

Capítulo 156

Método do professor Kokei Uehara

Capítulo 156- Método do professor Kokei Uehara

156.1 Introdução

O DAEE São Paulo adota os seguintes métodos conforme a área de drenagem (AD):

- Método Racional ($AD \leq 2\text{km}^2$)
- Método I-PAI-WU ($2 < AD \leq 200 \text{ km}^2$)
- Método do prof. Kokei Uehara ($200 < AD \leq 600 \text{ km}^2$)
- Hidrograma unitário- Propagação ($AD > 600 \text{ km}^2$)

Segundo prof. dr. Victor M. Ponce, o método de Snyder foi o primeiro hidrograma unitário sintético que foi feito no mundo em 1938 por F.F. Snyder.

O método de Snyder foi feito para bacias muito grandes e foi baseado nas bacias das montanhas dos Apalaches nos Estados Unidos.

Chow, 1988 sugere que o Método de Snyder é para bacias de 30km^2 a 30.000km^2 .

McCuen, 1998 recomenda a **calibração dos coeficientes**.

Quando não temos medidas para calibrar a bacia, **é recomendado que se use uma bacia perto ou similar de onde são conhecidos os coeficientes**.

Vamos explicar neste capítulo o **Método do professor Kokei Uehara**, conforme livro do DAEE no ano de 1994 intitulado “Manual de cálculos de vazões máximas, médias e mínimas de bacias hidrográficas do Estado de São Paulo”.

156.2 Hidrograma sintético do professor Kokei Uehara

A Figura (156.1) mostra um esquema da área onde podemos ver que o comprimento do talvegue L vai da seção de controle até o final da bacia e que o comprimento L_0 vai da seção de controle até o centro de toda a área da bacia.

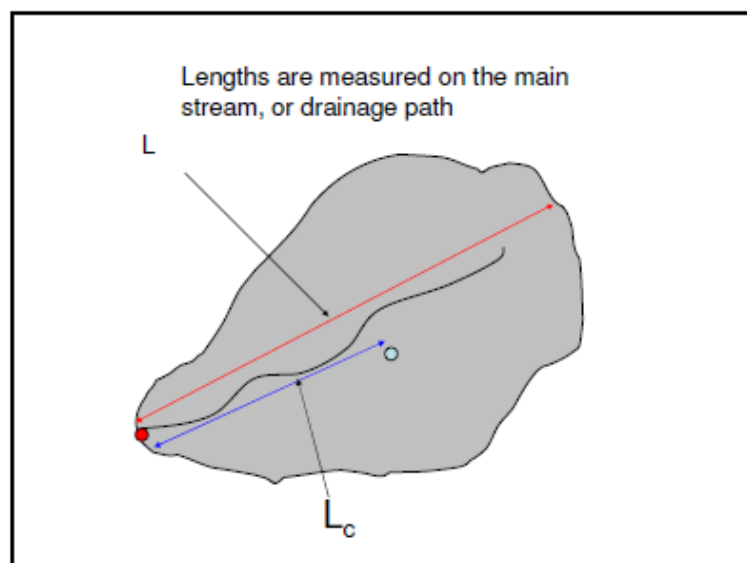


Figura 156.1- Esquema dos dados de entrada para o método de Snyder

Conforme McCuen, 1998 o método de Snyder prevê as seguintes equações:

$$tr = 0,75 \cdot Ct \cdot (L \cdot Lo)^{0,3}$$

Sendo:

tr = tempo de retardamento (h)

Ct = coeficiente empírico de armazenamento na bacia e varia de 1,35 a 1,65 com média 1,5 para unidades SI. *McCuen, 1998 cita que os valores típicos de Ct estão na faixa de 1,8 a 2,2.*

Nota: para as condições brasileiras o prof. dr. Kokei Uehara informa que o coeficiente Ct varia entre 0,8 a 2,0 com uma média de 1,4 para as áreas estudadas.

L = comprimento do talvegue (km)

Lo = comprimento do centro da bacia no ponto perto do talvegue até a seção de controle (km)

$$tr = 0,75 \cdot Ct \cdot (L \cdot Lo)^{0,3}$$

Para as condições brasileiras o prof. dr. Kokei Uehara adota:

$$t_d = tr / 4,0$$

Sendo:

t_d = duração da chuva (h)

tr = tempo de retardamento (h)

Na Figura (156.2) está a representação gráfica do hidrograma sintético do professor Kokei Uehara. Notemos que não é um hidrograma unitário e sim um hidrograma sintético.

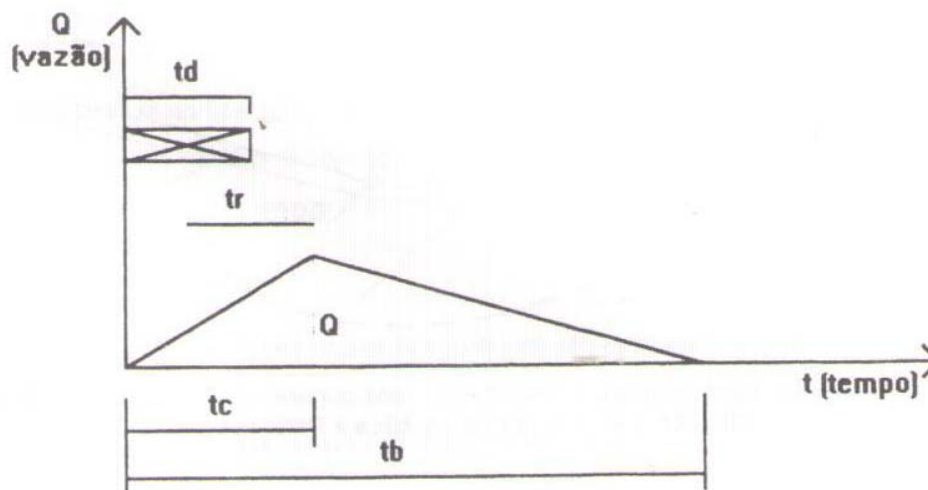


Figura 156.2- Hidrograma sintético e seus parâmetros.
Fonte: Kokei Uehara, 1994

Equação da intensidade máxima de chuva

Com a equação da intensidade máxima de chuva da região achamos o valor "I" em mm/h e a precipitação total em mm "h₁" durante "td" horas será:

$$h_1 = t_d \cdot I$$

Segundo o professor Kokei Uehara o valor h tem que ser corrigido ainda e para isto usamos:

Ábaco para determinar o coeficiente K

Nas Figuras (156.3) e (156.4) entrando na abscissa com área da bacia em km² e interpolando o tempo de concentração em horas, achamos o valor de K em fração que varia de 0 a 1,0.

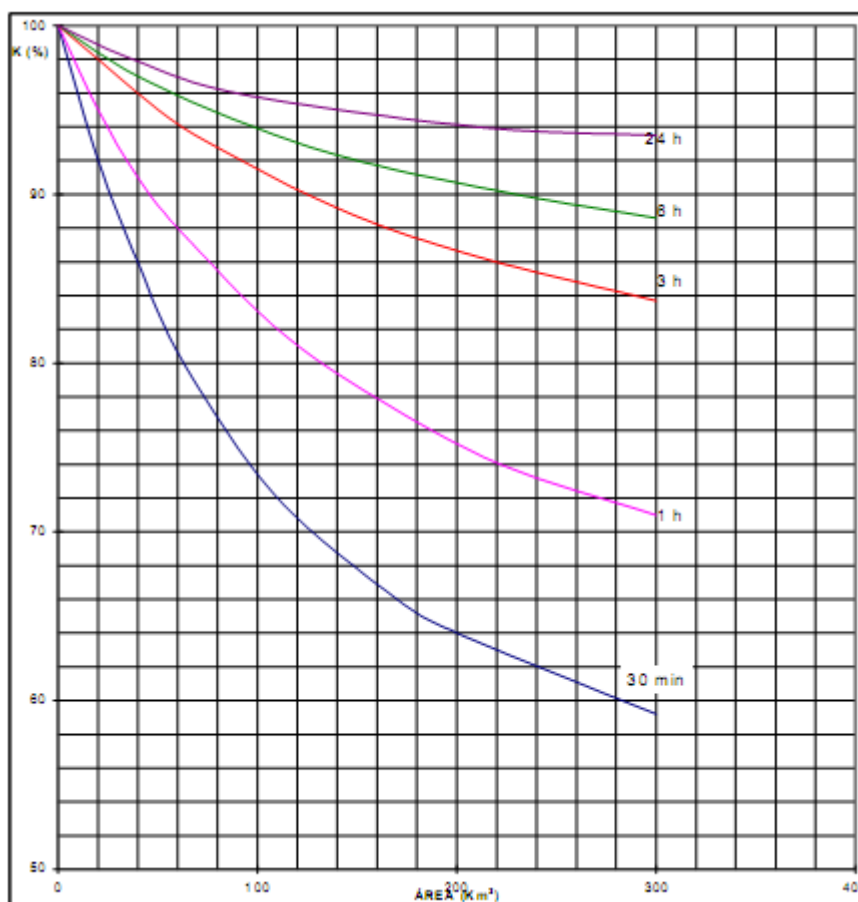


Figura 156.3- Ábaco para achar o valor de K. Fonte: PMSP, 1999
Entrar com área da bacia em Km² e com tc achar K

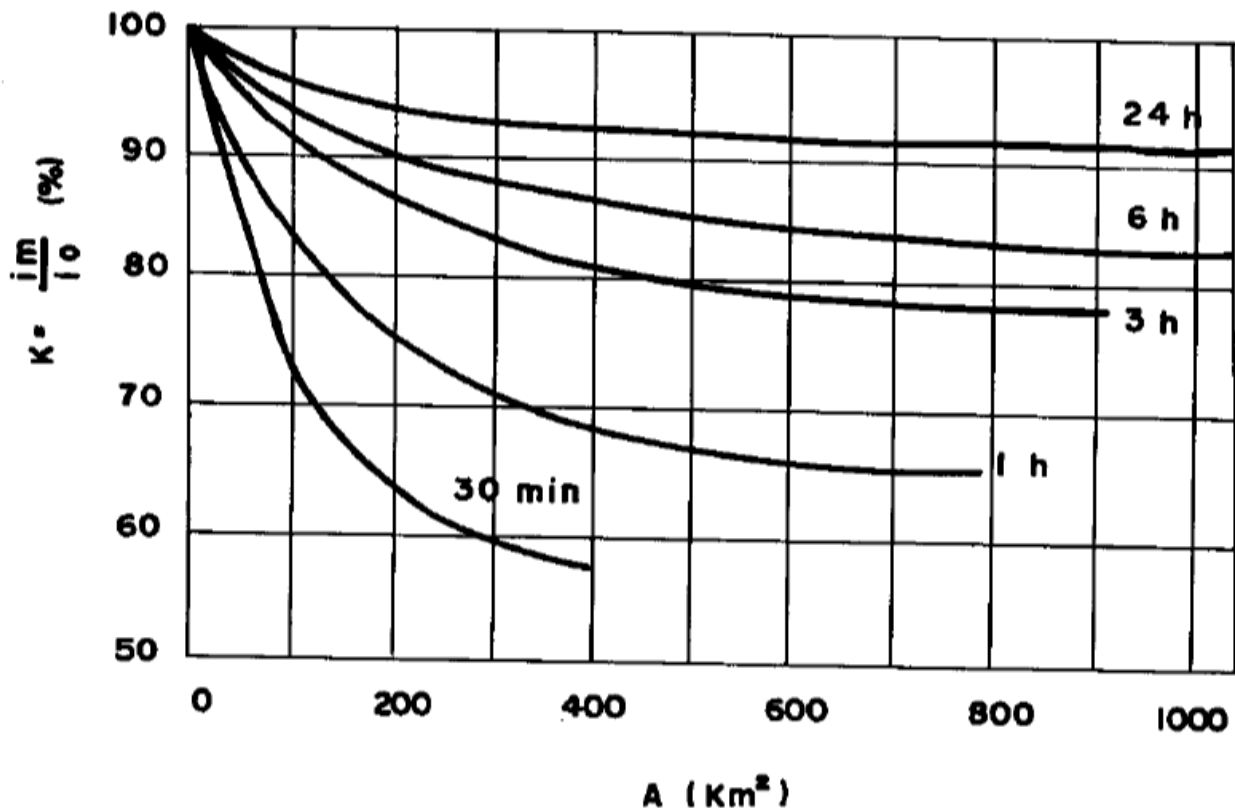


Figura 156.4- Coeficiente de distribuição espacial da chuva K em função da area da bacia e do tempo de concentração.

Portanto, o novo valor de h_1 será:

$$h = K \times h_1$$

Coeficiente de runoff C: é obtido usando-se a média ponderada.

$$C = (C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n) / \sum A_i$$

Altura excedente

A altura excedente "hexc" do escoamento superficial será o coeficiente de runoff ponderado obtido multiplicado pela precipitação total h obtida:

$$\text{hexc} = C \cdot h$$

O volume de escoamento V_{esc} será obtida da seguinte maneira:

$$V_{esc} = A \text{ (km}^2\text{)} \times 100 \times 10000 \times (\text{hexc} / 1000)$$

Tempo de concentração

Usamos normalmente a equação *California Culverts Practice* que foi recomendada pelo prof. dr. Kokei Uehara em 1969 para uso no método de I-PAI-WU.

$$t_c = 57 \times (L^2 / S)^{0,385}$$

Sendo:

t_c = tempo de concentração (min)

L = comprimento do talvegue (km)

S = declividade equivalente do talvegue (m/Km)

Tendo-se o tempo de concentração t_c em horas vamos obter o tempo base t_b também em horas que será $3.t_c$ a $3,5 t_c$.

$$t_b = 3t_c \text{ ou } 3,5 t_c$$

Escolhido t_b e tendo o volume V_{esc} achamos a vazão de pico Q que é obtido fazendo-se o calculo do volume do triângulo da Figura (156.2).

$$Q = (2.V_{esc}) / (t_b \times 3600)$$

Vazão base:

Adota-se normalmente $Q_b = 0,1 Q$

então teremos:

$$Q_{final} = Q_b + Q$$

Exemplo 156.1- professor Kokei Uehara

Dada uma bacia com 270 km^2 , comprimento do talvegue 35km, distância da seção de controle até o centro de gravidade de 13km. É fornecida a declividade equivalente de 1,8 m/km.

Tabela 156.1- Dados do problema

Area da bacia (km ²)=	270
Comprimento do talvegue (km)=	35
Ocupação do solo: pastagens, cafezaios e pequena area urbanizada C=	0,3
Distancia do centor de gravidade da bacia até a zona urbanizada de Catanduva (km)=	13
Declividade equivalente (m/km)=	1,8

O tempo de concentração t_c (min) é calculado pela fórmula do *California Culverts Praticice*:

$$t_c = 692 \text{ min} = 11,6 \text{ h}$$

É adotado o valor $Ct=2,2$ e o tempo de retardamento

$$tr = 0,75 \cdot Ct \cdot (L \cdot Lo)^{0,3}$$
$$tr = 0,75 \times 2,2 \cdot (35 \times 13)^{0,3} = 10,35h$$

O tempo da base do hidrograma sintético t_b será um valor entre $3t_c$ e $3,5t_c$ e adotamos 39,7h.

Adotaremos $Tr=100$ anos e a equação da chuva será a de Bauru e conforme Equações de chuvas intensas do DAAE teremos:

Nome da estação: Bauru – D6-036R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°19'S; Long. 49°02'W

Altitude: 540 m

Períodos de dados utilizados: 1971-73; 1975-95 (24 anos)

Equação: $i_{t,T} = 35,4487 (t+20)^{-0,8894} + 5,9664 (t+20)^{-0,7749} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.9)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Observe que o valor da Intensidade da chuva será em mm/min e temos que multiplicar por 60 para se obter “ I ” em mm/h.

$$t_d = tr/4,0 = 10,35/4 = 2,59 h$$

$$t_d = 2,59h = 2,59 \times 60 = 155,53 \text{ min}$$

$$I = 0,8 \text{ mm/min} = 45,5 \text{ mm/h}$$

$$h_1 = t_d \cdot I$$

$$h_1 = 2,59 \times 45,5 = 117,6 \text{ mm}$$

$$h = K \times h_1$$

No gráfico obteremos $K=0,84$

$$h = 0,84 \times 117,6 = 98,8 \text{ mm}$$

$$h_{exc} = C \cdot h$$

$$h_{exc} = 0,30 \times 98,8 = 29,6 \text{ mm}$$

$$V_{esc} = A \text{ (km}^2\text{)} \times 100 \times 10000 \times (h_{exc}/1000)$$

$$V_{esc} = 270 \text{ (km}^2\text{)} \times 100 \times 10000 \times (29,6/1000)$$

$$V_{esc} = 8002786$$

$$Q = (2 \cdot V_{esc}) / (t_b \times 3600)$$

$$Q = (2 \times 8002786) / (39,7 \times 3600) = 112,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_b = 0,1 \times 112 = 11,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 112 + 11,2 = 123,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabela 156-2- Cálculos

Tempo de concentração	
tc (min)= California Culverts Practice	693,2
tc(h) =California	11,6
tc (h) adotado	11,6
Ct=	2,2
tempo de retardamento Tr (h)= 0,75.Ct . (L. Lo)^ 0,3	10,35
Tempo de duração da chuva td (h)= tr/4	2,59
tb = 3tc	34,8
tb=3,5 tc	40,6
tb (h) adotado	39,7
Periodo de retorno (anos)= Tr=	100
duração da chuva (h)=	2,59
duração da chuva (min)=	155,23
I (mm/min) Bauru	0,8
I (mm/h)	45,5
P(mm)=	117,6
K adotado conforme Vem Te Chow	0,84
Chuva na bacia (mm)=	98,80
Chuva excedente (mm)= h exc=	29,6
Volume do escoamento superficial (m3)=	8002786
Vazão (m3/s)=	112,0
Vazão base (m3/s) =	11,2
Vazão total (m3/s)=	123,2

Tabela 156.4- Dados do hidrograma sintético

	Ordenada (m3/s/cm)	Abscissa (h)
1	0,0	0,0
2	11,6	112,0
3	39,7	0,0

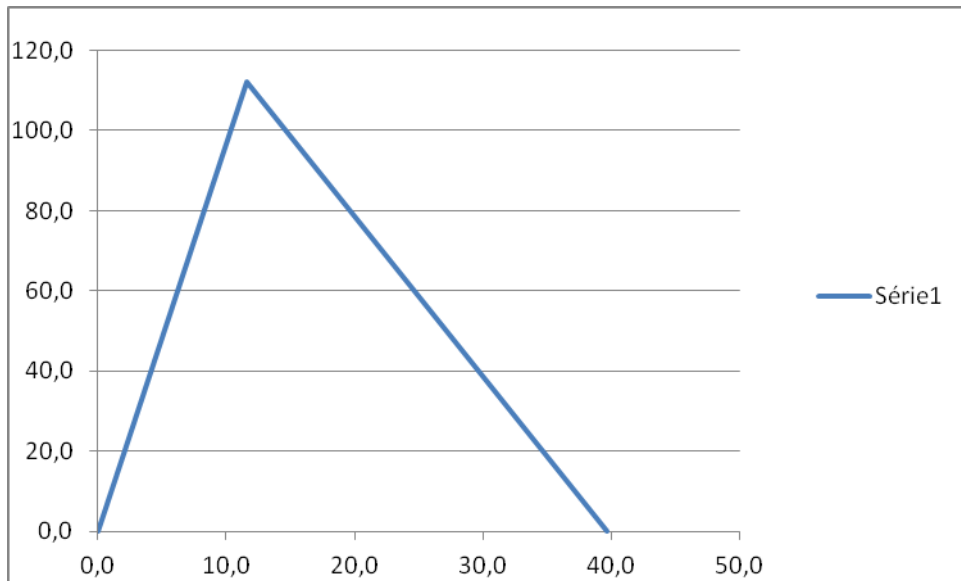


Figura 156.5- Hidrograma sintético pelo método do professor Kokei Uehara.

156. 10 Bibliografia e livros consultados

-UEHARA, KOKEI. *Métodos de cálculos de vazões máximas, médias e mínimas em bacias hidrográficas no Estado de São Paulo*. DAEE, 1994.