

APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E ESTUDO DE CHEIAS NA BACIA DO RIO GRANJEIRO, CRATO/CE.

Adolfo Átila Cabral Moreira¹, Paulo Roberto Lacerda Tavares² & Celme Torres Ferreira da Costa².

RESUMO – Visa-se, neste trabalho, avaliar a propensão de cheias da bacia do rio Granjeiro, através da sua caracterização morfométrica e de suas sub-bacias, por imagem de satélite e sistemas de informação geográfica (SIG). O estudo foi realizado, utilizando-se do software ArcGIS e da imagem ortorretificada do GLS2005-Landsat, disponibilizada no site do INPE. O resultado encontrado mostra que a bacia do rio Granjeiro não é propensa a enchentes, o que diverge do documentado recentemente pela imprensa. Isso deve a algumas peculiaridades da bacia, como a declividade das sub-bacias ser cerca de 3 a 4 vezes superiores ao dos rios, o incremento, nos últimos anos, das áreas impermeáveis, além da sub-bacia SB1 apresentar uma declividade do rio é muito baixa (0,58%), enquanto a declividade do rio antes do canal é cerca de 6 vezes maior. Para amenizar os prejuízos causados pelas enchentes foram elencados 7 medidas estruturais e não estruturais que vem servir como sugestões de soluções para ser efetivadas pelos governantes.

ABSTRACT – The aim of this study was to evaluate the likelihood of flooding of the river basin Granjeiro, by its characterization morphometric and its sub-basins, satellite imaging and geographic information systems (GIS). The study was conducted, using the ArcGIS software image and the orthorectified Landsat-GLS2005, available on the website of INPE. The result obtained shows that the river basin Granjeiro is not prone to flooding, which differs from the recently documented by print. This is due to some peculiarities of the basin, as the slope of the sub-basins to be about 3-4 times the rivers, the increase in recent years, the impervious areas, besides the sub-basin SB1 submit a slope of the river is very low (0.58%), while the slope of the river before the channel is approximately 6 times higher. To mitigate the damage caused by flooding were listed seven non-structural and structural measures that come to serve as suggestions for solutions to be committed by governments.

Palavra-Chave – Granjeiro, Morfometria, Cheias.

¹ Mestrando em Recursos Hídricos pela UFC e professor do IFCE – Campus Juazeiro do Norte

² Professores Adjuntos, Universidade Federal do Ceará - Campus Cariri, Rua Tenente Raimundo Rocha, s/n. Bairro Universitário. CEP: 63.040-360, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. E-mails: prltavares@ufc.br, celmetorres@ufc.br.

INTRODUÇÃO

O surgimento de um centro urbano provoca mudanças nas condições hidrogeológicas da região, em decorrência das alterações na vegetação existente e nas camadas de solo, o que ocasiona uma sensível diminuição da infiltração da água no solo. No desenvolvimento urbano são estabelecidas construções de galerias, esgoto pluvial e canais com seção hidráulica mais eficiente, que provocam o aumento na velocidade do escoamento e, conseqüentemente, diminuem o tempo de percurso da água na bacia. O somatório desses efeitos faz com que um escoamento que antes estava retardado, passe a ocorrer mais rápido e com um acréscimo de magnitude. Em função da topografia de suas bacias hidrográficas, a tendência natural das cidades é de serem ocupadas de jusante para montante e ao serem acrescidas com novas ocupações urbanas a montante, o escoamento que chegava mais lentamente ao ponto mais a jusante passa a se agravar, a aumentar, a extravasar e provocar problemas maiores, Mota e Nunes (1984).

As enchentes têm ocorrido de forma mais intensa e frequente em bacias hidrográficas urbanas, devido, principalmente, ao aumento da impermeabilização do solo e à ocupação indevida dos vales de inundação dos rios. Os rios possuem dois leitos, o leito menor e o leito maior. Na maior parte do tempo, o escoamento das águas ocorre dentro do leito menor, não ocorrendo o seu extravasamento. No entanto, na ocorrência de cheias com maiores tempos de retorno, as águas podem extravasar e ocupar as áreas pertencentes ao leito maior do rio, podendo chegar a atingir os vales de inundação. A depender de como se procede a expansão urbana do município, as áreas originalmente pertencentes ao leito maior do rio ou aos vales de inundação podem estar ocupadas, neste caso as enchentes urbanas podem trazer maiores prejuízos à população e ao poder público. O desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido um impacto significativo na infraestrutura de recursos hídricos. Um dos principais impactos tem ocorrido na drenagem urbana, sobretudo no aumento da frequência e magnitude das inundações e na deteriorização ambiental, Flizikowski *et al.* (2008).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água da precipitação que convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Tucci e Silveira (2009).

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é em função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo da cobertura vegetal, Lima (1986). De acordo com Tonello *et al.* (2006), as características físicas e bióticas de uma bacia exercem 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.

Dentre as fases básicas do ciclo hidrológico a do escoamento superficial talvez seja a mais importante, por tratar da ocorrência e transporte de água na superfície terrestre, tendo em vista que a

maioria dos estudos hidrológicos está ligado ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento, Villela e Mattos (1975).

De acordo com Silvino *et al.* (2007), estudos comparando métodos manuais e automáticos de extração das variáveis morfométricas tem demonstrado que a exatidão obtida nos dois é muito próxima.

Atualmente, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é feita com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Este 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 digital de elevação (MDE). Esses modelos são obtidos, hoje, por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos, Oliveira *et al.* (2010).

O objetivo deste trabalho é fazer um discurso sobre as cheias que estão ocorrendo no centro do município de Crato-CE, usando como subsídio de informações o estudo morfométrico da bacia do rio Granjeiro e suas sub-bacias.

Atualmente, a discussão sobre as enchentes neste município está em evidência, devido o aumento da frequência nas cheias no canal do rio Granjeiro e principalmente a enchente ocorrida em 28 de janeiro de 2011. Os governos municipal e estadual estão elaborando projetos para contenção de cheias no canal do rio Granjeiro. Paralelo a isto, o comitê da sub-bacia hidrográfica do rio Salgado (CBHS), está realizando estudos alternativos para atenuação da cheias no mesmo canal. E para finalizar, este rio é objeto de estudo de uma dissertação de mestrado pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Assim este artigo, servirá de base para estes estudos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A bacia de contribuição do Granjeiro está inteiramente contida no município do Crato, onde o seu rio principal é o rio granjeiro, com extensão de 9,27 km, e com área de contribuinte de 18,54 km². Está localizada entre as coordenadas geográficas . Ela apresenta a maior inserida na zona urbana, portanto sendo classificada como uma bacia urbana e sub-urbana.

O município do Crato está localizado a região do Cariri, no sul do estado do Ceará (Figura 1), considerada região de grande relevância econômica no estado, destacando-se o comércio e o turismo religioso. Atualmente, conta com uma população de 121.428 habitantes, dividida da seguinte forma, 100.937 na zona urbana e 20.525 na zona rural senso IBGE (2010), dividida numa área de 1.157,914 km².

Localização da bacia do rio Granjeiro, Crato-CE.

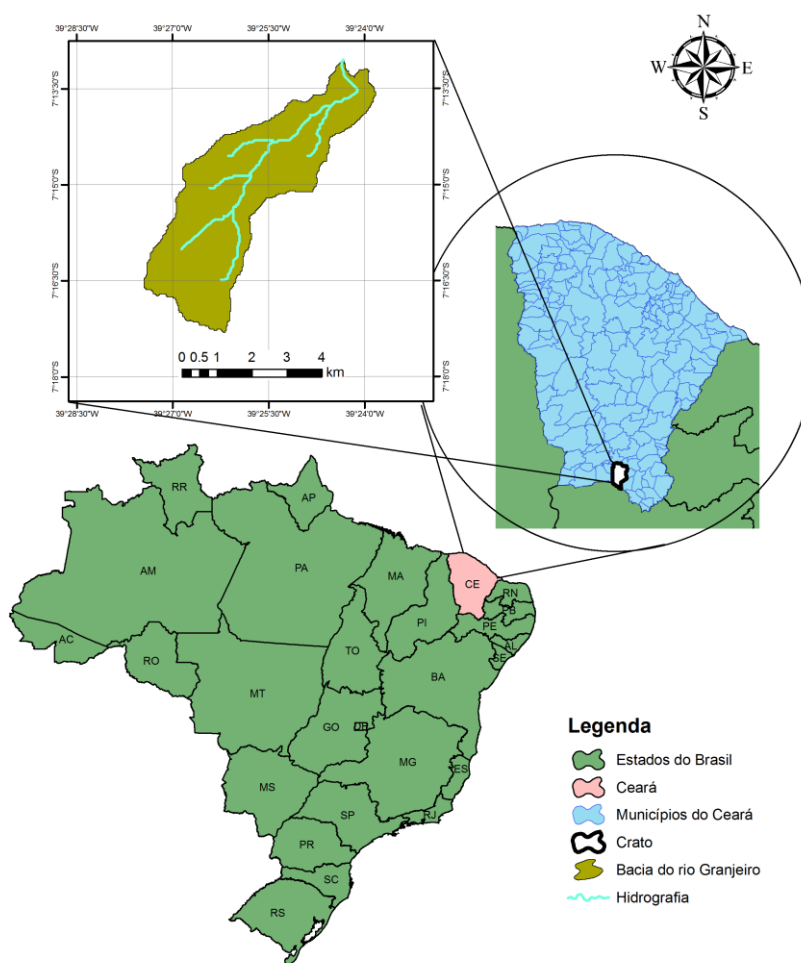


Figura 1 – Localização da bacia do rio Granjeiro

Banco de Dados

O MDE utilizado está disponível no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no catálogo de imagens (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/manage.php?INDICE=L5TM21706520070122.GLS&DONTSHOW=0>). Trata-se de uma das imagens do GLS2005 (Global Land Survey 2005), um projeto da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) com *U.S. Geological Survey* (USGS) que resultou numa coleção de imagens ortorretificadas do planeta, numa resolução espacial de 30 metros e elipsoide de referencia WGS84. GLS2005 usou principalmente imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 7, no período de 2004 a 2007, e dados do EO-1 ALI e ASTER Terra, para preenchimento das falhas de dados.

Morfometria da bacia e sub-bacias hidrográficas

O processo de caracterização morfometria da bacia hidrográfica foi desenvolvido no SIG ArcGIS 9.3 (ESRI), juntamente com as extensões (plug-ins) HEC-GeoHMS (*U.S. Army Corps of Engineers*), 3D Analyst, Arc Hydro Tools 9, Spatial Analyst.

Para a delimitação da bacia e sub-bacias hidrográficas, de forma automática, foram utilizados os conjuntos de ferramentas Terrain Preprocessing e HMS Project Setup da extensão HEC-GeoHMS. Já para obtenção da declividade média da bacia, foram usadas a ferramenta *slope* da extensão Arc Hydro Tools, a ferramenta *slope* da extensão 3D Analyst e a ferramenta Basin Slope da extensão HEC-GeoHMS. A área total, perímetro, comprimento do rio principal e total dos rios, foram extraídos através da ferramenta Open Attribute Table e por fim o comprimento do talvegue foi utilizada a ferramenta de *Measure*, para obter o resultado.

De posse destas informações, foi criado uma planilha eletrônica com os dados e calculadas as características morfométricas e índices apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Características morfométricas obtidas no estudo da bacia e sub-bacias hidrográficas

Características geométricas	
Área Total (A)	Fator de forma (K_f)
Perímetro (P)	Índice de Circularidade (IC)
Coeficiente de compacidade (k_c)	
Características do relevo	
Declividade média (D_m)	Altitude mínima
Altitude máxima	Declividade média do curso d'água principal (D_p)
Características da rede de drenagem	
Comprimento do rio principal (L)	Densidade de Drenagem (D_d)
Comprimento total dos rios (ΣL_i)	Sinuosidade (Sin)
Comprimento do Talvegue (L_t)	

O fator de forma (K_f) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, ele é calculado através da seguinte fórmula:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

onde, A é a área total da bacia e L é o comprimento total do rio principal.

Já o coeficiente de compacidade (K_c) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia. Podemos calculá-lo através da seguinte fórmula:

$$K_c \cong 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}} \text{ [adimensional]} \quad (2)$$

onde, A é a área total da bacia e P é o perímetro da bacia

Segundo Cardoso *et. al* (2006), simultaneamente ao K_c , o índice de circularidade (IC) tende para a unidade à medida em que a bacia se aproxima da forma circular e diminui sempre que a forma se torna alongada. No cálculo do IC utilizou-se a Eq. 3.

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

onde, A é a área total da bacia e P é o perímetro da bacia

O índice de Sinuosidade (Sin) relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal (Talvegue). Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Já os valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais, Lana *et al.* (2001).

$$Sin = \frac{L}{L_t} \quad (4)$$

O sistema de drenagem (D_d) é formado pelo rio principal e seus tributários. Seu estudo indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo, assim, o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede, sejam eles perenes, intermitentes ou temporários, e a área total da bacia (Eq. 5), Cardoso *et al.*, (2006).

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \quad (5)$$

Em que, A é a área total da bacia e L_i é o comprimento de cada trecho de rio da bacia.

A declividade do terreno consiste na razão da variação de altitude entre dois pontos do terreno e a distância horizontal que os separa. Através do software ArcGIS 9.3, foi extraído, automaticamente, o valor da declividade média da bacia e gerado uma mapa de declividade da bacia dividindo-o em classes. As classes de declividade geradas neste tema foram reclassificadas em seis intervalos distintos sugeridos pela EMBRAPA (1979), no próprio ArcGIS.

Quadro 2 – Classificação da declividade segundo EMBRAPA (1979).

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

Obtêm-se a declividade de um curso d'água, entre dois pontos, dividindo-se a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do curso d'água do curso d'água entre esses dois pontos, Villela e Mattos (1975). Para encontrar a declividade essa declividade, foi usada a ferramenta *River Profile* na extensão HEC-GeoHMS do ArcGis 9.3, para extrair o perfil longitudinal do rio principal e seus afluentes. De posse destes dados, usou-se uma planilha eletrônica para o cálculo da declividade média do rio principal e cada trecho nas sub-bacias.

RESULTADOS E DISCURSÕES

Forma da Bacia

A bacia hidrográfica é um elemento básico para o cálculo dos diferentes índices morfométricos, neste contexto a bacia hidrográfica do rio Granjeiro foi classificada como uma unidade pequena, pois sua área de drenagem foi de 18,54 km² e seu perímetro 30,78 km.

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características Villela e Mattos (1975). Dos índices existentes para a caracterização da forma da bacia os mais comumente utilizados são o coeficiente de compacidade, o fator de forma e o índice de circularidade (Quadro 3).

O coeficiente de compacidade observado foi de 2,016. Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia. Quanto mais irregular, maior será esse coeficiente. Com este coeficiente, pode-se avaliar a tendência para maiores enchentes. Quanto mais próximo da unidade for o valor, mais acentuada será a tendência a enchentes.

O índice de circularidade observado foi igual a 0,246. Este índice, quando tende a unidade, a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna-se alongada. Assim como o coeficiente de compacidade, mede a tendência a enchentes da bacia.

O fator de forma observado foi igual a 0,216 representando um valor baixo. Quanto menor o for este fator, mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente.

Segundo Villela e Mattos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração de deflúvio. Assim, a partir dos três parâmetros analisado pode-se verificar que a bacia apresenta forma alongada, não favorecendo a inundação quando esses parâmetros são considerados isoladamente e em condições normais de precipitação.

No Quadro 3 são apresentados os resultados da caracterização morfométrica da bacia do rio Granjeiro, no município do Crato-CE.

Quadro 3 – Características morfométricas da bacia do rio Granjeiro

Descrição	Valor	Unidade
Área Total (A)	18,54	km ²
Perímetro (P)	30,78	km
Coeficiente de compacidade (k_c)	2,016	
Fator de forma (K_f)	0,216	
Índice de Circularidade (IC)	0,246	
Declividade média (D_m)	11,11	%
Altitude máxima	952,96	m
Altitude mínima	398,96	m
Declividade média do curso d'água principal (D_p)	2,60	%
Comprimento do rio principal (L)	9,27	km
Comprimento total dos rios ($\sum L_i$)	16,15	km

Densidade de Drenagem (D_d)	0,87	km/km^2
Comprimento do Talvegue (L_t)	7,26	km
Sinuosidade (Sin)	1,277	

Relevo

O relevo de uma bacia tem grande influencia sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial e consequentemente o tempo de concentração são determinados pela declividade do terreno. Além disso a temperatura, a precipitação, evaporação, etc, são funções da altitude da bacia, Silvino (2007).

A bacia do rio Granjeiro apresenta declividade igual 11,11% enquanto o curso principal, o Rio das Mortes, apresenta valor igual a 2,60%. Segundo a classificação da EMBRAPA, I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste (1979), essa bacia pode ser considerada como de relevo ondulado, pois sua declividade está entre 8% e 20%. Veja o mapa de declividade (Figura 2).

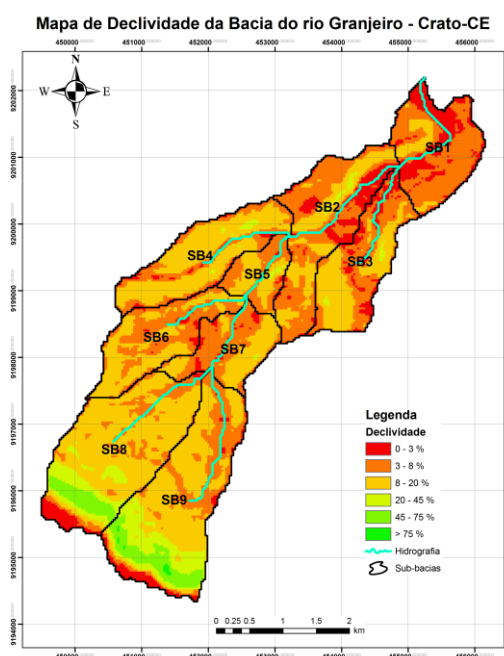


Figura 2 – Mapa de declividade

A declividade média de uma bacia hidrográfica tem importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. A ausência de cobertura vegetal, classe de solo, intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação, Tonello (2005).

Drenagem

A densidade de drenagem observada foi de 0,871 km/km^2 , e de acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km^2 em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km^2 , ou mais, em bacias bem drenadas, indicando assim, que a bacia tem uma drenagem tendendo a pobre.

Um valor baixo de densidade de drenagem representa uma resposta lenta da bacia a uma precipitação. Esse parâmetro é de grande importância, pois auxilia de forma significativa na gestão da bacia, uma vez que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia.

A sinuosidade do curso d'água apresentou o valor de 1,277. Este valor mostra que o rio Granjeiro, tem uma tendência a ser retilíneo, pois é próximo da unidade. Isso se pode verificar, analisando a hidrografia gerada no ArcGIS (Figura 2).

Morfometria das sub-bacias

Usando o ArcGIS 9.3 e as ferramentas de sua extensão HEC-GeoHMS, a bacia hidrográfica de estudo foi dividida em nove (09) sub-bacias. Apesar de ser uma bacia relativamente pequena, pretende-se com esta sub-divisão, detalhar o comportamento hidrológico da bacia. O Quadro 4, a seguir, mostra as principais características morfométricas das sub-bacias.

Quadro 4 – Características morfométricas das sub-bacias do rio Granjeiro

Descrição	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7	SB8	SB9
Área Total (km ²)	1,805	2,369	1,831	1,957	0,738	1,666	1,256	3,398	3,515
Perímetro (km)	7,68	10,74	8,76	9,00	4,86	8,46	7,62	10,56	11,58
Coefficiente de compacidade (k _c)	1,612	1,968	1,826	1,814	1,595	1,848	1,917	1,615	1,742
Fator de forma (k _f)	0,422	0,478	0,744	0,543	0,473	0,821	0,696	0,862	0,620
Índice de Circularidade (IC)	0,385	0,258	0,300	0,304	0,393	0,293	0,272	0,383	0,329
Declividade média da sub-bacia(%)	4,44	6,82	7,87	10,45	8,49	7,89	7,93	15,84	18,11
Declividade média do curso d'água (%)	0,58	1,66	2,70	0,87	3,04	3,46	3,66	5,50	4,38
Comprimento do rio principal (m)	2068	2226	1569	1898	1249	1424	1344	1986	2381
Densidade de Drenagem (km/km ²)	1,145	0,940	0,857	0,970	1,692	0,855	1,070	0,584	0,678
Comprimento do Talvegue (m)	1377	1950	1366	1580	1099	1246	1195	1864	2033
Sinuosidade (Sin)	1,502	1,141	1,148	1,201	1,136	1,143	1,124	1,065	1,171

CONCLUSÕES

As características de forma da bacia do rio Granjeiro indicam baixa propensão a cheias, conforme a análise dos índices de compacidade e circularidade e o fator de forma. Isto também foi confirmado no estudo das nove sub-bacias. Na análise do relevo e da drenagem, de forma geral, também se observa baixa tendência a cheias e velocidades de escoamento no rio principal pequenas, devido a sua declividade e sua drenagem. Um contraponto é a sinuosidade, que, apresentando valores tendendo a 1,00, favorecem o aumento da velocidade de escoamento.

Diferente do que mostram os dados morfométricos, os casos de cheias nesta bacia, principalmente no trecho que encontra-se construído o canal artificial na parte central da cidade do Crato-CE, sub-bacia SB2, vem se agravando nos últimos anos. No início de 2011, foi registrado no município cratense um evento de cheia sem precedentes, no qual foi contabilizado um dos maiores prejuízos financeiros já registrados.

Fazendo uma análise, mais detalhada das características de relevo e drenagem, foi detectado que a declividade do rio após o canal artificial, sub-bacia (SB1), é muito baixa, enquanto a declividade do rio antes do canal é cerca de 6 vezes maior, o que poderia explicar o acúmulo das águas no trecho do canal artificial. Associando a isso, tem-se as declividades das sub-bacias serem

entorno de 3 a 4 vezes superiores ao dos rios, tornando seus leitos, pontos de armazenamento de água acima do normal, sendo potencializada na região da cidade, sub-bacias SB1, SB2, SB3, SB4 e SB5, devido ao alto grau de impermeabilização do solo das referidas sub-bacias. Estas observações podem explicar os eventos de cheias que vem sendo observados na bacia do rio Granjeiro, com evidente destaque para o incremento das áreas impermeáveis, ocasionado pela ocupação de encostas e redução significativa da mata ciliar, ver figura 3.

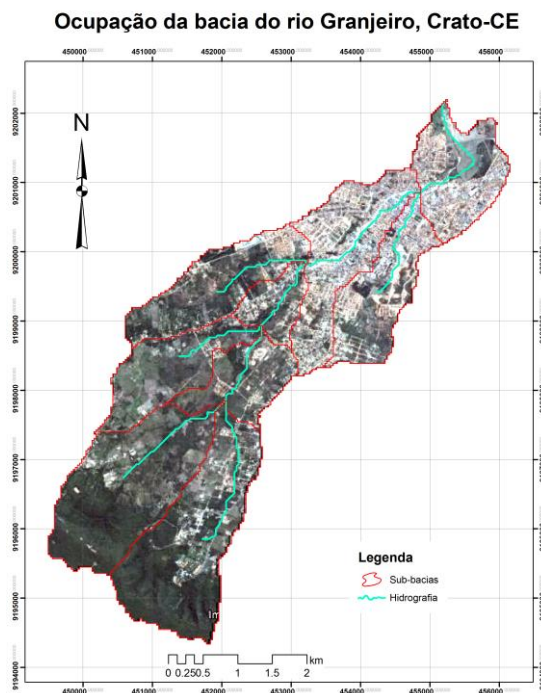


Figura 3 – Ocupação da bacia (Imagem do Google Earth, 30/10/2008)

Para amenizar os prejuízos causados pelas enchentes, serão necessárias medidas, que venham a retardar o pico de cheia no trecho do canal artificial e minimizar a área de influência das enchentes. Podem-se estabelecer soluções estruturais e não-estruturais para atenuar os prejuízos recorrentes, tais como: (i) Construção de reservatórios (barragens) a montante do canal, pois a bacia apresenta um relevo propício para tal medida; (ii) Regularizar a drenagem do rio a jusante do exutório do canal, com a ampliação da seção transversal do rio e desobstruções do leito principal; (iii) Realizar o zoneamento de áreas de inundações, estabelecendo faixas de riscos de inundações e regulamentando o uso destas áreas no plano diretor da cidade; (iv) Recompôr a mata ciliar, contemplando rio principal e afluentes; (v) Elaborar mapas de alertas, juntamente com planos de defesa civil que envolvam ações individuais e coletivas da população no caso de alerta de enchentes; (vi) Construir estações de monitoramento de vazão, e melhorar as estações de monitoramento pluviométricos da região. (vii) Estabelecer uma instância municipal responsável pelo monitoramento meteorológico, com informações de satélites, dos mapas de alertas e das estações de monitoramento fluviométricas e pluviométricas para alertar aos gestores da cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDOSO, C. A., DIAS, H. C. T., SOARES, C. P. B., MARTINS, S. V (2006). “*Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ*”. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- FLIZIKOWSKI L.C., PELEGRINO E.C.F., MAIA A.G. (2008). “*Análise comparativa entre equações de tempo de concentração na bacia hidrográfica do arroio dos pereiras*”. VI Semana de estudo da Engenharia Ambiental – Unicentro, Irati-PR.
- LANA C.E.; ALVES J.M.P.; CASTRO, P.T.A. (2001). “*Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil*” in Revista escola de Minas v.54 n.2 Ouro Preto abr./jun. 2001.
- LIMA, W.P (1986). “*Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas*”. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.
- MOTA, J. C. J., NUNES, H. M. T (1984). “*Aspecto Hidrometeorológicos das Inundações da Bacia do Ribeirão Arrudas – Belo Horizonte*”. Belo Horizonte: III CBMET. p. 233-246, 1984.
- OLIVEIRA P.T.S.; SOBRINHO T.A.; STEFFEN J.L.; RODRIGUES D.B.B. (2010). “*Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM*” in Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.8, p.819–825, Campina Grande mar/2010.
- SILVINO A.N.O.; OLIVEIRA I.M.; SILVEIRA A.; ZEILHOFER P. (2007). “*Caracterização morfométrica da bacia do alto rio das Mortes no município de Campo Verde-MT utilizando sistemas de informações geográficas*” in Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, Cuiabá, 2007.
- TONELLO K. C., DIAS H. C. T., SOUZA A. L., RIBEIRO C. A. A. S., LEITE F. P (2006). “*Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães – MG*”. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.
- TUCCI, C.E.M SILVEIRA, A.I.I. (2009). “*Hidrologia: ciência e aplicação*”. 4 ed. Porto Alegre: UFRGS/Edusp/ABRH, 2009. 943p.
- VILLELA, S. M., MATTOS A. (1975). “*Hidrologia aplicada*”. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.