Plínio Tomaz

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS PARA OBRAS MUNICIPAIS

Piscinões, Galerias, Bueiros, Canais. Métodos SCS, Denver, Santa Bárbara, Racional, TR-55.

Prefácio Kokei Uehara

Em um tempo de empreiteiras que vendem 2m³ de concreto a um custo de R$ 700,00 (US$ 292).

Exemplo 10.26- Mairiporã, travessia de rua com tubo de DN=2,00 m chapa de espessura de 2,7mm para 2,00m de aterro. Comprimento de 10m. Vazão de 8,59m³/s.
Declividade de ser menor que 5%. O ideal da declividade é o mínimo de 3%.
Adotamos declividade de 1%. Na Tabela (10.8) temos a planilha.

Tabela 10.8 - Aplicação de tunnel liner com diâmetro de 2,00m e comprimento de 100m com declividade de 1%.

Especificação	Preço unitário (US$)	Quantidade	Total (R$)
Tunnel Liner de chapa ferro galvanizado com 2,00m de diâmetro e chapa espessura de 2,7mm	376/m	100	3.760
Ferramentas com concreto projetado	2,0/m²	2800	2.800
Mão de obra de assentamento do tunnel liner	354/m	100	35.400
		Preço médio US$ 420/m	US$ 41.960

Nota: 1US$ = R$ 2,43 (28/3/2002)

10.11 Tubos de PVC tipo Rib Loc

A firma Tigre fabrica dois tipos de tubos de PVC para drenagem de águas pluviais. O tubo Rib Loc e o tubo Rib Loc Steel.

Figura 10.4 – Mostra a construção de tubo Tigre Rib Loc comum
Fonte: Tigre

Os tubos Tigre Rib Loc comum são fabricados nos diâmetros de 300mm a 3000mm e são executados no canteiro de obras conforme Figura (10.4) e conforme Tabela (10.9)

Tubos Tigre Rib Loc Steel

São fabricados no canteiro de obras e possuem reforço de aço e são fabricados nos diâmetros de 1500mm a 3000mm.

Destina-se a obras enterradas. Devidamente projetadas para resistir as cargas permanentes e acidentais, são indicados para a condução de fluidos em regime de conduto livre ou conduto forçado a baixa pressão, com destaque para drenagem pluvial, galerias e canalização de córregos (Fonte: Tigre).

Figura 10.5- Mostra a construção de tubo Tigre Rib Loc Steel
Fonte: Tigre

Figura 10.6 – Mostra a construção de tubo Tigre Rib Loc Steel com o reforço de aço
Fonte: Tigre

Processo de Fabricação

Os perfis de PVC são produzidos por um processo de extrusão e possuem em suas bordas encaixes macho-fêmea que propiciam o seu intertravamento durante o processo de enrolamento helicoidal. Além do intertravamento mecânico, os perfis são também soldados quimicamente, através da aplicação de um adesivo naquele encaixe, o que garante a estanqueidade da junta helicoidal assim formada (Fonte:Tigre).

O enrolamento dos perfis de PVC é efetuado por intermédio de um equipamento de pequeno porte, capaz de fabricar tubos de diferentes diâmetros e comprimentos. Essa simplicidade e versatilidade do equipamento permitem que a fabricação dos tubos seja efetuada na própria obra, sendo também possível o fornecimento dos tubos já confeccionados (Fonte:Tigre).

O coeficiente de Manning para os tubos de PVC Rib Loc pode ser usado n=0,009.

Na Tabela (10.9) estão os preços por metro linear de tubos circulares de PVC Tigre Rib Loc feitos no Brasil. Existem quatro tipos de perfis, são os 112RIB, 140RIB1, 140RB2 e 168RB.

Tabela 10.9- Preço unitário e peso por metro de Tubos de PVC Rib Loc Tigre conforme o diâmetro e o tipo do perfil escolhido.

Diâmetro (mm)	Perfil	Peso por metro (kg/m)	Preço unitário (US$/m)
300	112RB	3,5	9,46
400	112RB1	4,6	11,51
500	140RB1	7,2	19,92
600	140RB1	8,6	23,79
700	140RB1	14,8	30,43
800	140RB2	14,8	36,69
900	140RB2	16,5	41,93
900	140RB2	29,1	47,16
900	168RB	29,1	68,15
1000	168RB	32,2	73,37
1100	168RB	35,4	81,25
1200	168RB	38,6	89,11
1500	168RB	80,9	197,36
1800	168RB	97,1	238,99
2000	168RB	107,8	262,57
2500	168RB	134,8	353,84
3000	168RB	224,0	494,08

Nota: 1US$ = R$ 2,43 (19/8/2002)

Comparação de custos

Vamos fazer a comparação de custos de uma adeira de concreto de 2,00m x 2,00m com 0,15m de espessura e 1,00m de comprimento por peça com um tubo de PVC Tigre Ribloc com 2,00m de diâmetro.

O comprimento da tubulação foi admitido ser de 100m.

Para as adeiras de concreto foi previsto que a deve ter 0,50m de rachão, 0,15m de pedra britada números 3 e 0,10m de lastro de concreto. Para o tubo de PVC foi previsto que o tubo foi assente sobre manta geotexitil e sobre a mesma tem camada de pedra britada número 2 no 3. Os tubos são assentes sobre a camada de pedra britada.

Na Tabela (10.9) está o preço do tubo de PVC Rib loc que para 100m custará US 66.242,78 enquanto que na Tabela (10.10) está as adeiras de concreto com 2,00m x 2,00m que custaria US 72.646,55. Havendo, portanto uma vantagem para os tubos de PVC Ribloc.

Tabela 10.10- Planilha de orçamento de bueiro com comprimento de 100m executado em tubos Tigre PVC Rib Loc de 2,00m de diâmetro.

Item	Descriminação dos serviços	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO US$	PREÇO TOTAL US$
1	Escavação mecânica de vala	m³	500,00	2,53	1.265,00
2	Transporte de vala com quilometragem	m³	520,00	8,28	4.305,51
3	Aterro e Compactação de vala	m³	520,00	1,57	815,51
4	Cerca Rio	verba	1,00	205,76	205,76
5	Serviços Topográficos	verba	1,00	205,76	205,76
6	Gerenciamento MT 200	m²	200,00	0,71	141,96
7	Corte de barras com pinho 2 vs pedra 3 e cola epoxi/m² verba	m²	30,00	19,53	585,93
8	Fornecimento de tubo de PVC Tigre Ribloc 2,00m diâmetro	m	100,00	162,08	16.208,07
9	Assentamento de tubo de PVC Tigre Ribloc 2,00m diâmetro perfil 168RB	m	100,00	282,57	28.257,20
	Subtotal				46.537,42
	Imprevistos (10%)				4.652,36
	Subtotal				51.955,58
	BDI (30%)				15.586,80
					US$=66.242,78
10	Total Geral				Preço unitário= US$ 662,43/m

Tabela 10.11- Planilha de orçamento de bueiro com comprimento de 100m executado em adaeiras de concreto 2,00m x 2,00m com 0,15m de espessura

Item	Descriminação dos serviços	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO US$	PREÇO TOTAL US$
1	Escavação mecânica de vala	m³	600,00	2,53	1.518,52
2	Remodelamento de vala com quilometro	m²	520,00	8,28	4.305,51
3	Aterro e Compactação de vala	m³	520,00	1,57	815,51
4	Corte Rio	verba	1,00	205,76	205,76
5	Serviços Topográficos	verba	1,00	205,76	205,76
6	Gerenciamento MT 200	m²	300,00	0,71	212,35
7	Assentamento de adeiras de concreto 2,00m x 2,00m x 0,15m/2,00m	M	100,00	248,56	24.855,97
8	Assentamento de adeiras de concreto de 2,00m x 2,00m	m	100,00	123,46	12.345,68
9	Lastro de rachão espessura de 50cm	m²	150,00	18,19	2.857,78
10	Concreto magro espessura 10cm	m²	50,00	30,01	2.200,23
11	Lastro de brita 3 espessura 15cm	m²	85,00	19,51	878,89
12	Subtotal				50.801,77
13	Imprevistos (10%)				5.080,18
14	Subtotal				55.881,95
15	BDI (30%)				16.764,58

10.12 *Roteiro* da verificação de detenção

O *roteiro* do reservatório em cálculo de bueiros não é muito comum, é destinado quando a bacia a montante do bueiro está bem rica represada em um reservatório com volume razoável onde compensa construir o efeito de retenção. Usam-se os mesmos conceitos de *routing* que fazem parte do Capítulo 39 deste livro.

10.13- Curva de *performance*

Dada uma seção de um bueiro e variando a vazão e a carga colocando em um gráfico temos a curva de performance. Em é utilizada quando realmente necessário, e quereuse examinar o que acontecerá com vazões diferentes da vazão de projeto. Examina-se inclusive a passagem de água sobre a estrada ou rodovia.

10.14 Dimensionamento de bueiro circular paralelamente chefe

Temos duas maneiras de achar a altura da lâmina d'água (turbulent normal ym) e a velocidade de um bueiro circular paralelamente chefe: usando tabelas ou calcular diretamente.

Figura 10.7 Todo círcular de diâmetro D e altura da lâmina h (Chin,2001, p. 228)

A altura h, ou seja, o valor y é forneceio pela seguinte equação:
$h = y = (D/2)_{\pm} [1 - \cos(q/2)]$ (Equação 10.10)

A área molhada A será em função do diâmetro D e do ângulo central q:
$A = [(q - \operatorname{sen}(q)) / 8]. D^2$ (Equação 10.11)

O perímetro molhado P será:
$P = [. D. q] / 2$ (Equação 10.12)

O comprimento da superfície T , Chin 2001 p. 235 é dado por:
$T = D. \operatorname{sen}(q / 2)$ (Equação 10.11)

O ângulo central q em radianos pode ser colocado em função da rugosidade n, vazão Q, diâmetro D e da declividade S, segundo Chin, 2001 p. 228.
$q^{10/3} - [(q - \operatorname{sen}(q))^{10/3} - 20,16 ., n. Q. D^{8/3}., S^{-1/2}] = 0$ (Equação 10.12)

Exemplo 10.27

Calcular o ângulo central em radianos de um tubo circular com vazão de 4m³/s, declividade de 1%, diâmetro de 1,50m e n=0,015.
Solução: usando a Equação (10.12) temos:

Exemplo 10.28

Achar o ângulo central q em radianos, bem como a altura da lâmina d'água (altura normal ym) e a velocidade da água de um tubo de D=1,5m, n=0,015, declividade de 1% (S=0,01m/m) e vazão de 3,1m³/s.

Faz elaborada a Tabela (10.12) sendo o cálculo feito por tentativas, pois a raiz da Equação (10.12) deve ser zero.

$q^{10/3} - [(q - \operatorname{sen}(q))^{10/3} - 20,16 . n. Q. D^{8/3}., S^{-1/2}] = 0$

Q valor achado foi q =0,28rad, y= 0,08m e V=3,96m/s.

Tabela 10.12- Dimensionamento da altura y e velocidade de bueiro circular a seção paralelamente chefe

Valor Q (m³/s)	Ângulo (rad) (non que dur zero)	Espaço (m)	Perímetro molhado T (m)	Topo T (m)	Área molhada A (m²)	Altura y (m)	Velocidade V (m/s)
0,01	-3,10	-0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	535,72
0,02	-3,17	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	311,74
0,03	-3,17	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	197,98
0,10	-3,16	0,6	0,6	0,0	0,1	0,1	133,37
0,20	-3,15	0,7	0,7	0,0	0,1	0,1	84,47
0,30	-3,13	0,8	0,7	0,0	0,1	0,1	69,53
0,50	-3,11	0,9	0,8	0,1	0,1	0,1	52,79
1,20	-3,08	1,0	0,9	0,1	0,1	0,1	41,13
1,30	-3,04	1,0	0,9	0,1	0,2	0,2	35,26
1,40	-2,99	1,1	1,0	0,1	0,2	0,2	29,39
1,50	-2,94	1,1	1,0	0,1	0,2	0,2	23,93
1,60	-2,87	1,2	1,1	0,1	0,2	0,2	19,36
1,70	-2,78	1,3	1,1	0,2	0,3	0,3	15,56
1,80	-2,69	1,4	1,2	0,2	0,3	0,3	13,24
2,00	-2,50	1,6	1,2	0,3	0,3	0,3	11,56
2,20	-2,42	1,5	1,3	0,3	0,3	0,3	10,41
2,30	-2,51	1,6	1,3	0,3	0,4	0,3	9,81
2,20	-2,55	1,7	1,3	0,4	0,4	0,3	9,81
2,40	-1,90	1,7	1,4	0,3	0,4	0,4	7,69
2,50	-1,80	1,8	1,4	0,4	0,5	0,5	6,99
2,60	-1,69	1,9	1,5	0,4	0,5	0,5	6,60
2,70	-1,58	2,0	1,4	0,6	0,5	0,5	5,29
2,80	-1,12	2,0	1,5	0,5	0,6	0,6	4,85
2,90	-0,92	2,1	1,5	0,7	0,6	0,7	4,47
3,00	-0,84	2,2	1,5	0,7	0,7	0,7	4,14
3,00	-0,41	2,3	1,5	0,8	0,7	0,7	3,86
3,10	-0,11	2,3	1,5	0,8	0,8	0,8	3,61
3,20	**0,11**	**2,4**	**1,5**	**0,9**	**0,9**	**0,9**	**3,18**