.

Tipo de Relevo	Porcentagem (%)
Relevo plano	57,77
Relevo suavemente ondulado	20,31
Relevo ondulado	12,27
Relevo fortemente ondulado	8,38
Relevo montanhoso	1,27
Total	100

O fato contraditório entre as interpretações do relevo frente à declividade expõe a importância e a precisão das ferramentas do software ArcGIS, sendo este fundamental nos estudos relacionados à hidrologia. Pode-se observar também, que o valor da declividade com base na média ponderada por área aproximou-se melhor da predominância de classificação de relevo plano em comparação ao índice tradicional.

Com relação aos valores obtidos para a elevação, pode-se observar que os valores teóricos de elevação que mais se repetem em função da área são os representados por 775 metros (elevação moda). Esta observação é um importante indicativo da predominância do relevo da sub-bacia, pois o valor de elevação média situa-se na região de relevo plano no modelo de declividade. Neste sentido, pode-se denominar esta sub-bacia como sendo de planície.

Para fins demonstrativos, é apresentado na figura 4 a hipsografia da sub-bacia. Os resultados utilizados para gerar a curva hipsométrica estão apresentados na tabela 4, e a curva hipsométrica é apresentada na figura 5.

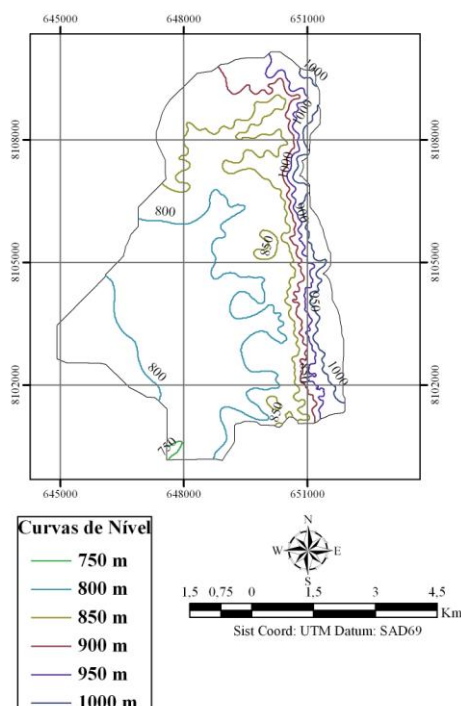


Figura 4: Curvas de nível da sub-bacia hidrográfica do córrego Cana – Brava.

Tabela 4: Informações da curva hipsométrica.

Curvas	Altitude	Área entre curvas (Km <sup>2</sup> )	Área acima (Km <sup>2</sup> )	% área acima	Área abaixo (km <sup>2</sup> )	% área abaixo
747,5 - 750	747,5	0,1	43,0	100,0	0	0
750 - 800	750	14,9	42,9	99,8	0,1	0,2
800 - 850	800	14,2	28,0	65,1	15,0	34,9
850 - 900	850	6,3	13,7	31,9	29,2	68,1
900 - 950	900	2,5	7,4	17,3	35,5	82,8
950 - 1000	950	2,6	4,9	11,5	38,0	88,6
1000 - 1050	1000	2,4	2,4	5,5	40,6	94,5
1050	1050	0	0	0	43,0	100,0

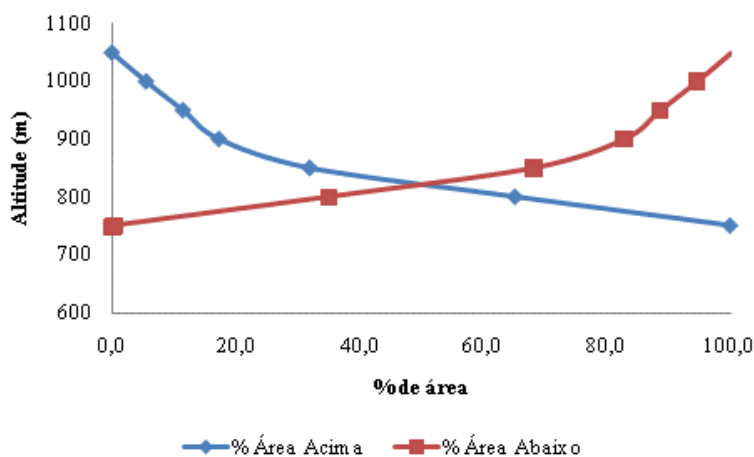


Figura 5: Curva hipsométrica.

Pode-se observar que o desnível entre as extremidades é da ordem de 290 metros, sendo que há uma predominância de áreas em aproximadamente 67% no intervalo de 750 a 850 metros. Este fato pode ser melhor visualizado por meio do modelo de hipsometria do terreno apresentado na Figura 6.

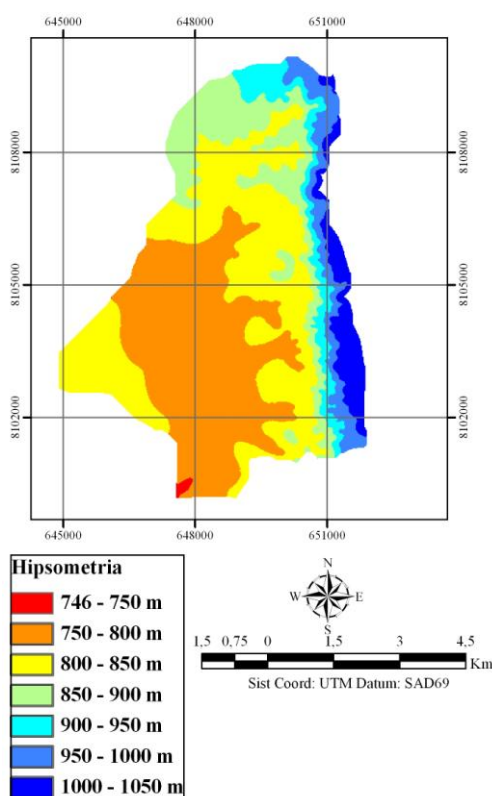


Figura 6: Modelo de hipsometria do terreno.

As figuras 7 e 8 mostram respectivamente o modelo digital de elevação (MDE) e o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC). Estes modelos foram base de dados para a confecção dos diversos modelos apresentados. Para comprovar a representatividade destes modelos, pode-se associar a variação de elevação destes com a ocorrência das ordens dos cursos d'água pelo modelo de hierarquização dos cursos d'água, onde os mesmos tendem a se movimentar das áreas de maior elevação para as áreas mais baixas da sub-bacia.

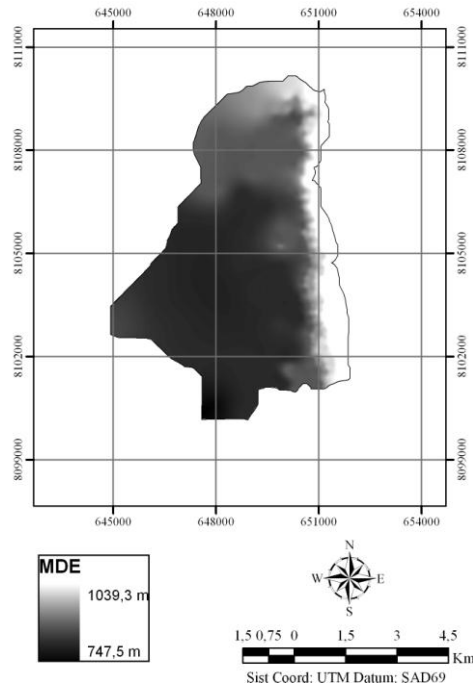


Figura 7: Modelo digital de elevação (MDE).

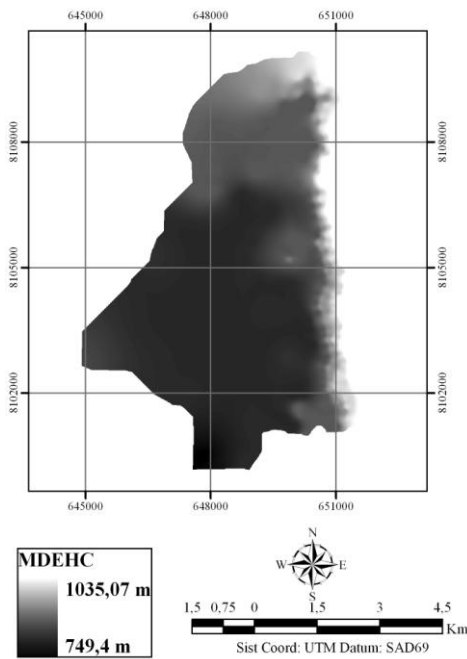


Figura 8: Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC).

Comparando os intervalos de elevação dos modelos MDE e MDEHC, fica evidente a retirada das depressões e elevações do terreno, sendo este procedimento importantíssimo do ponto de vista hidráulico.

A figura 9 apresenta o modelo de orientação do terreno no qual os valores estão agrupados de acordo com as 8 principais direções cardinais.



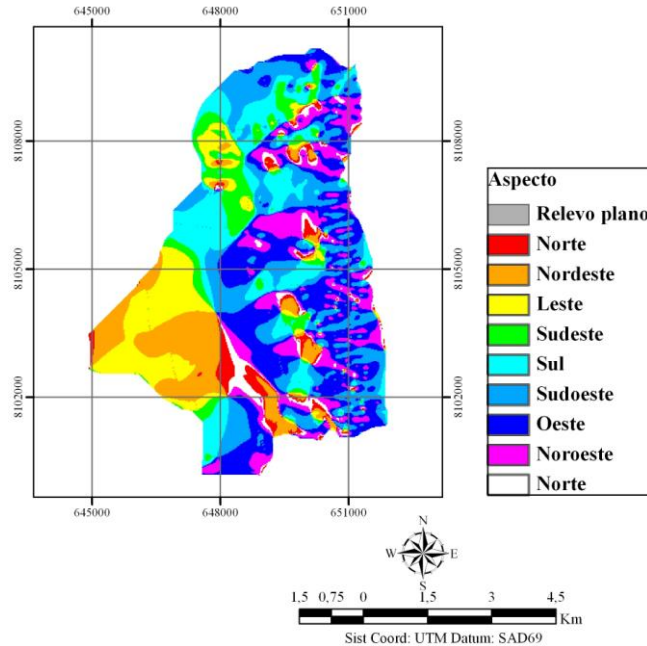


Figura 9: Modelo de orientação do terreno.

A figura 10 apresenta o modelo sombreado do terreno, onde para confecção deste foi considerado um ângulo azimutal de 315 graus, ou seja, uma elevação de 45 graus do sol, sendo este parâmetro padrão do software ArcGIS 9.1.

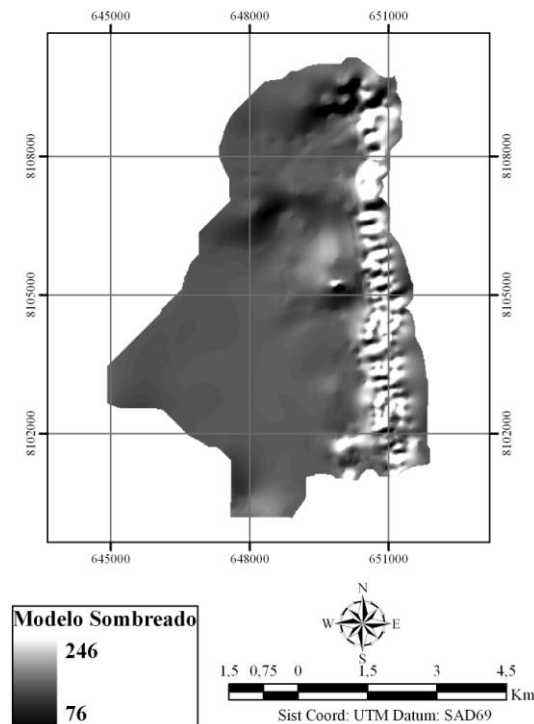


Figura 10: Modelo sombreado do terreno.

A interpretação deste modelo se faz importante do ponto de vista de caracterização do relevo da sub-bacia hidrográfica. Este modelo simula o nível de luz (ou de sombra) refletida pelo relevo ao ser iluminado pelo sol situado numa posição geográfica determinada. Ou seja, as áreas de maior declividade que se encontram expostas ao sol refletirão muita luz, e serão, portanto, muito visíveis; aquelas áreas que se encontram nas encostas não iluminadas diretamente pelo sol não refletirão a luz e aparecerão escuras no modelo [10]. Para o modelo gerado, observou-se

que a caracterização é coerente frente à comparação ao modelo de declividade do terreno, pois há equivalência entre as regiões com maior declividade do terreno com as regiões mais iluminadas do modelo sombreado do terreno.

As tabelas 5 e 6 apresentam respectivamente os valores das variáveis climáticas, temperatura média, precipitação média, evaporação total e umidade relativa, mensais e anuais normais para a sub-bacia hidrográfica de estudo obtidos por meio da interpolação dos dados das normais climatológicas (1961 a 1990) das cidades próximas à sub-bacia.

Tabela 5: Resultado da interpolação das variáveis climáticas mensais normais.

<b>Caracterização Climática Mensal</b>				
<b>Mês</b>	<b>Temperatura Média (°C)</b>	<b>Precipitação Média (mm)</b>	<b>Evaporação Total (mm)</b>	<b>Umidade Relativa (%)</b>
Janeiro	22,52	216,29	94,89	76,92
Fevereiro	22,92	114,66	95,71	74,28
Março	23,03	131,99	95,75	75,69
Abril	21,54	52,41	90,92	75,16
Mai	21,03	17,85	95,16	71,95
Junho	18,63	5,40	100,28	70,80
Julho	18,06	6,03	120,01	66,94
Agosto	19,70	9,46	144,87	61,75
Setembro	21,03	28,14	148,34	62,44
Outubro	22,17	117,83	128,73	68,97
Novembro	22,14	209,35	94,39	77,56
Dezembro	22,18	235,28	84,20	79,19
<b>Média</b>	<b>21,25</b>	<b>95,39</b>	<b>107,77</b>	<b>71,81</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,57</b>	<b>84,28</b>	<b>21,02</b>	<b>5,54</b>

Tabela 6: Resultado da interpolação das variáveis climáticas anuais normais.

<b>Caracterização Climática Anual</b>				
<b>Atributo Climático</b>	<b>Temp. Média (°C)</b>	<b>Prec. Média (mm)</b>	<b>Evap. Total (mm)</b>	<b>Umidade Relativa (%)</b>
Valor	17,05	1144,69	1313,41	71,80

As figuras 11, 12 e 13 ilustram a variabilidade temporal dos atributos climáticos apresentados na tabela 6.

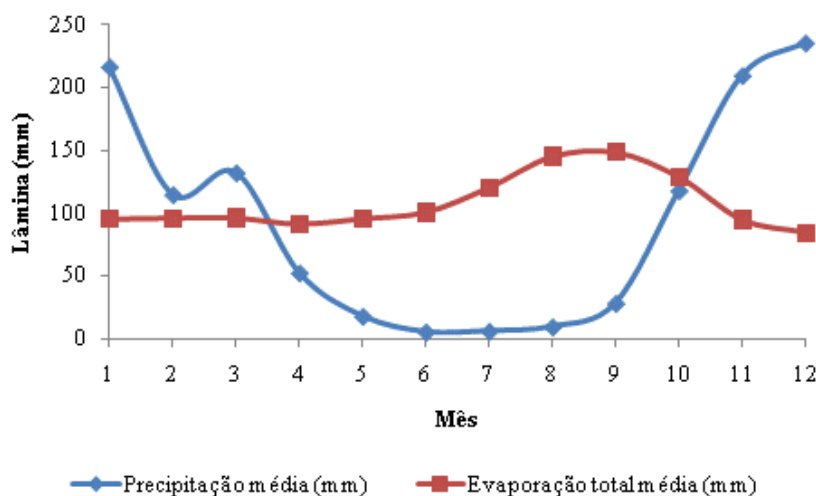


Figura 11: Variabilidade temporal da precipitação e da evaporação total média mensal normal.

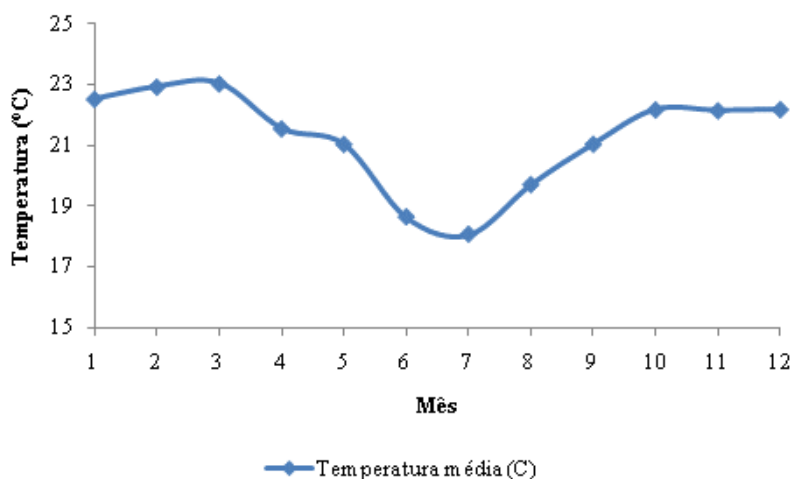


Figura 12: Variabilidade temporal da temperatura média mensal normal.

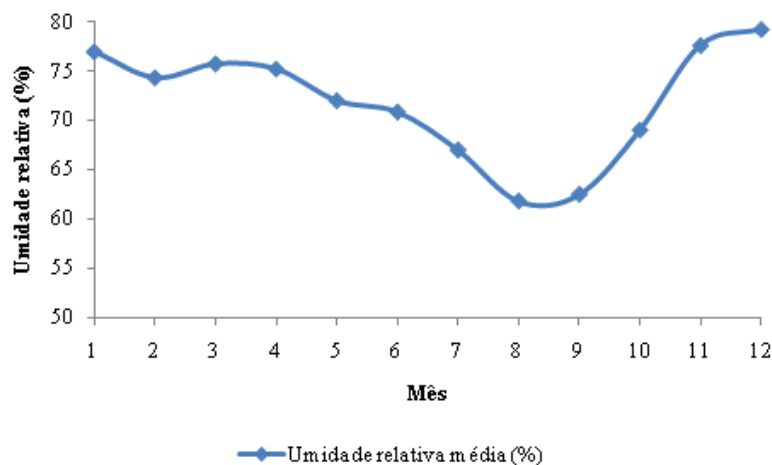


Figura 13: Variabilidade temporal da umidade relativa média mensal normal.

Pode-se observar, com relação à precipitação, que há uma época de estiagem bem definida, sendo esta compreendida entre os meses de maio e setembro. Pode-se observar também a inexistência de período típico de inverno para a região, sendo comprovado pelo baixo valor de desvio padrão da temperatura média.

#### 4. CONCLUSÃO

A bacia do córrego Cana-Brava apresenta-se com tendência mediana a grandes enchentes, consonante com sua forma e característica de sua rede de drenagem. Possui um desnível de quase 300 metros entre o ponto mais elevado e mais baixo. Apresenta uma predominância de áreas com relevo plano em torno de 58%, que conjugado com o suavemente ondulado em torno de 20,3%, representam em sua totalidade 78% da área. Há neste contexto, respectivamente uma predominância de áreas planas em cotas mais baixas, caracterizando uma planície. Sua rede de drenagem também se caracteriza como de média densidade, estando portanto em sintonia com suas características de relevo e forma. Analisando a variabilidade temporal dos resultados interpolados de precipitação, pode-se concluir que há sazonalidade do atributo climático para a área, ficando evidente um período seco bem definido. E por fim, o software ArcGIS 9.1 mostrou ser um importante e fundamental instrumento para estudos relacionados à hidrologia.

- 
1. WANG, X.; YIN, Z.Y. A comparison of drainage networks derived from digital elevation models at two scales. *Journal of Hydrology* 210:221-241 (1998).
  2. THIERFELDER, T. The morphology of landscape elements as predictors of water quality in glacial/boreal lakes. *Journal of Hydrology* 207:189-203 (1998).
  3. CEBALLOS, A.; SCHNABEL, S. Hydrological behaviour of a small catchment in the dehesa landuse system (Extremadura, SW Spain). *Journal of Hydrology* 210:146-160 (1998).
  4. CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 2ed, 1980, 188p.
  5. MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J.C.F.; SILVA JUNIOR, J.L.C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 9:247-255 (2005).
  6. SILVA, A.M.; MELLO, C.R. *Hidrologia*. UFLA, 2003. 43 p. (Notas de aula).
  7. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Súmula da X reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Rio de Janeiro (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1), 1979. 83p.
  8. STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions: American Geophysical Union*, 38:913-920 (1957).
  9. BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. *Normais climatológicas 1961 - 1990*. Brasília, 1992. 84p.
  10. SANTOS, A.R. *ArcGIS 9.1 TOTAL: Aplicações para dados espaciais*. Vitória, ES: Editora Fundagres, 2007. 226p.