

Capítulo 21-Noções de Hidrologia e Hidráulica

21.1 Período de retorno (T)

É o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.

A probabilidade de ocorrência de um evento hidrológico de uma observação é o inverso do período de retorno.

$$P = 1/T$$

Como exemplo, para período de retorno de 25 anos a probabilidade é $P = 1/25 = 0,04$

A probabilidade de ocorrer em um ano, uma chuva de período de retorno de 25anos é de 4% (0,04). A probabilidade de não ocorrer é $1 - 0,04$, ou seja, 0,96 (96%).

Matematicamente teremos:

$$P = 1 - 1/T$$

Nota: em telhado adota-se normalmente $T=1$ ano, 5anos ou 25anos.

21.2 Tempo de concentração

Tempo de concentração é o tempo em que leva para que toda a bacia considerada contribua para o escoamento superficial.

O tempo de concentração é o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia.

A velocidade de escoamento superficial é fornecida pela fórmula:

$$V = k \times S^{0,5}$$

Sendo:

V= velocidade (m/s);

S= declividade (m/m) e

k= coeficiente conforme Tabela (21.1).

Tabela 21.1-Coeficientes “k” (SCN, 1975)

Uso da terra e regime de escoamento	Coefficiente k
Floresta com muita folhagem no solo	0,76
Área com pouco cultivo; terraceamento	1,52
Pasto ou grama baixa	2,13
Áreas cultivadas	2,74
Solo quase nu sem cultivo	3,05
Caminhos de escoamento em grama, pasto	4,57
Superfície pavimentada; pequenas vossorocas de nascentes	6,10

Fonte: adaptado de Bidone e Tucci p. 86 in Drenagem Urbana, Tucci, Porto et al., ABRH

O tempo mínimo de concentração a ser adotado em um telhado é de 5min.

21.4 Intensidade da chuva

Intensidade (I ou i) é a precipitação por unidade de tempo, obtida como a relação $I = P / t$, expressa-se normalmente em mm/hora ou mm/minuto.

Equação de Paulo S. Wilken para RMSP (Região Metropolitana de São Paulo)

$$I = \frac{1747,9 \cdot T_r^{0,181}}{(t + 15)^{0,89}} \quad (\text{mm/h})$$

Sendo:

I= intensidade média da chuva (mm/h);

T_r = período de retorno (anos);

t= duração da chuva (min).

Programa Pluvio2.1- Universidade Federal de Viçosa

www.ufv.br/dea/gprh/software.htm

I=intensidade da chuva (mm/h)

$$I = \frac{K \cdot T_r^a}{(t+b)^c} \quad (\text{mm/h})$$

T_r = período de retorno **25anos**

t= tempo de concentração = **5min**

21.5 Método Racional (3km^2)

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado por *Emil Kuichling* em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. A chamada fórmula racional é a seguinte:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

Sendo:

Q= vazão de pico (m^3/s);

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1.

I= intensidade média da chuva (mm/h);

A= área da bacia (ha). 1ha= 10.000m^2

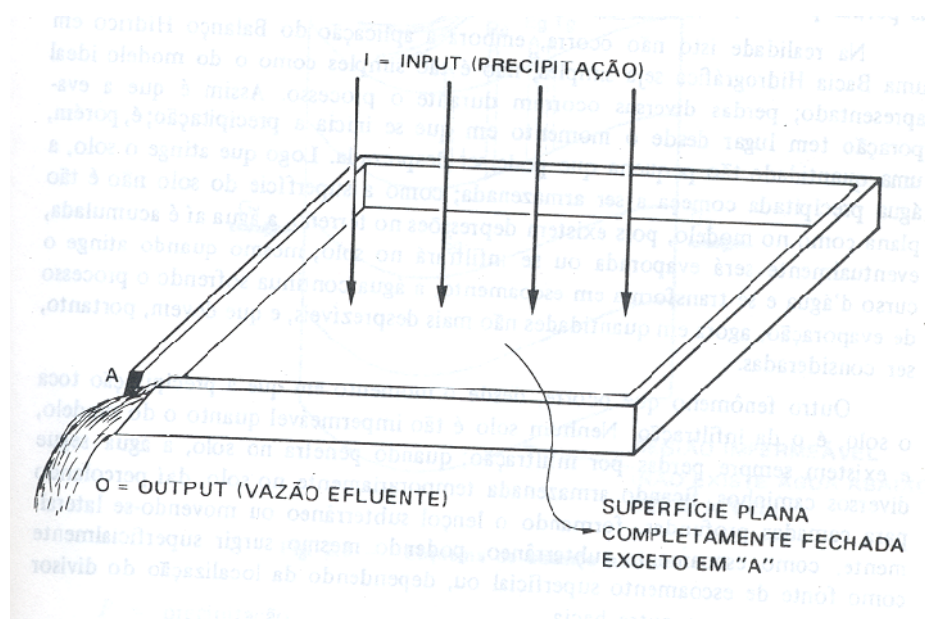


Figura 21.1-Modelo de sistema hidrológico simples

Fonte: Villela e Mattos, Hidrologia Aplicada

Tabela 21.3-Valores do coeficiente de escoamento superficial C da Prefeitura Municipal de São Paulo

Zonas	Valor de C	Tempo de entrada (min)
Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95	5
Edificação não muito densa: Partes residenciais com baixa densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70	5
Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60	5
Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50	5
Subúrbios com alguma habitação: Partes de arrabaldes e suburbanos com pequena densidade de construção	0,10 a 0,25	5 a 10
Matas, parques e campos de esportes: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esportes sem pavimentação.	0,05 a 0,20	5 a 10

Fonte: Wilken, 1978 acrescido do tempo de entrada

Exemplo 21.1

Dada área da bacia A= 5ha, coeficiente de escoamento superficial C= 0,70 e intensidade da chuva

I= 50mm/h. Calcular o vazão de pico Q.

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360 = 0,70 \times 50\text{mm/h} \times 5\text{ha} / 360 = 0,49\text{m}^3/\text{s}$$

21.6 Média, Mediana, Percentil

Dado precipitação de janeiro uma cidade durante 10anos. A média é a soma total dividido pelo número de anos e no caso o valor é 105mm

Mediana: é um valor de que 50% é maior do que todas as precipitações e no caso é 91mm.

Percentil: por exemplo queremos percentil de 75% e obtemos no Excel o valor 56mm

Tabela 21.1- Média, mediana e percentil

Ordem	Dados	
1	223	
2	89	
3	92	
4	47	
5	40	
6	30	
7	82	
8	121	
9	114	
10	216	
Média	105	
Mediana=	91	(50%)
Percentil	56	75%

MED (D8:D17)=91

Percentil (D8:D17; 0,25)= 56mm para 75%

21.7 Hidráulica

Equação da continuidade

$$Q = A \times V$$

Sendo: Q= vazão média (m³/s)

A= área da seção transversal (m²)

V= velocidade média (m/s)

Exemplo 21.2

Dado tubulação D=0,30m e Velocidade média V=2m/s. Calcular Q=?

$$A = \pi \times D^2 / 4$$

$$A = \pi \times 0,30^2 / 4 = 0,07069 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times V = 0,07069 \times 2,00 = 0,14138 \text{ m}^3/\text{s} = 141,38 \text{ L/s}$$

21.8 Orifício

O orifício pode ter seção circular ou seção retangular.

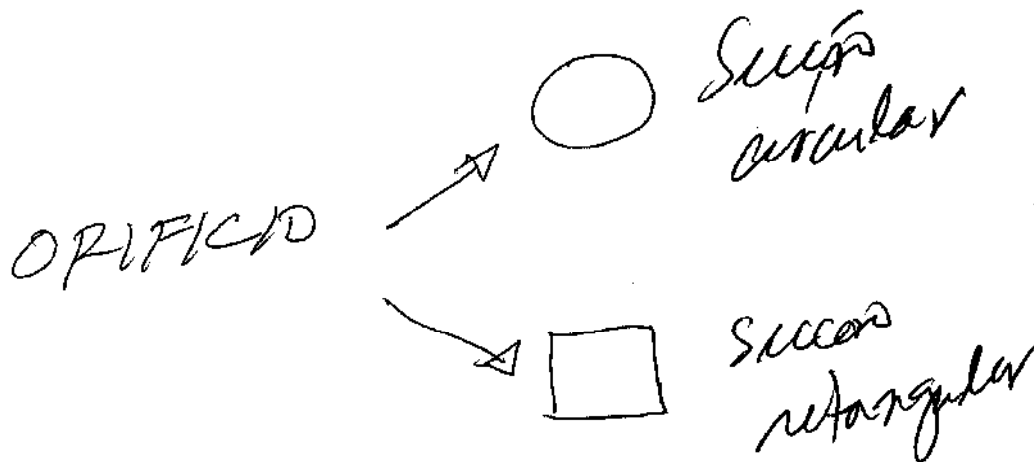


Figura 21.2- Esquema do orifício

A equação do orifício é:

$$Q = C_d \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0,5}$$

Sendo:

Q= vazão (m³/s)

C_d= coeficiente de descarga normalmente adotado C_d=0,62

A= área da seção transversal do orifício (m²)

g= aceleração da gravidade = 9,81m/s²

h= altura do nível da água (m)

Exemplo 21.3

Calcular a vazão média de um orifício para reservatório com altura de 1,5m, com diâmetro do orifício de 0,15m observando-se que não há entrada de água no reservatório

Primeira observação: não há entrada de água.

Tomamos a altura h como a média da altura;

$$h = 1,5/2 = 0,75\text{m}$$

$$Q = 0,62 \times 0,01767 \times (2 \times 9,81 \times 0,75)^{0,5} = 0,042\text{m}^3/\text{s} = 42 \text{ L/s}$$

Exemplo 21.4

Dado um reservatório com altura de 1,20m com água e largura de 2,0m e comprimento de 4,0m. Queremos calcular o diâmetro do orifício para que o reservatório se esvazie em 10min.

Porque 10 min ? Resposta: tempo de duração do *first flush*

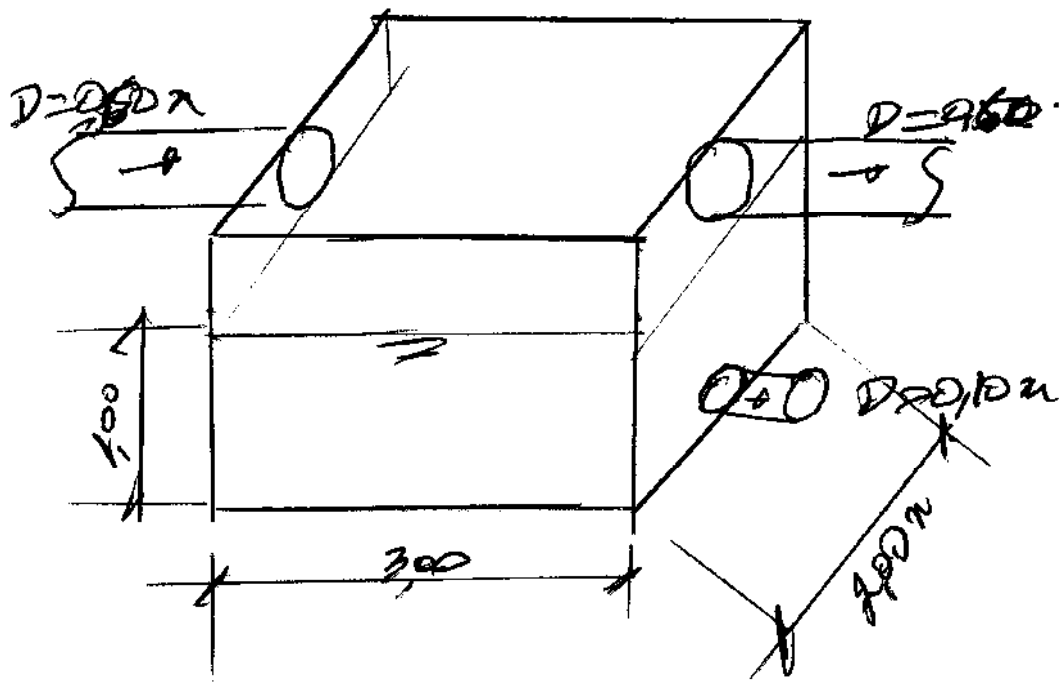


Figura 21.3- Esquema de reservatório com orifício para esvaziamento

$$\text{Volume do reservatório} = 2,0\text{m} \times 4,0\text{m} \times 1,2\text{m} = 9,6\text{m}^3$$

Vazão de esvaziamento Q será:

$$Q = \text{Volume} / \text{Tempo}$$

Sendo:

Q= vazão média (m³/s)

V= volume (m³)

T= tempo em segundos

$$Q = \text{Volume} / \text{Tempo}$$

$$Q = 9,6 \text{m}^3 / (10 \text{min} \times 60 \text{s}) = 9,6 / 600 = 0,016 \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q = C_d \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0,5}$$

Mas $h = 1,20/2 = 0,60 \text{m}$ (cuidado)

$$0,016 = 0,62 \times A \times (2 \times 9,81 \times 0,60)^{0,5}$$

$$A = 0,00752 \text{m}^2$$

$$A = \pi \times D^2 / 4$$

$$D = [(4 \times A) / \pi]^{0,5}$$

$$D = [(4 \times 0,00752) / \pi]^{0,5} = 0,097 \text{m} = 0,10 \text{m Adoto}$$

21.9 Tempo de esvaziamento

Considerando que o reservatório tenha paredes verticais podemos calcular o tempo de esvaziamento através da equação:

$$T = [2 \cdot A_s \cdot (y_1^{0,5} - y_2^{0,5})] / [C_d \cdot A_o \cdot (2 \cdot g)^{0,5}]$$

Sendo:

T= tempo de esvaziamento em segundos

A_s= área da seção transversal do reservatório (m²)

A_o= área da seção transversal do orifício (m²)

C_d=0,62

g= 9,81m/s²

y₁= altura inicial (m)

y₂= altura final (m)

Exemplo 21.5

Dado um reservatório em forma de paralelepípedo com altura de 1,20m e largura de 2,0m e comprimento de 4,0m. Calcular o tempo de esvaziamento para um orifício de diâmetro D=0,10m.

Lembramos que supomos que não entra água no reservatório

Área da seção transversal do reservatório

$$A_s = 2,0 \text{m} \times 4,0 \text{m} = 8,0 \text{m}^2$$

Altura inicial

$$y_1 = 1,20 \text{m}$$

Altura final

$$y_2 = 0$$

$$C_d = 0,62$$

$$A_o = \pi \times D^2 / 4 = \pi \times 0,10^2 / 4 = 0,00785 \text{m}^2$$

$$T = [2 \cdot A_s \cdot (y_1^{0,5} - y_2^{0,5})] / [C_d \cdot A_o \cdot (2 \cdot g)^{0,5}]$$

$$T = [2 \times 8 \times (1,2^{0,5} - 0^{0,5})] / [0,62 \times 0,00785 \times (2 \times 9,81)^{0,5}]$$

T=813 s= 13,6min > 10min OK.

21.10 Vertedor circular em parede vertical

É usado para o extravasor com tubulação.

$$Q = 1,518 \cdot D^{0,693} \cdot H^{1,807}$$

Sendo:

Q= vazão (m³/s)

D= diâmetro da tubulação (m)

H= altura do nível de água na tubulação (m). Geralmente usamos o máximo de 0,75D.

Exemplo 21.6

Calcular a vazão de um extravasor em tubulação com diâmetro de 0,90m e altura do nível de água H=0,40m.

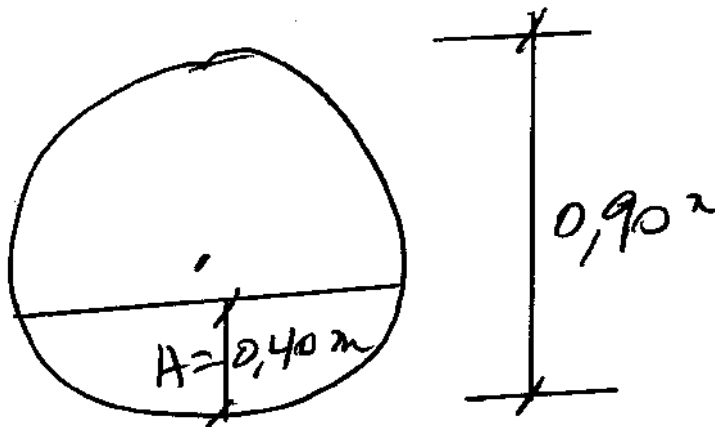


Figura 21.4- Seção circular de tubulação usada como vertedor

$$Q = 1,518 \cdot D^{0,693} \cdot H^{1,807}$$

$$Q = 1,518 \times 0,90^{0,693} \times 0,40^{1,807} = 0,269 \text{ m}^3/\text{s} = 269 \text{ L/s}$$

Exemplo 21.7

Calcular a vazão de um extravasor em tubulação com diâmetro de 0,90m e altura do nível de água H=0,75D.

$$Q = 1,518 \cdot D^{0,693} \cdot H^{1,807}$$

$$Q = 1,518 \cdot D^{0,693} \cdot (0,75 \cdot D)^{1,807}$$

$$Q = 0,43 \times D^{2,5}$$

$$Q=0,43 \times 0,90^{2,5}$$
$$Q=0,33\text{m}^3/\text{s}=330 \text{ L/s}$$

21.11 Fórmula de Manning

$$V = (1/n) \cdot R^{(2/3)} \cdot S^{0,5}$$

Equação da continuidade: $Q = A \cdot V$

Sendo:

Q= vazão de pico (m^3/s)

N= coeficiente de Manning

R= raio hidráulico (m)

S= declividade (m/m)

Para canais ou calhas temos:

$$Q = A \cdot (1/n) \cdot R^{(2/3)} \cdot S^{0,5}$$

$$A = b \cdot y$$

b=largura do canal (m)

$$R = A/P = (b \times y) / (b + 2y)$$

Por tentativas achamos y

Adotamos altura com folga 0,20m