

Geoprocessamento aplicado à avaliação e controle de inundações: o caso da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim-ES

Luciano Melo Coutinho¹
Paulo Cezar Mendes Glória¹

¹Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SEMDURB)
Prefeitura Municipal de Cachoeiro de Itapemirim-ES, Brasil
Rua Profº. Quintiliano de Azevedo, Ed. Guandú Center, nº 31, 7º Andar - 29.300-800
lncoutinho@hotmail.com / pelacidade@gmail.com

Abstract: Occurrences in flood watershed are related to their geometrical characteristics (morphometry) and physical-geographical factors, as reflected in the intensity of the flow and the water outlet. Planning guided by the occupation and mitigate the impacts of flooding can avoid disasters and losses, the example of unconventional measures by engineering works. Proceeds evaluation of watershed River Itapemirim (ES) for correlation between their measurements and the occurrences of floods, and identifying portions of the relief with the potential to create containment basins. The proposed objectives were achieved from the manipulation of vector data, altimetry and hydrographic mapping, environment in Geographic Information System (GIS) for representing the area for Hydrologically Consistent Digital Elevation Model (HCDEM). The occurrences of floods are little influenced by the geometry, which elongated format favors flow. Evaluations of hydrography and relief indicate high sinuosity channels, little infiltration in the headwaters and levels formation, which favors runoff concentration and flow downstream. Were identified 40 sections with potential for flood control, whose blade cube and water are, respectively, 39.173.417m² and 376.352.305m³.

Palavras-chave: relief, runoff, containment, GIS, relevo, escoamento, contenção, SIG

1. Introdução

Bacias hidrográficas são feições delimitadas naturalmente pelos divisores topográficos e vertentes que concentram internamente o volume de chuva que atinge sua área (precipitação efetiva). Nascentes, canais perenes e intermitentes, lagos e a foz constituem a rede hidrográfica. O escoamento superficial é iniciado nos topos e distribuído pelos vales. As enxurradas, formadas pela gradativa redução da infiltração e aumento de escoamento, são direcionadas a uma única saída chamada enxutório (Silveira, 2001; Villela e Mattos, 1975).

Enchentes e inundações em bacias são alterações causadas pela subida do nível menor dos canais, sendo as enchentes definidas como originais de causas naturais e por não afetarem populações, enquanto as inundações incluem fatores artificiais (barragens) e danos às populações. São processos naturais que podem se intensificar pelas alterações da superfície (impermeabilização do solo), pelos regimes de precipitação (chuvas intensas), pela geometria da bacia, ou ainda, da junção de ambos. Podem ocasionar impactos negativos de diversas ordens e magnitudes, incluindo perdas de vidas humanas, danos ao patrimônio e proliferação vetores e doenças. Estes impactos são mais nítidos quando atingem áreas urbanizadas, devido a concentrações de pessoas (Silva et al, 2010; Silva e Travassos, 2008).

A intensificação da urbanização dos últimos 50 anos ocasionou diversas alterações na drenagem das bacias, com destaque a impermeabilização do solo e a ocupação de áreas naturais de alagamento. A primeira influencia a recarga de aquíferos e escoamento superficial, e a segunda altera a capacidade dos sistemas de drenagem (Nascimento et al., 2007). Bastos (2009) avaliou a influência do avanço da urbanização sobre o sistema hidrológico da bacia do Córrego dos Monos (ES) pela quantificação temporal de áreas permeáveis e impermeáveis, identificando expressivo aumento dos picos de vazão decorrentes urbanização.

Estudos de comportamento hidrológico devem preceder a ocupação e as atividades antrópicas, pois a entrada de água e a ação dos seus cursos é um dos mais ativos processos de esculturação da paisagem terrestre. A caracterização morfométrica de bacias é realizada a partir de suas medidas físicas, e compõe um instrumento de várias aplicações, a exemplo de

estimativas de tempo de concentração, vazão, escoamento superficial e suscetibilidade a inundações. Bacias arredondadas podem ser totalmente atingidas por precipitações, concentrando a água em menor tempo. As bacias ramificadas podem sofrer picos de vazão e concentração da água. Formatos alongados de bacias podem apresentar perfil de equilíbrio entre cheias e vazões (Coutinho et al, 2011; Silveira, 2001; Vilella e Mattos, 1975).

Entretanto, apenas a avaliação física das bacias pode não responder as questões pertinentes ao planejamento e uso do solo. Muitas bacias já se encontram ocupadas de forma desordenada ou irregular, seja pelo aspecto legal ou físico, e os custos com alocações podem ser muito altos. Tais situações remetem a necessidade de estudos e medidas de amenização dos efeitos de inundações, a exemplo de controle e manejo de parte do volume hídrico por obras de engenharia (Fonseca et al., 2006; Nascimento et al., 2007).

O controle do escoamento superficial pode ser realizado por medidas não convencionais, que promovam o armazenamento temporário e a infiltração de águas pluviais, compensando os efeitos da impermeabilização dos solos sobre os processos hidrológicos. As bacias de contenção são projetadas para reter parte das águas superficiais, seja durante ou após os eventos de precipitação. A identificação das seções potenciais para estas medidas devem adotar mapeamentos e levantamentos de campo, priorizando as superfícies planas cercadas por elevações (fundos de vales) e estreitamento em direção à saída (Faria Filho et al., 2009).

Sistemas Geográficos de Informação (SGI) são *softwares* da categoria de representação de ocorrências e fenômenos espaciais a partir de dados georeferenciados, seja em formato vetorial ou matricial. Os recursos e aplicativos de ambiente de SGI fazem destes programas ferramentas de grande aplicabilidade para planejamento e gestão territorial (ESRI, 2005).

A bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (BHRI) está localizada no sul do Estado do Espírito Santo (Figura 1), onde é comum a ocorrência de enchentes em eventos de chuvas intensas. As áreas urbanas dos municípios localizados em porções planas a jusante são eventualmente atingidas pelos efeitos da concentração das águas.

O presente trabalho consistiu da caracterização morfométrica e identificação de seções do relevo para criação de áreas de contenção na BHRI. Foram utilizados dados cartográficos em ArcGIS 9.1® (SGI) para mapeamento e representação digital do relevo, contribuindo com a geração de dados e subsídios às tomadas de decisão na gestão da área.

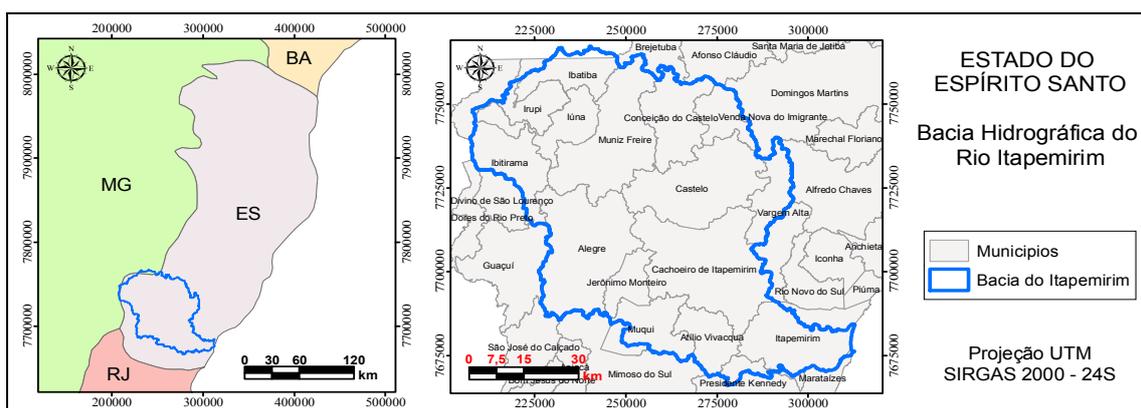


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (BHRI).

2. Material e Métodos

A BHRI abrange uma área de 5.951,10km², cuja diversidade geológica é marcada por intrusões rochosas escarpadas, patamares intemperizados e porções planas de intensa concentração sedimentar. As variações de altitude são entre 2800m (Pico da Bandeira) e o nível do mar. O clima é do tipo Aw (classificação de Koppen para o Brasil) com chuvas de verão e inverno seco, com precipitações anuais entre 1500mm e 2000mm (Silva, 1993).

Variações da disponibilidade hídrica da BHRI podem ser confirmadas por resultados de pesquisas. Gardiman Júnior et al. (2012) avaliaram dados de precipitação dos anos de 1972 a 2002, obtendo média de 111,52mm, com variações de 5% devido aos diferentes interpoladores. Machado et al. (2010) estimaram a vazão (m³/s) do canal principal por dados de 1969 a 2006 e identificaram mínima (251,10), média (461,90) e máxima (725,30), e probabilidades máximas de retorno de 563,50 (5 anos), 632,32 (10 anos) e 724,85 (25 anos).

Os dados cartográficos utilizados foram os *layers* digitais originais de mapeamento de hipsometria (equidistância de 20m) e hidrografia do IBGE. Os dados foram georeferenciados pelo *datum* SIRGAS 2000, fuso 24S, escala 1: 250.000 e *pixels* de 50mx50m considerando o RMS aceitável (ESRI, 2005). O mapeamento de uso e ocupação do solo adotou aerofotos (1m x 1m) do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e imagens *GeoEye* (0,5m x 0,5m) pela sincronia de SGI e *Google Earth* (aplicativo *SyncArcGE*).

A avaliação de tendências a enchentes da BHRI se pautou na identificação e correlação entre suas principais medidas. Os índices morfométricos foram obtidos pelas equações da Tabela 1 e geração do perfil topográfico (*3D Analyst*) dos principais canais da bacia.

Tabela 1: Parâmetros e equações de caracterização morfométrica de bacias.

Procedimento	Objetivo	Fórmula	Tendência a enchentes
Densidade de drenagem	Soma de comprimento dos canais, em que se verifica a velocidade da drenagem.	$Dd = \frac{Lt}{A}$	< 5,0 km/km ² = baixa 5,0 - 13,5 km/km ² = média 13,5 - 155,5 km/km ² = alta > 155,5 km/km ² = muito alta
Coefficiente de compacidade	Relaciona a bacia a um círculo, K e quanto mais próximo a 1 mais sujeitas a inundações.	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	1,00 - 1,25 = alta 1,25 - 1,50 = média ≥ 1,50 = baixa
Fator de forma	Relação entre largura e comprimento para avaliação de geometria bacias.	$F = \frac{A}{L_{AX}^2}$	≥ 0,75 = alta 0,75 - 0,50 = média ≤ 0,50 = baixa
Índice de circularidade	Quanto mais próximo do valor 1 maior a circularidade e mais sujeita a inundações.	$Ic = \frac{12,57^* A}{P^2}$	> 0,51 = alta 0,51 = média < 0,51 = baixa
Razão de alongação	Relação entre o diâmetro da área (circular) e o comprimento do eixo da bacia.	$Re = 1,128 \left(\frac{A^{0,5}}{L_{AX}} \right)$	-
Índice de sinuosidade	Representação percentual entre rio e talvegue, o que sugere que em maior declividade, maior a velocidade de escoamento.	$Is = \frac{100 (L - L_{TV})}{L}$	≤ 20% = canal muito reto 20 - 30% = canal reto 30 - 40% = canal divagante ≥ 40% = canal sinuoso

Em que: Kc (Coeficiente de compacidade), perímetro (P), área em metros (A), fator de forma (F), comprimento do canal principal (L), índice de circularidade (Ic), razão de alongação (Re), comprimento axial (L_{AX}), comprimento do talvegue (L_{TV}) e índice de sinuosidade (Is).

As curvas de nível foram interpoladas pelo aplicativo *Topo to Raster (Contour)*, com suporte de hidrografia (*Stream*) para indicação de traçado dos canais e delimitadas pela área da bacia (*Boundary*), o que permitiu a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE). O pós-processamento consistiu da geração de um MDE Hidrologicamente Consistente (MDEHC) pela remoção das depressões ou espúrias (*Fill*) para representação real do relevo, onde se tem escoamento superficial convergente de acordo com a drenagem de mapeamento (consistência hidrográfica). A partir do MDEHC foi possível identificar a distribuição da altimetria (m) e da declividade percentual (*Surface Analysis - Slope*) da bacia de acordo com as classes propostas pela EMBRAPA (1999, citado por Coutinho et al, 2011).

O perfil topográfico foi gerado pelos recursos de representação do relevo (*3D Analyst*), pela associação entre vetor (canais principais das sub-bacias) e MDEHC (*Convert - Features*

to 3D), e com o recurso de perfil gerou-se o gráfico (*Create Profile Graph*). O canal principal foi representado ao longo de toda bacia e no trecho de contribuição da sub-bacia Norte.

Diante a representação e tematização da declividade foram classificadas as áreas de declividade inferior a 20% de inclinação, seguido da seleção das curvas de nível do entorno destas áreas para medida das distâncias das margens (*Buffer* de 50m). Adotou-se as seções em que ocorreram encontros das margens nas saídas, indicando os estreitamentos menores que 100m, e distanciamento entre as cotas maior que 100m no interior, de acordo com a metodologia proposta por Faria Filho et al. (2009).

Para cubagem das seções o MDEHC foi recortado por cada área, seguido de sua representação em perspectiva tridimensional (*ArcScene*) para confirmação de ocorrências de fundos de vale e estreitamento. Para refinamento das seções utilizou-se o mapa de declividade e as aerofotos, sendo selecionadas as que apresentaram as características:

- declividade inferior a 20%;
- formação tipo fundo de vale com estreitamento à jusante; e
- ausência de núcleos urbanos e/ou rodovias pavimentadas.

Inicialmente foram priorizadas as seções de estreitamento igual ou inferiores a 100m. Entretanto, foram identificadas grandes áreas com características ideais, considerando o relevo e o uso do solo, cujos estreitamentos foram classificados entre 100-150m e maiores que 150m, respectivamente, geradas por *buffer* de 75m e 100m. Para aptidão destas categorias verificou-se a relação percentual entre a extensão do estreitamento e perímetro das respectivas seções, sendo inclusas as inferiores a 3%. O cálculo do volume das seções identificadas foi processado pelo recurso *Surface Analysis* a partir do MDEHC.

3. Resultados e Discussão

Os parâmetros obtidos a partir da geometria da BHRI (Tabela 2) indicam que esta tem formato alongado e pouca tendência a concentração hídrica, o que se confirma nos baixos valores de Kc (1,97), F (0,44), Ic (0,25) e Re (0,75). O índice de sinuosidade (Is) é 54,85% maior que o comprimento de talvegue, indicando canal sinuoso. Coutinho et al. (2011) identificaram os valores de Kc (1,80), F (0,33), Ic (0,30), Re (0,64) e Is (40,93%) para a bacia do Rio da Prata (Castelo-ES), correspondendo a uma bacia alongada, a qual não possui formato semelhante ao de uma circunferência e com canais de baixa sinuosidade. A densidade de drenagem (Dd) 2,39km/km² é considerada baixa, mas que pode variar em função do relevo e da geologia. Alves e Castro (2003) identificaram baixa Dd (4,92 km/km²) para bacia do Rio Tanque (MG), com variações em função do gradiente dos canais.

Tabela 2: Medidas e valores de parâmetros morfométricos da BHCC.

Item	Medida	Classificação
Área total (A)	5.951,12 km ²	-
Perímetro (P)	543,83 km	-
Largura (Lg)	94,11 km	-
Canal principal (L)	229,11 km	-
Comprimento dos canais (Lt)	14.264,51km	-
Comprimento axial (L _{AX})	115,33 km	-
Comprimento de talvegue (L _{TV})	105,70 km	-
Densidade de drenagem (Dd)	2,39km/km ²	Baixa
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,97	Baixa
Fator de forma (F)	0,44	Baixa
Índice de circularidade (Ic)	0,252	Baixa
Razão de alongação (Re)	0,75 (adimensional)	-
Índice de sinuosidade (Is)	54,85%	Canal sinuoso
Altitude (mínima - média - máxima)	1m - 565m - 2.850m	-
Declividade (mínima - média - máxima)	0% - 29% - 690%	-

Avaliações do relevo de bacias são importantes, pois podem influenciar o perfil do solo, as relações de precipitação e deflúvio, devido à velocidade do escoamento e as taxas de infiltração, caracterizando em certos casos área de preservação em inclinação superior a 45° ou 100%. Verificou-se disparidade de distribuição da altitude (Figura 2-A) e declividade (2-B), sendo os maiores valores destes nas porções NO, N e NE, com suavização ao centro e aplainamento em direção à foz, o que se confirma nos valores destes parâmetros na Tabela 2. Cardoso et al. (2006) associaram a alta velocidade de escoamento superficial da bacia do Rio Debossan a predominância do relevo forte ondulado (46,61%).

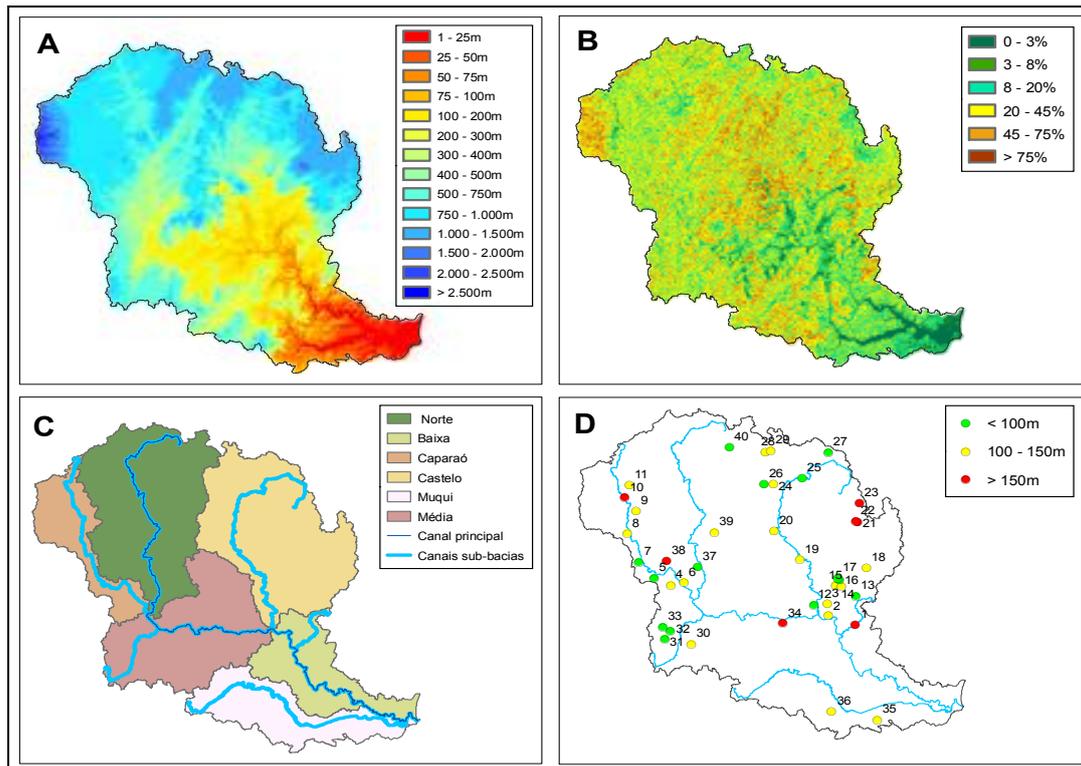


Figura 2: Representação da bacia por classes de altimetria (A), declividade (B), sub-bacias e seus canais principais (C) e pontuação das seções identificadas (D).

Os perfis topográficos do canal principal da bacia e das sub-bacias (2-C) são demonstrados na Figura 3. O canal principal total (linha preta) é marcado por formação de patamares no trecho de sua sub-bacia de contribuição Norte (linha rosa) e constante aplainamento do centro para a foz. Comportamentos similares são verificados nas demais sub-bacias, sendo o mais suave para a sub-bacia Baixa (linha azul) devido as menores altitudes.

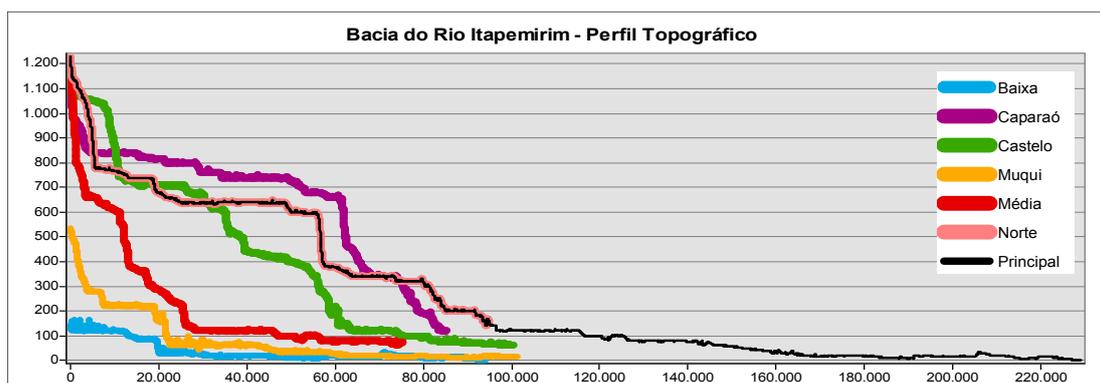


Figura 3: Perfis topográficos dos canais principais.

Com base na avaliação dos dados físicos da BHRI as ocorrências de inundações são pouco influenciadas por sua geometria, e apresentam maior relação com as condições litológicas, o relevo e a hidrografia da bacia. As mudanças de relevo indicam baixa infiltração e rápido escoamento nas maiores altitudes, o que intensifica a concentração de fluxo nas partes baixas em eventos de chuvas intensas. De acordo com Cardoso et al. (2006) as altas taxas de escoamento e baixa infiltração podem ser compensadas pela boa cobertura vegetal.

Ações de controle por contenção ou infiltração podem ser relevantes para diminuição dos impactos de cheias urbanas, permitindo a redistribuição temporal e a atenuação dos fluxos. Estes dispositivos compensatórios vêm sendo implantados em cidades do exterior há várias décadas, e mais recentemente no Brasil, para redução dos efeitos negativos da urbanização sobre os processos hidrológicos. Fonseca et al. (2006) descrevem alguns dos principais dispositivos de controle de cheias implementados em cidades brasileiras e sua importância para minimização de problemas sanitários e ambientais. Faria Filho et al. (2009) realizaram trabalho de prospecção na bacia do Rio Turvo Sujo, município de Viçosa (MG), para identificação de áreas para construção de barragens de abastecimento, estimando que a construção destas nos pontos alocados pode abastecer a referida cidade até o ano de 2030. Nascimento et al. (2007) apresentam formas de intervenção na bacia do Canal do Manguê (RJ) para amenizar efeitos de ocupações irregulares e impermeabilização de planícies.

Na Figura 4 é demonstrado o processo de identificação da seção 27 (cota 1040m) pelo uso de elementos cartográficos (hipsometria e hidrografia), seguido de representação tridimensional do MDEHC. Nas áreas de baixa declividade foram selecionadas as curvas de interesse, seguido da geração do *buffer* para identificação das formações de fundo de vale e estreitamento. Foram incluídas as feições com estreitamento menor que 100m em direção à saída (confirmadas pelo encontro das margens do *buffer*) e distâncias internas maiores que 100m pelo afastamento das margens. As linhas das cotas foram selecionadas e modificadas para polígono, o que permitiu os cálculos de medidas de cada seção. As 52 seções identificadas foram avaliadas por fotointerpretação com base no uso e ocupação do solo, sendo excluídas as de ocorrências de equipamentos e/ou aglomerações urbanas.

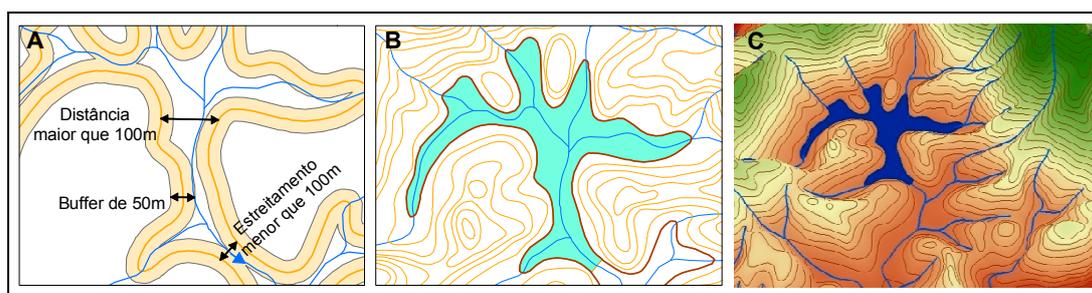


Figura 4: Identificação de cota e área (A), locação da seção (B) e representação 3D (C).

Ao final da avaliação 40 seções foram consideradas aptas de acordo com suas características de relevo e de uso do solo. Suas principais informações constam na Tabela 3, sendo sub-bacia, área, perímetro, estreitamento, percentual (%) entre estreitamento e perímetro, cubagem (m^3) e coordenadas UTM (especializadas na Figura 2-D). Pelo somatório das áreas e volume de cada seção foram estimados os totais de $39.173.417m^2$ de lâmina d'água e $376.352.305m^3$ de volume. Faria Filho et al. (2009) identificaram nove seções para construção de reservatórios no Rio Turvo Sujo (MG), cuja área de drenagem é de $402km^2$, adotando apenas as cotas de estreitamento localizadas ao longo canal principal.

O critério de aptidão das seções se pautou na relação entre estreitamento e perímetro, considerando que a construção da barragem envolve avaliação logística. Na categoria de estreitamentos menores que 100m o menor valor é da seção 40 (56m), o maior da seção 3

(99m) e a melhor relação entre estreitamento e perímetro da seção 26 (0,78%). Nos estreitamentos entre 100-150m o maior valor é da seção 20 (149m) e o menor da seção 9 (107m), e a melhor relação de medida da seção 20 (0,54%). O maior e menor valor de estreitamento das seções entre 150-200m são, respectivamente, da 22 (197m) e 23 (155m), e a melhor relação de medidas da seção 1 (1,88%). Duas áreas de estreitamento superior a 200m foram identificadas e consideradas aptas devido a suas características físicas, grandes áreas e relação de estreitamento bastante baixo, e não urbanizadas, sendo estas as seções 21 (3.120.483m² - 0,83%) e 34 (11.148.978m² - 0,64%).

Tabela 3: Identificação das seções aptas para criação de bacias de contenção.

Id	Sub-Bacia	Área (m ²)	Perímetro (m)	Estreit. (m)	Estr x Perím. (%)	Cubagem (m ³)	X	Y
1	Baixa	1.418.008	9.509	179	1,88	13.134.870	282.939	7.701.245
2	Baixa	290.345	5.266	133	2,53	664.143	275.547	7.704.176
3	Baixa	174.435	2.875	99	3,73	542.128	275.223	7.707.671
4	Caparaó	897.800	9.978	139	1,39	5.361.393.92	232.652	7.713.340
5	Caparaó	298.872	3.979	99	2,48	1.615.097	228.077	7.715.351
6	Caparaó	1.296.979	10.842	111	1,02	11.487.097	236.275	7.714.206
7	Caparaó	386.213	6.745	93	1,37	2.166.608	223.941	7.720.240
8	Caparaó	652.027	6.627	143	2,16	5.200.636	220.825	7.729.011
9	Caparaó	593.898	8.944	107	1,20	2.918.631	223.184	7.735.908
10	Caparaó	553.363	8.257	171	2,07	2.792.236	220.089	7.740.032
11	Caparaó	403.032	6.038	115	1,91	2.442.124	221.295	7.743.809
12	Castelo	498.939	7.587	94	1,24	1.964.881	271.692	7.707.107
13	Castelo	283.411	4.985	64	1,28	1.163.134	282.990	7.709.949
14	Castelo	639.700	9.056	137	1,51	6.071.274	277.541	7.713.318
15	Castelo	305.727	4.998	100	2,00	1.738.625	279.100	7.712.991
16	Castelo	364.187	4.656	99	2,13	2.474.081	278.656	7.714.940
17	Castelo	432.397	4.788	70	1,46	3.114.716	278.149	7.715.303
18	Castelo	684.688	8.303	138	1,66	6.651.736	285.923	7.718.611
19	Castelo	211.930	3.673	119	3,23	806.280	267.840	7.721.067
20	Castelo	3.297.307	27.424	149	0,54	38.142.219	260.862	7.729.891
21	Castelo	3.120.483	28.806	239	0,83	30.641.844	283.547	7.732.581
22	Castelo	755.613	8.011	197	2,46	6.940.239	282.973	7.732.750
23	Castelo	515.753	6.645	155	2,33	3.892.843	284.061	7.738.382
24	Castelo	428.079	4.532	131	2,89	3.333.014	260.574	7.744.163
25	Castelo	557.110	8.128	77	0,95	3.860.852	268.504	7.746.069
26	Castelo	728.173	9.752	76	0,78	4.982.007	258.114	7.744.173
27	Castelo	525.964	7.236	94	1,30	2.800.355	275.529	7.753.734
28	Castelo	447.217	8.204	143	1,75	3.130.164	258.503	7.754.001
29	Castelo	286.384	5.452	119	2,18	967.281	259.773	7.754.550
30	Média	1.755.067	19.633	134	0,68	21.303.029	238.347	7.695.242
31	Média	633.046	7.359	83	1,13	4.771.545	231.000	7.696.906
32	Média	222.574	3.985	93	2,34	764.914	232.598	7.699.190
33	Média	272.140	3.649	89	2,45	1.405.353	230.473	7.700.419
34	Média	11.148.978	62.909	403	0,64	156.505.334	263.116	7.701.516
35	Muqui	716.502	8.808	115	1,30	4.905.392	288.899	7.672.063
36	Muqui	745.822	10.234	116	1,13	4.759.826	276.507	7.674.659
37	Norte	1.004.737	10.126	92	0,91	5.436.454	239.903	7.718.910
38	Norte	743.501	8.984	174	1,94	5.729.859	231.426	7.720.655
39	Norte	595.986	6.901	130	1,88	3.020.704	244.467	7.729.358
40	Norte	287.030	3.747	56	1,49	2.110.782	248.585	7.755.566

Os resultados deste trabalho demonstram as possibilidades de identificação, cubagem e avaliação de áreas com potencial de controle de inundações na BHRI para efeito de prospecção. Neste caso os critérios de seleção de áreas foram baixa declividade, abaulamento do relevo e o uso do solo. É importante destacar que a edificação ou não destas bacias de

contenção depende de verificações *in loco* e estudos interdisciplinares, a exemplo da viabilidade, impactos de obras de engenharia e custos com construção e manutenção.

5. Conclusões

Os recursos de SGI permitiram a realização de estudos da BHRI pela correlação entre fatores físicos com as ocorrências de inundações e identificação de áreas com potencial para controle e amenização de inundações. Os resultados são considerados a contento no que se refere a objetivos e critérios propostos de acordo com a literatura.

As ocorrências de inundações da BHRI são pouco influenciadas por sua morfometria, pois esta bacia tem formato alongado. As características hidrográficas e o relevo influenciam a infiltração e o escoamento superficial, favorecendo a concentração hídrica à jusante.

Foram identificadas 40 seções aptas para criação de bacias de contenção, as quais podem contribuir com aumento da infiltração e armazenamento de fluxos causados por chuvas intensas. Demais pareceres devem ser precedidos de levantamentos e estudos interdisciplinares, além de observações das particularidades de cada seção.

Referências Bibliográficas

Alves, J. M. de P.; Castro, P. de 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**, 33(2): 117-124, junho de 2003.

BASTOS, P. C. **Efeitos da urbanização sobre vazões de pico de enchente**. UFES: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (Dissertação de Mestrado). Vitória-ES, 2009.

Cardoso, C. A. (et al.). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

Coutinho, L. M. (et al.). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **IRRIGA**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, outubro-dezembro, 2011.

Environmental Systems Research Institute (ESRI). **Inc. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 9.1**. Software. 2005.

Faria Filho, R. F. (et al.). Potencial hidráulico em bacias hidrográficas II: identificação de seções potenciais para construção de reservatórios de água. **Eng. na Agricultura**, Viçosa-MG, v.17, n.6, p. 481-490, Nov/Dez, 2009.

Fonseca, P. L. da (et al.). Gestão ambiental de bacias hidrográficas: medidas não convencionais no controle de cheias urbanas - principais aspectos, considerações e ações integradas. In: XIII SIMPEP, **Anais...**, Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006.

Gardiman Júnior, B. S. (et al.). Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do Rio Itapemirim (ES). **AMBIÊNCIA**, Guarapuava (PR), v.8 n.1 p. 61-71 Jan./Abr. 2012.

Machado, E. F. do P. Distribuição de probabilidade para determinação de vazões máximas para o Rio Itapemirim-Espírito Santo. In: XIX Congresso de Pós-Graduação da UFLA. **Anais...**, 27 set. a 01 out., 2010.

Nascimento, E. A. do (et al.). Qualidade do meio ambiente urbano: medidas para o controle do escoamento superficial na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência & Engenharia**, v. 16, n. 1/2, p. 81-87, jan-dez. 2007.

Silva, J. N. da (org). **Programa levantamentos geológicos do brasil**. Cachoeiro de Itapemirim. Folha SF-24-V-A-V. Estado do Espírito Santo. Escala 1: 250.000. DNPM/CPRM, 165p. 1993.

Silva, L. S.; Travassos, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **Cadernos Metrópole**, 19 pp. 27-47 10 sem. 2008.

Silva, E. R. (et al.). A integração de políticas públicas na ação contra enchentes em bacias hidrográficas antropizadas: caso do Município de São Gonçalo, RJ. In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2010, **Anais...**, Rio de Janeiro/Niterói. VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2010.

Silveira, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C.E.M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p. 35-51.

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.