ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EQUAÇÕES E OBSERVAÇÕES DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO EM UMA BACIA URBANA DE SÃO CARLOS, SP

Rafael Lucio Esteves[1] & Eduardo Mario Mendiondo[2]

Resumo - Nas últimas décadas, a intensa urbanização brasileira tem agravado os problemas de drenagem urbana e de gerenciamento dos recursos hídricos. As pesquisas em bacias urbanas procuram medidas para equilibrar o desenvolvimento com as condições ambientais das cidades. Neste artigo, analisa-se o contraste das fórmulas empíricas para cálculo de tempo de concentração t_c em comparação com dados reais obtidos do monitoramento de uma bacia urbana. Das fórmulas aplicadas, o t_c da onda cinemática aplicada ao conceito fractal obteve os melhores resultados. Para contrastar experimentalmente, foram realizadas novas medidas na curva-chave para validar t_c usando a celeridade da onda. Da comparação entre diferentes estimativas, variando em até 8 ordens de magnitude, recomenda-se a continuidade do contraste com dados observados e da adaptação das fórmulas às condições que se aproximem daquelas para as quais foram determinadas.

Abstract - During the last decades, intense urbanization has greatly increased the problems in urban drainage and water resources management. Researches in urban basins aim to find measures to improve sustainable development in the cities. In this paper, the validity of empirical equations for time of concentration estimates t_c is outlined, in comparison to real data obtained from an urban basin. From equations applied, the equation of t_c derived from a kinematic-wave approach related to fractal assumptions performed more similarly to hydrograph observations. As complementary experimental hydraulic appraisal, new measures were done in the rating curve to validate t_c by using the wave celerity concept along the river channel. By comparing different equations, with differences up to 8 times, we recommend 1) the continuity of contrasting estimations to field observation monitoring, as well 2) the use and adaptation of equations to the similar conditions of which the empirical formulae were originally applied.

[1] Bolsista PIBIC/CNPq, Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Rua Alameda dos Heliotropos, nº. 20 / 6, São Carlos-SP, 13566-537. Tel. (16) 261-5715, rafaesteves@hotmail.com

[2] Prof. Dr., Depto. de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (SHS/EESC/USP). Caixa Postal 359. São Carlos-SP, CEP: 13560-970. Fone: (16) 273-9542, FAX: 273-9550, e-mail: emm@sc.usp.br

Palavras-chave - tempo de concentração; hidrologia urbana; São Carlos, SP

INTRODUÇÃO

Mais de 80 % da população brasileira se concentra no meio urbano, situação que continua em aumento e de forma caótica. Segundo TUCCI (2002), o desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido um impacto significativo na infra-estrutura de recursos hídricos. Um dos principais impactos tem ocorrido na drenagem urbana, sobretudo no aumento da freqüência e magnitude das inundações e na deterioração ambiental. Segundo as Diretrizes Estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT/CGE, 2001), o Brasil perde, anualmente, mais de US$ 1.000.000.000 com enchentes urbanas.

Os estudos científicos em bacias urbanas ganham importância para um melhor controle dos recursos hídricos, fornecendo informações estratégicas para ações de mitigação de enchentes. Um bom conhecimento das componentes do ciclo hidrológico urbano e do processo chuva-vazão se faz necessário, portanto, para a realização de medidas estruturais e não-estruturais de prevenção de enchentes, como o dimensionamento de elementos de macro-drenagem e o Plano Diretor. Para caracterizar o hidrograma e o comportamento da bacia, o tempo de concentração é um elemento fundamental. O tempo de concentração é o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia deslocar-se até a seção principal. Esse tempo é definido também como o tempo entre o fim da precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma.

A determinação de um tempo de concentração confiável é de fundamental importância, pois o método racional, os hidrogramas unitários e alguns dos modelos de chuva-vazão mais utilizados requerem essa estimativa. Diversas fórmulas empíricas têm sido propostas para determinar esse parâmetro em função de características físicas da bacia, da sua ocupação e da intensidade da chuva. Essas fórmulas têm origem experimental e devem ser aplicadas em condições próximas daquelas para as quais foram determinadas e do tipo de escoamento que cada fórmula procura representar.

Este artigo visa a comparar os resultados de tempos de concentração obtidos por fórmulas empíricas, através da análise de hidrogramas, e contrastando com medidas hidráulicas obtidas numa pequena bacia urbana da cidade de São Carlos, SP. Trata-se de uma sub-bacia do Córrego do Gregório, que atravessa a região central da cidade e é responsável por grande parte das ocorrências de enchente na cidade (Figura 1). Segundo entrevista a comerciantes atingidos por enchentes no córrego do Gregório, o tempo, depois de começado a precipitação até que a inundação atinja o interior de suas lojas, está entre 15 e 30 minutos (RIGHETTO et al., 2003).

Figura 1. Enchente urbana na Bacia Hidrográfica do Gregório, em São Carlos, SP.
Foto: Pedro Caballero, Defesa Civil de São Carlos, 2002.

Este objetivo é parte da pesquisa PIBIC/CNPq "Estratégias Metodológicas da Bacia Escola para o Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana" (www.baciaescola.hpg.com.br) e "Experimento Piloto de Gerenciamento Integrado de Bacias Urbanas para o Plano Diretor de São Carlos, SP – BUS" (www.busplanodiretor.hpg.com.br), da Escola de Engenharia de São Carlos (USP), com interveniência do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Prefeitura Municipal de São Carlos (PMSC) e Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE).

METODOLOGIA

Os dados hidrológicos monitorados foram obtidos de SILVA (2003). Tratam-se de 10 eventos cujos hidrogramas apresentam resolução de 1 minuto. Observando os hidrogramas (p.ex. ver Figura 2), obteve-se o tempo do pico (t_p, ver Figura 2), como sendo o tempo transcorrido desde o início do aumento da vazão até o pico do hidrograma. Com o tempo do pico, utilizou-se a seguinte relação para o cálculo do tempo de concentração (GRAY, 1970):

$$t_c = t_p / 0{,}6 \qquad (1)$$

O tempo de concentração foi estimado da celeridade da onda cinemática (TUCCI, 1993):

$$c_o = 1{,}67 \cdot S_o^{\,0,3} \cdot Q_o^{\,0,4} / n^{\,0,6} \cdot B^{\,0,4} \qquad (2),$$

onde c_o = celeridade da onda (m/s); S_o = declividade do fundo do canal (m/m); Q_o = vazão (m^3/s); n = rugosidade de Manning; B = largura correspondente a Q_o em (m).

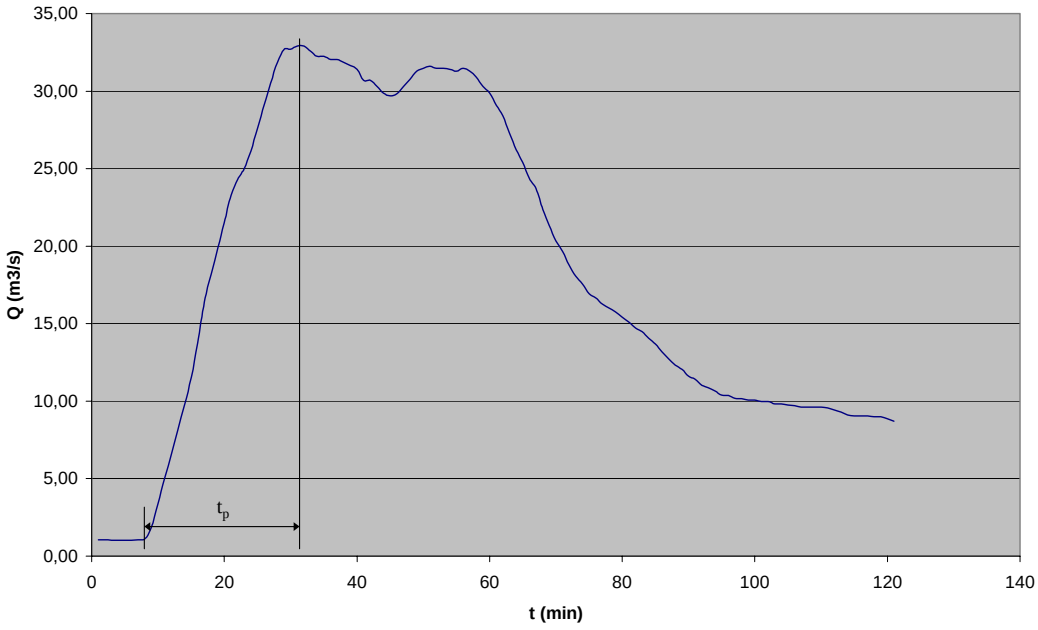

Figura 2. Hidrograma do evento do dia 01/03/2000, ilustrando a obtenção do tempo do pico. Fonte: Silva (2003)

Obtido o valor da celeridade, calculou-se o tempo de concentração por:

$$t_c = L / c_o \qquad (3)$$

onde t_c = tempo de concentração (s); L = comprimento do talvegue (m). Realizaram-se três medidas de vazão no córrego pelo método da integração da distribuição de velocidades com molinete fluviométrico (MARTINS e PAIVA, 2001), obtendo Q_o e B. Foram utilizadas várias fórmulas empíricas para o tempo de concentração (em minutos):

Kirpich **(**citado por TUCCI, 1993):

$$t_c = 3{,}989 \, . \, L^{\,0{,}77} \, . \, S^{\,-\,0{,}385} \qquad (4),$$

onde L = comprimento do talvegue (km); S = declividade do talvegue (m/m), para pequenas bacias rurais com declividades de 3 a 10% e áreas de até 0,5 km^2. Embora as informações que a fórmula necessita (L e S) sejam uma indicação de que ela reflete o escoamento em canais, o fato de ter sido desenvolvida para bacias tão pequenas é uma indicação que os parâmetros devem representar o escoamento em superfícies. A fórmula de *"Califórnia culverts practice"* (citado por TUCCI, 1993), $t_c = 57.L^{\,1{,}155}.H^{-0{,}385}$ é uma modificação da Eq. 4, substituindo-se $S = L / H$.

Onda Cinemática (TUCCI, 1993):

$$t_c = 447 \, (n \, . \, L)^{\,0{,}6} \, . \, S^{\,0{,}3} \, . \, I^{\,-\,0{,}4} \qquad (5),$$

onde n = rugosidade de Manning; L = comprimento do talvegue (km); S = declividade do talvegue (m/m); I = intensidade da precipitação efetiva (mm/h). A Eq. 5 foi deduzida a partir das equações de onda cinemática aplicada a superfícies, baseando-se na hipótese de precipitação constante igual ao tempo de concentração e na equação de resistência ao escoamento proposta por Manning. Essa equação é adequada para pequenas bacias onde o método racional pode ser aplicado e o efeito da superfície de escoamento é predominante. Para a determinação de I, foi usada a I-D-F para a cidade de São Carlos (RIGHETTO, 1998) $In = 1519 \,.\, T^{0,236} / (16 + d)^{0,935}$, onde In = intensidade da precipitação bruta (mm/h), T = período de retorno (anos); d = duração da chuva em minutos. Fazendo $d = t_c$, a determinação do t_c torna-se um processo iterativo, a partir da Eq. 1 (Kirpich), para o cálculo da intensidade de chuva (TUCCI, 1993). Com o novo valor de t_c recalcula-se a intensidade de chuva e um novo valor de t_c, até que o processo convirja. O valor de I é obtido pelo método do *Soil Conservation Service* (SCS) $P_e = (P - 0{,}2\,S)^2 / P + 0{,}8\,S$, onde Pe = precipitação efetiva (mm), P = precipitação total (mm), $S = 25400/CN - 254$ e CN = número da curva.

O*nda cinemática aplicada ao conceito fractal de bacias* – OCF (ARON, 1991):

$$t_c = 0{,}93 \,.\, k^{5/12} \,.\, n^{3/4} \,.\, L^{7/12} / (c^{1/2} \,.\, I^{1/4} \,.\, S^{3/8}) \qquad (6),$$

onde $k = L \,.\, A^{-3/5}$, e $c = R.a^{-1/2}$, k = fator de forma da bacia, c = fator de forma do canal, A = área da bacia em m^2, R = raio hidráulico do canal (m), a = área molhada do canal (m^2). Na Eq. 6, o padrão de drenagem é adotado como um sistema de ramificações que se repetem sucessivamente em segmentos de comprimento e profundidade cada vez menores, desde a saída da bacia até seu divisor. Com base no conceito fractal, fatores de forma da bacia e do canal, juntamente com o método racional e a onda cinemática, t_c da Eq. 6 combina características hidro-geomorfológicas.

Método de Dooge (TUCCI, 1993):

$$t_c = 21{,}88 \,.\, A^{0,41} \,.\, S^{-0,17} \qquad (7)$$

onde A = área da bacia em km^2, S = declividade do talvegue em m/m. Inicialmente, a Eq. 9 foi determinada com dados de 10 bacias rurais com $140 < A < 930$ km^2. Seus parâmetros refletem o comportamento de bacias médias e escoamento predominante em canais.

Método do *SCS Lag fórmula* (apud TUCCI, 1993):

$$t_c = 3{,}42 \,.\, L^{0,8} (1000/CN - 9)^{0,7} \,.\, S^{-0,5} \qquad (8),$$

onde L = comprimento do talvegue (km), CN = número da curva, S = declividade do talvegue (m/m). Foi desenvolvida em bacias rurais com áreas de drenagem de até 8 km^2 e reflete o escoamento em superfícies. Para aplicação em bacias urbanas o SCS sugere procedimentos para

ajuste em função da área impermeabilizada e da parcela dos canais que sofreram modificações. O SCS propõe a seguinte fórmula para ajuste de t_c (McCUEN, 1982; TUCCI, 1993):

$$FA = 1 - PRCT\,(-6789 + 335CN - 0{,}4298CN^{2} - 0{,}02185CN^{3})\,10^{-6} \qquad (9),$$

onde *PRCT* é a porcentagem do comprimento do talvegue modificado ou então a porcentagem da bacia impermeável. Caso ocorram ambas as modificações, o fator é calculado duas vezes, uma vez para *PRCT* = *PLM* (porcentagem do comprimento modificado) e outra para *PRCT* = *PI* (porcentagem impermeabilizada da bacia). O fator de ajuste final *FA* é obtido pela multiplicação dos dois valores anteriormente calculados.

LOCAL DE ESTUDO

A bacia estudada é bacia de montante do Córrego do Gregório, o qual se localiza no município de São Carlos, SP. Esta bacia é uma das 14 bacias urbanas da cidade (Figura 3, ver ESTEVES, 2003; www.baciaescola.hpg.com.br). O Córrego do Gregório tem estudos comparativos para várias bacias brasileiras (p.ex. GERMANO, 2001). O estudo foi realizado na bacia de montante do Gregório com área de drenagem de 10,1 km^2, comprimento de talvegue de 5,8 km e declividade média de 0,023 m/m. A ocupação do solo é 40% residencial e 60 % de espaços abertos com vegetação, com um valor de $CN_{médio}$ = 78. Até o ponto onde foi instalado o linígrafo, o córrego não é canalizado, tendo sido adotado um coeficiente de rugosidade de Manning *n* = 0,035 (PORTO, 2003, comunicação pessoal), fator de forma do canal *c* = 0,23 (ARON, 1991) e, visando o Plano Diretor de São Carlos, usou-se *T* = 20 anos.

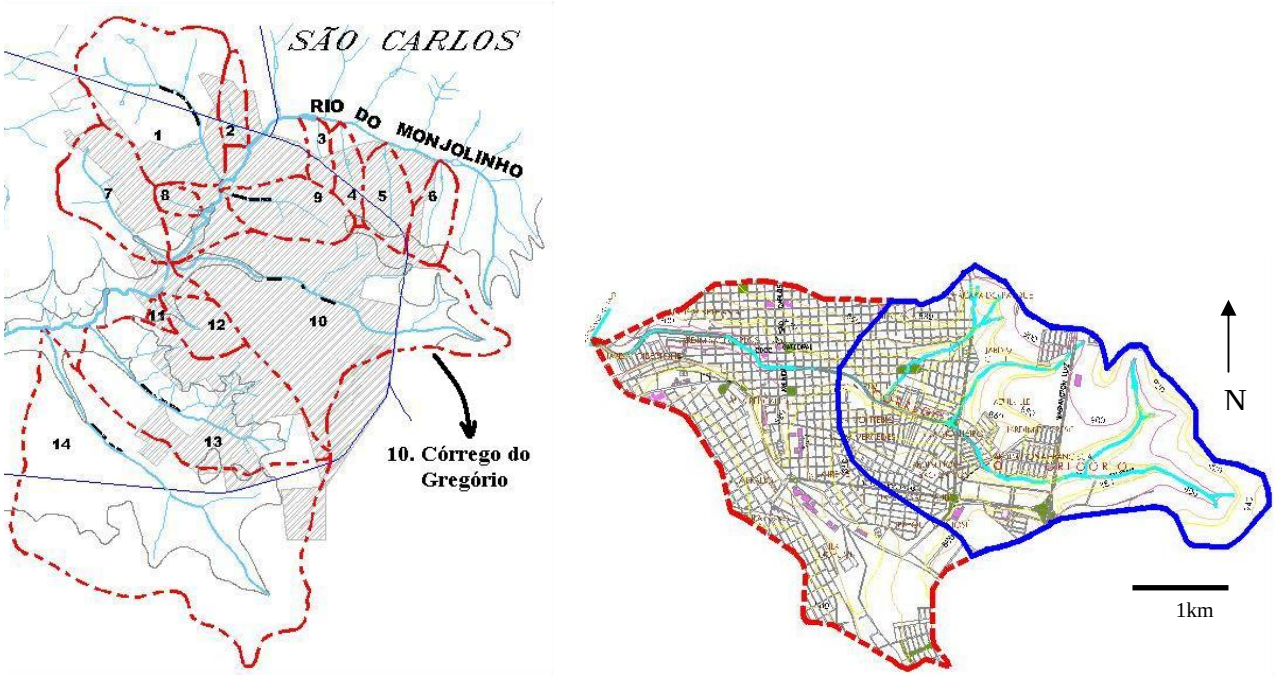

Figura 3. Esquerda: bacias urbanas de São Carlos; Direita: Delimitação da sub-bacia estudada. Fonte: Centro de Divulgação Científico Cultural da USP-São Carlos, 2002.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de tempo do pico (t_p) e tempo de concentração (t_c) para os 10 eventos registrados por SILVA (2003) estão apresentados na tabela 1. Os resultados estão arredondados à unidade. Os calculados a partir das fórmulas empíricas estão na Tabela 2.

Tabela 1. Valores de t_p e t_c para 10 eventos registrados por SILVA (2003).

Data (dd/m/aa)	31/01/00	01/2/00	08/02/00	11/02/00	12/02/00	13/02/00	19/02/00	01/03/00	08/03/00	11/03/00	Média	Desvio Padrão
t_p (min)	24	26	24	44	31	15	11	24	27	42	27	10
t_c (min)	40	43	40	73	52	25	18	40	45	70	45	17

Tabela 2. Diferença entre os valores de *tc* obtidos com fórmulas empíricas e o valor médio em 10 tormentas observadas.

Método	Kirpich (Eq.4)	Onda Cinemática (Eq.5)	Onda Cinemática Fractal (Eq.6)	Dooge (Eq.7)	SCS (Eq.8)
t_c (min)	66	266	33	107	175
Diferença (%)	47	495	-26	140	292

Comparação das abordagens

Como foi visto na Tabela 1, o t_c médio observado nos hidrogramas foi de 45 ± 17 minutos. Esse desvio alto é natural, pois há parâmetros que afetam o tempo de concentração que são variáveis de evento para evento, como a intensidade de chuva e a condição de umidade anterior do solo. Como pode ser observado nas fórmulas de t_c via onda cinemática (Eq. 5) ou OCF (Eq. 6), o aumento da intensidade da chuva diminui t_c. A condição de umidade anterior do solo afeta t_c na medida em que influi na infiltração de água no solo e, conseqüentemente, na intensidade de chuva efetiva. Altas condições de umidade diminuem a infiltração, aumentam a intensidade de chuva efetiva, com a conseqüente queda de t_c. Na Tabela 2, há uma comparação dos valores calculados de t_c com o valor médio observado nos 10 eventos de chuva.

Os valores obtidos com as fórmulas empíricas demonstram uma grande variabilidade, com dois casos extremos. Por um lado, o t_c médio observado é mais próximo do método da OCF (Eq. 6), com diferença de 26 %. Por outro lado, t_c médio observado tem mais de 465% de diferença com o valor obtido com a fórmula da Onda Cinemática (Eq. 5), o qual chegou a ser 8 vezes maior que o obtido com a fórmula da OCF (Eq. 6). *Quais são as causas desses dois métodos, ambos desenvolvidos a partir da teoria da onda cinemática combinada ao método racional, oferecem tamanha disparidade?* Comparando com hidrogramas observados, o método de OCF (Eq. 6) se aproxima da realidade porque inclui uma aproximação à topologia dos canais e a densidade de drenagem, situação que o método da onda cinemática tradicional não considera. O método da onda cinemática (Eq. 5) tende a superestimar o t_c, pois considera que o escoamento ocorre num plano representado pela bacia, com pequena profundidade, que na prática não ocorre (TUCCI, 1993). O escoamento tende a ocorrer numa rede de pequenos riachos interligados, onde a contribuição dos

planos tem comprimento de poucos metros, que é justamente a hipótese que diferencia o método de onda cinemática-fractal. A fórmula de Kirpich (Eq. 4) apresenta valor próximo ao t_c observado, apenas 47% maior, apesar dessa fórmula ter sido desenvolvida para bacias rurais de até 0,5 km^2. A tendência é subestimar t_c (TUCCI, 1993); porém, com a urbanização de mais de 40%, isto é compensado. A fórmula de Dooge (Eq. 7) resultou 140% maior que t_c observado. Essa diferença é explicável, já que a fórmula foi desenvolvida em bacias rurais na faixa de 140 a 930 km^2, refletindo o comportamento de bacias médias, enquanto a bacia observada trata-se de uma pequena bacia urbana. Já a fórmula do SCS (Eq. 8) apresentou um valor muito alto, mesmo com o ajuste em função da urbanização. O fator de ajuste não apresentou uma diminuição efetiva em t_c, pois a bacia não é completamente urbanizada e quase não possui trechos de canal modificado.

Contraste e Validação Hidráulica

Para contrastar t_c com a velocidade média na seção de controle de vazão (V), foram realizadas medidas de vazão para aproximar a celeridade da onda e t_c. A validade hidráulica do método foi para várias profundidades y comparadas à de extravazamento do canal principal ycb (Figura 4). Para valores $y > ycb$, a celeridade da onda diminui, mantendo a relação $c \div V > 1$ (CUNGE et al, 1980). O trecho não apresenta efeitos significativos de remanso ($S > 0{,}0001$) ao longo do percorrido. Na Tabela 3, aparecem valores de $24 < t_c < 33$ minutos a partir da celeridade da onda (Eq. 2). Estes são próximos do obtido pela fórmula da OCF, reforçando o interesse pela (Eq. 6); por outro lado, demonstra-se a necessidade de pesquisar mais sobre a onda cinemática tradicional.

Tabela 3. Parâmetros e resultado do cálculo do t_c a partir da celeridade c_o da onda.

Medição	Q_o (m^3/s)	B (m)	S_o (m/m)	n	c_o (m/s)	t_c (min)
1	1,813	4,8	0,0234	0,035	2,74	32,7
2	3,507	4,8	0,0234	0,035	3,65	24,5
3	4,309	6,1	0,0234	0,035	3,51	25,5

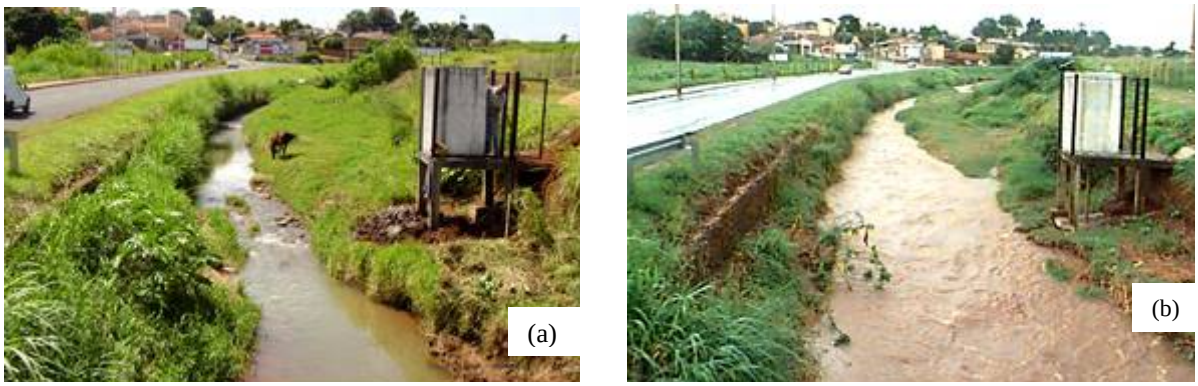

Figura 4- Escoamento no trecho de montante para $y < ycb$ (a) e $y > ycb$ (b) em uma seção de controle da bacia do Gregório (área de drenagem =10,1 km^2). Fonte: FINEP/FIPAI-EESC/DAEE (2003) www.busplanodiretor.hpg.com.br

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Deve-se estar atento ao tipo de bacia e o tipo de escoamento que as equações de t_c procuram representar, aplicando-a somente para bacias que se aproximem desses casos. É questionável a alta variação de t_c através da onda cinemática tradicional. Para a bacia urbana de 10 km^2, por um lado, as fórmulas com melhor desempenho de t_c foram a da onda cinemática fractal (OCF) e a de Kirpich. Esta última deve ser mais pesquisada, pois foi desenvolvida para pequenas bacias rurais. Por outro lado, a fórmula da OCF, além de permitir considerar o efeito da urbanização através da diminuição da intensidade de chuva efetiva, considera também parâmetros como forma a rugosidade do canal, forma e declividade da bacia. Embora poucas abordagens hidro-geomorfológicas são relacionadas ao t_c, a proposta de OCF oferece novas oportunidades para bacias urbanas brasileiras. Validações complementares são recomendáveis: 1) análise da curva-chave, monitorando a sua possível mudança conforme o crescimento de áreas urbanas, e da relação física entre celeridade da onda e a velocidade média ($c \div V$), 2) obtenção direta do t_c a partir do tempo entre o fim da precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma, 3) validação da relação empírica $t_c = t_p \div 0{,}6$ para eventos com diferentes tempos de retorno e 4) maior monitoramento hidrológico experimental urbano, diminuindo as fontes de incerteza das equações, através de um Sistema de Alerta de Enchentes Urbanas baseado em dados locais. Parte dessas metas podem ser trabalhadas a partir das estimativas de t_c do banco de dados das 14 bacias urbanas (Esteves, 2003; www.baciaescola.hpg.com.br), através de análise comparativa, e visando o Plano Diretor Urbano de São Carlos.

AGRADECIMENTOS : CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa PIBIC; FINEP/FNDCT/CT-HIDRO, GURH 03/2002, convênio 01.02.0086.00 entre FIPAI, FINEP, EESC/USP e DAEE/SP; à Eng. Dra. Karla de Andrade e Silva, ao técnico José Roberto Maramarque e ao Prof. A. Righetto (UFRN) pela obtenção dos dados monitorados do Córrego do Gregório; ao Prof. Assoc. Rodrigo de Melo Porto, pela logística oferecida no Laboratório de Hidráulica da EESC/USP; à Ecól. Sílvia Martins e Cid Martioli (CDCC/USP) pelas cartas digitalizadas das bacias hidrográficas; ao Dr. Renato S. Anelli, Prefeitura Municipal de São Carlos e ao Dr. Jurandir Povinelli, Serviço Autônomo de Águas e Esgotos, São Carlos.

REFERÊNCIAS

Aron, G.; Ball, J.E.; Smith, T.A. (1991) *Fractal Concept Used in Time-of-Concentration Estimates*, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 117, No. 5, Setembro/Outubro, 1991

Centro de Divulgação Científico Cultural (2002) *Bacias de São Carlos*, CDCC / Setor de Biologia

Cunge, A. J., Holly, F. M. Jr., Verwey, A. (1980) *Practical aspects of computational river hydraulics*. Boston: Pitman Adv. Publ. Program

Esteves, R. L. (2003) Estratégias Metodológicas da Bacia Escola para o Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana. PIBIC/CNPq-EESC/USP (www.baciaescola.hpg.com.br).

Germano, A . (2001). Estimativa dos Parâmetros do Modelo IPH II para algumas bacias Urbanas Brasileiras. In: *Drenagem Urbana – Avaliação e Controle* (2001). Org.: TUCCI, C. E. M.; Ed. UFRGS-ABRH, Porto Alegre-RS.

Gray, D.M. (ed) (1970) *Handbook on the principles of hidrology.* Huntigton: Wat. Inf. Center.

FINEP/FIPAI-EESC/DAEE (2003) *Experimento piloto de gerenciamento de bacias urbanas para o Plano Diretor de São Carlos, SP*. Conv. 01.02.0086.00 (www.busplanodiretor.hpg.com.br)

MCT/CGE – Ministério de Ciência e Tecnologia/ Centro de Estudos e Gestão Estratégica (2001). *Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, Brasília, 2001

McCuen, R.H. (1982) *A Guide to Hydrologic Analysis using SCS Methods.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Martins, E.S.P.R., Paiva, J.B.D, (2001) *Quantidade dos Recursos Hídricos* in Paiva, J.B.D e Paiva E.M.C.D. Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas, Porto Alegre, ABRH, 2001.

Righetto, A . M. (1998), *Hidrologia e Recursos Hídricos*, Edusp-EESC, São Carlos, SP.

Righetto, J.M., Barros, R.M. e Mendiondo, E.M. (2003) *Avaliação da Seguridade e Percepção Pública Sobre Riscos de Enchentes em Várzeas Urbanizadas: o Caso do Micro-Centro da Cidade de São Carlos – SP*, in: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, artigo submetido, Curitiba – PR (esta edição).

Silva, K.A. (2003) *Análise da Variabilidade Espacial da Precipitação e Parâmetros Hidrológicos em uma Bacia Experimental: Estudo Teórico-Experimental da Transformação da Chuva em uma Pequena Bacia Hidrográfica Urbana,* Tese Doutor em Hidráulica e Saneamento, SHS-EESC-USP, São Carlos.

Tucci, C.E.M. (2002) *Gerenciamento da Drenagem Urbana,* Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, Porto Alegre, v/7, n.1, Jan./Mar.2002, p.5-28.

Tucci, C.E.M. (1993) *Hidrologia – Ciência e Aplicação,* Porto Alegre, Ed. da Universidade, ABRH, EDUSP, 1993.