



ESTIMATIVA DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA: COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS

**WINKLER, Antony Severo¹; TEIXEIRA, Claudia Fernanda Almeida²; DAMÉ,
Rita de Cássia Fraga²; WINKE, Luis Otávio Ledebuhr¹**

^{1,2}Deptº de Engenharia Agrícola – FEA/UFPeI
Campus Universitário – Caixa Postal 354 – CEP 96010-900. antonionysw@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

O estudo das vazões em pequenas bacias é importante para o dimensionamento de obras hidráulicas, como pontes e bueiros em estradas, bem como para o aproveitamento dos recursos hídricos com ênfase ao abastecimento de água, irrigação e outros. Assim, para a determinação mais segura da vazão de projeto é imprescindível, além das características físicas básicas da bacia hidrográfica em estudo, o conhecimento do tempo de concentração da mesma.

O tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário para que toda a área da bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial na seção de saída. Os fatores que influenciam no valor do tempo de concentração são: a forma da bacia, a declividade média, o tipo de cobertura vegetal, o comprimento e declividade do curso principal e afluentes, a distância horizontal entre o ponto mais afastado da bacia e sua saída e as condições do solo em que a mesma se encontra no início da chuva.

De acordo com Marcellini (1994), as fórmulas para a obtenção do tempo de concentração são originadas de estudos experimentais de campo ou laboratório, devendo ser aplicadas em condições semelhantes para as quais foram determinadas. De modo geral, estas fórmulas são obtidas em razão das características da bacia hidrográfica como a área, o comprimento do talvegue, a rugosidade do rio, córrego ou canal e a declividade dos mesmos. Segundo Kibler (1982), a determinação do tempo de concentração por meio de fórmulas empíricas está sujeita às imprecisões e incertezas que se devem ao tipo de escoamento que a fórmula procura representar.

No trabalho de Mata-Lima et al. (2007), os autores consideraram os métodos de cálculo do tempo de concentração subdivididos em duas categorias, os *estritamente empíricos* e os *semi-empíricos*. Os *estritamente empíricos* são métodos rígidos e estáticos, que não consideram a variabilidade espacial e temporal da bacia, porém são métodos expeditos (não exigem dados de entrada detalhados), importantes para a fase preliminar do estudo (estudo prévio ou anteprojeto) de uma

dada bacia. Já os semi-empíricos incluem parâmetros que variam em função das características ocupacionais da bacia, denotando, portanto, flexibilidade no uso.

Diante do exposto, objetivou-se estimar o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica hipotética localizada em Pelotas/RS, empregando-se algumas metodologias existentes, no sentido de buscar avaliar a sensibilidade das mesmas na obtenção da variável citada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a estimativa do tempo de concentração foram utilizadas as seguintes metodologias: Ventura (IEP, 2001), Temez (LNEC, 1995), Kirpich (USDA, 1996), Pickering (Mata-Lima et al., 2007), California Highways and Public Works (Chow et al., 1988), Bransby Willians (Moth, 1998), Giandotti (Mata-Lima et al., 2007), Pasini (Lo Bosco et al., 2002), Picking (Lança, 2000), Ven Te Chow (Lança, 2000) e SCS Lag (USDA, 1997). Para a aplicação das equações foi considerada uma área hipotética de 7 km², localizada em Pelotas/RS, considerando o comprimento de rio principal de 6 km, 117 m de desnível e declividade média da bacia de 0,0195 m m⁻¹. Para o método do SCS Lag foi adotado um parâmetro curva número médio de 65 (AMC II), considerando que a área de estudo possui cultivo com milho em curva de nível, solo tipo A e pastagem em curva de nível, cultivada em solo tipo B.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os dados de tempo de concentração em minutos obtidos pelos vários métodos testados. Foi utilizada a mesma classificação proposta por Mata-Lima et al. (2007), em que o método SCS Lag foi classificado como semi-empírico e os demais considerados estritamente empíricos. Dentre os métodos considerados estritamente empíricos é possível observar que há uma grande variação entre os resultados. As equações usadas para calcular o tempo de concentração têm, em geral, como entrada pelo menos dois parâmetros, que são o percurso mais longo percorrido pelo leito principal (L) e a inclinação média deste curso d'água (i). Estão incluídos neste grupo os métodos de Kirpich, California Highways and Public Works, Picking e Ven Te Chow, cujos valores de tempo de concentração encontrados foram 72,0; 72,0; 72,2; 64,9 e 64,0 min, respectivamente. Para as equações que, além dos parâmetros citados, incluem a área da bacia, os valores de tempo de concentração obtidos foram 231,5; 135,8; 270,3 e 143,8 min, cujos métodos foram os de Bransby Willians, Giandotti, Pasini e Ventura, respectivamente.

Tabela 1. Tempo de concentração em minutos para as equações testadas

Método	Tc (min)
<i>Estritamente Empíricos</i>	
Ventura	143,8
Temez	150,0
Kirpich	72,0
Pickering	72,0
California Highways and Public Works	72,2
Bransby Willians	231,5

Giandotti	135,8
Pasini	270,3
Picking	64,9
Ven Te Chow	64,0
<i>Semi-Empírico</i>	
SCS Lag	376,0

O valor médio calculado para o tempo de concentração quando são utilizados os parâmetros de entrada comprimento e declividade, foi de 69,02 min e para as equações que incluem a área, o valor médio foi de 195,35 min. Verifica-se que, à exceção do método proposto por Temez, quando é incluído o parâmetro área de drenagem da bacia, a estimativa do tempo de concentração praticamente triplica o valor. Há que se considerar que o método de Temez foi desenvolvido para as bacias hidrográficas da Espanha e recomendado para bacias naturais de área de até 300×10^3 ha (3000 km^2), portanto, muito acima da área hipotética utilizada (7 km^2), o que pode, de certa forma, influenciar nos parâmetros de entrada da equação.

Com relação ao método semi-empírico, SCS Lag (USDA, 1997), que utiliza um coeficiente representando o tipo de cobertura do solo (CN), observa-se que o resultado do tempo de concentração obtido foi de 376,0 min, ou seja, 447% e 92% maior do que os valores médios obtidos para o grupo de equações que não consideram a área de drenagem e aqueles que a consideram, respectivamente. Esteves & Mendiondo (2003) realizaram uma análise comparativa entre equações para o cálculo do tempo de concentração, cujos resultados foram comparados com as medidas hidráulicas obtidas numa pequena bacia urbana de São Carlos/SP. Os autores encontraram uma diferença percentual, em relação aos valores medidos, de 47% e 292% para as equações de Kirpich e SCS Lag, respectivamente. O método de SCS Lag é recomendado para bacias rurais homogêneas de área até 8 km^2 e reflete essencialmente o escoamento concentrado. No presente trabalho, a diferença encontrada pelo método SCS Lag (92%), em relação às equações que consideram a área de drenagem, provavelmente tenha sido em função do valor CN adotado (65), já que foi utilizada uma bacia rural hipotética de 7 km^2 . É importante ressaltar que o valor CN utilizado foi oriundo de uma média ponderada dos diferentes usos e tipos de solo da bacia, estando, portanto em desacordo com as premissas do método, que estabelece homogeneidade na bacia.

A equação de Kirpich foi desenvolvida a partir de dados obtidos de sete bacias rurais no Tennessee (EUA), com canais bem definidos, inclinação entre 3% e 10% e áreas de 0,50 a 45,3 ha (até $0,5 \text{ km}^2$). Dentre as equações mais utilizadas por apresentarem resultados satisfatórios para um grande número de bacias, destaca-se a equação da California Highways and Public Works, que é uma adaptação da equação de Kirpich. Segundo Pinto et al. (1976) no estudo das equações de Picking, Ven Te Chow e do California Highways and Public Works, observaram uma razoável concordância entre as mesmas, enfatizam a dificuldade que há em determinar, a priori, qual a expressão que dará melhores resultados. No presente trabalho as referidas equações apresentaram resultados similares, com média em torno de 67,0 min. Neste sentido é questionável a utilização das referidas equações na presente situação, uma vez que a área adotada está fora dos limites apregoados, além da declividade, cujo valor de 1,95% está abaixo do mínimo recomendado.

4. CONCLUSÕES

Para as condições do presente trabalho as metodologias que não levaram em consideração a área de drenagem, não se mostraram adequadas. Para bacias hidrográficas consideradas heterogêneas, o método SCS Lag não foi adequado para estimar o tempo de concentração. Logo, metodologias que estimam o tempo de concentração considerando também a área de drenagem, como parâmetro de entrada, são as mais representativas da variável em estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOW, V.T., MAIDMENT, D.R., MAYS, L.W. Applied hydrology, New York: McGraw-Hill, 1988.

ESTEVES, R.L.; MENDIONDO, E.M. Análise comparativa entre equações e observações do tempo de concentração em uma bacia urbana de São Carlos, SP. In: **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Curitiba, nov.2003 – ABRH.

IEP. **Manual de drenagem superficial em vias de comunicação**. Lisboa: Instituto das Estradas de Portugal (IEP), 2001.

KIBLER, D.F. Urban stormwater hydrology. Washington, D.C., AGU, 1982.

LANÇA, R.M.M. **Contribuição para o estudo de cheias recorrendo a um modelo distribuído**. Portugal: Universidade de Évora, 2000. (Dissertação de Mestrado).

LNEC. **Curso sobre drenagem de águas superficiais em vias de comunicação**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 16 e 17 de fevereiro, 1995.

LO BOSCO, D., LEONARDI, G., SCOPELLITI, F. **Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale**. Italy: Facoltà di Ingegneria, Università Degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002. (Serie didattica).

MARCELLINI, S.S. **Análise de critérios para a determinação das tormentas de projeto e sua influência nos hidrogramas em pequenas bacias hidrográficas**. São Paulo: USP, 1994. 176p. Dissertação Mestrado.

MATA-LIMA, H.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, G.; CAETANO, H.; MARQUES, A.; RAMINHOS, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. REM: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 60(3): 525-536, jul. set. 2007.

MOTH. Hydraulics manual. Columbia: Ministry of Transportation and Highways (MOTH), **Engineering Branch**. Province of British, 1998.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia Básica**. São Paulo, Edgard Blucher, 1976. 278p.

USDA. **SITES -Water Resource Site Analysis Computer Program**. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture. Soil Conservation Service, 1996.

USDA. **Ponds - planning design and construction**. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. Natural Resource Conservation Service (NRCS), 1997.