

Solos, Uso e Ocupação e Características Morfométricas do Padrão de Drenagem da Bacia do Rio Benevente, ES

Akenya Freire de Alkimim¹
João Luiz Lani²
Gustavo Vieira Veloso²
Elpídio Inácio Fernandes Filho²

¹Universidade de São Paulo – USP/ESALQ
Caixa Postal 9 - 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil
{akenyaalkimim@yahoo.com.br}

²Universidade Federal de Viçosa – UFV
DPS/Campus UFV - 36570-000 – Viçosa - MG, Brasil
{lani@ufv.br; gustavoviveloso@yahoo.com.br; elpidio@ufv.br}

Abstract. The concern about the water in the state of Espírito Santo led the state government to adopt measures, in order to contribute to the conservation of this natural resource. Accordingly, the Benevente river basin, located in the southern state, was chosen as pilot area of the Project “Water Producers”. Although the lack of detailed information of Benevente river basin opposes the great importance of managing the use of natural resources based on knowledge of the actual carrying capacity and vulnerability of these resources. In order to provide subsidies to the better management of the Basin, this study aimed to characterize the soils, the land use and occupation and morphometry of Benevente river basin. Soils profiles and samples were collected to characterize the soils of the study area. The samples were sent to physical, chemical and mineralogical analysis. The Geographic Information System (GIS) - software ArcGIS 9.2 - was used for the preparation of thematic maps on 1:50,000 scale. Morphometric aspects were obtained from Digital Elevation Model Hydrologically Consistent (DEMHC) prepared by interpolating the contour (20 to 20 m) on 1:50,000 scale. The highest part of the basin has a higher density of drainage and is subject to greater structural control where the rivers run on rocks. On the lower part of the landscape the drainage density is lower and the rivers flow on sediment following a natural inclination of the Barreiras Group. Livestock is the most significant activity within the Basin. Soils, use and occupation present peculiar characteristics in each sub-basin.

Palavras-chave: Planejamento ambiental, bacia hidrográfica, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Environmental planning, watershed, Geographic Information System (GIS).

1. Introdução

A falta de conhecimento sobre o meio ambiente tem resultado em práticas destrutivas utilizadas pelo homem. Suas ações têm introduzido alterações marcantes no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas que compõe a biosfera, o que acarreta em mudanças na paisagem, solo e no respectivo sistema natural de drenagem. Nessa conjuntura, o conhecimento dos elementos do meio ambiente é imprescindível para o monitoramento e planejamento ambiental do meio físico. Dentre esses elementos, a drenagem pode ser entendida como a habilidade natural do solo de permitir a infiltração e percolação da água. Entre as várias propriedades do solo, ela pode ser considerada de significativa importância, tendo em vista que afeta diretamente o crescimento das plantas, fluxo de água e transporte de soluto no solo (Liu et al., 2008). A rede de drenagem e os aspectos ligados a conformação fisiográfica da área, obtido através de parâmetros morfométricos, apresentam estreita relação com os solos (França et al., 1990; Demattê et al., 1995; Silva et al., 2002; Pissarra et al., 2004). Sendo estes, reconhecidamente, um fator determinante nos processos de estudo e caracterização ambiental, planejamento sustentável de uso da terra e de manutenção dos recursos naturais (Martins et al., 2006). As características dos solos, como a textura, estrutura, densidade, profundidade, cobertura vegetal, topografia do terreno, influenciam na infiltração e no escoamento superficial de água (Costa et al., 2001).

A erosão hídrica em áreas sob uso agrícola é um dos fatores de maior contribuição para a degradação do solo e da água. O uso do solo, com pastagem e manejo adequado, contudo, reduz e controla a erosão dificultando a erosão laminar e em sulcos que em sua evolução formam canais de drenagem que atingem o sistema hidrográfico e desorganizam a sua hierarquização (Silva et al., 2002). Dessa forma, os cursos d'água, formados numa bacia, servem como indicadores da manipulação do solo pelo homem. Assim, os rios que drenam uma região apresentam suas águas com características físico-químicas próprias, as quais refletem as atividades de uso de solo nas áreas à montante (Castro, 1980).

O uso sustentável dos elementos ambientais da bacia permite maximizar o volume de água disponível nos cursos d'água e regularização da vazão e, também, aumentar a qualidade da água para atender os diversos tipos de utilização, de modo a possibilitar o desenvolvimento sócio-econômico. Dentro desse contexto, as Bacias Hidrográficas são ótimas unidades para estudo e planejamento integrado dos recursos naturais renováveis (Valente e Castro, 1981; Pissarra et al., 2004), visto que suas características governam, no seu interior todo o fluxo superficial da água e, somando-se a isso, constituem unidades naturais para a análise de ecossistemas. O planejamento de uso de uma Bacia Hidrográfica, bem como as ações de manejo, tem seus níveis de eficiência regulados pelo grau de conhecimento que se dispõe do sistema a ser gerenciado ou gerenciado. Assim, o conhecimento da estrutura e do funcionamento do ecossistema fornecerá indicações sobre onde, quando e como uma determinada medida de manejo ambiental deve ser implementada (Pavanelli, 1996).

Diante da crescente demanda por água, o governo do estado do Espírito Santo tem adotado medidas, no sentido de contribuir tanto para o aumento da quantidade quanto da qualidade desse bem natural. Por esse motivo, a bacia do rio Benevente foi escolhida como a área piloto do Projeto ProdutorES de Água. A falta de informações sobre as características dos elementos que compõem o ambiente, contudo, têm sido um dos problemas para a implantação eficiente de ações que possam assegurar a manutenção da sua estrutura e funcionamento. Nesse sentido, esse trabalho teve por intuito fornecer subsídios para o melhor gerenciamento ambiental da bacia e sub-bacias do rio Benevente por meio da caracterização dos solos, do uso e ocupação e da morfometria.

2. Material e Métodos

2.1. Caracterização da Área de Estudo

A bacia do rio Benevente, localizada no sul do estado do Espírito Santo, abrange o município de Alfredo Chaves e parte dos municípios de Anchieta, Iconha, Guarapari e Piúma. O rio Benevente tem sua principal nascente na Serra do Tamanco, entre os municípios de Alfredo Chaves e Vargem Alta no distrito de Urânia e sua foz localiza-se na cidade de Anchieta. A área de drenagem é de, aproximadamente, 1.110 km² com disponibilidade hídrica estimada em 30 m³s⁻¹ (IEMA, 2008).

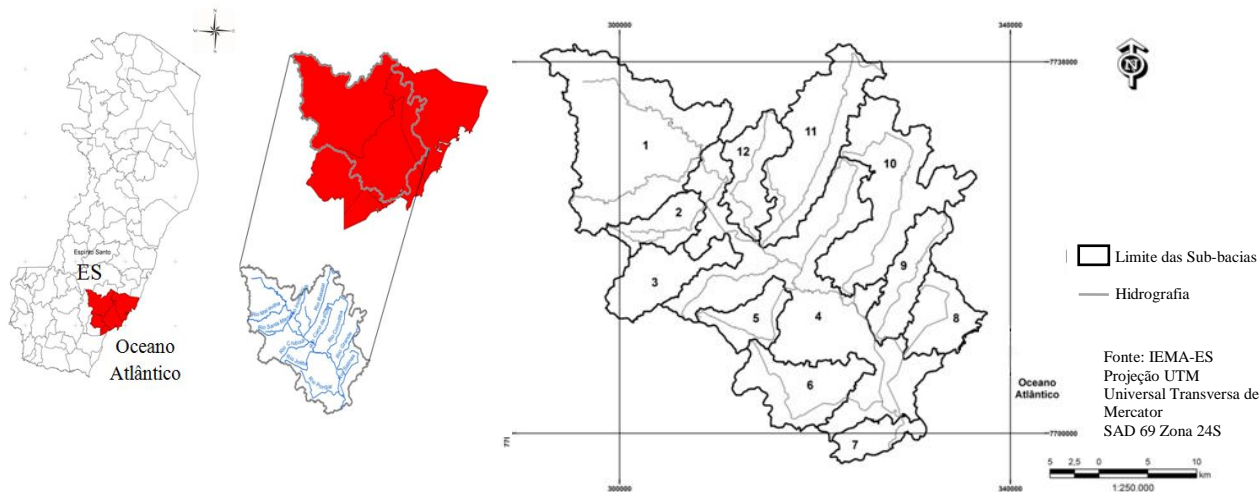
O clima predominante na área, de acordo com a classificação de Köppen, é o Tropical Úmido de Altitude, com influência marcante do relevo e da exposição das serras, nas proximidades da nascente e o Tropical Úmido Típico das faixas litorâneas (IEMA, 2008). A temperatura média anual decresce de 24° na foz a 22° nas cabeceiras com umidade relativa média anual crescendo na mesma direção de 79% a 83% e a evaporação anual decrescendo de 1.000 a 900 mm, ainda na mesma direção. O índice pluviométrico oscila entre 1.200 mm anuais até 1.700 mm na parte média da Bacia e chega a atingir mais de 2.000 mm na parte alta (IEMA, 2008; ANA, 2009). A época chuvosa é o verão amplo, e a seca, o inverno. Mas, à medida que se avança para as cabeceiras, a estação seca vai enfraquecendo, a ponto de, na

metade superior da Bacia, quase não haver período seco propriamente dito, devido às chuvas orográficas que ocorrem na parte alta da Bacia durante todo o ano.

2.2. Caracterização Morfométrica, Solos e Uso e Ocupação da Bacia do Rio Benevente

As características do padrão de drenagem da bacia do rio Benevente foram obtidas através do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) - elaborado através da interpolação das curvas de nível (20 em 20 m) - por meio da análise quantitativa das variáveis: coeficiente de compacidade, relacionado à forma da bacia com um círculo que se constitui como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (Villela e Mattos, 1985); fator de forma referente à forma da bacia com um retângulo correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão); índice de circularidade preconizado por Miller (Rocha, 1997) que tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada; ordem dos cursos d'água baseada na classificação apresentada por Strahler (Christofolletti, 2006), em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente.

A partir do MDEHC foi procedida a subdivisão da bacia do rio Benevente em sub-bacias para efeitos de comparação, haja vista a sua extensa área. As sub-bacias foram separadas utilizando-se a função *Watershed* do comando *Hydrology*. Para isso, foram agrupadas sob uma mesma denominação bacias de ordem de drenagem ≥ 5 (Figura 1).



Simbologia: Sub-bacias 1: Rio Maravilha, 2: Rio Santa Maria, 3: Ribeirão São Joaquim, 4: Rio Crubixá, 5: Rio Joéba, 6: Rio Pongal, 7: Córrego Arerá, 8: Rio Salinas, 9: Rio Grande, 10: Rio Corindiba, 11: Rio Batatal, 12: Rio Iiritimirim.

Figura 1. Sub-bacias de ordem de drenagem igual ou superior a 5 do rio Benevente, ES.

A base de dados e as análises foram geradas através do sistema de informações geográficas (SIG), com o uso do software ArcGis 9.2 e a extensão *ArcHydro Tools* desenvolvido pela *Environmental System Research Institute – ESRI*. O MDEHC foi utilizado como entrada para a geração do mapa de declividade, altitude e face de exposição da radiação solar da Bacia. As classes de declividade foram separadas e reclassificadas em seis intervalos distintos: 0-3% (Plano); 3-8% (Suave Ondulado); 8-20% (Ondulado); 20-45% (Forte Ondulado); 45-75% (Montanhoso); >75% (Escarpado). O cálculo da orientação do terreno à exposição da radiação solar foi dividido em seis classes, sendo Norte ($0^\circ - 45^\circ$; $315^\circ - 360^\circ$),

Leste ($45^\circ - 135^\circ$), Sul ($135^\circ - 225^\circ$), Oeste ($225^\circ - 315^\circ$) e as áreas planas ($-1 - 0$) com declividade ≤ 10 que não apresentam orientação geográfica preferencial. A declividade média da bacia foi obtida através da ferramenta *Zonal Statistic as Table* e está relacionada à maior ou menor velocidade de escoamento superficial da água, a magnitude dos picos de enchentes e de infiltração, ao maior ou menor grau de erosão associada à cobertura vegetal, ao tipo de solo e ao seu uso e ocupação (Rocha, 1997).

O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado por meio da classificação supervisionada na escala de 1:50.000. O mapa de solos a partir da análise do MDEHC (1:50.000), ortofotos na escala de 1:15.000 (2007/2008), observações de campo e coleta de amostras de solos em pontos georreferenciados. Para caracterização dos solos foi adotada a coleta de amostras através da abertura de trincheiras, para descrição morfológica dos perfis e seus respectivos horizontes (Santos et al., 2005). As amostras coletadas foram submetidas às análises físicas (granulometria, densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), argila dispersa em água, grau de floculação, microporosidade, macroporosidade e porosidade total) seguidas as metodologias constantes em EMBRAPA (1997) e Ruiz (2005a e b), químicas (rotina, carbono orgânico e fósforo remanescente) segundo EMBRAPA (1997) e mineralógicas (Jackson, 1956; Chen, 1977; Brindley e Brown, 1980; Resende et al., 2005).

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização Geral e Morfométrica da Bacia do Rio Benevente

Os solos da Bacia apresentam baixa fertilidade natural, sendo, em sua maioria, distróficos ou álicos. A composição mineralógica dos solos é constituída, principalmente, por caulinita e gibbsita, o que denota a baixa reserva natural desses solos. Os solos possuem, em geral, boas condições de drenagem. A exceção dos Gleissolos, localizados nas áreas de várzea que são mal drenados.

O curso principal da bacia do rio Benevente apresenta ordem de drenagem igual a 7, o que evidencia elevada extensão da sua ramificação. Possui significativa densidade de drenagem ($2,91 \text{ km km}^{-2}$) e seu padrão de drenagem é predominantemente dendrítico, cujos canais estão sujeitos ao controle estrutural geológico caracterizado por falhas e fraturas que resultam em ângulos de convergência retos e traçado retilíneo. Esse controle estrutural incide, principalmente, nas áreas a noroeste, em direção a parte mais alta da Bacia o que permite a identificação de verdadeiros degraus na paisagem (Figura 2).

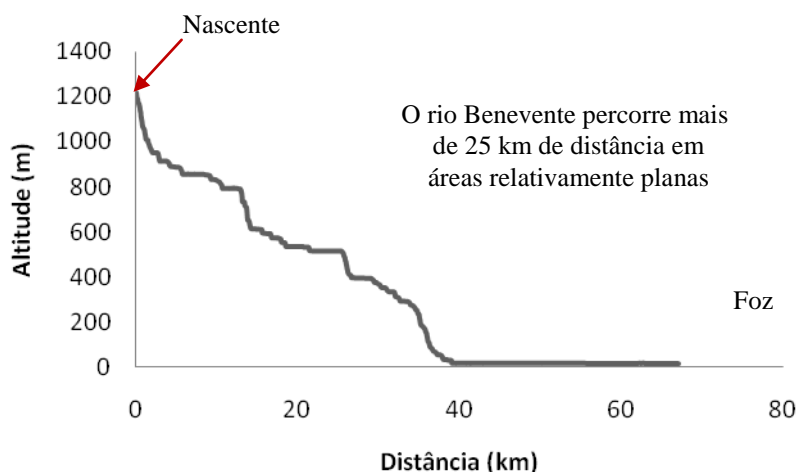


Figura 2. Perfil topográfico do rio Benevente da nascente até a foz.

O sentido principal da drenagem segue de nordeste para sudeste em direção ao litoral. O rio Benevente percorre uma distância de mais de 25 km em áreas relativamente planas, embora existam pequenas elevações nos seus arredores (afloramentos rochosos e morros em formato de meia-laranja). As margens direita e esquerda do Rio apresentam sub-bacias com expressiva densidade de drenagem que variam da ordem de 2,15 a 3,69 km km⁻².

As características do padrão de drenagem permitem diferenciar uma maior quantidade de cursos d'água nas partes mais elevadas da Bacia quando comparada as partes mais baixas de relevo menos acidentados que, apesar de apresentar menor rede de drenagem, possui rios e córregos mais caudalosos. Os rios nessa área correm sobre sedimentos acompanhando uma inclinação natural do Grupo Barreiras.

Os terrenos que se enquadram na classe de relevo plano representam 8,65% da área total da Bacia e estão localizadas, em sua maioria, em áreas contíguas ao litoral. Encontram-se também em locais menos expressivos, como nas proximidades das planícies fluviais e nos topos planos. A classe de declividade que assume forma expressiva na Bacia é o relevo forte ondulado caracterizado pelo predomínio das formas do tipo côncavo-côncavas e convexo-convexas com vales em formas de V. As formas escarpadas são representativas das áreas correspondentes as sub-bacias dos rios Corindiba e Batatal em que os processos erosivos tendem a atuar mais intensamente.

No que se diz respeito à orientação da Bacia relacionada à sua exposição à radiação solar, verificou-se que a maior parte de seu relevo se encontra com suas encostas voltadas no sentido sul/leste. O que sugere que essas áreas são mais conservadoras de umidade e menos propensas à erosão, pois sua capacidade de recuperação é maior devido à vegetação ser mais abundante. Esses dados são bastante expressivos no que se diz respeito ao melhor uso agrícola da área, pois determinados tipos de cultura são menos tolerantes a um período maior de radiação solar. As encostas voltadas para norte/oeste, por sua vez, são mais dissipadoras de umidade e, portanto, mais propensas a erosão. As áreas planas, isto é, sem orientação geográfica preferencial e com declividade $\leq 10\%$ assumiram significativa importância da área total da Bacia e concentram-se nas proximidades do litoral.

3.2. Caracterização Geral e Morfométrica das Sub-bacias do Rio Benevente

Foi possível dividir a bacia do rio Benevente em 12 sub-bacias, de acordo com os critérios de ordem de drenagem igual ou superior a 5 e com base no MDEHC. A classe de solos com maior expressão nas sub-bacias do ribeirão São Joaquim e dos rios Joéba e Salinas são os Latossolos Vermelho-Amarelos (Tabela 1). Esses tipos de solos apresentam boas condições de drenagem. Os Latossolos Amarelos coesos ocupam, aproximadamente, 70% da área da sub-bacia do rio Pongal e são mais propícios a erosão, dada a sua gênese e o uso o qual tem sido destinado nessas áreas (pecuária). Os Cambissolos Háplicos em associação com os Afloramentos Rochosos, por sua vez, abrangem 80% do total da área da sub-bacia do rio Maravilha. Os Argissolos Vermelho-Amarelos são os mais representativos nas sub-bacias dos rios Salinas e Batatal e do córrego Arerá. A associação dos Neossolos Flúvicos assume certa representatividade nas sub-bacias dos rios Crubixá, Pongal e Grande.

Em relação ao uso e ocupação nota-se que a pastagem ocupa a maior parte da área das sub-bacias do rio Santa Maria, ribeirão São Joaquim, rio Crubixá, rio Pongal, córrego Arerá e rio Salinas (Tabela 2), sendo o tipo de uso da terra que também compreende maior área da bacia do rio Benevente e se constitui como uma das atividades mais degradante dos solos. A agricultura assume maior proporção na sub-bacia do rio Corindiba e nenhuma expressividade na sub-bacia do rio Santa Maria.

Tabela 1. Distribuição das classes de solos modais por sub-bacias do rio Benevente.

Sub-bacias	Solos					
	LVA ^d	LAD ^x	CXbd ¹	CXbd ²	PVA ^d	RYbd ³
Área (%).....					
Rio Maravilha	8,14	0,00	11,12	80,22	0,52	0,00
Rio Santa Maria	38,31	0,00	17,34	44,35	0,00	0,00
Ribeirão São Joaquim	50,99	0,00	11,01	38,00	0,00	0,00
Rio Crubixá	11,42	37,42	9,92	24,37	0,18	16,69
Rio Joéba	33,64	29,92	8,17	22,25	0,00	6,02
Rio Pongal	0,79	69,46	3,36	8,26	0,00	18,14
Córrego Arerá	0,00	56,90	0,00	4,45	38,65	0,00
Rio Salinas	51,67	2,89	19,34	0,00	26,10	0,00
Rio Grande	0,00	44,74	5,64	34,65	0,00	14,96
Rio Corindiba	4,37	30,97	4,83	47,61	7,83	4,39
Rio Batatal	5,41	0,37	3,06	74,32	16,80	0,05
Rio Iiritimirim	5,71	0,00	28,66	61,36	4,27	0,00

Simbologia: LVA^d: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico; LAD^x: Latossolo Amarelo Distrocioso típico; CXd¹ + LVA^d: Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico em associação com o LVA^d; CXd² + AR: Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico em associação com os Afloramentos Rochosos; PVA^d: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico; RYbd + GJ + OX + OJ: Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico + Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico + Gleissolo Tiomórfico + Organossolo Háptico + Organossolo Tiomórfico.

As áreas com florestas plantadas em crescimento ocupam 9,16% da sub-bacia do córrego Arerá. A floresta natural primária ou secundária ou média abrange a maior parte da área das sub-bacias do rio Maravilha, rio Corindiba e rio Batatal. Ao passo que, a vegetação natural secundária é mais significativa na sub-bacia do rio Joéba. As áreas alagadas ocupam 9,65% das sub-bacias do rio Crubixá, rio Salinas (7,79%) e rio Grande (9,26%). As áreas urbanas, por sua vez, concentram-se nas sub-bacias do rio Crubixá, córrego Arerá e rio Iiritimirim. Pode-se dizer que, as sub-bacias do rio Pongal e córrego Arerá são as mais antropizadas, em razão da pequena área florestada e maior extensão dos espaços ocupados por pastagem.

Tabela 2. Uso e ocupação do solo das sub-bacias do rio Benevente.

Uso e ocupação do Solo	Sub-bacias											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Área (%).....											
Afloramento/solo exposto	0,59	0,09	0,00	0,37	0,10	0,36	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,19
Agricultura	2,07	0,00	1,17	2,10	3,33	2,18	3,94	3,90	2,44	4,76	2,08	3,16
Áreas alagadas	0,00	0,00	0,00	9,65	1,05	4,65	0,00	7,79	9,26	0,07	0,00	0,00
Áreas urbanas	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Floresta natural primária ou secundária avançada ou média	51,1	26,7	25,0	18,5	17,8	6,73	8,00	24,5	41,1	50,3	51,4	39,2
Floresta natural/sombra	0,03	0,00	0,07	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	2,25	0,94
Floresta plantada em crescimento	0,71	0,09	0,00	1,15	0,00	0,00	9,16	0,00	0,00	0,00	0,49	0,70
Floresta plantada recém-cortada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Manguezais	0,00	0,00	0,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pastagem	26,5	60,6	59,6	54,3	41,5	72,5	76,7	62,5	45,7	32,7	23,7	40,6
Pastagem / Sombra	0,15	0,17	0,18	0,66	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,38	2,56	1,55
Rios	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vegetação natural secundária	18,9	12,4	13,9	11,5	36,1	13,5	0,40	1,28	1,45	11,8	17,5	13,6

Simbologia: Sub-bacias 1: Rio Maravilha, 2: Rio Santa Maria, 3: Ribeirão São Joaquim, 4: Rio Crubixá, 5: Rio Joéba, 6: Rio Pongal, 7: Córrego Arerá, 8: Rio Salinas, 9: Rio Grande, 10: Rio Corindiba, 11: Rio Batatal, 12: Rio Iiritimirim.

Quanto ao tempo de concentração da água da chuva, a sub-bacia do rio Crubixá é a que representa maior tempo de concentração (Tabela 3). Esse fato se relaciona aos valores quantitativos encontrados para o coeficiente de compacidade (3,66), que se encontra mais afastado da unidade e ao baixo valor do fator de forma (0,24). O índice de circularidade também apresenta baixo valor (0,07). Dessa forma, os valores analisados demonstram que se trata de uma bacia irregular com menor probabilidade de enchentes em condições normais de precipitação, tendo em vista a menor possibilidade de ocorrência de chuvas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão.

Tabela 3. Características morfométricas da bacia e sub-bacias do rio Benevente.

Características Morfométricas	Bacia e Sub-bacias													
	Ud	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Benevente
Área de drenagem	km ²	200	34	55	277	34	69	26	46	50	137	111	51	1.091
Perímetro	km	82	34	47	217	33	53	31	38	44	96	73	47	242
Comprimento total dos canais	km	739	106	136	742	74	184	57	116	149	455	272	141	3.171
Comprimento do eixo principal	km	19	10	14	34	9	11	8	9	13	20	22	13	53
Coeficiente de compacidade (Kc)		1,63	1,63	1,78	3,66	1,56	1,77	1,71	1,59	1,73	2,30	1,94	1,83	2,05
Fator de forma(F)		0,54	0,33	0,26	0,24	0,37	0,51	0,40	0,46	0,25	0,32	0,22	0,28	0,42
Índice de circularidade (IC)		0,37	0,37	0,31	0,07	0,40	0,31	0,34	0,39	0,33	0,19	0,26	0,30	0,23
Densidade de drenagem	km. km ⁻²	3,69	3,12	2,46	2,68	2,15	2,68	2,16	2,53	3,00	3,31	2,45	2,75	2,91
Altitude mínima	m	537	396	295	18	19	17	18	18	18	19	41	76	0,00
Altitude média	m	922	665	570	234	373	83	30	51	170	352	600	595	429
Altitude máxima	m	1.589	1.067	942	972	928	605	149	465	616	913	972	849	1.589
Declividade mínima	%	0,03	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00
Declividade média	%	38,8	40,4	37,2	29,7	39,2	24,9	10,3	16,8	32,2	40,8	45,0	38,6	34,06
Declividade máxima	%	180	165	176	218	180	173	80	144	170	221	192	176	221

A sub-bacia do rio Maravilha possui maior densidade de drenagem, o que segundo Villela e Mattos (1975) a enquadra como uma bacia excepcionalmente bem drenada. O fator relevo não se apresenta tão consistente para explicar a diferença de densidade de drenagem quando comparada às sub-bacias dos rios Santa Maria e Corindiba, pois essas duas sub-bacias apresentam declividade média maior do que a primeira. A sub-bacia do rio Maravilha está sujeita a um processo erosivo mais intenso, já que se encontra nas partes mais altas da Bacia e em áreas de declive acentuado. É também a que possui maior grau de entalhamento da paisagem, com diferença entre a altitude máxima e mínima de 1.052 m de altitude.

Os dados de declividade média revelam que as sub-bacias se encontram em áreas de relevo forte ondulado a montanhoso, à exceção das sub-bacias do córrego Arerá e rio Salinas. A sub-bacia do rio Batatal apresenta maior valor de declividade média. Em contrapartida não é a que possui maior densidade de drenagem (2,45 km km⁻²). Em termos de faces de exposição do terreno a radiação solar, as sub-bacias apresentam a maior parte de suas áreas com faces

voltadas no sentido leste/sul, à exceção das sub-bacias do córrego Arerá e do rio Batatal. Desse modo, são sub-bacias em que se espera que a taxa de evapotranspiração seja consideravelmente maior, devido à maior incidência da radiação solar diária (Tonello et al., 2006).

4. Conclusões

1. A divisão da bacia do rio Benevente por sub-bacias possibilitou o maior conhecimento sobre as peculiaridades relativas a cada uma dessas áreas (uso e ocupação, solos, morfometria) em uma escala maior.
2. O padrão de drenagem é predominantemente dendrítico, com elevada extensão de sua ramificação (ordem de drenagem 7) e as margens direita e esquerda do rio Benevente apresentam sub-bacias com expressiva densidade de drenagem;
3. A maior parte das sub-bacias tem menos probabilidade de enchentes em condições normais de precipitação, em virtude de sua forma ser mais irregular;
4. A parte mais alta da Bacia possui maior densidade de drenagem do que a parte baixa e está sujeita a um maior controle estrutural. Na parte baixa o rio corre sobre sedimentos e segue a direção sudeste acompanhando uma inclinação natural do Grupo Barreiras;
5. O relevo forte ondulado é a classe de declividade predominante na Bacia. A maior parte do relevo tem suas encostas voltadas no sentido sul/leste que se constituem como áreas mais conservadoras de umidade e menos propensas à erosão.
6. A pecuária é a atividade mais expressiva dentro da bacia, sendo as áreas por ela ocupadas, visivelmente, em que há maior ocorrência de erosão.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de estudo, à Universidade Federal de Viçosa – UFV e ao Instituto Estadual do Meio Ambiente (IEMA-ES) pelo apoio.

Referências Bibliográficas

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Espírito Santo**. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br/cd4/ES.doc>>. Acesso em: 20 jan. 2009.
- Brindley, G.W.; Brown, G. **Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification**. London: Mineralogical Society, 1980. 495p.
- Castro, P. S. E. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, Minas Gerais**. Viçosa, UFV, 1980. 107p. (Tese Mestrado)
- Chen, P-Y. **Table of key lines in x-ray powder diffraction patterns of mineral in clays and associated rocks**. Indiana: Bloomington, 1977. 65p. (Department of Natural Resources Geological Survey Occasional Paper 21)
- Christofolletti, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006. 188p.
- Costa, L. M.; Fernandes Filho, E. I.; Oslzevski, N. O solo e a água. **Ação Ambiental**, v. 20, p.17-19, 2001.
- Demattê, J.A.M.; Demétrio, V.A. Fotointerpretação de Padrões de Drenagem de Bacias Hidrográficas na Caracterização de Solos Desenvolvidos de Rochas Eruptivas Básicas do Estado do Paraná. **Sci. Agric.**, v.52,569-577, 1995.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

França, G. V.; Demattê, J. A. M. **Parâmetros da Rede de Drenagem de Solos da Região de Iracemópolis (SP)**. ESALQ, Piracicaba, v.47, p.541-555, 1990.

IEMA. Instituto Estadual do Meio Ambiente do Estado do Espírito Santo. **As águas do Rio Benevente**. Disponível em: <<http://www.iema.es.gov.br>>. Acesso em: 31 jul. 2008.

Jackson, M. L. **Soil chemical analysis – advanced course**. Dept. Soils. Un. Wisconsin, Madison, W.I. 1956.

Liu, J.; Pattey, E.; Nolin, M. C.; Miller, J. R.; Ka, O. Mapping within-field soil drainage using remote sensing, DEM and apparent soil electrical conductivity. **Geoderma**, v.143, p.261–272, 2008.

Martins, A. K. E.; Schaefer, C. E. G. R.; Silva, E.; Soares, V.P.; Corrêa, G. R.; Mendonças, B. A. F. Relações solo-ambiente em áreas de ocorrência de ipucas na Planície do Médio – Estado de Tocantins. **Revista Árvore**, v.30, p.297-310, 2006.

Pavanelli, G. C. Estudos ambientais da planície de inundação do rio Paraná no trecho compreendido entre a foz do rio Paranapanema e o reservatório de Itaipu. In: Workshop do projeto Piracena, 1996. Nazaré Paulista, SP. **Anais...** Piracicaba: CENA, 1996. p.69-72.

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. **R. Bras. de Ci. Solo**, v. 28, p.297-305, 2004.

Resende, M.; Curi, N; Ker, J. C.; Rezende, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações**. Lavras: UFLA, 2005. 192p.

Rocha, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria: UFSM, 1997. 446p.

Ruiz, H. A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30, 2005, Recife - PE. CDROM. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005a.

Ruiz, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Bras. de Ci. Solo**, v.29, p.297-300, 2005b.

Santos, R. D.; Lemos, R. C.; Santos, H. G.; Ker, J. C.; Anjos, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92 p.

Silva, F. B. e Carvalho, W. A. Discriminação de Solos por Interpretação Fotográfica da Rede de Drenagem. **Holos Env.**, v.2, p.65-86, 2002.

Tonello, K. C.; Dias, H. C. T. D.; Souza, A .L. de; Ribeiro, C .A. A. S.; Leite, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, p.849-857, 2006.

Valente, O. F.; Dias, H. C. T. Bacia hidrográfica como unidade de produção de água. **Ação Ambiental**, v.20, p.8-9, 2001.

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975. 245p.