

## Capítulo 45

# Tempo de esvaziamento

**“Cerca de 70% do corpo humano consiste de água”.**  
*Tucci, 2002, Inundações urbanas na América do Sul.*



### SUMÁRIO

<b>Ordem</b>	<b>Assunto</b>
	<b>Capítulo 45 - Tempo de esvaziamento</b>
45.1	Introdução
45.2	Tempo de esvaziamento
45.3	Tempo de esvaziamento para uma seção transversal qualquer

**4 páginas**

## Capítulo 45 - Tempo de esvaziamento de um reservatório

### 45.1 Introdução

Algumas vezes é necessário saber o tempo de esvaziamento de um reservatório.

A forma do reservatório pode ser prismática ou totalmente irregular. Muitas vezes a forma, embora irregular, pode ser aproximada a uma seção trapezoidal, tronco de pirâmide, etc.

No fundo do reservatório sempre há um orifício para o escoamento da água de onde queremos calcular o tempo.

A escolha do tempo dependerá do projetista, podendo ser optado por um tempo longo ou por um tempo curto como de 8 horas, por exemplo, ou 24h usado pela CIRIA, 1997.

Podemos ter caso em que o esvaziamento deverá ser feito através de bombeamento.

### 45.2 Tempo de esvaziamento

Genericamente para qualquer seção transversal  $A_s$ , o tempo de esvaziamento em segundos de qualquer reservatório pode ser calculado pela Equação (45.1), conforme Malásia, 2000.

$$t = [1 / C_d \cdot A_o \cdot (2 \cdot g)^{0,5}] \cdot \int_{y_1}^{y_2} A_s \, dy / y^{0,5} \quad \text{(Equação 45.1)}$$

Quando a superfície da água é constante, isto é, as paredes são verticais, então a equação acima fica:

$$t = [2 \cdot A_s \cdot (y_1^{0,5} - y_2^{0,5})] / [C_d \cdot A_o \cdot (2 \cdot g)^{0,5}] \quad \text{(Equação 45.2)}$$

Sendo:

$A_o$  = área da seção transversal do orifício ( $m^2$ );

$C_d$  = 0,62 coeficiente de descarga;

$A_s$  = área transversal do reservatório na profundidade  $y$  ( $m^2$ );

$t$  = tempo de esvaziamento (segundos);

$y_1$  = altura da água no início (m);

$y_2$  = altura do nível de água no fim (m) e

$g$  = aceleração da gravidade ( $g=9,81m/s^2$ )

O orifício mínimo deve ter diâmetro  $\geq 50mm$ .

#### Exemplo 45.1

Calcular o tempo de esvaziamento de um reservatório em forma de paralelepípedo com altura de 6m, largura de 10m e 20m de comprimento. O diâmetro do tubo de saída é de 200mm.

Área do orifício:  $A_o$

$$D = 200mm = 0,20m$$

$$A_o = \pi D^2 / 4 = \pi 0,20^2 / 4 = 0,0314m^2$$

Seção transversal:  $A_s$

$$A_s = 10m \times 20m = 200m^2$$

$$y_1 = 6m$$

$$y_2 = D/2 = 0,10m$$

$$C_d = 0,62$$

$$t = [2 \cdot A_s \cdot (y_1^{0,5} - y_2^{0,5})] / [C_d \cdot A_o \cdot (2 \cdot g)^{0,5}]$$
$$t = [2 \cdot 200 \cdot (6^{0,5} - 0,10^{0,5})] / [0,62 \cdot 0,0314 \cdot (2 \cdot 9,81)^{0,5}]$$
$$t = 10.669 \text{ s} = 2,96h$$

Portanto, o reservatório se esgota em 2,96h.

#### Exemplo 45.2

Calcular o tempo de esvaziamento de um reservatório em forma de paralelepípedo com altura de 6,4m, área transversal de 16.786m<sup>2</sup>. O diâmetro do tubo de saída é de 1,00m.

Área do orifício:  $A_o$

$$D = 1,0m$$

$$A_o = \pi D^2 / 4 = \pi 1,00^2 / 4 = 0,7854m^2$$

Seção transversal:  $A_s$

$$A_s = 116786m^2$$

$$y_1 = 6,4m$$

$$y_2 = D/2 = 0,50m$$

$$C_d = 0,62$$

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

$$t = [2 \cdot 16786 \cdot (6,4^{0,5} - 0,50^{0,5})] / [0,62 \cdot 0,7854 \cdot (2,9,81)^{0,5}]$$

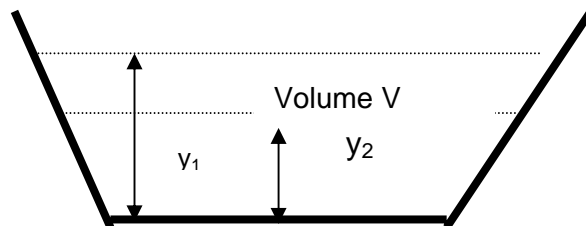
$$t = 28370 \text{ s} = 8,0\text{h}$$

A vazão máxima  $Q=5,46\text{m}^3/\text{s}$  calculada como orifício com a altura máxima de 6,4m.

Portanto, o reservatório se esgota em 8,0h e no início quando se abre a válvula borboleta a vazão máxima será de  $5,46\text{m}^3/\text{s}$ .

### 45.3 Tempo de esvaziamento para uma seção transversal qualquer

Para uma área transversal "As" qualquer, podemos aplicar a Equação (45.2) para um determinado volume "V", conforme Figura (45.1).



**Figura 45.1 - Esquema para calcular o tempo parcial  $t_1, t_2, t_3, \dots$  para qualquer volume e qualquer área As a  $y_1$  e  $y_2$  do orifício.**

Calcula-se então o tempo  $t_1$  para o volume  $V_1$ ,  $t_2$  para o volume  $V_2$  e assim por diante, que estão na altura  $y_1$  e  $y_2$  em relação a metade do diâmetro do orifício.

O tempo total  $t$  será :  $t = t_1 + t_2 + t_3 + \dots$

### Exemplo 45.3

Calcular o tempo de esvaziamento de um barragem com  $225.792\text{m}^3$  com altura máxima de 6,00m e com orifício de diâmetro de 1,00m. Considera-se os volume acima da metade do orifício.

**Tabela 45.1- Cálculo do tempo de esvaziamento de um reservatório com seção variável.**

Altura (m)	Volume ( $\text{m}^3$ )	Volume por faixa ( $\text{m}^3$ )	As média ( $\text{m}^2$ )	$y_1$ (m)	$y_2$ (m)	tempo	
						(s)	(h)
0,5	15302	15302	30604	0,5	0,0	20076	6
1,0	31212	15910	31820	1,0	0,5	8646	2
1,5	47741	31831	63661	1,5	1,0	13273	4
2,0	64896	33066	66131	2,0	1,5	11624	3
2,5	82688	49622	99244	2,5	2,0	15369	4
3,0	101124	51502	103004	3,0	2,5	14421	4
3,5	120215	68713	137425	3,5	3,0	17693	5
4,0	139968	71256	142511	4,0	3,5	17078	5
4,5	160394	89138	178276	4,5	4,0	20065	6
5,0	181500	92362	184724	5,0	4,5	19665	5
5,5	203297	110935	221869	5,5	5,0	22465	6
6,0	225792	114858	229715	6,0	5,5	22224	6
						Total=	<b>56</b>

O tempo de escoamento é a soma dos tempos parciais e o total é de 56h.

#### **45.5 Bibliografia e livros consultados**

-CIRIA (CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION). *Design of flood storage reservoirs*. Inglaterra, 140 páginas, 1996.