

## **Capítulo 107**

# **Dissipador Tipo VI do USBR modelo FHWA**

## Capítulo 107- Dissipador Tipo VI do USBR modelo FHWA

### 107.1 Introdução

Como os cálculos dos dissipadores requerem uma grande quantidade de gráficos e que englobam barragens de grande porte até uso de tubos de galerias de águas pluviais, vamos apresentar uma solução ótima e simples de ser aplicada para saída de tubulações e de pequenos canais denominada por Peterka como Tipo VI.

O Tipo VI do USBR é recomendado pela Prefeitura Municipal de São Paulo, pelo FHWA (*Federal Highway Administration*) e pelo Departamento de Águas e Esgotos de Araraquara, bem como pelo autor. A PMSP a chama de **dissipador de impacto** ou **bloco de impacto** e informa que são econômicas e versáteis.

O dissipador de energia de impacto Tipo VI tem duas condições básicas conforme Peterka, 2005 e entre parenteses estão as condições básicas usadas pelo FHWA que são um pouco maiores.

$$\begin{aligned} V &\leq 9,0 \text{ m/s} \quad (15,2 \text{ m/s FHWA}) \\ 0,3 \text{ m}^3/\text{s} &< Q < 9,3 \text{ m}^3/\text{s} \quad (11,3 \text{ m}^3/\text{s FHWA}) \end{aligned}$$

Sendo:

V = velocidade média em m/s

Q = vazão de pico em m<sup>3</sup>/s.

Aonde existe muito lixo nas águas pluviais não se aplica a bacia Tipo VI.

Não é necessário haver *tailwater* Tw no curso natural.

Vamos mostrar três métodos de cálculo, sendo um analítico usado no Estado da Geórgia, 2005, outro por Peterka, 2005 e o método usado pelo FHWA..

Conforme Peterka para número de Froude igual a 10, a perda de energia é 83%. Para F=4 temos perda de energia de 60%. Para F=2,3 a perda de energia é 50%. Para F=1,2 a perda de energia é 25%.



Figura 1- Dissipador de impacto tipo VI sem água. Fonte: Fema,2010.



**Figura 2- Dissipador de impacto tipo VI COM água. Fonte: Fema,2010.**

### **107.2 Método analítico usado no Estado da Geórgia, 2005**

Peterka, 2005 salienta que o número de Froude é importantíssimo em bacias de dissipação de energia, pois é um número que é facilmente usado em modelos.

Segundo Geórgia, 2005 o número de Froude está entre 1 e 9.

O número de Froude  $F$  tem a seguinte apresentação conforme Peterka, 2005.

$$F = V / (g \times D)^{0,5}$$

Sendo:

$F$  = número de Froude

$V$  = velocidade (m/s)

$D$  = altura de uma seção retangular com seção quadrada com altura igual à altura do tubo ou altura equivalente  $D$  do canal ou tubulação conforme Peterka, 2005.

$$D \times D = A$$

$$D = A^{0,5}$$

**Dica: a entrada  $D$  é como se fosse uma seção quadrada.**

Segundo FHWA, 2006 ao invés de usar a seção quadrada opta por retangular com altura  $D$  e largura  $2D$  e sendo a área da seção de escoamento  $A$  teremos:

$$D \times (2D) = A$$

$$D = (A/2)^{0,5}$$

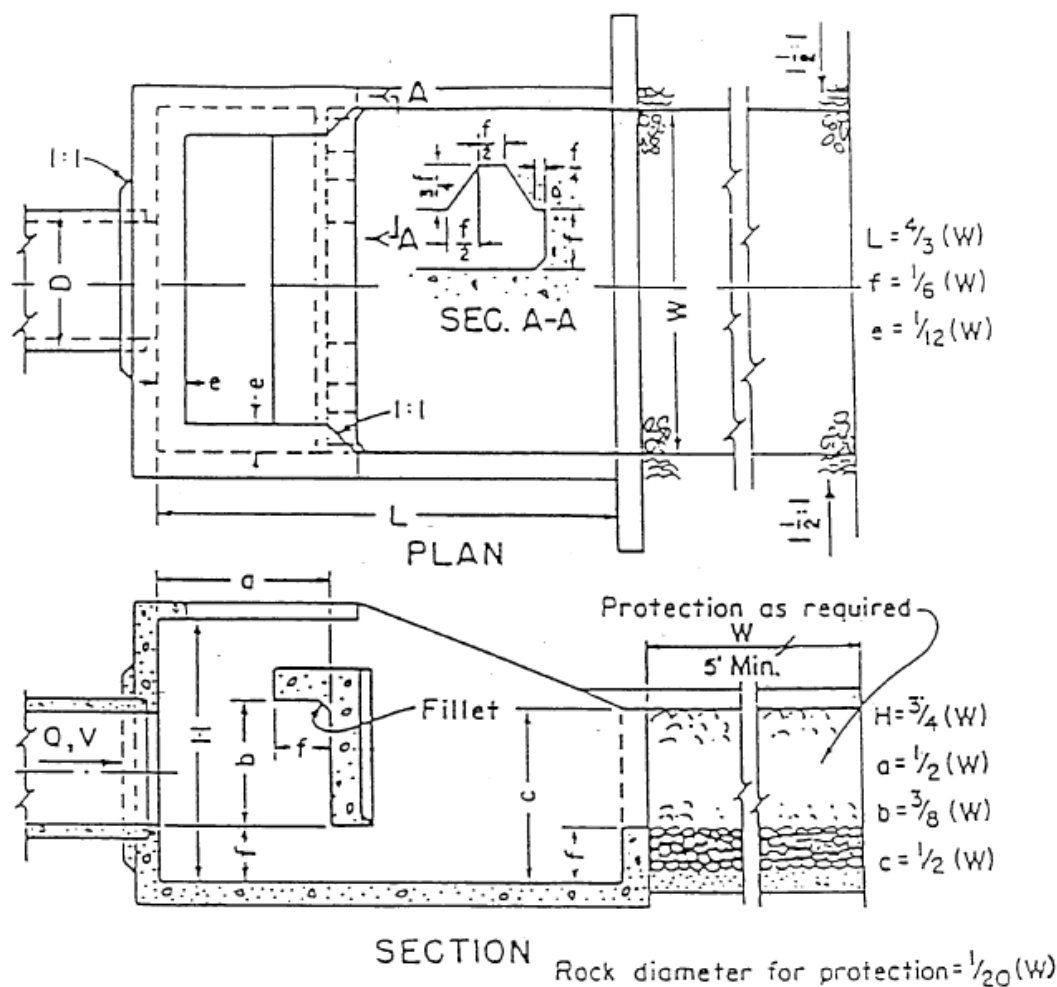
Portanto, mesmo que a seção de entrada seja circular é necessário achar a altura  $D$  e adotaremos para achar a altura  $D$  o critério de Peterka, 2005 que usa seção quadrada.

### Cálculo de W

$$W/D = 2,88 \times F^{0,566}$$

Relações conforme Estado da Geórgia, 2005 conforme Figura (107.1). Salientamos que a Figura (107.1) do Estado da Geórgia, 2005 as representações são diferentes da Figura (107.2) de Peterka, 2005.

- $L = (4/3) W$
- $f = (1/6) W$
- $e = (1/12) W$
- $H = (3/4) W$
- $a = (1/2) W$
- $b = (3/8) W$
- $c = (1/3) W$
- $d = (1/6) W$



**Figura 107.1- Esquema do dissipador de energia tipo *basin* VI do USBR  
 Fonte: Geórgia, 2005**

### Exemplo 107.1-adaptado de Geórgia, 2005.

Calcular uma bacia de dissipação Tipo VI com vazão de um bueiro com  $4,0\text{m}^3/\text{s}$  que vêm de um bueiro de travessia de uma estrada com desnível de  $h=4,0\text{m}$ . Não interessa se o bueiro é circular, quadrado ou retangular ou outra secção qualquer. Vamos supor que o *tailwater* do curso natural seja  $TW=0,90\text{m}$

Cálculo da velocidade teórica

$$V = (2 \times g \times h)^{0,5}$$

$$h=4,5\text{m}$$

$$V = (2 \times 9,81 \times 4,0)^{0,5} = 8,9\text{m/s} < \mathbf{9\text{m/s OK}}$$

$$Q=4,0\text{m}^3/\text{s} < \mathbf{9,3\text{m}^3/\text{s OK}}$$

Altura equivalente  $D_1$  conforme Peterka, 2005.

$$Q=A \times V \quad \text{portanto } A=Q/V=4,0/8,9=0,45\text{m}^2$$

$$Ye=D_1=A^{0,5}=(0,45)^{0,5}=0,67\text{m}$$

$$F=V_0/(g \times D_1)^{0,5}=9,33/(9,81 \times 0,67)^{0,5}=3,5$$

Cálculo de W

$$\mathbf{W/D=2,88 \times F^{0,566}}$$

$$W=D \times 2,88 \times F^{0,566}=0,67 \times 2,88 \times 3,5^{0,566}=3,92\text{m. Adoto } W=4,0\text{m}$$

O valor da relação  $W/D$  varia de 3 a 10 e no caso temos  $W/D=4,0\text{m}/0,67\text{m}=5,97$ .

$$L=(4/3)W=5,33\text{m}$$

$$f=(1/6)W=0,67\text{m}$$

$$e=(1/12)W=0,33\text{m}$$

$$H=(3/4)W=3,00\text{m}$$

$$a=(1/2)W=2,00\text{m}$$

$$b=(3/8)W=1,50\text{m}$$

$$c=(1/3)W=1,33\text{m}$$

$$d=(1/6)W=0,67\text{m}$$

### Rip-rap

Após o Basin tipo VI com redução de energia por impacto ainda temos velocidade na saída do dissipador de energia e portanto é necessário na transição com o canal natural que se faça um rip-rap.

Segundo Geórgia, 2005 a largura do rip-rap é  $W$  o comprimento mínimo do rip-rap é  $W$  sendo o mínimo de 1,5m.

A profundidade do rip-rap é  $f=W/6$

O diâmetro médio da rocha é  $W/20$

A declividade dos taludes é 1,5: 1.

### Tailwater existente: Tw

O dissipador de energia por impacto tipo basin VI não necessita de tailwater para o seu funcionamento. Mas um *tailwater* com altura  $b/2+f$  reduzirá o impacto da velocidade.

Como o tailwater  $Tw$  do curso natural é necessário que a geratriz inferior da tubulação de entrada esteja a distância  $b/2 + f$  abaixo do *tailwater*  $Tw$ . Então  $(b/2+f)-Tw$ .

Portando, o fundo tubo de entrada deverá estar a  $(b/2+f)-Tw$  abaixo do nível de água do *tailwater*.

Para vazões maiores podem ser feitas descargas múltiplas uma ao lado da outra conforme aconselhado por Peterka, 2005.



**Figura 3- Dois dissipadores de impacto tipo VI em paralelo. Fonte: Fema,2010.**

### 107.3 Bacia de dissipação Tipo VI do USBR com método de Peterka, 2005

Vamos usar o método de Peterka, 2005 e observemos novamente que a Tabela (107.1) corresponde às indicações da Figura (107.2). **Não confundir!**

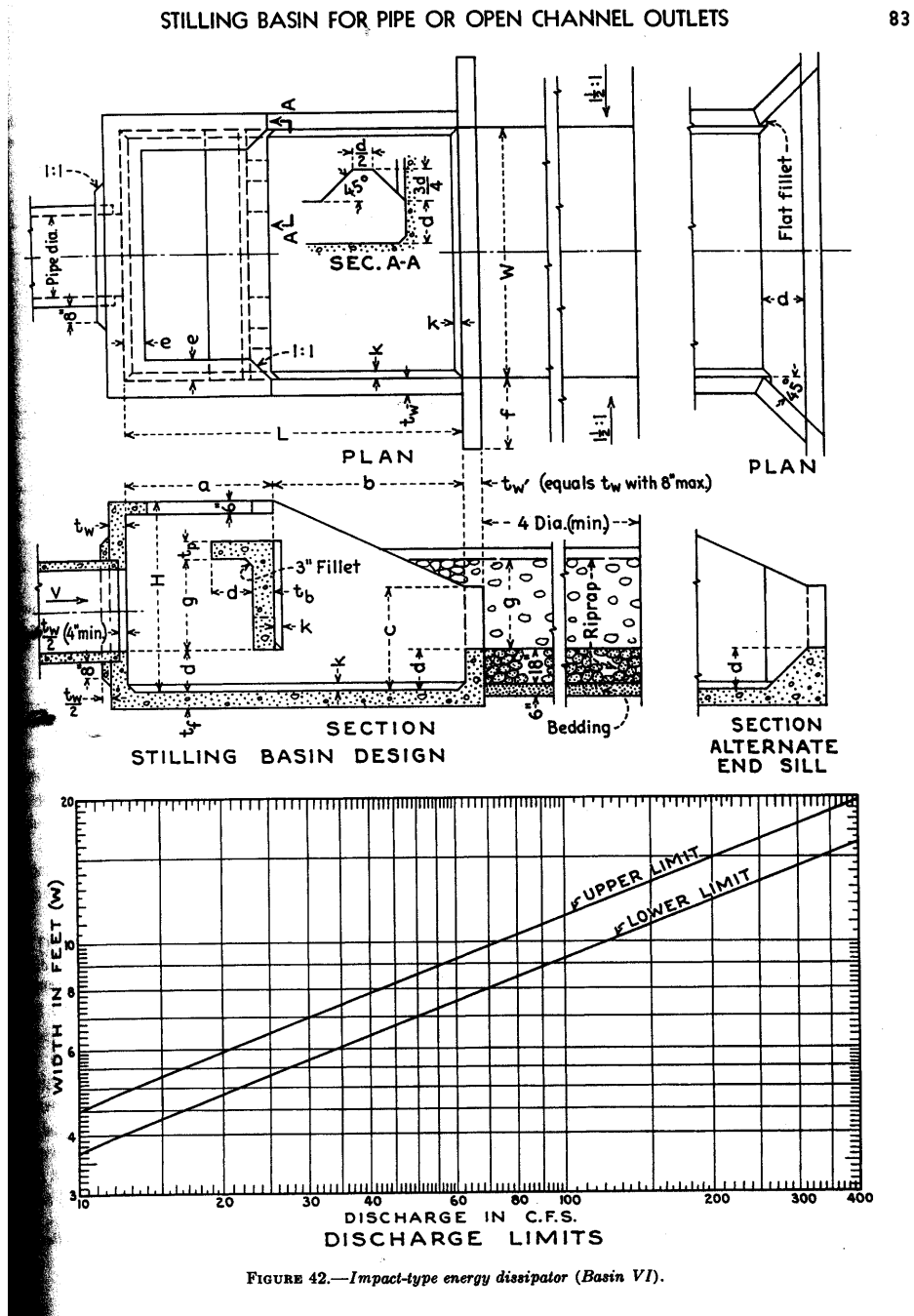


Figura 107.2- Dissipador de energia Tipo VI  
 Fonte: Peterka, 2005

Usamos a Tabela (107.1) que foi feita por Peterka, 2005 para velocidade de 3,6m/s da água na entrada.

**Tabela 107.1- Dimensões básicas do dissipador de impacto Tipo VI USBR para velocidade de 3,6m/s**

Diâmetro (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	W (m)	H (m)	L (m)	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	e (m)	f (m)	tw (m)	tf (m)	tp (m)	K (m)	d50 (m)
0,40	0,59	1,7	1,24	2,20	0,83	0,83	0,83	0,28	0,14	0,28	0,15	0,17	0,15	0,08	0,10
0,60	1,08	2,0	1,46	2,60	0,98	0,98	0,98	0,33	0,16	0,33	0,15	0,17	0,15	0,08	0,18
0,80	1,67	2,6	1,91	3,40	1,28	1,28	1,28	0,43	0,21	0,43	0,15	0,17	0,18	0,08	0,22
0,90	2,41	2,9	2,14	3,80	1,43	1,43	1,43	0,48	0,24	0,48	0,18	0,19	0,20	0,08	0,23
1,00	3,25	3,2	2,36	4,20	1,58	1,58	1,58	0,53	0,26	0,53	0,20	0,22	0,23	0,10	0,24
1,20	4,27	3,5	2,59	4,60	1,73	1,73	1,73	0,58	0,29	0,58	0,23	0,24	0,25	0,10	0,27
1,30	5,41	4,1	3,04	5,40	2,03	2,03	2,03	0,68	0,34	0,68	0,25	0,27	0,25	0,10	0,30
1,50	6,68	4,4	3,26	5,80	2,18	2,18	2,18	0,73	0,36	0,73	0,28	0,29	0,28	0,15	0,33
1,80	9,59	5,0	3,71	6,60	2,48	2,48	2,48	0,83	0,41	0,83	0,30	0,32	0,30	0,15	0,36

Como a velocidade normalmente é diferente então temos que fazer que achar o diâmetro equivalente a velocidade de 3,6m/s.

Para o cálculo do diâmetro com a seção plena é necessário

$A=3,1416 \times D^2/4$  usar a velocidade de 3,6m/s conforme Geórgia, 2005.

$$Q= A \times V$$

$$V= 3,6\text{m/s}$$

$$Q=A \times 3,6$$

$$A=Q/3,6$$

$$Q/3,6=PI \times D^2/4$$

Como temos o valor de Q achamos o valor de D.

### Exemplo 107.2- para o caso de Peterka, 2005

Calcular uma bacia de dissipação Tipo VI com vazão de um bueiro com 4,0m<sup>3</sup>/s que vem de um bueiro de travessia de uma estrada com desnível de h=4,0m. Não interessa se o bueiro é circular, quadrado ou retangular ou outra seção qualquer.

Verifiquemos primeiro a velocidade se não é maior que 9 m/s.

Cálculo da velocidade teórica

$$V= (2 \times g \times h)^{0,5}$$

$$h=4,5\text{m}$$

$$V= (2 \times 9,81 \times 4,0)^{0,5}=8,9\text{m/s} < 9\text{m/s OK}$$

$$Q=4,0\text{m}^3/\text{s} < 9,3\text{m}^3/\text{s OK}$$

Diâmetro equivalente para velocidade de 3,6m/s

$$Q= A \times V$$

$$V= 3,6\text{m/s}$$

$$Q=A \times 3,6$$

$$A=Q/3,6=4,0\text{m}^3/\text{s}/3,6=1,11\text{m}^2$$

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

$$1,11\text{m}^2=3,1416 \times D^2/4$$

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

Entrando na Tabela (107.1) com o diâmetro D=1,20m achamos as dimensões que são:

$$W=3,5\text{m}$$

$$H=2,59\text{m}$$



L=4,60m

a=1,73

b=1,73

c=1,73m

d=9,58

e=0,29

f=0,58

tw=0,23

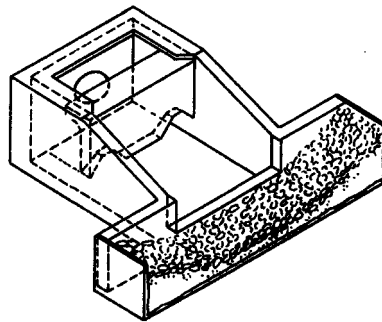
tf=0,24

tp=0,25

K=0,10

d<sub>50</sub>=0,27m

As rochas para o rip-rap deverão ter 0,27m de diâmetro.



**Figura 107.3 Esquema do dissipador de energia denominado Tipo VI**  
**Fonte: Peterka, 2005**

Peterka, 2005 apresenta tabela com tubos variando de 0,40m a 1,80m e das dimensões básicas a serem usadas, sendo importante notar que os cálculos foram feitos para velocidade 3,6m/s usado a equação da continuidade  $Q=A \times V$ .

### **Rip-rap**

Após o Basin tipo VI com redução de energia por impacto ainda temos velocidade na saída do dissipador de energia e, portanto é necessário na transição com o canal natural que se faça um rip-rap.

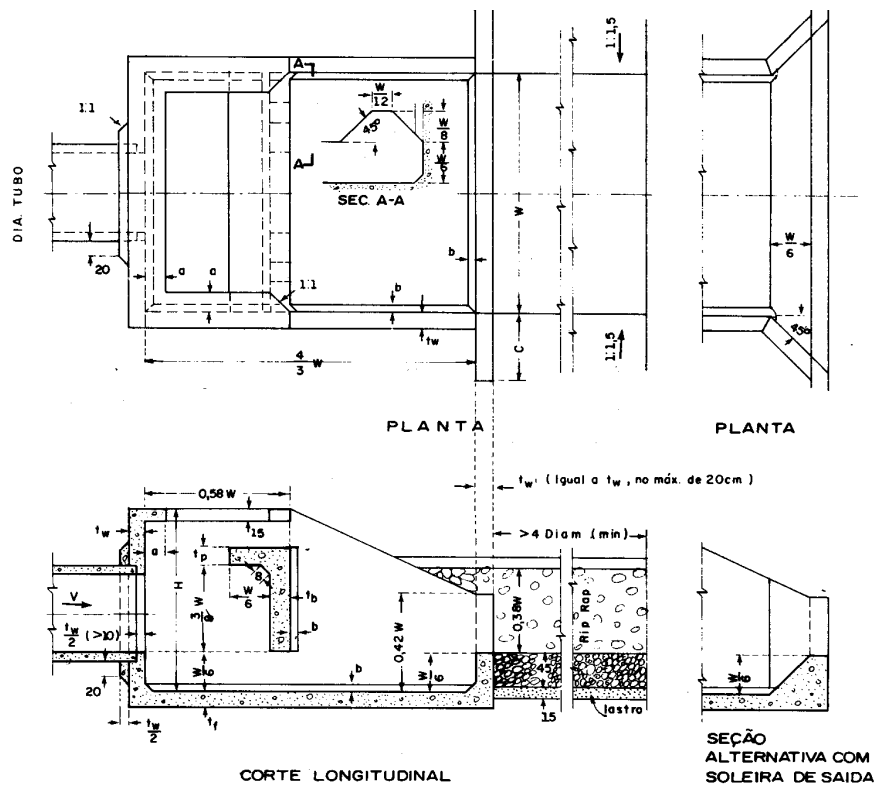
Segundo Geórgia, 2005 a largura do rip-rap é  $W=4,04m$  o comprimento mínimo do rip-rap é  $W$  sendo o mínimo de 1,5m.

A profundidade do rip-rap é  $f=W/6= 4,04/6=0,67m$

O diâmetro médio da rocha é  $W/20=4,04/20=0,202m$

A declividade dos taludes é 1,5: 1.

### 107.4 Bacias de dissipação Tipo VI do USBR conforme Cetesb, 1986



DIMENSÕES RECOMENDADAS PARA CONCRETO							
Q ( $m^3/s$ )	a (cm)	b (cm)	c (cm)	$t_w$ (cm)	$t_f$ (cm)	$t_b$ (cm)	$t_p$ (cm)
3,0	25	8	100	20	20	25	20
6,0	30	10	100	25	30	25	20
9,0	35	15	100	30	30	30	20
12,0	40	15	100	30	35	30	20

OBS:  
 Recomenda-se para espessura mínima do concreto = 15cm

Figura 107.4- Bacia de dissipação Tipo VI conforme CETESB, 1986 para bacia de dissipação por impacto

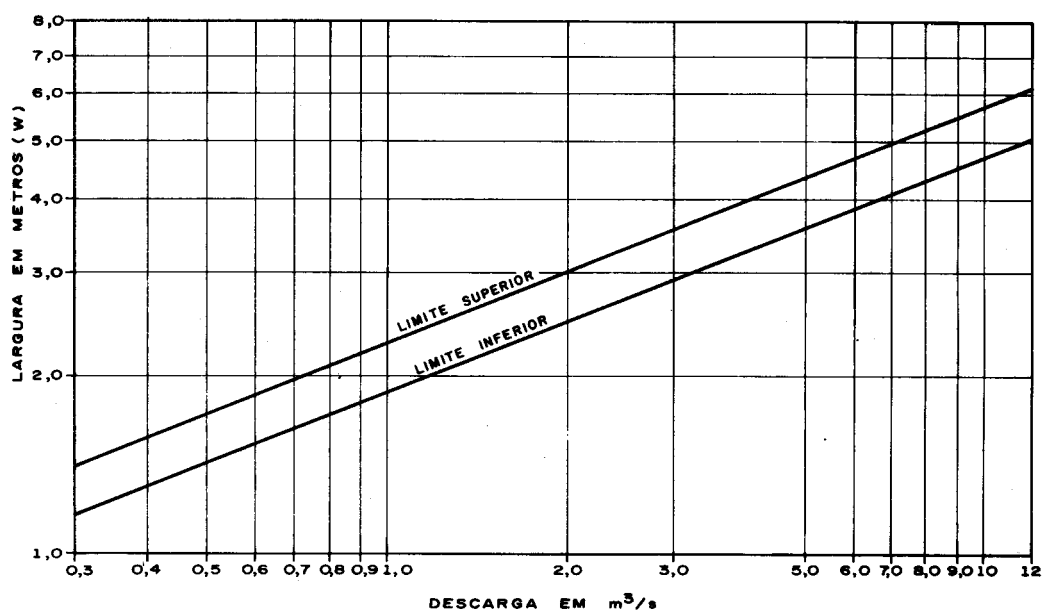


Figura 107.5- Dimensionamento da bacia de dissipação por impacto Tipo VI conforme CETESB, 1986.

### 107.5 Modelo do FHWA para o Dissipador de impacto Tipo VI do USBR

O FHWA informa que o dissipador pode ser usado na saída de bueiro, mas também em canais. Recomenda que a declividade máxima que possui a melhor eficiência é de 15°, ou seja, 27%.

A vazão máxima é um pouco maior, ou seja, 11,3m<sup>3</sup>/s e a velocidade máxima também é um pouco maior, ou seja, 15,2m/s.

Pode ser usado quando a saída do bueiro é um tubo ou uma aduela.

Uma grande vantagem do dissipador de impacto Tipo VI é de **não precisar de tailwater TW**.

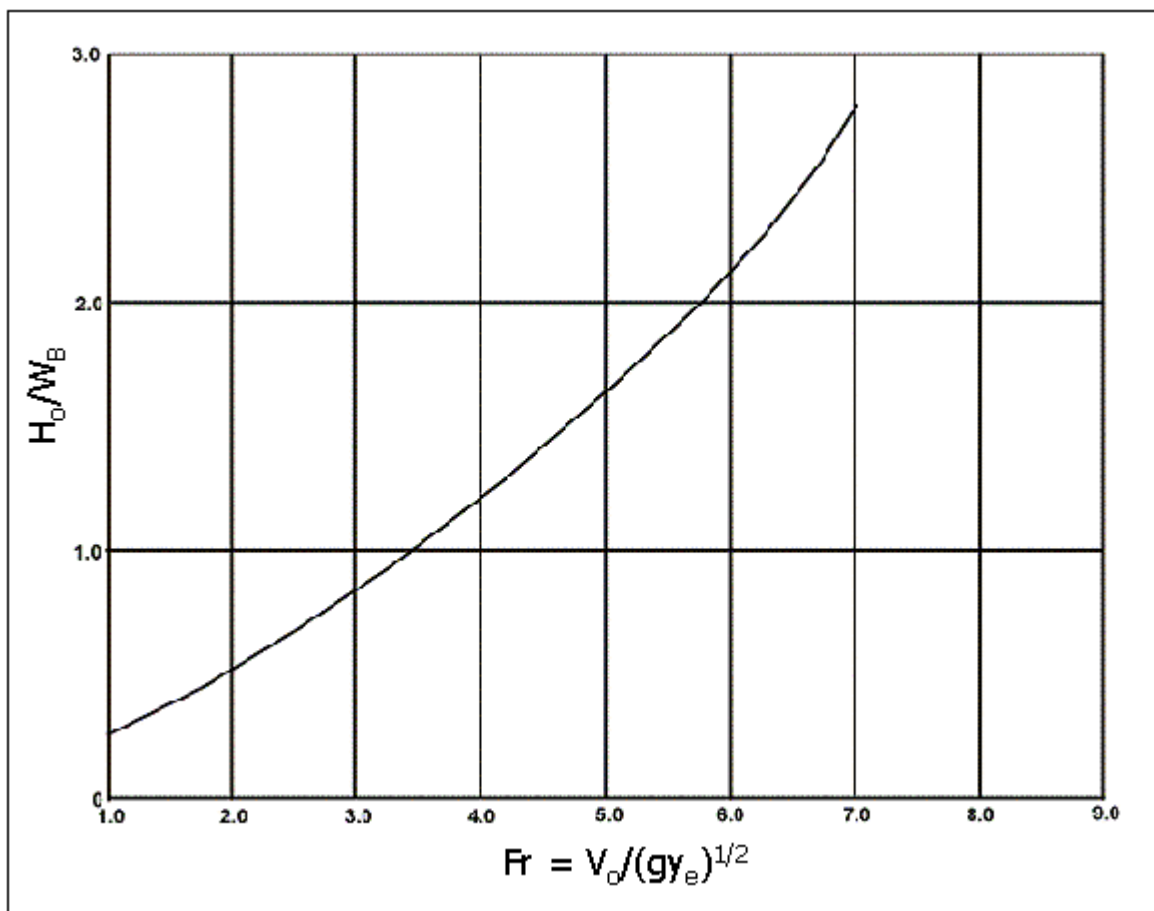


Figura 107.6- Gráfico que fornece  $H_o/W_B$  em função do número de Froude  $f$

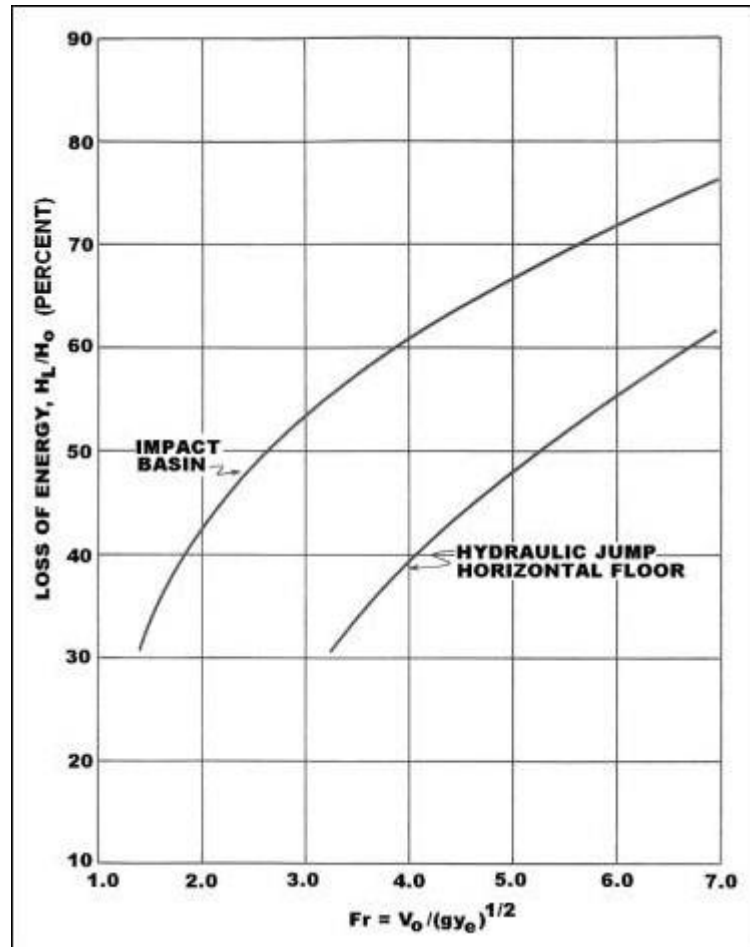
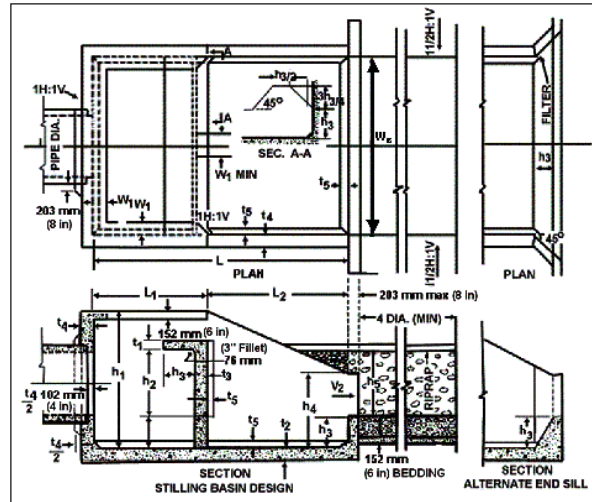


Figura 107.7- Dissipação de energia em função do numero de Froude

## DISSIPADOR DE ENERGIA TIPO VI DE FHWA



**Figura 107.8** Localização das medidas do dissipador de impacto Tipo VI  
Fonte: FHWA

**Tabela 107.2- Dado o valor da largura WB acha-se todas as medidas do dissipador de impacto Tipo VI conforme FHWA**

<b>Table 9.2 (SI). USBR Type VI Impact Basin Dimensions (m) (AASHTO, 1999)</b>							
<b>W<sub>B</sub></b>	<b>h<sub>1</sub></b>	<b>h<sub>2</sub></b>	<b>h<sub>3</sub></b>	<b>H<sub>4</sub></b>	<b>L</b>	<b>L<sub>1</sub></b>	<b>L<sub>2</sub></b>
1.0	0.79	0.38	0.17	0.43	1.40	0.59	0.79
1.5	1.16	0.57	0.25	0.62	2.00	0.88	1.16
2.0	1.54	0.75	0.33	0.83	2.68	1.14	1.54
2.5	1.93	0.94	0.42	1.04	3.33	1.43	1.93
3.0	2.30	1.12	0.50	1.25	4.02	1.72	2.30
3.5	2.68	1.32	0.58	1.46	4.65	2.00	2.68
4.0	3.12	1.51	0.67	1.67	5.33	2.28	3.08
4.5	3.46	1.68	0.75	1.88	6.00	2.56	3.46
5.0	3.82	1.87	0.83	2.08	6.52	2.84	3.82
5.5	4.19	2.03	0.91	2.29	7.29	3.12	4.19
6.0	4.60	2.25	1.00	2.50	7.98	3.42	4.60

<b>Table 9.2 (SI). USBR Type VI Impact Basin Dimensions (m) (AASHTO, 1999) (continued)</b>							
<b>W<sub>B</sub></b>	<b>W<sub>1</sub></b>	<b>W<sub>2</sub></b>	<b>t<sub>1</sub></b>	<b>t<sub>2</sub></b>	<b>t<sub>3</sub></b>	<b>t<sub>4</sub></b>	<b>t<sub>5</sub></b>
1.0	0.08	0.26	0.15	0.15	0.15	0.15	0.08
1.5	0.13	0.42	0.15	0.15	0.15	0.15	0.08
2.0	0.15	0.55	0.15	0.15	0.15	0.15	0.08
2.5	0.18	0.68	0.16	0.18	0.18	0.16	0.08
3.0	0.22	0.83	0.20	0.20	0.22	0.20	0.08
3.5	0.26	0.91	0.20	0.23	0.23	0.21	0.10
4.0	0.30	0.91	0.20	0.28	0.25	0.25	0.10
4.5	0.36	0.91	0.20	0.30	0.30	0.30	0.13
5.0	0.39	0.91	0.22	0.31	0.30	0.30	0.15
5.5	0.41	0.91	0.22	0.33	0.33	0.33	0.18
6.0	0.45	0.91	0.25	0.36	0.35	0.35	0.19

<b>Table 9.2 (CU). USBR Type VI Impact Basin Dimensions (m) (AASHTO, 1999)</b>							
<b>W<sub>B</sub></b>	<b>h<sub>1</sub></b>	<b>h<sub>2</sub></b>	<b>h<sub>3</sub></b>	<b>h<sub>4</sub></b>	<b>L</b>	<b>L<sub>1</sub></b>	<b>L<sub>2</sub></b>
4.	3.08	1.50	0.67	1.67	5.42	2.33	3.08
5.	3.83	1.92	0.83	2.08	6.67	2.92	3.83
6.	4.58	2.25	1.00	2.50	8.00	3.42	4.58
7.	5.42	2.58	1.17	2.92	9.42	4.00	5.42
8.	6.17	3.00	1.33	3.33	10.67	4.58	6.17
9.	6.92	3.42	1.50	3.75	12.00	5.17	6.92
10.	7.58	3.75	1.67	4.17	13.42	5.75	7.67
11.	8.42	4.17	1.83	4.58	14.58	6.33	8.42

**Table 9.2 (CU). USBR Type VI Impact Basin Dimensions (m) (AASHTO, 1999)**

$W_B$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	L	$L_1$	$L_2$
12.	9.17	4.50	2.00	5.00	16.00	6.83	9.17
13.	10.17	4.92	2.17	5.42	17.33	7.42	10.00
14.	10.75	5.25	2.33	5.83	18.67	8.00	10.75
15.	11.50	5.58	2.50	6.25	20.00	8.50	11.50
16.	12.25	6.00	2.67	6.67	21.33	9.08	12.25
17.	13.00	6.33	2.83	7.08	21.50	9.67	13.00
18.	13.75	6.67	3.00	7.50	23.92	10.25	13.75
19.	14.58	7.08	3.17	7.92	25.33	10.83	14.58
20.	15.33	7.50	3.33	8.33	26.58	11.42	15.33

**Tabela 107.3- Dado o valor da largura  $W_B$  acha-se todas as medidas do dissipador de impacto Tipo VI conforme FHWA (continuação)**

**Table 9.2 (CU). USBR Type VI Impact Basin Dimensions (m) (AASHTO, 1999)**

$W_B$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	L	$L_1$	$L_2$
4.	3.08	1.50	0.67	1.67	5.42	2.33	3.08
5.	3.83	1.92	0.83	2.08	6.67	2.92	3.83
6.	4.58	2.25	1.00	2.50	8.00	3.42	4.58
7.	5.42	2.58	1.17	2.92	9.42	4.00	5.42
8.	6.17	3.00	1.33	3.33	10.67	4.58	6.17
9.	6.92	3.42	1.50	3.75	12.00	5.17	6.92
10.	7.58	3.75	1.67	4.17	13.42	5.75	7.67
11.	8.42	4.17	1.83	4.58	14.58	6.33	8.42
12.	9.17	4.50	2.00	5.00	16.00	6.83	9.17
13.	10.17	4.92	2.17	5.42	17.33	7.42	10.00
14.	10.75	5.25	2.33	5.83	18.67	8.00	10.75
15.	11.50	5.58	2.50	6.25	20.00	8.50	11.50
16.	12.25	6.00	2.67	6.67	21.33	9.08	12.25
17.	13.00	6.33	2.83	7.08	21.50	9.67	13.00
18.	13.75	6.67	3.00	7.50	23.92	10.25	13.75
19.	14.58	7.08	3.17	7.92	25.33	10.83	14.58
20.	15.33	7.50	3.33	8.33	26.58	11.42	15.33

**Table 9.2 (CU). USBR Type VI Impact Basin Dimensions (m) (AASHTO, 1999)  
(continued)**

$W_B$	$W_1$	$W_2$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
4.	0.33	1.08	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25
5.	0.42	1.42	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25
6.	0.50	1.67	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25



Table 9.2 (CU). USBR Type VI Impact Basin Dimensions (m) (AASHTO, 1999) (continued)							
$W_B$	$W_1$	$W_2$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
7.	0.50	1.92	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25
8.	0.58	2.17	0.50	0.58	0.58	0.50	0.25
9.	0.67	2.50	0.58	0.58	0.67	0.58	0.25
10.	0.75	2.75	0.67	0.67	0.75	0.67	0.25
11.	0.83	3.00	0.67	0.75	0.75	0.67	0.33
12.	0.92	3.00	0.67	0.83	0.83	0.75	0.33
13.	1.00	3.00	0.67	0.92	0.83	0.83	0.33
14.	1.08	3.00	0.67	1.00	0.92	0.92	0.42
15.	1.17	3.00	0.67	1.00	1.00	1.00	0.42
16.	1.25	3.00	0.75	1.00	1.00	1.00	0.50
17.	1.33	3.00	0.75	1.08	1.00	1.00	0.50
18.	1.33	3.00	0.75	1.08	1.08	1.08	0.58
19.	1.42	3.00	0.83	1.17	1.08	1.08	0.58
20.	1.50	3.00	0.83	1.17	1.17	1.17	0.67

### Exemplo 107.1

Calcular um dissipador de energia conforme Figura (107.11) com desnível de 4,5m e comprimento na horizontal de 18m. A vazão é 0,1585m<sup>3</sup>/s em um tubo de concreto com diâmetro 0,60m.

### Verificação do ângulo

O FHWA recomenda no máximo 15° para se ter a máxima eficiência.

$$L=18m \quad \tan \theta = 4,5/18=0,25 \quad \theta= 14^\circ < 15^\circ \text{ FHWA OK}$$

### Verificação da vazão

$$0,1585m^3/s < 11,3m^3/s \text{ OK}$$

### Velocidade pela formula de Manning

$$S=0,25 \text{ m/m} \quad n=0,015 \quad D=0,60m$$

- $K' = (Q.n) / [D^{8/3} \cdot S^{1/2}] \quad K' = (0,1584 \times 0,015) / [0,60^{8/3} \times 0,25^{1/2}] = 0,019$
- Tabela Metcalf e Eddy achamos  $y/D = 0,17$
- Velocidade
- $y/D = 0,17$  achamos  $A_m/A_t = 0,1$
- $A_t = \pi \times D^2/4 = 3,1416 \times 0,60^2/4 = 0,2827m^2$
- $A_m = 0,1 \times 0,2827 = 0,02827m^2$
- $V_o = Q/A_m = 0,1585 / 0,02827 = 5,6 \text{ m/s} < 9m/s \text{ OK}$
- $Y_e = (A_m/2)^{0,5} = (0,02827/2)^{0,5} = 0,12m$
- Froude  $F = V_o / (g \cdot Y_e)^{0,5} = 5,6 / (9,81 \times 0,12)^{0,5} = 5,16$
- Gráfico de perda de energia da Figura (107.8) entrando com  $F = 5,16$  achamos  $H_L/H_o = 0,67$  (67%)

- $H_o = Y_e + V_o^2/2g = 0,12 + 5,6^2 / (2 \times 9,81) = 1,72\text{m}$
- Do gráfico da Figura (107.7)  $H_o/W_b$  entrando com  $F=5,16$  obtemos  $H_o/W_b=1,8$
- $W_b = H_o / (H_o/W_b) = 1,72 / 1,8 = 0,96$ . Adoto  $W_b=1,00\text{m}$
- As demais medidas saem da Tabela (107.2).

DISSIPADOR DE ENERGIA: DESNÍVEL DE 4,50M

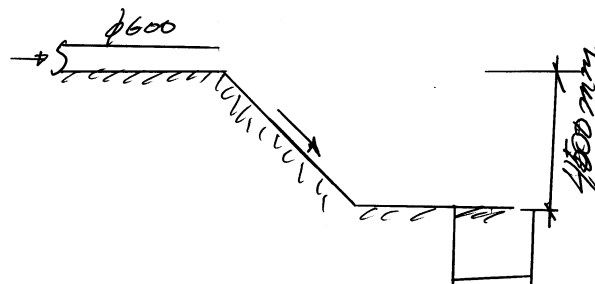


Figura 107.11- Exemplo de calculo de dissipador Tipo VI do USBR

**Velocidade de saída  $V_B$**

$$H_B = Q / (W_B \times V_B) + V_B^2 / (2g) = H_o (1 - H_L / H_o)$$

$$H_B = 0,1585 / (1,0 \times V_B) + V_B^2 / (2 \times 9,81) = 1,72(1 - 0,67) = 0,5676$$

$$0,1585 / V_B + V_B^2 / 19,62 = 0,5676$$

Por tentativas achamos duas raízes reais.  $V_B=2,8\text{m/s}$  e  $V_B=3,17\text{m/s}$

Adotamos  $V_B= 3,17\text{m/s}$  OK

**Conclusão:**

Tubo de entrada na caixa  $D=0,60\text{m}$

Largura  $W_B= 1,00\text{m}$  ( calculado)

Comprimento  $L = 1,40\text{m}$  da Tabela (107.2)



Figura 5- Dissipador de Impacto Tipo VI mal dimensionado. Ficou muito curto o espaço entre a saída da água e o local de impacto. Fema, 2010.



Figura 6- Inspeção periódica no dissipador Tipo VI. Fonte: Fema, 2010

### 107.6 Bibliografia e livros consultados

- CETESB- *Drenagem Urbana- Manual de projeto*. 3ª Ed. 1986, 452 páginas.
- DAEE (DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELETRICA DO ESTADO DE SAO PAULO). *Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas*, 2005, 124 páginas.
- ESTADO DA GEORGIA. *Georgia Stormwater Management Manual*, 2005.
- FEMA- Technical Manual: outlet works energy dissipators. Junho 2010, 555 páginas
- FHWA- *Hydraulic Design of energy dissipators for culverts and channels*, July, 2006.
- LENCASTRE, ARMANDO. *Hidráulica geral*. Edição Luso-Brasileira, 1983, 653 páginas.
- MAYS, LARRY W. *Stormwater collection systems design handbook- Handbook*. McGraw-Hill, 2001.
- MAYS, LARRY W. *Water Resources Engineering*. John Wiley & Sons, 2001, 761 páginas.
- MAYS, LARRY W. *Hydraulic design handbook*. John Wiley & Sons, 2001, 761 páginas.
- PETERKA, A. J. *Hydraulic design of stilling basins and energy*. Havaii, 2005. US Department of the Interior-Bureau of Reclamation. ISBN 1-4102-2341-8. Nota: é uma reimpressão do original.
- PMSP (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO). **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**, 1998, 279 páginas, elaborado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) coordenado por Carlos Lhoret Ramos, Mário T. L. de Barros e José Carlos F. Palos.
- SUBRAMANYA, KK. *Flow in open channels*. Tata McGraw-Hill, New Delhi, 3ª ed, 2009, 548 páginas ISBN (13) 978-0-07-06966-3
- TAMADA, KIKUO. *Dissipador de energia na engenharia hidráulica*. EPUSP, 70 páginas, 1994, Notas de aula, PHD-727.
- TOSCANO, MAURO. *Estudo dos dissipadores de energia para obras hidráulicas de pequeno porte*. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999, 119 páginas.
- VEN TE CHOW, *Open-Channel Hydraulics*, 1983, 680 páginas.