

ANÁLISE DA MORFOMETRIA DA SUB-BACIA DO CÓRREGO MORUMBI, PIRACICABA/SP

Camila Pontin Novaes¹

Maria Cristina Perusi²

RESUMO

As bacias hidrográficas, quando sujeitas ao desordenado processo de ocupação antrópica, tendem a serem submetidas diversos desequilíbrios ambientais, dentre eles, enchentes. Tendo em vista que a maioria da população brasileira vive em área urbana, notória é a importância de se realizar estudos para prever e mitigar esses impactos negativos. Assim, este trabalho objetiva caracterizar morfométricamente a sub-bacia do Córrego Morumbi, situada no município de Piracicaba/SP, onde boa parte dos fundos de vale urbanos são caracterizados pelo intenso processo de ocupação e onde parte da população é ameaçada pelas enchentes. Dessa forma, avaliou-se a relação das características físicas da bacia com a probabilidade de enchentes ocorrerem na área em questão. A caracterização morfométrica se deu a partir dos cálculos elaborados no *Software "ArcGis 9.3"* de índices relacionados à área da sub-bacia, à declividade, ao sistema de drenagem e à forma. Como resultados tem-se a área da sub-bacia: 1,26 km², portanto, pequena o que equivale dizer que os picos de enchente podem ser acentuados. As declividades encontradas foram baixa e média; um relevo plano e ondulado, não sendo muito significativo para a ocorrência de enchentes. O sistema de drenagem é de primeira ordem e apresentou densidade de drenagem 1,008 km/km² apresentando ineficiência na drenagem. O fator de forma foi de $K_f=0,52$, o que representa uma tendência mediana a enchentes assim, como o coeficiente de compactidade, $K_c=1,17$.

PALAVRAS-CHAVE: bacia hidrográfica urbana, enchentes, morfometria

MORPHOMETRY ANALYSIS OF SUB-BASIN STREAM MORUMBI, PIRACICABA/SP

ABSTRACT

¹ 1 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP - Campus de Presidente Prudente. E-mail: camilapontin@yahoo.com.br

² 2 Professora Doutora do Departamento de Geografia da UNESP-Campus de Ourinhos. E-mail: cristina@ourinhos.unesp.br



Watersheds, when subjected to the disorderly process of human occupation, tend to be submitted to various environmental imbalances among them floods. Given that the majority of the population lives in urban area, notorious is the importance of conducting studies to predict and mitigate these negative impacts. Thus, this work aims to morphometrically characterize the sub-basin of the stream Morumbi, located in Piracicaba / SP, where much of the funds of urban valley are characterized by intense process of occupation and where the population is threatened by floods. Thus, we evaluated the relationship between physical characteristics of the basin with the likelihood of flooding occurring in the area in question. The morphometric characterization was made from estimates made in software "ArcGIS 9.3" of indexes related to the area of sub-basin, the slope, the drainage system and form. As a result there is the area of the sub-basin: 1.26 km², so small which is to say that the flood peaks can be accentuated. The slopes found were low and mean; a flat and wavy relief, not being very significant for the occurrence of floods. The drainage system is of first order and showed drainage density 1.008 km/km² presenting inefficient drainage. The form factor was $K_f = 0.52$, representing a median tendency to flood as well as the coefficient of compactness, $K_c = 1.17$.

KEY-WORDS: urban catchment, floods, morphometry

MORFOMETRÍA ANÁLISIS DE SUB-CUENCA DEL ARROYO MORUMBI, PIRACICABA/SP

RESUMEN

Las cuencas hidrográficas, cuando se somete al proceso desordenado de ocupación humana, tienden a ser sometido a diversos desequilibrios ambientales entre ellos inundaciones. Dado que la mayoría de la población vive en el área urbana es notoria la importancia de realizar estudios para predecir y mitigar estos impactos negativos. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo caracterizar morfométricamente la sub-cuenca del Arroyo Morumbi, ubicado en Piracicaba / SP, donde gran parte de los fondos de valle urbana se caracterizan por un intenso proceso de ocupación y donde la población se ve amenazada por las inundaciones. Por lo tanto, se evaluó la relación entre las características físicas de la cuenca con la probabilidad de inundación que ocurre en la zona en cuestión. La caracterización morfométrica se dio a partir de cálculos elaborados en "ArcGis 9.3" Software índice relacionado con el área de la subcuenca, la pendiente, el sistema de drenaje y la forma. Como resultado de ello es el área sub-cuenca: 1,26 km² tan pequeño que es decir los picos de las inundaciones se pueden mejorar. Las pistas encontradas fueron bajas y la media; un relieve plano y ondulado, de no ser muy significativa para la ocurrencia de inundaciones. El sistema de drenaje es de primer orden y mostró densidad de drenaje 1,008 kilómetros / km² presentando drenaje ineficiente. El factor de forma fue $K_f = 0,52$, lo que representa una tendencia mediana a las inundaciones, así como el coeficiente de compacidad, $K_c = 1,17$.

PALABRAS CLAVE: cuenca urbana, inundaciones, morfometría

INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais se concentram de forma expressiva nas áreas urbanas, devido ao modelo de desenvolvimento, onde os processos de urbanização

e industrialização possuem papel fundamental nos danos ambientais, provocados pela pressão sobre o meio físico (GUERRA; MARÇAL, 2006).

A região sudeste do Brasil segue como a mais urbanizada do país, com 92,9% da população vivendo em zona urbana (IBGE, 2010). Guerra e Cunha (2005) trazem que a concentração urbana no Brasil tem ocorrido de forma pouco planejada, presenciando conflitos institucionais e tecnológicos e tendo como um dos principais problemas relacionados à ocupação urbana as enchentes e seus impactos ambientais.

As bacias hidrográficas, quando sujeitas ao processo desordenado de ocupação, podem ser submetidas a diversos desequilíbrios ambientais. Cunha e Guerra (1999) trazem que as mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, entretanto, a ação humana tem sido um importante acelerador dos processos de desequilíbrio da paisagem.

Tendo esta problemática em vista, o presente trabalho objetiva caracterizar morfometricamente a sub-bacia do Córrego Morumbi, afluente do Ribeirão Piracicamirim, situada no município de Piracicaba-SP, centro-leste do Estado de São Paulo, onde ocorrem casos de enchentes, relatados pela população. Nessa área, boa parte dos fundos de vale urbanos são caracterizados pelo intenso processo de ocupação e onde o bem-estar da população é ameaçado pelas enchentes.

ESTUDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A unidade para os estudos hidrológicos, segundo Pompêo (2000) deve ser a Bacia Hidrográfica, uma vez que os transbordamentos de cursos d'água podem se dar por desequilíbrio hidrológico em regiões a montante. Nesse sentido, o que chove nas nascentes e nos afluentes dos rios principais de uma Bacia Hidrográfica contribui com o aumento do volume que corre nos cursos hídricos.

Na Bacia Hidrográfica, “a associação entre o volume de água e a energia potencial resulta em uma enorme capacidade de promover efeitos adversos como o carregamento de todo tipo de sedimento para as áreas mais baixas da bacia”



(VITTE; VIELA FILHO, 2006, p.8). Com sedimentação no rio, a profundidade da calha diminui, aumentando a velocidade com que a água atinge seu leito maior, transbordando.

As Bacias Hidrográficas também podem agir como indicadores dos impactos causados por atividades antrópicas, os quais podem acarretar riscos ao equilíbrio e a manutenção da quantidade e qualidade da água e os parâmetros relacionados com o uso da terra (FERNANDES; SILVA, 1994 apud SANTOS, 2004).

As bacias hidrográficas quando sujeitas ao processo de ocupação podem ser submetidas a diversos desequilíbrios ambientais. Cunha e Guerra (1999) trazem que as mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, entretanto, a ação humana tem sido um importante acelerador dos processos de desequilíbrio da paisagem. Para Guerra e Cunha (1996) as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pelo seu caráter integrador. Sendo nessa óptica possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza.

Por Bacia Hidrográfica entende-se “a compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Esse compartimento é drenado superficialmente por um curso d’água principal e seus afluentes” (SANTANA, 2003, p.27). Pode-se conceitua-la também como “uma área definida e fechada topograficamente num curso d’água, de forma que toda a vazão afluyente possa ser medida ou descarregada através desse ponto” (GARCEZ; ALVAREZ, 1988, p.43). Para Bertolini et al. (1993), bacia hidrográfica “é a área geograficamente delimitada por espigões e drenada por um curso d’água ou por um sistema conectado de cursos d’água” (BERTOLINI et al., 1993, p.). Para os autores, quanto menor for a bacia hidrográfica, mais homogênea ela é, mais similaridade existirá entre seus elementos naturais (solo, água, vegetação, clima) e sociais (população, problemas, interesses comuns) e conseqüentemente mais fácil de ser trabalhada. Sendo assim, a unidade geográfico-territorial da bacia hidrográfica é ideal para tratamento, uso, manejo e

conservação do solo, dos recursos naturais, e a organização da população (BERTOLINI et al., 1993).

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

As características físicas de uma bacia hidrográfica, tais como a área de drenagem, a declividade da bacia, a declividade do curso d'água, o tipo de rede de drenagem, o escoamento, a densidade de drenagem e os índices de forma levam a entender a predisposição natural de uma área à ocorrência de enchentes e inundações. Tendo em vista que a enchente se caracteriza como o aumento do escoamento superficial, as características físicas da bacia hidrográfica, bem como as transformações a que ela está sujeita através da ação do homem, contribuem e impactam sobremaneira para a ampliação deste fenômeno.

a) A área da bacia

Segundo Tucci (1997), a área da bacia é fundamental para definir a sua potencialidade hídrica, e tem grande importância na sua resposta hidrológica pois, se desconsiderarmos os outros fatores, quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes, pois maior será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez. Alguns autores consideram como bacias pequenas aquelas com área inferior a 3 km²; bacias médias com área variando de 3 km² a 1000 km² e bacias grandes com área superior a 1000 km². Para Wisler e Brater (1964), bacias pequenas são as que possuem área inferior a 10 milhas quadradas (26 km²) e bacias grandes com área superior a esse valor.

A área da bacia hidrográfica constitui-se, ainda, em elemento básico para o cálculo de outras características físicas, sendo expressa em quilômetros quadrados (km²) ou hectares (ha), de acordo com Villela e Mattos (1975).



b) Declividade

A declividade do terreno controla significativamente a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando o tempo que leva para a água da chuva concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração, além de suscetibilidade para erosão dos solos, dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). A declividade da bacia é um parâmetro de grande interesse hidrológico, especialmente para as bacias pequenas (LINSLEY et al., 1975 apud BORSATO; MARTONI, 2004). Isso ocorre porque a declividade é um dos fatores principais que regulam a velocidade desse escoamento. Além disso, a declividade vai ter grande influência nos processos de erosão e infiltração. Borsato e Martoni (2004) consideram como baixa declividade de 0 a 12%; média declividade de 12 a 24%; média a alta de 24 a 36%; e como alta a muito alta declividade maior que 36%.

De acordo com a Embrapa (1979), os declives entre 0-3% representam relevos considerados planos, onde os desnivelamentos na topografia são pequenos. Com declividades de 3-8% o relevo é considerado suavemente ondulado, com a superfície de topografia constituída por colinas e elevações de altitudes relativas da ordem de 50 a 100 metros, com declives suaves. Entre os valores de 8-20%, tem-se um relevo ondulado, com topografia constituída por colinas. Valores acima destes representam relevos fortemente ondulados (25-45% de declividade), montanhoso (45-75% de declividade) e escarpado (com declives acima de 75%).

- **Declividade do curso d'água**

De acordo com Strahler (1964), a declividade dos canais está intimamente ligada com a declividade dos terrenos de uma bacia. Vertentes com declividades altas contribuem com uma grande quantidade de detritos maiores em direção aos canais que, por sua vez, devem ter uma declividade alta para poderem efetuar o transporte, ao passo que vertentes com relevo mais suave acabam gerando detritos



menores e em menor quantidade, facilitando o transporte pelos rios, que necessitam então de uma declividade menor.

O perfil longitudinal é a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso d'água, entre a nascente e a foz (CHRISTOFOLETTI, 1981). Canais típicos apresentam um perfil longitudinal côncavo para o céu (LINSLEY et al., 1975 apud BORSATO; MARTONI, 2004), com os valores de declividade aumentando em direção à nascente do rio. Segundo Strahler (1964), o perfil longitudinal de quase todos os canais, sob as mais variadas condições climáticas e geológicas, apresentam essa condição.

c) A rede de drenagem

O tipo de drenagem é importante em razão da eficiência do sistema de drenagem, com as características da hidrografia dependendo deste fator. Quanto mais eficiente for a drenagem, mais rápida é a vazão do curso d'água, e vice-versa. Um sistema de drenagem eficiente é o que drena os escoamentos sem produzir impactos nem no local nem a jusante. (FEAM, 2006) Para Wisler e Brater (1964), as características de uma rede de drenagem são basicamente: ordem dos cursos d'água; extensão; e densidade de drenagem.

- **Ordem dos cursos d' água**

A ordem dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia. Segundo a Classificação proposta por Horton (1945) citado por Villela e Mattos (1975) os canais de primeira ordem não possuem tributários, os canais de segunda ordem têm afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem recebem afluentes de canais de segunda e podem receber diretamente canais de primeira ordem e assim por diante. Nesta classificação, a maior ordem é atribuída ao rio principal, valendo esta designação em todo o seu comprimento, desde o exutório da bacia até sua nascente.

Ordem inferior ou igual a 4 é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra; considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

- **Extensão do escoamento**

A extensão do tributário cresce em função de sua ordem. As sinuosidades devidas às alças e a tortuosidade geral do curso d'água são desprezadas e a extensão resultante pode ser menos do que a real que a água percorre no vale. (WISLER; BRATER, 1964)

Essa medida representa a distância média que a água da chuva teria de percorrer sobre o terreno da bacia caso o escoamento se desse em linha reta (VILLELA; MATTOS, 1975). A água precipitada, depois de se ter iniciado o escoamento superficial, vai percorrer uma extensão menor até encontrar um curso d'água (VILLELA; MATTOS, 1975). Extensão de escoamento pequena poderia provocar alagamentos em dias de chuvas intensas em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo.

- **Densidade de drenagem**

A densidade de drenagem é a relação entre o comprimento do curso de água de uma bacia e a sua área total. Segundo Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento, fornecendo uma indicação da eficiência de drenagem da bacia. Segundo os referidos autores, este índice varia de 0,5 km/km² para bacias com drenagem pobre, e 3,5 ou mais para bacias bem drenadas.

Baixa densidade de drenagem geralmente se associa a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação. (TONELLLO et al., 2006)

d) Forma

A forma da bacia hidrográfica é importante por influenciar no tempo de concentração, ou seja, no tempo necessário para que a partir do início da precipitação toda a bacia contribua na seção em estudo, em suma, é o tempo que leva a água dos limites da bacia para a saída da mesma (VILLELA; MATTOS, 1975). Esse índice representa a proporção com que a água é fornecida ao rio principal durante seu percurso da nascente à foz (WISLER; BRATER, 1964). Isso é verificado por meio dos coeficientes que permitem quantificar a influência da forma no modo de resposta de uma bacia à ocorrência de uma precipitação.

- **Fator de forma (Kf)**

O fator de forma indica a relação da forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão) (TONELLO et al, 2006) É um índice que exprime a maior ou menor tendência para enchentes numa bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo tem menos tendência para cheias que uma bacia do mesmo tamanho, mas com um fator de forma superior (VILLELA; MATTOS, 1975). O fator de forma k_f é a relação entre a largura média \bar{L} e o comprimento mais longo L da bacia. O comprimento mais longo L é a distância desde o início da seção considerada até à cabeceira mais distante da bacia. (WISLER; BRATER, 1964)

Uma bacia com K_f baixo, ou seja, com o L grande, terá menor propensão a enchentes que outra com mesma área, mas de K_f maior. Isto se deve a fato de que, numa bacia estreita e longa (K_f baixo), haver menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão (VILLELA; MATTOS, 1975). Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características. (TONELLO et al., 2006).

- **Coefficiente de compacidade (K_c)**

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Para uma bacia circular ideal, o índice seria de valor $K_c=1$, então, quanto mais próximo da unidade ($K_c=1$) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo. (TONELLO et al., 2006; ANDRADE et al., 2008)

O coeficiente de compacidade de uma bacia hidrográfica, k_c , é um índice que informa sobre a susceptibilidade da ocorrência de inundações nas partes baixas da bacia. Um coeficiente mínimo igual a 1 corresponderia à bacia circular; portanto, inexistindo outros fatores, quanto maior o K_c menos propensa à enchente é a bacia. O coeficiente de compacidade das bacias hidrográficas é sempre um número superior à unidade, uma vez que o círculo é a figura geométrica de menor perímetro para uma dada área A . Bacias que apresentam este coeficiente próximo de 1 são mais compactas, tendem a concentrar o escoamento e são mais susceptíveis a inundações. Quanto mais semelhante a um círculo for uma bacia, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias.

MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trabalhou-se com a sub-bacia hidrográfica do Córrego Morumbi (Figura 1), município de Piracicaba/SP, onde foram analisadas as variáveis físicas de Área, Declividade, Rede de Drenagem e de Forma.

Figura 1. Mapa da área da sub-bacia do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2014)

A delimitação da área da sub-bacia hidrográfica do córrego Morumbi, Piracicaba/SP foi feita a partir das curvas de nível, nas quais os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes formando uma linha fechada. A base foi a Carta Topográfica de Piracicaba do IBGE (1969), Folha SF 23-Y-A-I-V, na escala 1:50.000. Utilizou-se imagens do Satélite Landsat do ano de 2005, digitalizadas no Software “ArcGis 9.3”, programa que a partir da delimitação calcula a área, expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²).

Para a declividade da sub-bacia foi utilizada a Carta Topográfica de Piracicaba (IBGE, 1969), onde através da digitalização das curvas de nível, elaborado no software “ArcGis 9.3”, determina-se em porcentagem as declividades.

Para tanto, delimitou-se os intervalos de 0-3%, 3-6%, 6-12%, 12-20%. A declividade do curso d'água utiliza-se da mesma base cartográfica, calculando a distância entre as curvas de nível gerando um perfil longitudinal.

O tipo de rede de drenagem considerou a ordem dos cursos de água pela classificação de Horton (1945), onde os canais de primeira ordem não possuem tributários, os canais de segunda ordem têm afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem recebem afluentes de canais de segunda e podem receber diretamente canais de primeira ordem e assim por diante.

O cálculo da extensão do escoamento foi elaborado com base em Wisler e Brater (1964) e Villela e Mattos (1975), que se utilizam da extensão do córrego e da extensão média da bacia, ambos calculados no Software "ArcGis 9.3", e a partir destes resultados calcula-se a extensão do escoamento (I), onde I (extensão do escoamento) = A (área da bacia) /4L (comprimento da bacia).

O índice de densidade de drenagem (Dd) pode ser determinado utilizando-se da seguinte equação: Dd (Densidade de drenagem) = L (comprimento do canal em Km) /A (Área), proposta em Villela e Mattos (1975).

A análise da forma é dividida em dois índices, o Fator de Forma (Kf) e o Coeficiente de Compacidade (Kc). O Kf é a relação entre a largura média \bar{L} e o comprimento mais longo L da bacia. O comprimento mais longo L é a distância desde o início da secção considerada até à cabeceira mais distante da bacia,

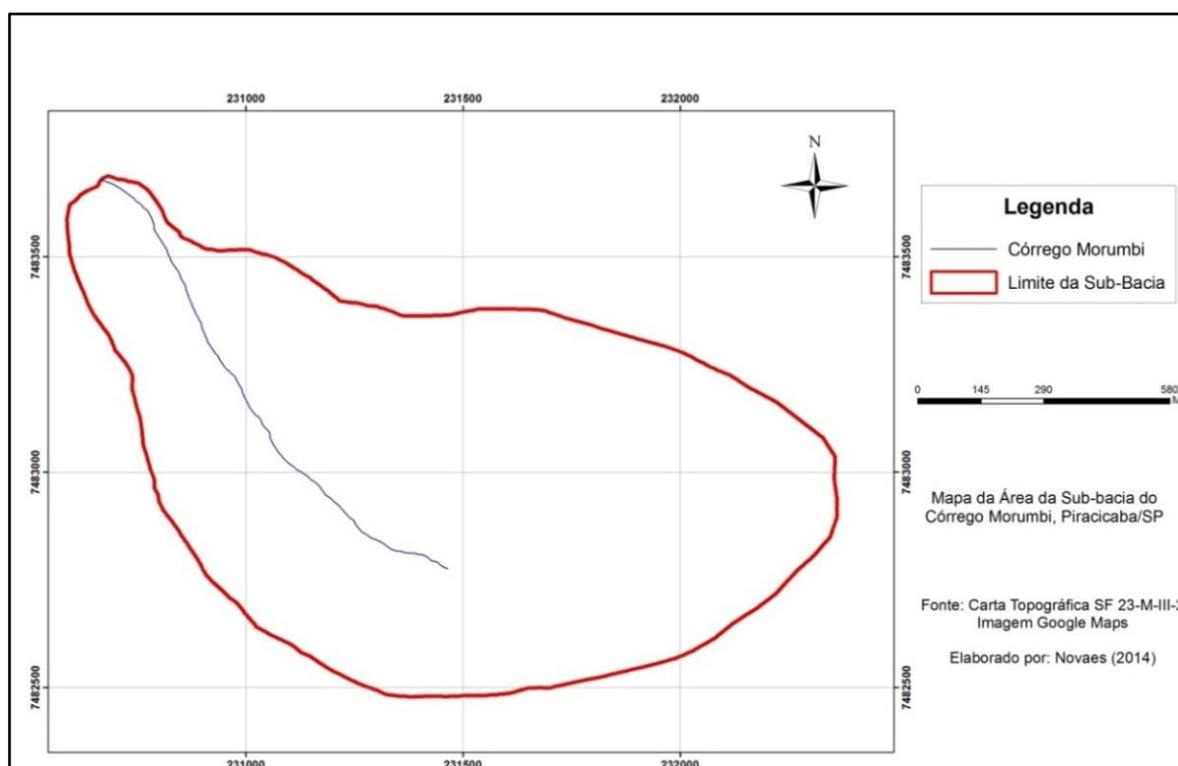
expressa pela fórmula $Kf = \frac{A}{L^2}$ (WISLER; BRATER, 1964). O Kc é a relação entre o

perímetro (calculado no Software "ArcGis 9.3") da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Para uma bacia circular ideal o índice seria de valor Kc=1, então, quanto mais próximo da unidade (1) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação da área da sub-bacia do Córrego Morumbi (Figura 2), resultou na medida de 1,26 km² ou 126 ha. Essa medida demonstra que a sub-bacia em questão é considerada pequena. Quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes. Desta forma, entende-se que uma bacia de área menor apresentará picos maiores, pois menor será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez durante uma precipitação.

Figura 2. Delimitação da área da Sub-bacia do Córrego Morumbi

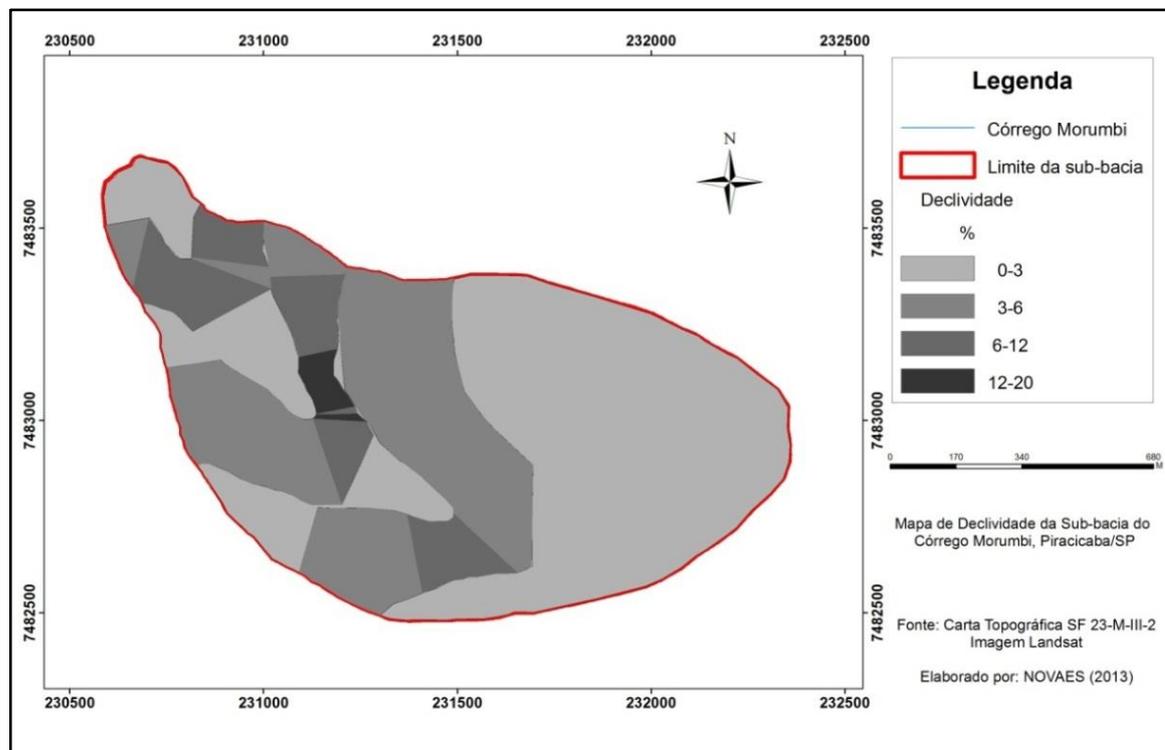


Elaborado por: Novaes (2014)

A Figura 3 representa as classes de declividade da área em questão. Constata-se que há o predomínio da classe de 0-3%, seguido pelos intervalos de 3-6%, 6-12%, 12-20% (Tabela 1), o que representa a predominância de baixa e média declividade (BORSATO; MARTONI, 2004). Esse parâmetro também qualifica o

relevo como planos, suavemente ondulado e ondulado (EMBRAPA, 1979). A dominância da declividade baixa revela que a velocidade de escoamento superficial será baixa, sendo uma maior quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes menos pronunciadas. Isso desconsiderando-se o fator de impermeabilização.

Figura 3. Mapa de declividade da Sub-bacia do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2013)

Tabela 1. Declividades da Sub-bacia do Córrego Morumbi

Declividade	Relevo	Área em km ²	Área em %
0-3%	Plano	0,5	40
3-6%	Suave ondulado	0,4	33
6-12%	Suave ondulado/ Ondulado	0,3	24
12-20%	Ondulado	0,06	3

Adaptado de EMBRAPA (1999)



Quanto ao sistema de drenagem, tem-se que a sub-bacia do Córrego Morumbi é considerado um canal de primeira ordem, já que não recebe água de outros tributários. A avaliação da extensão do escoamento do Córrego Morumbi, a partir dos valores da área da bacia e do comprimento médio da bacia, resultou em $l=0,2\text{km}$, medida esta que representa a distância que a água teria de percorrer dentro bacia, se corresse em linha reta.

A Densidade de drenagem determinada foi $Dd=1,008\text{ km/km}^2$. Representa que a sub-bacia analisada tem uma densidade de drenagem de aproximadamente 1 quilometro de curso d'água por quilometro quadrado de área, o que se verifica como de drenagem pobre, não sendo tão eficiente a drenagem na bacia.

Os cálculos referentes à forma resultaram nos valores de $Kf=0,52$ para o fator de forma, ou seja, uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita as enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma, o que significa que esse valor adquirido representa uma tendência mediana a enchentes.

Foi obtido o valor de $Kc=1,17$ para o coeficiente de compacidade, um número considerado próximo da unidade, e quanto mais próximo da unidade maior a tendência de enchentes, por maior semelhança a um círculo, onde o tempo de escoamento é mais curto, o que significa que esse valor representa uma tendência mediana a enchentes.

CONCLUSÕES

A caracterização morfométrica da sub-bacia do Córrego Morumbi indicou elementos que contribuem para a ocorrência e acentuação de episódios de enchentes, como o pequeno tamanho da área, o sistema de drenagem apresentando ineficiência, fator de forma e coeficiente de compacidade apresentando uma tendência mediana a enchentes.

Apesar de alguns componentes morfométricos da sub-bacia hidrográfica não mostrarem grande significado para a ocorrência de enchentes, como a declividade, deve-se considerar que existem os fatores de urbanização e suas alterações no comportamento hidrológico da bacia, como por exemplo, a dizimação da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo que alteram a capacidade de infiltração da água e aumenta a velocidade do escoamento superficial.

Dessa maneira, percebe-se que apesar de haver relação entre a morfometria da sub-bacia com a ocorrência de enchentes, há ainda outros fatores que devem ser levados em consideração e que interferem tanto para somar como a urbanização, quanto para amenizar os impactos, tais como o zoneamento e planejamento urbanos e a legislação ambiente vigente. O que torna a análise essencial no estudo de comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, sobretudo as urbanas, onde se concentram a maior parte da população brasileira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na Geografia. **Mercator**. Fortaleza, v. 10, n. 23, set./dez. 2011. p. 83-99. Disponível em:

<<http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=273621468008>> Acesso em 30 abr. 2013

ANDRADE, N.L.R.; XAVIER, F.V.; ALVES, E.C.R.F; SILVEIRA, A; OLIVEIRA, C.U.R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT. In: **Revista Geociência**. São Paulo, v.27 n.2 abr./jun. 2008

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. **Programa Estadual de microbacias hidrográficas**. Campinas: CATI, 1993.

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, Estado do Paraná. In: **Acta Scientiarum**. Human and Social Sciences. Maringá, v.26, n.2, p. 273-285.



CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: 1999.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda. 1988.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B (org) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 3ª ed – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (org) - **Geomorfologia e Meio Ambiente** - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, A.J.T; MARÇAL, M.S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2006.

MATTES, D. A sustentabilidade do sistema de drenagem urbana. IN: DOWBOR, L.; TAGNIN, R.A. **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. Editora: Senac, São Paulo, 2005.

POMPEO, C.A. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.1 jan/mar/ 2000, p. 15-23.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

SANTOS, A.F. **Morfometria da microbacia hidrográfica do Ribeirão Faxinal Botucatu – SP e alterações em suas áreas de biomassa no período de 1972 a 2000**. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas. [Dissertação de Mestrado] 2004.

SILVA, L.P.; SANTOS, C.A.G. Análise espacial dos riscos de erosão e inundação na bacia do Rio Cuiá. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, n.3, jul/set 2010, p. 21-32.



TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. In: **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C.E M.; PORTO, R.L. ; BARROS, M.T. (org.) **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1995, p.15-36.

VIANNA, A. P. P. **Utilização de modelagens hidrológica e hidráulica Associadas a um sistema de informações geográficas para mapeamento de áreas inundáveis** – Estudo de caso: município de Itajubá, MG. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, 2000, MG.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975.

VITTE, A.C.; VILELA FILHO, L.R. Utilização da morfometria na determinação da fragilidade potencial do relevo na bacia hidrográfica do Córrego Proença, município de Campinas (SP). In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia-GO, Set 6-10, 2006.

WISLER, C.O.; BRATER, E.F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964.