

IX-006 – ESTUDO COMPARATIVO DAS EQUAÇÕES DE TEMPO DE CONCENTRAÇÃO**Aparecido Vanderlei Festi⁽¹⁾**

Engenheiro Agrimensor pela (FEAP, 1985). Engenheiro de Segurança do Trabalho (FEAP, 2002) Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, 2006). Professor de Drenagem Urbana da Veris/Metrocamp Professor de Estradas e Topografia da USF – Universidade São Francisco – Campus de Itatiba. festi@terra.com.br – www.vanderleifesti.com.

Danilo Castro Rosendo⁽²⁾

Engenheiro Civil (UEMA, 2006). Mestre em Matemática (UNICAMP, 2008). Doutorando em Recursos Hídricos (UNICAMP, 2008). Professor de Hidráulica da Veris/Metrocamp. daniloborralho@yahoo.com.br.

RESUMO

O intenso processo da urbanização e da ocupação das áreas urbanas tem agravado os problemas de drenagem urbana, o gerenciamento e o controle dos recursos hídricos. O desenvolvimento dos projetos e obras procura modelos matemáticos e equações que melhor representam o tempo do escoamento superficial no percurso das águas pluviais nas bacias de drenagem. Neste artigo, analisa-se o contraste das fórmulas e modelos para a determinação do tempo de concentração - t_c numa bacia urbana parcialmente ocupada na cidade de São Carlos/SP. Obteve-se neste estudo comparativo os resultados da análise das diferentes equações de cálculo do tempo de concentração que para uma mesma bacia diferentes são os resultados encontrados; o projetista deve avaliar as características físicas da bacia hidrográfica do seu projeto e adotar a equação que foi desenvolvida sobre modelos das mesmas características físicas das bacias hidrográficas em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Urbana, Escoamento Superficial, Método Racional.

INTRODUÇÃO

Mais de 80 % da população brasileira se concentra no meio urbano, situação que continua em aumento e de forma não planejada. 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 frequência e magnitude das inundações e na deterioração ambiental. Os estudos científicos em bacias urbanas ganham importância para um melhor controle dos recursos hídricos, fornecendo informações estratégicas para ações de mitigação de enchentes. O conhecimento dos parâmetros 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 micro e macro-drenagem. Para caracterizar o hidrograma e o comportamento da bacia hidrográfica, 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).

JUSTIFICATIVA

Inúmeras são as equações existentes para a determinação do tempo de concentração (t_c) nos projetos de drenagem urbana e rural.

A maioria destas equações tem sua origem e pesquisa na América do Norte, os mais diversos autores destas pesquisas desenvolveram suas equações para as necessidades locais ou para casos específicos.

Ao se deparar com as inúmeras formulações das equações do tempo de concentração, que na maioria das vezes não é indicada sua origem ou a finalidade para a qual foi desenvolvido, o projetista é induzido a erros no dimensionamento de seu projeto por falta de conhecimento ou informação adequada.

METODOLOGIA

Serão selecionadas duas bacias hidrográficas, uma bacia com predominância de ocupação e uso urbano (Figura 1) e uma bacia com uso e ocupação rural (Figura 2).

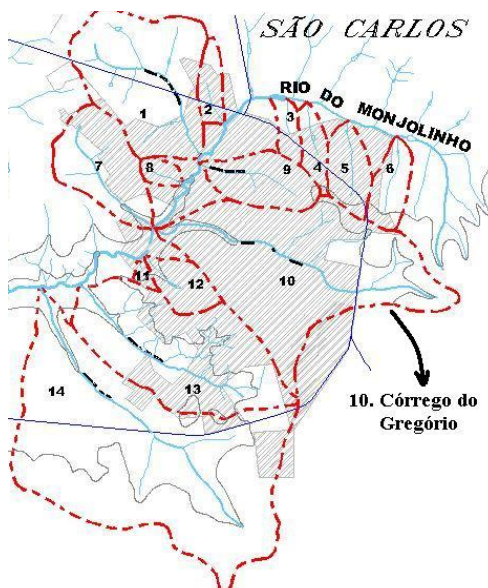
Serão avaliadas todas as características físicas da bacia hidrográfica como, forma, relevo, uso, ocupação predominante, cursos d'água, declividade, etc.

Na bacia selecionada, será determinado e identificado um ponto de estudo do enxutório de saída da bacia e para o qual será determinado o tempo de concentração com as mais variadas formulações existentes e de conhecimento da comunidade técnica. Com os resultados obtidos do tempo de concentração, será determinada a vazão de pico para este ponto de estudo.

Com os valores encontrados, será feita, uma análise dos resultados e qual sua consequência do uso inadequada destes resultados.

LOCAL DE ESTUDO

A bacia estudada é bacia de montante do Córrego do Gregório, a qual foi estudada por Esteves, R. L. e Mediondo, E. M. (2003) a qual se localiza no município de São Carlos, SP. Esta bacia é uma das 14 bacias urbanas da cidade (Figura 3, ESTEVES, 2003). O Córrego do Gregório tem estudos comparativos para várias bacias brasileiras (GERMANO, 2001). O estudo foi realizado na bacia de montante do Gregório com área de drenagem de 10,1 km², 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 $CN_{\text{médio}} = 78$. 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), fator de forma do canal $c = 0,23$ (ARON, 1991) e, visando o Plano Diretor de São Carlos, usou-se $TR = 20$ anos.

**Figura 1** - Bacias urbanas de São Carlos

(Fonte: Centro de Divulgação Científico Cultural da USP - São Carlos, 200, in ESTEVES, 2003)

**Figura 2** - Delimitação da sub-bacia estudada.**TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (t_c).**

Tempo de concentração relativo de uma seção de um curso d'água é o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo, corresponde a duração da trajetória da gota d'água mais afastada da bacia para atingir esta seção, Figura 3.

Quando se considera uma determinada seção de escoamento em uma bacia contribuinte, sempre decorre algum tempo, a contar do início da chuva até que toda a bacia passe a contribuir para a seção considerada. Esse intervalo inicial denomina-se *tempo de concentração*.

No **método racional** admite-se que para cada seção, a duração da chuva crítica seja igual ao tempo de concentração, isto é, considera-se o caso desfavorável de contribuição simultânea de todos os setores da bacia situados a montante da seção de escoamento considerada.

No caso de galerias de águas pluviais, o tempo de concentração compõe-se de duas parcelas:-

$$t_c = t_i + t_p \quad (1)$$

- a. – Tempo de escoamento superficial (t_i) (*in let time*). Tempo gasto pelas águas precipitadas nos pontos mais distantes para atingir a primeira boca de lobo. Considera-se, pois, o tempo que a água leva para correr sobre telhados, terraços, calhas e condutores, calçadas, sarjetas, etc. Esse tempo, geralmente, está compreendido entre 3 e 20 minutos.
A prefeitura de São Paulo tem adotado valores de t_i entre 10 e 20 minutos.
- b. – Tempo de percurso superficial (t_p). Tempo de escoamento dentro das galerias (canalizações) desde a primeira boca de lobo até a seção que se considera.
Esse tempo pode ser estimado levando-se em conta a velocidade média de escoamento e a extensão do percurso, com base nas fórmulas de hidráulica.

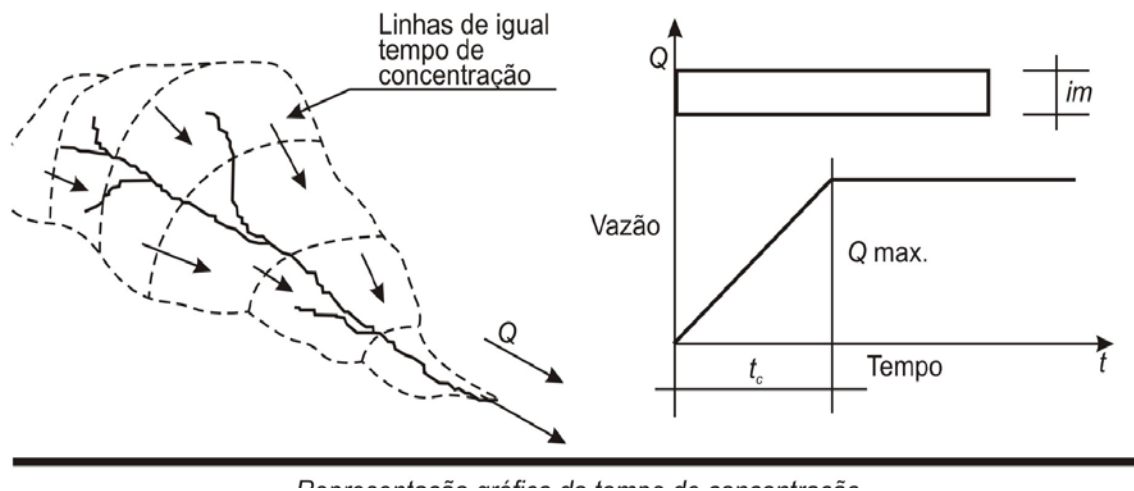


Figura 3 – Representação Gráfica do Tempo de Concentração - Fonte: Azevedo Netto, 1998.

Para bacias rurais dispõe-se de equações desenvolvidas com base em estudos de campo. No “Manual de Hidrologia Básica” do DNER (1990), foram compiladas 15 fórmulas e realizada uma análise de suas características e resultados. Na publicação editada pela ABRH: “Drenagem Urbana”, Barros e outros (1995) são apresentados algumas destas fórmulas e comentários. A seguir é apresentada uma síntese das características de algumas das fórmulas analisadas nestas publicações.

a) Fórmula de Picking

$$tc = 5,3 \left(\frac{L^2}{I} \right)^{0,3333} \quad (2)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min.); L = extensão do talvegue da bacia (km); I = declividade média do talvegue da bacia (m/m)

b) Kirpich – 1942 (Califórnia Culverts Practice)

Originalmente desenvolvida para 7 bacias rurais do Tennessee, com no máximo 0,5 km² reflete o escoamento em superfícies.

$$tc = 57 \left[\frac{L^3}{H} \right]^{0,385} \quad (3)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (min.); L = distância, ao longo do talvegue, entre o divisor da bacia e a seção de interesse (km); H = desnível entre o divisor da bacia e a seção de interesse (m).

c) Kirpich – Modificada

De acordo com o “Manual de Hidrologia” do DNER (1990), em estudos em bacias médias e grandes, concluiu-se que com tempos de concentração 50% maiores que os calculados pela expressão proposta por Kirpich (3), a aplicação de o fluxograma unitário triangular do SCS fornece valores próximos aos observados.

$$tc = 85,2 \left[\frac{L^3}{H} \right]^{0,385} \quad (4)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue (km), H = desnível do talvegue da bacia hidrográfica (m).

d) Kirpich I

$$t_c = 57 \cdot \frac{L^{1,155}}{h^{0,385}} \quad (5)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue (km), h = desnível do talvegue da bacia hidrográfica (m).

e) Kirpich (citado por Tucci, 1993)

$$tc = 3,989 * L^{0,77} * S^{-0,385} \quad (6)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue (km), S = declividade do talvegue da bacia hidrográfica (m/m).

f) Kirpich Tennessee (citado por Tomaz, 2002)

No Tennessee, Kirpech fez estudos em seis pequenas bacias em áreas agrícolas perto da cidade de Jackson. A região era coberta com árvores de zero a 56% e as áreas variavam de 0,5ha a 45 há. As bacias tinham bastante declividade e os solos eram bem drenados (Tomaz, 2002).

Segundo (Porto, 1993), quando o valor de L for superior a 10.000 metros a fórmula de Kirpich subestima o valor de t_c .

$$tc = 0,019 * L^{0,77} / S^{0,385} \quad (7)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue (km), S = declividade do talvegue da bacia hidrográfica (m/m).

g) Bransby-Willians:

$$t_c = 76,86 \cdot \frac{L}{5280} \cdot \left(\frac{1}{A^{0,1} \cdot S^{0,2}} \right) \quad (8)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue (m), A = área da bacia hidrográfica (km^2), S = declividade do talvegue da bacia (m/m)

h) Dooge:

$$t_c = 1,18 \cdot \left(\frac{A^{0,41}}{S^{0,17}} \right) \quad (9)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (h), A = área da bacia hidrográfica (km^2), S = declividade do talvegue da bacia (m/km)

i) Dooge- 1956.

Determinada a partir de dados de 10 bacias rurais na Irlanda, com áreas na faixa de 140 a 930 km^2 . Reflete o escoamento em canais.

$$tc = 21,88 A^{0,41} S^{-0,17} \quad (10)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min.), A = área da bacia hidrográfica (km^2), S = declividade do talvegue da bacia (m/m).

j) Kerby:

$$t_c = 1,44 \cdot \left(\frac{L \cdot c}{S^{0,5}} \right)^{0,467} \quad (11)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue da bacia(m), c = coeficiente de rugosidade de retardo (Pavimentos lisos $c = 0,20$; Gramado ralo $c = 0,30$; Gramado médio $c = 0,40$; gramado denso $c = 0,80$), S = declividade do talvegue da bacia (m/m).

k) Onda Cinemática I:

$$t_c = 6,92 \cdot \left(\frac{n^{0,6} \cdot L^{0,6}}{I^{0,4} \cdot S^{0,3}} \right) \quad (12)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), n = (coeficiente de rugosidade (Manning) da superfície), L = comprimento do talvegue da bacia (m), S = declividade do talvegue da bacia (m/m), I = intensidade máxima da chuva (mm/h)

n) SCS:

$$t_c = 3,42 \cdot \frac{L^{0,8}}{S^{0,5}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \quad (15)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue da bacia (km), S = declividade do talvegue da bacia (m/m), CN - Número de curva do SCS

o) SCS - “Lag- formula”- 1975

Desenvolvida para bacias rurais de até 8 km² e reflete, basicamente, o escoamento em superfícies.

$$tc = 3,42 L^{0,8} \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0,7} S^{-0,5} \quad (16)$$

Onde: tc = tempo de concentração (h); L = distância ao longo do talvegue da bacia (km); S = declividade do talvegue da bacia (m/m); CN = Número de curva do SCS.

p) DNOS-1976

$$tc = \frac{10}{K} \frac{A^{0,3} L^{0,2}}{I^{0,4}} \quad (17)$$

Onde: tc = tempo de concentração (min); A = área da bacia hidrográfica (ha); L = distância, ao longo do talvegue, entre o divisor da bacia e a seção de interesse (m); I = declividade do talvegue da bacia(%); K = coeficiente de ajuste de acordo com o tipo de superfície de escoamento (adimensional).

$K = 2$ Terreno areno-argiloso, coberto de vegetação, intensa absorção.
$K = 3$ Terreno argilo-arenoso, coberto de vegetação, absorção apreciável.
$K = 4$ Terreno argiloso coberto de vegetação, absorção média.
$K = 4,5$ Terreno argiloso, vegetação média, pouca absorção.
$K = 5,0$ Terreno com rocha vegetação escassa baixa absorção
$K = 5,5$ Terreno com rocha vegetação escassa reduzida absorção

q) Kirpich

$$te = \frac{0,0195L^{0,77} F}{I^{0,385}} \quad (18)$$

Onde: t_e = tempo de entrada (min), L = comprimento máximo percorrido pela água na superfície (m), F = fator característico da superfície, I = declividade média ao longo do percurso do escoamento (m/m).

Fator de correção para fórmula de Kirpich em áreas urbanas

Superfície	F
Solo nu em superfície plana (bacia rural)	1,0
Pastagem, Relva	2,0
Superfície de concreto ou asfalto	0,4
Gramados bem conservados	1,0
Escoamento em canal de concreto	0,2

Adaptado Pompeu (1111)

q) Canholi

Em virtude da variabilidade dos resultados da aplicação das várias equações acima, recomenda-se uma análise criteriosa das características da bacia hidrográfica em estudo, comparado-as com as das bacias que serviram de base para a obtenção das equações.

Para bacias urbanas, segundo Canholi (1995), recomenda-se que o tempo de concentração seja calculado como a soma de 3 parcelas, todas elas tratadas com enfoque cinemático:

$$t_c = t_s + t_n + t_q \quad (19)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (h); t_s = tempo de escoamento em superfície (h); t_n = tempo de escoamento em canal natural (h); t_q = tempo de escoamento em canal ou galeria artificial (h).

q.1) Tempo de Escoamento em Superfícies

O tempo de escoamento em superfícies deve ser calculado para os primeiros 50m a 100m de montante do talvegue e se caracteriza por pequenas espessuras de lâminas d'água com velocidades baixas. Depende da declividade do terreno, de sua rugosidade e da intensidade da chuva. Pode ser calculado segundo a equação:

$$t_s = \frac{0,0913.(n.L)^{0,8}}{P_2^{0,5} . S^{0,4}} \quad (20)$$

Onde: n - coeficiente de rugosidade de Manning; L - comprimento do trecho (m); P_2 - total precipitado em 24 horas para recorrência de 2 anos (mm); S - declividade do terreno(m/m).

Os coeficientes de rugosidade de Manning podem ser obtidos no Anexo I.

q.2) Tempo de Escoamento em Canal Natural

O tempo de escoamento no canal natural pode ser obtido pelo método cinemático:

$$t_n = \frac{L}{3.600V} \quad (21)$$

Onde: L = comprimento do trecho, em m; V = velocidade do escoamento, em m/s;

q.3) Tempo de Escoamento em Canais ou Galerias Artificiais

Quanto ao tempo de escoamento em canais ou galerias artificiais pode calcular cinematicamente como no caso anterior, com a velocidade de escoamento obtida pela fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \cdot I^{1/2} \cdot R_h^{2/3} \quad (22)$$

Onde: V = velocidade do fluxo (m/s); I = declividade longitudinal do canal (m/m); R_h = raio hidráulico do canal (m).

O tempo T_q calcula-se também pela equação (28).

O tempo de concentração é então obtido através da soma das parcelas, conforme indicado na equação (14).

n) Tempo de concentração em função da área impermeabilizada:

$$t_c = 5,32 \cdot \frac{L^{0,882}}{A^{0,272}} \quad (23)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do talvegue da bacia (km), A = área impermeável da bacia (km²)

o) Método de Kerby/Hathaway:

$$te = \left[\frac{2,187Ln}{\sqrt{I}} \right]^{0,467} \quad (24)$$

Onde: t_e = tempo de entrada (min), L = comprimento máximo percorrido pela água na superfície (m), n = coeficiente de rugosidade de Manning para a superfície, I = declividade média ao longo do percurso do escoamento (m/m).

p) Schaake

$$te = \frac{1,8L^{0,24}}{I^{0,16} A_{imp}^{0,26}} \quad (25)$$

Onde: L = distância máxima percorrida pela água, ao longo da superfície (m), I = declividade média ao longo do caminho percorrido pela água (m/m), A_{imp} = é a fração da superfície total da bacia composta por superfícies impermeáveis.

q) FAA – Federal Aviation Agency

Esta equação proposta FAA destina-se à drenagem de aeroportos. O tempo de entrada expresso em minutos:

$$te = \frac{3,26(1,1 - C)L^{0,5}}{I^{0,33}} \quad (26)$$

Onde: C = coeficiente de deflúvio, L = distancia máxima percorrida pela água sobre a superfície (m), I = declividade média ao longo do caminho percorrido pela água (m/m).

APLICAÇÃO PRÁTICA DAS EQUAÇÕES

O estudo comparativo entre as diversas equações para o cálculo do tempo de concentração (t_c) será adotado duas bacias hidrográficas fictícias. A primeira delas, uma bacia hidrográfica urbanizada com área de 2,5 km², 65 % desta bacia foi considerada impermeabilizada, o definível médio da bacia corresponde a 32,00m, o comprimento do talvegue da bacia tem extensão de 2,35 km e resultando uma declividade de 0,01362 m/m.

Depois de se verificar o arranjo das unidades e suas dimensões, de posse dos valores das vazões atual e pretendida e após fazer uma análise dos relatórios operacionais, que continham os parâmetros de qualidade da água nos últimos quatro anos, realizaram-se ensaios de coagulação-floculação-decantação em aparelhos de “jar-test”, com dois tipos de água bruta coletadas a jusante da calha Parshall, em épocas de seca (água tipo A) e em épocas de chuva (água tipo B), representando as situações que ocorrem normalmente em cada estação do ano.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Autor	Kirpich	Kirpich	Picking	Picking	Kirpich-Mod.	Kirpich-Mod.	Bransy-Williams	Bransy-Williams	Dooge	Dooge	Kerby	Kerby	SCS	SCS	Dinos-1976	Dinos-1976	USC Corps of Eng.	USC Corps of Eng.	Ven Te Chow	Ven Te Chow	Passini	Passini
Tr	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)	imáx(mm/h)	Q(m ³ /s)
0	0	0																				
5	30,15192161	33,86423	38,6721797	43,43498	26,43117704	29,68538356	19,48940028	21,88893524	38,5564421	43,30351	21,09631861	23,693697	9,476183333	10,64289	21,20794883	23,819071	19,65425906	22,07409143	11,43311981	12,84076552	17,17472	19,28927
10	35,51060523	39,88267	45,54510736	51,152621	31,12859956	34,96115274	22,95311086	25,77909787	40,0740391	45,00795	24,8456152	27,904607	11,16031707	12,53438	24,97708466	28,052263	23,1472688	25,99716054	13,46304576	15,12286219	20,22706	22,71742
15	39,07649582	43,88759	50,1186388	56,289246	34,25445955	38,47186861	25,25800771	28,36777362	40,9893184	46,03592	27,34055283	30,706722	12,28100359	13,79305	27,48522414	30,869205	25,47166253	28,60773362	14,81717366	16,64145408	22,25821	24,99864
20	41,82164905	46,97073	53,63951089	60,243607	36,66086111	41,17454633	27,03240175	30,36063106	41,6513694	46,77949	29,26124724	32,863892	13,14375975	14,76202	29,41608182	33,03779	27,26106599	30,61744443	15,85809125	17,81053945	23,82187	26,75482
25	44,08308759	49,51059	56,5399698	63,501171	38,64323044	43,40098497	28,49412567	32,00232691	42,1722511	47,3645	30,84349592	34,640947	13,85448463	15,56025	31,0067029	34,824248	28,73515851	32,27303122	16,71558867	18,77361195	25,10999	28,20154
30	46,02127966	51,68742	59,0258631	66,293127	40,34225766	45,30919642	29,7469313	33,40937348	42,6026744	47,84792	32,19959215	36,164006	14,46362487	16,24439	32,36997485	36,355366	29,9855745	33,69197984	17,45052309	19,5990315	26,21401	29,44147
35	47,72634022	53,60241	61,2127356	68,749248	41,83691389	46,98787472	30,8490371	34,64717054	42,9700176	48,26049	33,39256755	37,50386	14,99949342	16,84623	33,56926283	37,70231	31,1098585	34,9402473	18,09705441	20,32516375	27,18522	30,53226
40	49,25430919	55,3185	63,1724744	70,950269	43,17633161	48,49220156	31,8366756	35,7564071	43,290784	48,62075	34,46163773	38,704555	15,4797054	17,38557	34,64398994	38,909358	32,10597868	36,05886678	18,67643547	20,9758782	28,05556	31,50976
45	50,6426272	56,87775	64,9531	72,950126	44,3933313	49,85903825	32,73404744	36,76426337	43,575707	48,94075	35,43299868	39,795509	15,91602771	17,87561	35,6204908	40,006086	33,0109413	37,07524839	19,20266315	21,56711966	28,84635	32,39792
50	51,9764629	58,30975	66,58841095	74,786776	45,51101315	51,11432909	33,55818588	37,68869973	43,8321679	49,22878	36,32508806	40,797433	16,31674229	18,32566	36,51730063	41,013311	33,84205104	38,00860436	19,68632972	22,11011064	29,57261	33,21359
55	53,09667317	59,63618	68,10316958	76,488032	46,54630141	52,27708204	34,32157024	38,54721497	44,065465	49,49081	37,15141414	41,725496	16,68791688	18,74253	37,34799918	41,946285	34,61189279	38,87330803	20,13415596	22,61307324	30,24533	33,96914
60	54,20030986	60,87345	69,51610415	78,074927	47,51199623	53,3616732	35,03363891	39,34698053	44,2795328	49,73123	37,92219349	42,591174	17,03414063	19,13138	38,12285708	42,816543	35,32989476	39,67981249	20,55187874	23,0822605	30,87283	34,67389
65	55,23388946	62,03429	70,84175021	79,563786	48,41803219	54,37926032	35,70171728	40,09731271	44,4773742	49,95343	38,64535552	43,403372	17,35897531	19,49621	38,84984568	43,633039	36,00371433	40,43649164	20,94379536	23,52239545	31,46156	35,33511
70	56,20839854	63,12878	72,09163373	80,967556	49,27228693	55,33869809	36,33161402	40,80476234	44,6613347	50,16004	39,32718781	44,169151	17,66524523	19,84019	39,53528586	44,40287	36,63893931	41,14992552	21,3133134	23,93740855	32,01665	35,95854
75	57,13109295	64,16507	73,27506093	82,296686	50,08112094	56,24710854	36,92801916	41,47459688	44,8332817	50,35316	39,97276708	44,894214	17,95323078	20,16588	40,18428118	45,13177	37,24038938	41,82542612	21,66318417	24,3303554	32,54222	36,54882
80	58,00792241	65,14986	74,39966277	83,559749	50,84974971	57,1103709	37,4947784	42,11113552	44,9947266	50,53448	40,58625612	45,583236	18,23080183	20,47538	40,80101647	45,824438	37,81194278	42,46734917	21,95566368	24,70376979	33,04167	37,10976
85	58,84383117	66,08868	75,4718063	84,763866	51,58250704	57,93334571	38,03508759	42,71796758	45,1469103	50,7054	41,17111429	46,240102	18,49351227	20,77043	41,38896939	46,484779	38,35682239	43,07931436	22,31262673	25,05975733	33,51781	37,64452
90	59,64297617	66,98622	76,49674612	85,915026	52,28303798	58,72012561	38,55163367	43,29811081	45,2908643	50,86708	41,73025004	46,868078	18,74468555	21,06251	41,95106379	47,116079	38,87773787	43,66436496	22,61564956	25,40008833	33,97301	38,15576
95	60,40888853	67,84643	77,47908815	87,018313	52,95443681	59,47418707	39,04669905	43,85412864	45,4274555	51,02048	42,266134	47,46994	18,98538044	21,32286	42,48878335	47,721125	39,37699096	44,22508008	22,9060711	25,72626658	34,40828	38,64575
100	61,14459522	68,67272	78,4226891	88,078919	53,59935736	60,19851024	39,52224029	44,38821852	45,5574196	51,16645	42,78088404	48,0480066	19,21659925	21,58255	43,00725717	48,302311	39,85655475	44,76369377	23,18503915	26,03958118	34,82834	39,1164

CONCLUSÃO

Espero ter contribuído satisfatoriamente a comunidade técnica e científica da drenagem com a reunião em um único documento o maior numero possível das equações de chuva do território brasileiro, as modelagens para determinação do tempo de concentração e para o calculo dos picos do evento de chuva. A aplicação da melhor equação e do melhor modelo, o engenheiro projetista deve selecioná-lo com o maior cuidado possível para obter um resultado satisfatório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J. M., (et al) – **Manual de Hidráulica** – 8ª. Edição, São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1998, 669p.
2. CETESB, **Drenagem Urbana – Manual de Projeto**, 3ª. Edição, São Paulo, Cetesb, 1986, 464p.
3. DER – Departamento de Estradas de Rodagem – Estado de São Paulo, Secretaria dos Transportes, **Manual de Drenagem Rodoviária**, (____), São Paulo, (____), 290p.

4. Esteves, R. L. (2003) **Estratégias Metodológicas da Bacia Escola para o Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana**. PIBIC/CNPq-EESC/USP .
5. ESTEVES, R. L. MEDIONDO, E. M. **Análise Comparativa entre Equações e Observações de Tempo de Concentração em uma Bacia Urbana de São Carlos, SP**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, 2003. ABRH. 10 p.
6. FESTI, A. V. – **Projeto e Dimensionamento de Galeria de Águas Pluviais**, Apostila, Paulínia, 2010, 118p.
7. FESTI, A. V. (Org.) **Tópicos Especiais de Engenharia de Saneamento**. 1ª. Edição. São Paulo. Edição do Autor. 2011. 278 pg.
8. 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.
9. LIAZI, ALEXANDRE, (et al) – **Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo** – 1994.
10. MURTA DO SANTOS, M. J. **Drenagem Urbana**, Apostila, DEH-UFGM, Belo Horizonte, 1984, 55p.
11. NOVAES, C. P., (2000), **Sistema de Drenagem Urbana**, UEFS, Feira de Santana – BA, 216p.
12. PFAFSTETTER, O., **Chuvas Intensas no Brasil**, 2ª. edição, Rio de Janeiro, DNOS, 1982, 426p.
13. PINTO, N. L. Souza – **Hidrologia Básica** – 1976.
14. RIGHETTO, A. M., **Hidrologia e Recursos Hídricos**, EESC-USP, 1998, 398p.
15. TOMAZ, P. – **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais** – 1ª. Edição, São Paulo, 2002, 263p.
16. TUCCI, C. E. M - PORTO, R. L. L. – BARROS, M. T., **Drenagem Urbana**, ABRH, Porto Alegre, 1995, 428p.
17. TUCCI, C. E. M., **Hidrologia – Ciência e Aplicação**, 2ª edição, ABRH, Porto Alegre, 2001, 588p.
18. WILKEN, P.S., **Engenharia de Drenagem Superficial**, CETESB, São Paulo, 1978, 276p.