

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ (JUIZ DE FORA, MG) COMO SUBSÍDIO À INVESTIGAÇÃO DE RISCOS A INUNDAÇÕES: RESULTADOS PRELIMINARES

Kelvin Ferreira de Carvalho
Universidade Federal de Juiz de Fora
kelvingeo27@gmail.com

Roberto Marques Neto
Universidade Federal de Juiz de Fora
roberto.marques@ufjf.edu.br

EIXO TEMÁTICO: GEOMORFOLOGIA E COTIDIANO

RESUMO

Os desastres provocados por inundações representam o principal problema ambiental da América Latina e Brasil, sendo que a identificação das áreas mais susceptíveis e identificação de suas causas representam uma ferramenta essencial para a gestão ambiental e territorial. O objetivo deste estudo é analisar a influência das variáveis morfométricas na Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá, município de Juiz de Fora – MG, com o intuito de averiguar as causas referentes ao risco de inundações. Para a realização das análises morfométricas foi gerada uma nova rede de drenagem, enriquecida através do processo de fotointerpretação com base em levantamento aerofotogramétrico. O material supracitado foi gerado e tratado através do Software ArcGIS 9.3. Os resultados mostraram que as análises dos parâmetros morfométricos subsidiam parcialmente a investigação da causa das inundações, pois possuem valor subjetivo se não forem observados em conjunto com o uso e ocupação do solo e mudanças que venham causar interferências na organização erosiva e no ciclo hidrológico da região.

Palavras Chaves

Inundações, Bacia Hidrográfica, Análise Morfométrica

ABSTRACT

The disasters caused by floods are the main environmental problem in Latin America and Brazil, where the identification of areas most susceptible and identifying their causes represent an essential tool for environmental management and planning. The objective of this study is to analyze the influence of the morphometric variables in the Basin Stream Humaitá, Juiz de Fora - MG, in order to ascertain the causes for the flood risk and the degree of susceptibility of the area. To perform the morphometric analysis was generated a new drainage system, enriched through the process of photo-interpretation based on the survey aerial photographs. The material above was generated and treated through the ArcGIS 9.3 software. The results showed that the analyzes of the morphometric parameters partially subsidize research into the cause of the floods, as they have subjective value if they are not observed in conjunction with the use and occupation of land and changes that may cause interference in the organization erosive and hydrological cycle in the region.

Key-Words

Floods, Watershed, Morphometric Analysis

Introdução

A falta de uma cultura e de uma política sistemática de segurança em nosso país, tanto por parte da população como das ações governamentais, faz com que o Brasil seja considerado uma nação vulnerável aos mais diversos riscos de ordem ambiental.

Rocha (2005) define risco como sendo a combinação da frequência (número de ocorrências de um acidente por unidade de tempo) com a consequência (impacto de um acidente nas pessoas, no ambiente e na propriedade) de eventos indesejáveis, envolvendo algum tipo de perda. Malgrado as discordâncias entre autores que tratam do assunto, o conceito de risco não pode ser considerado homogêneo e fechado.

Os riscos ambientais são colocados por Cerri e Amaral (1998) como uma classe maior, havendo uma subdivisão do mesmo em três classes: (1) Riscos Naturais; (2) Riscos Sociais; (3) Riscos Tecnológicos. Os riscos naturais são subdivididos em riscos físicos e biológicos, sendo que dentro da primeira categoria encontram-se os riscos hidrológicos, correspondentes às enchentes e inundações.

De acordo com Righi (2011), as inundações são fenômenos naturais que se deflagram a partir da combinação entre uma precipitação pluviométrica significativa e a falta de capacidade da rede de drenagem em permitir a vazão do volume de água, permitindo dessa forma um transbordamento para as áreas marginais, na sua planície de inundação. Similarmente ao conceito de riscos ambientais, as enchentes e inundações possuem uma série de variações no que diz respeito ao aspecto conceitual. Para Kobiyama (1996, apud RIGHI, 2011) a inundação, conhecida popularmente como enchente, é o aumento do nível dos rios para além da sua capacidade de vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre a planície de inundação; quando não ocorre o transbordamento, temos uma enchente. É necessário destacar que esses fenômenos podem ser influenciados com maior ou menor intensidade pela ação humana (SARAIVA, 1999), tornando indispensável a implementação de medidas que assegurem uma correta gestão das bacias hidrográficas urbanas de nosso país.

Para Rodrigues & Adami (2005), grande parte dos estudos direcionados às bacias hidrográficas não traz uma definição conceitual precisa a respeito desses sistemas; os autores destacam que elas não podem ser consideradas simplesmente como áreas de captação, sendo necessário que sejam levadas em consideração as variáveis componentes do sistema.

Dessa forma, no plano conceitual, é possível definir bacia hidrográfica nas seguintes palavras:

um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos a superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais (RODRIGUES & ADAMI, 2005, p. 147).

De acordo com Christofolletti (1980), um sistema pode ser definido como sendo um conjunto de elementos interconectados e suas relações entre si e seus atributos. Uma bacia hidrográfica pode ser

classificada como sendo um sistema não-isolado, aberto, pois ocorrem movimentações de fluxos constantes, entre seus componentes, com inter-relações entre os sistemas geológico, geomorfológico, biogeográfico, climático e antrópico. É importante ressaltar que, de acordo com Barbosa & Furrier (2009), qualquer mudança natural ou antrópica que venha a ocorrer num determinado ponto da bacia hidrográfica, produz, automaticamente, um ajustamento dos sistemas canal fluvial/ vertente, tanto para montante quanto para jusante do ponto em que a houve a interferência. Isso se dá pela articulação entre estes dois subsistemas, que se encadeiam em suas permutas de matéria e energia ao longo da área da bacia de drenagem.

A bacia hidrográfica tem sido utilizada internacionalmente como uma unidade físico-territorial básica para os mais diversos estudos, projetos de planejamento e também para a gestão dos recursos hídricos. Nesse contexto podemos ressaltar a importância da análise morfométrica de bacias, procedimentos quantitativos inerentes à Geografia Física que tem o intuito de estabelecer mensurações correlacionáveis com a dinâmica do meio.

Pissara et al. (2004, apud TEODORO et al, 2007) destacam que as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo de uma bacia hidrográfica refletem algumas das propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam significativa correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. É necessário ressaltar que análises das redes hidrográficas podem levar à elucidação e compreensão de inúmeras questões geomorfológicas, devido à importância que os cursos d'água possuem como agentes morfogenéticos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Objetivos

Considerando que as bacias hidrográficas representam importantes unidades de gestão, e que o conhecimento das suas características morfométricas é essencial para a compreensão de sua dinâmica, o objetivo do presente trabalho é a realização da análise morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Humaitá, localizado no município de Juiz de Fora (MG), a fim de apreender aspectos quantitativos que permitam subsidiar a compreensão de fatores inerentes à dinâmica da bacia de drenagem em questão, no intuito de averiguar as causas referentes ao risco de inundações e o grau de susceptibilidade da área.

Caracterização da área

Com uma área de 1429,8 Km², o município de Juiz de Fora está localizado na Região Sudeste do Brasil, na mesorregião da Zona da Mata do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 21° 31' e 21° 59' de latitude sul e 43°08' e 44° 41' de longitude oeste, encontra-se na porção média da bacia do

Rio Paraibuna, pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul, e seu perímetro urbano é drenado por 156 sub-bacias de diversas dimensões. Juiz de Fora possui uma população de 517.872 habitantes, sendo que 511.993 habitantes vivem em áreas urbanas (IBGE, 2010).

De acordo com Rocha (2005) a área municipal está situada sobre rochas variadas, com destaque para o Complexo Mantiqueira (norte) e Complexo Juiz de Fora (sudeste). Essas formações são separadas por um extenso sistema de falhas de empurrão, abrangendo uma grande variedade de rochas metamórficas de idade pré-cambriana, caracterizadas por alterações oriundas de significativas atividades tectônicas. A série de falhamentos e fraturas presentes na região são responsáveis pela intensa fragilidade geológica observada no município.

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1983), o município de Juiz de Fora está localizado na unidade geomorfológica designada por *Serranias da Zona da Mata*, contida na região da Mantiqueira Setentrional. Esta unidade caracteriza-se pelo relevo acidentado, com altitudes próximas a 1000 m nos pontos mais elevados, 670 a 750m no fundo do vale do rio Paraibuna e níveis médios em torno de 800 m.

No que diz respeito aos aspectos pedológicos, não há um mapeamento em escala adequada, no entanto, tem sido constatados LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS álicos e distróficos, CAMBISSOLOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS distróficos, e também GLEISSOLOS e NEOSSOLOS FLÚVICOS. Fazem-se presentes também materiais de alteração, de composição areno-siltosa a argilo-arenosa, os quais apresentam elevada propensão à erodibilidade (ROCHA, 2005).

De acordo com a classificação de W. Koeppen, a região possui um clima mesotérmico com verões quentes e chuvosos (Cwa), apresentando duas estações bem definidas: de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e de maio a setembro, com temperaturas mais baixas e com menor presença de chuvas (ZAIDAN, 2006).

A área de estudo selecionada para a realização do presente trabalho consistiu na bacia hidrográfica do córrego Humaitá localizada na área urbana do município (Figura 01), caracterizada pela alta densidade populacional, cerca de 8.730 habitantes, com o predomínio de ocupação urbana no baixo curso e imóveis rurais no alto curso da bacia.

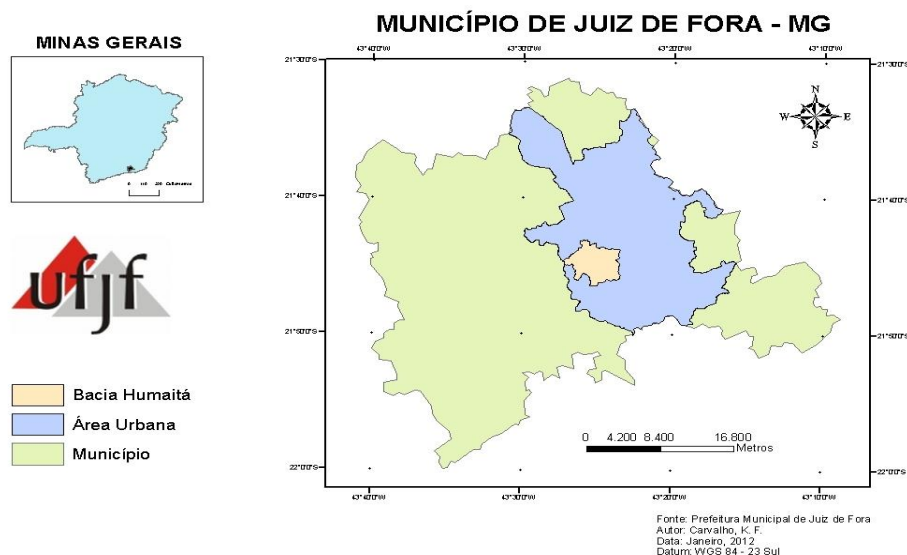


Figura 01: Localização da área de estudo.

A bacia do córrego Humaitá possui um alto índice de ocupação em encostas no baixo curso e na planície de inundação próxima à foz, onde há a canalização do curso d'água com diques marginais de aproximadamente dois metros de altura.

Geologicamente, a bacia se encontra em uma região com significativa presença de rochas pertencentes ao Complexo Mantiqueira, com hornblenda-biotita-gnaisses e rochas anfibolíticas, com ocorrência de quartzito impuro, biotita-gnaiss bandado, rochas calcissilicáticas e granada-charnockito (ROCHA, 2005). É importante ressaltar a presença de três extensas falhas de empurrão percorrendo toda a dimensão da bacia, no sentido nordeste-sudoeste.

Ao longo da bacia há regiões afetadas predominantemente por erosão laminar e determinados pontos com escorregamentos significativos, em encostas densamente ravinadas e com rochas profundamente intemperizadas. A foz da bacia se encontra densamente ocupada, em uma extensa planície de inundação recente (holocênico) e ainda em construção. Há a presença de depósitos argilosos, ainda ativos e em pontos de contato com falhas geológicas nota-se a presença de calhaus e matacões.

Em relação aos aspectos pedológicos deve-se considerar a presença de CAMBISSOLOS e NEOSSOLO LITÓLICO nos setores mais íngremes, ocorrendo também ARGISSOLOS e LATOSSOLOS em contato lateral com GLEISSOLOS e demais coberturas sedimentares na planície de inundação.

Material e métodos

A rede de drenagem utilizada como referência foi extraída das cartas topográficas de Juiz de Fora e Matias Barbosa na escala 1:50000 (IBGE, 1977). Para a realização das análises morfométricas foi gerada uma nova rede de drenagem, enriquecida através do processo de fotointerpretação com base

no levantamento aerofotogramétrico realizado pela Prefeitura de Juiz de Fora no ano de 2007. O material supracitado foi gerado e tratado através do Software ArcGIS 9.3, assim como a extração de dados para a análise das variáveis morfológicas.

No tocante aos parâmetros morfológicos estimados, foram levadas a efeito a mensuração dos seguintes:

1) Hierarquia Fluvial: adotou-se neste trabalho a classificação da ordem dos rios conforme Strahler (apud Christofolletti, 1969), onde os canais de primeira ordem são considerados os canais menores e sem tributários. Já os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem. E por fim os canais de terceira ordem são atribuídos aos que se originam da confluência de dois canais de segunda ordem, recebendo afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente.

2) Relação de Bifurcação (Rb): relação entre o número de canais de determinada ordem e o número de canais de ordem imediatamente superior. É determinado com base na seguinte fórmula:

$$Rb = Nw/Nw + 1$$

Onde, Nw o número de canais de determinada ordem e Nw + 1 o número total de canais de ordem imediatamente superior.

3) Área / Perímetro / Comprimento da Bacia

4) Coeficiente de Compacidade (Kc): constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. De acordo com Vilella e Mattos (1975), uma bacia será mais susceptível a enchentes acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade. O Kc foi determinado com base na seguinte equação:

$$Kc = 0,28 P/\sqrt{A}$$

Onde, P o perímetro (km) e A a área da bacia (km²).

5) Fator de Forma (Kf): é razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Segundo Vilella e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior. O fator de forma foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$Kf = A/L^2$$

Onde, A a área da bacia (km²) e L o comprimento axial (km).

6) Índice de Circularidade (IC): simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada. Para isso, utilizou-se a seguinte equação:

$$IC = 12,57.A/P^2$$

Onde, A é a área da bacia (km²) e P o perímetro da bacia (km).

7) Relação de Elongação (Re): correlaciona o diâmetro de um círculo com a mesma área da bacia em estudo e o maior comprimento da mesma, medido paralelamente à linha principal de drenagem. Constitui outra possibilidade de estudar a forma da bacia.

$$Re = Dc/Db$$

Onde, Dc o diâmetro do círculo de mesma área (km) e Db o diâmetro maior da bacia (km).

8) Densidade Hidrográfica (Dh): estabelece a relação existente entre o número de cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. Importante ao definir a frequência de rios em determinada área. Sendo expressa pela seguinte fórmula:

$$Dh = N/A$$

Onde, N é o número total de canais e A é a área da bacia (km²).

9) Densidade de Drenagem (Dd): correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia. É importante ao estabelecer a comparação entre o comprimento dos canais de drenagem com uma área de tamanho padrão.

$$Dd = Lt/A$$

Onde, Lt é o comprimento total dos canais (km) e A é a área da bacia (km²).

10) Coeficiente de Manutenção (Cm): representa uma medida de textura, possui a finalidade de fornecer a área mínima necessária à manutenção de um metro de canal de drenagem permanente.

$$Cm = 1/Dd \cdot 1000$$

Onde, Dd corresponde à densidade de drenagem.

11) Relação de Relevo (Rr): estabelece a relação entre o relevo total de uma bacia e a maior extensão da mesma.

$$Rr = \Delta a/L$$

Onde, Δa é a amplitude altimétrica e L é o comprimento da bacia

12) Índice de Sinuosidade (Is): faz a relação entre o comprimento do canal principal e o seu comprimento vetorial. Expresso pela seguinte fórmula:

$$Is = Lp/Dv$$

Onde, LP é o comprimento do canal principal e Dv é a distância vetorial entre os pontos extremos do canal.

Resultados e Discussões

Neste item são apresentados os resultados e as discussões referentes às análises das variáveis morfológicas da bacia do córrego Humaitá. A Figura 02 apresenta a rede de drenagem da bacia, estabelecida de acordo com técnicas de fotointerpretação. Na Tabela 01, mostram-se os resultados referentes às análises morfológicas aplicadas.

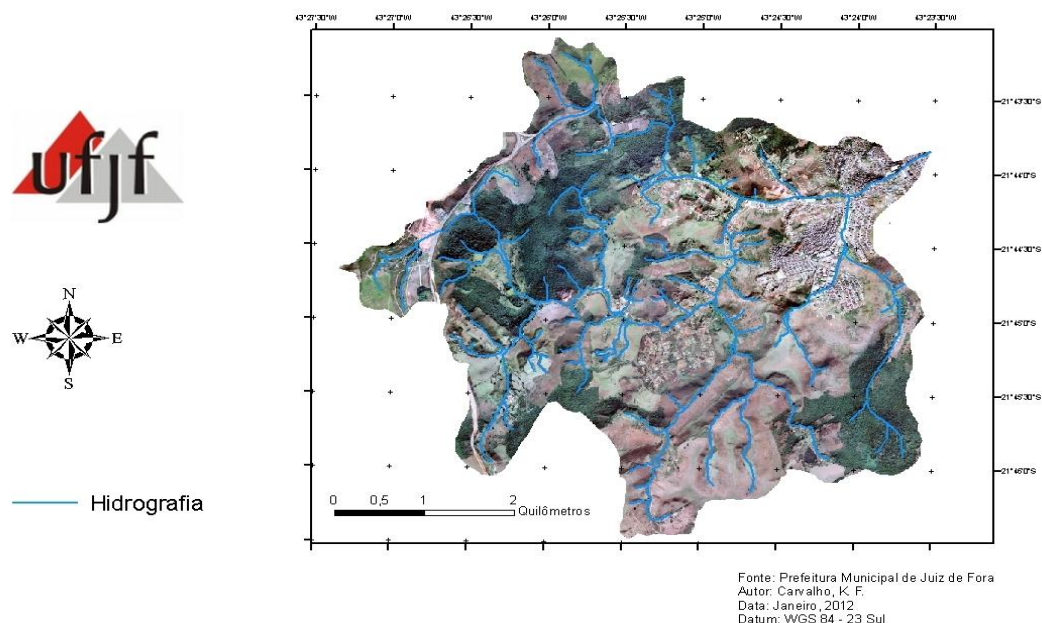


Figura 02: Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.

A área de drenagem encontrada na bacia foi de 24,70 km² e seu perímetro de 26,65 km, o que caracteriza uma bacia hidrográfica de pequeno porte; no entanto, levando-se em relação à área urbana do município de Juiz de Fora, trata-se de uma bacia que ocupa parte significativa da cidade.

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante devido ao tempo de concentração, ou seja, o tempo que a água leva para chegar à foz da bacia a partir dos limites da mesma (VILLELA & MATOS, 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.

O coeficiente de compacidade observado foi de 1,50. Trata-se de um número adimensional que varia com a forma da bacia, e quanto mais irregular a mesma for, maior será esse coeficiente. O fator de forma foi igual a 0,54 representando um valor baixo, e o índice de circularidade observado foi igual a 0,44, que, assim como o coeficiente de compacidade, tende a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular. Observa-se que a bacia do Córrego Humaitá apresenta geometria irregular, não tendendo nem para o arredondamento, tampouco para um formato alongado.

Desta forma, a partir dos três parâmetros analisados, não se verifica uma bacia favorável à inundação quando estes são considerados isoladamente e em condições normais de precipitação.

Tabela 01: Resultados da análise morfométrica

Índices Morfométricos	Resultados
Área	24,70 km ²
Perímetro	26,65 km
Comprimento da Bacia	6,78 km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,5

Fator de Forma (Kf)	0,54
Índice de Circularidade (IC)	0,44
Relação de Elongação (Re)	0,82
Densidade Hidrográfica (Dh)	3,36 canais/km ²
Densidade de Drenagem (Dd)	2,59 km/km ²
Coefficiente de Manutenção (Cm)	386 m ² /m
Relação de Relevo (Rr)	0,04
Índice de Sinuosidade (Is)	1,59

Organização: Kelvin Carvalho, 2012.

O sistema de drenagem da bacia, de acordo com a hierarquia de Strahler, apresenta grau de ramificação de quarta ordem. Foram encontrados 83 canais de 1ª ordem, 20 canais de 2ª ordem, 7 canais de 3ª ordem, e o canal principal, de 4ª ordem. O padrão formado pelos cursos d'água da bacia caracteriza-se como do tipo dendrítico, e o comprimento total dos canais possui o valor de 63,85 km de extensão.

Quanto à relação de bifurcação, os resultados encontrados foram: 4,15 para a relação entre o número de canais de primeira e de segunda ordem, para a razão entre os canais de segunda e terceira ordem o resultado foi 2,85 e a relação de bifurcação entre os canais de terceira e quarta ordem foi de 7,00. Segundo Castro & Carvalho (2009), estes valores indicam o grau de dissecação da bacia hidrográfica, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso e maiores que 2 indicam relevo amorceado e bacias de drenagem bem dissecadas.

A densidade de drenagem encontrada na bacia hidrográfica do córrego Humaitá foi de 2,59 km/km². De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas, desta forma temos que a bacia em estudo possui média capacidade de drenagem, comparando-se com o padrão encontrado na região sudeste de nosso país. Christofolletti (1980) aponta a densidade de drenagem com um dado que expressa o grau de dissecação do relevo correlacionado com o número de canais que compõem a rede de drenagem, sendo uma variável que cria possibilidades de se levantar o grau de interferência de variáveis climáticas sobre a área estudada, relacionadas aos diferentes substratos rochosos, relevo e cobertura vegetal, proporcionando um maior ou menor escoamento superficial e consequentemente diferentes graus de infiltração.

Amplitude altimétrica e relação de relevo definem, em parte, a velocidade de escoamento. Quanto menores forem os valores, mais lento é o escoamento, aumentando o acúmulo de água no interior da bacia. No entanto, ao mesmo tempo em que baixos declives permitem uma prevalência maior das águas, também favorece, consequentemente, a infiltração e evaporação. Na bacia em questão, observa-se uma amplitude altimétrica de 298 m, e índice de relação de relevo de 0,04, o que

indica o favorecimento de acúmulo de água no interior da bacia. Outro fator que contribui com essa situação é o índice de sinuosidade, que quanto maior for seu valor, menor a velocidade do escoamento. O canal principal da bacia do córrego Humaitá possui 9,85 km de comprimento, e foi encontrado um índice de sinuosidade no valor de 1,59, indicando um padrão naturalmente meândrico para o referido curso, ainda que bastante alterado, sobretudo no baixo curso, onde se verifica corte de meandros para retificação do canal.

O controle de campo que acompanhou os tratamentos quantitativos permitiu observar que a bacia hidrográfica do Córrego Humaitá possui uma acentuada impermeabilização das vertentes, contribuindo para uma conseqüente diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial, o que favorece o acúmulo de massa hídrica no interior da bacia, fato que mantém consonância com os índices de relação de relevo e de sinuosidade supracitados. As magnitudes dos picos de inundações e o grau de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem diretamente da rapidez e facilidade com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia (VILLELA E MATOS, 1975).

No baixo curso, a presença da retificação do canal principal favorece o aumento da erosão regressiva no médio e alto curso (zona rural), com conseqüente assoreamento dos canais da região, contribuindo com as inundações no baixo curso. De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do município, a bacia do Córrego Humaitá possui 76% dos principais cursos d'água afetados por assoreamento, fato que pode ser ligado à intensa fragilidade geológica da região, onde foram contabilizados 41 escorregamentos no período compreendido entre 1994 e 2004.

Por fim, a intensa ocupação da planície de inundação associada aos processos anteriores faz com que os diques marginais construídos próximos à foz não suportem a carga hídrica oriunda de eventos pluviométricos mais intensos, acarretando desta forma o transbordamento.

Conclusão

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas constitui uma ferramenta que abre possibilidade para numerosas aplicações, que venham a auxiliar diversas medidas referentes à gestão de bacia e de seus recursos. O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) comprovou ser de grande valia na manipulação das informações necessárias para a elaboração de uma análise morfométrica.

Com a atualização da rede de drenagem por meio da interpretação de material oriundo de levantamentos aerofotogramétricos, foi possível obter valores mais expressivos e precisos para aplicação dos índices de análise morfométrica, abrindo caminho à afirmações mais seguras sobre a realidade espacial da rede de drenagem da bacia em estudo.

Sendo assim, as informações reunidas no presente artigo resultaram em produtos que podem auxiliar novas pesquisas na bacia hidrográfica do córrego Humaitá, e conseqüentemente fornecer informações que possam orientar a gestão e o ordenamento territorial.

Considerando os resultados obtidos, pode-se afirmar que as técnicas de geoprocessamento favoreceram a sistematização e agilidade no cálculo dos parâmetros morfométricos, que, por sua vez, subsidiam parcialmente a investigação da causa das inundações na Bacia do Córrego Humaitá, pois possuem valor subjetivo se não forem observados em conjunto com o uso e ocupação do solo e mudanças que venham causar interferências na organização erosiva e no ciclo hidrológico da região. Há, portanto a necessidade de se aplicar novos estudos na região e elaboração de mapeamentos geológicos, geomorfológicos e pedológicos em escala adequada com o intuito de apreender novos dados que permitam uma avaliação mais precisa no que diz respeito aos condicionantes interferentes na susceptibilidade a inundações na região.

Referências

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Guruji, Litoral Sul do Estado do Paraíba.** Congresso Brasileiro de Geografia Física, Minas Gerais: 2009.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. **Análise Morfométrica e Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo - GO, Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.** Revista Scientia Plena, Vol. 5, Num. 2. 2009.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. **Riscos Geológicos.** In. OLIVEIRA, A. M. S., BRITTO, S. N. A. (Org.). **Geologia de Engenharia.** Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: São Paulo, 1998.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas.** Notícia Geomorfológica, v. 9, n.18, p. 35-64, 1969.

_____ **Geomorfologia.** 2ª edição. São Paulo: Edgar Blücher Ltda.1980. 188 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA (PJF). **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora.** Juiz de Fora: Funalfa, 2004. 580 p.

PROJETO RADAMBRASIL. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória. **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1983.

RIGHI, E. **Risco à Inundação em Médio Curso do Rio Uruguai: Um Estudo de Caso nos Municípios de Porto Lucena e São Borja.** Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS/POSGea, 2011. 222 p.

ROCHA, G. C. **Riscos Ambientais: Análise e Mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2005. 126 p.

RODRIGUES, C; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos. P. 147 a 166. 2005.

SARAIVA, M. G. M. A. N. L. **O Rio como Paisagem**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999. 512 p.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**. Revista UNIARA, n.20, p. 137 – 156, 2007.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.

ZAIDAN, R. T. **Riscos de Escorregamentos numa Bacia de Drenagem Urbana no Município de Juiz de Fora – MG**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2006. 100 p.