

Conceitos Básicos de Hidrologia e Drenagem para Projetos Rodoviários

Conteudista:

Eider Gomes de Azevedo Rocha

Brasília, setembro de 2022.

Conceitos Básicos de Hidrologia e Drenagem para Projetos Rodoviários

Módulo 5

Transposição de Talvegue.

- Bueiros: conceito, classificação e tipos;
- Pontes e pontilhões: conceito e classificação;
- Detalhes construtivos e capacidade hidráulica.

Conforme estabelece O Art. 11 da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 03/DNIT SEDE, DE 1º DE ABRIL DE 2022, o servidor que optar por receber a GECC relativa à elaboração de material didático, cede, tacitamente e em caráter irrevogável, a titularidade dos direitos patrimoniais relativos aos materiais produzidos em decorrência dessa percepção. Desta forma, tendo em vista o contido no Processo nº 50600.008060/2022-01, o DNIT poderá revisar o material cedido, adaptá-lo e utilizá-lo livremente em outros eventos que venha a promover, bem como o ceder a outros órgãos e entidades federais.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. BUEIROS OU OBRAS DE ARTE CORRENTES	2
2.1. BUEIROS TUBULARES DE CONCRETO	5
2.2. BUEIROS CELULARES DE CONCRETO	13
2.3. BUEIROS METÁLICOS	20
2.4. BUEIROS EM PEAD	28
3. PONTES E PONTILHÕES - OAE	36
3.1. PONTILHÃO	36
3.2. PONTE	38
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste módulo é apresentar aos alunos os dispositivos de transposição de talvegues, com destaque para os bueiros (comumente chamados de obras de arte correntes), as pontes e os pontilhões (comumente chamados de obras de arte especiais).

Tais dispositivos se mostram necessários quando as bacias interceptadas pelo traçado rodoviário geram contribuições que, por imperativos hidrológicos e topografia do terreno, têm que ser atravessadas sem comprometer a estrutura da estrada. Esse objetivo é alcançado com a introdução de uma ou mais linhas de bueiros sob os aterros ou construção de pontilhões ou pontes transpondo os cursos d'água.

É fundamental que o profissional responsável pelo projeto de uma rodovia tenha ampla consciência da importância da drenagem na garantia da estabilidade da via a ser construída e, em consequência, estabeleça de maneira coerente, técnica e economicamente, o correto dimensionamento das obras de drenagem a serem implantadas.

Também é importante que o projetista conheça os diferentes tipos de dispositivos de transposição de talvegue, em especial quanto aos bueiros e principalmente no que diz respeito aos materiais constituintes, formatos e dimensões.

2. BUEIROS ou obras de arte correntes

Os bueiros são obras destinadas a permitir a passagem livre das águas sob o corpo das estradas, sendo normalmente instalados no fundo do talvegue.

Quando ele é assentado em local onde o traçado da rodovia intercepta o fluxo d'água e tem como função permitir a transposição deste fluxo de um lado para outro da rodovia, trata-se de um bueiro de grotá. Já quando ele capta as águas coletadas por dispositivos de drenagem superficial, tal como sarjetas, valetas e descida d'água, de forma a permitir a sua transposição de um lado para outro da rodovia, trata-se de um bueiro de greide.

Os bueiros são normalmente compostos por corpo e dispositivos de entrada e de saída, sendo as bocas os mais comuns. O corpo é a parte situada sob a plataforma rodoviária, enquanto que as bocas constituem os dispositivos de admissão e lançamento, a montante e a jusante, e são compostas de soleira, muro de testa e alas, conforme pode ser visualizado nas figuras 2.1 e 2.2

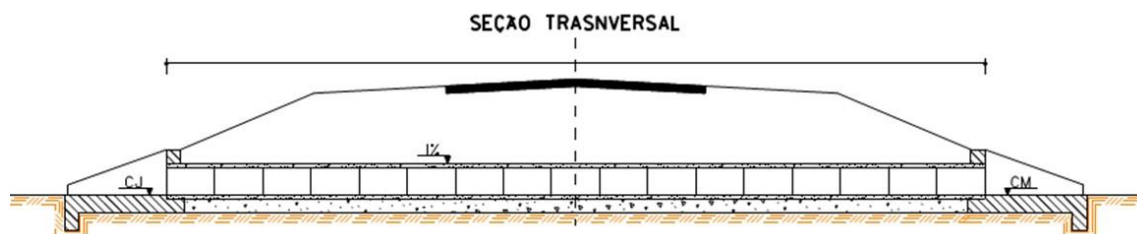


Figura 2.1 – Croqui com detalhamento do corpo e das bocas de um bueiro.

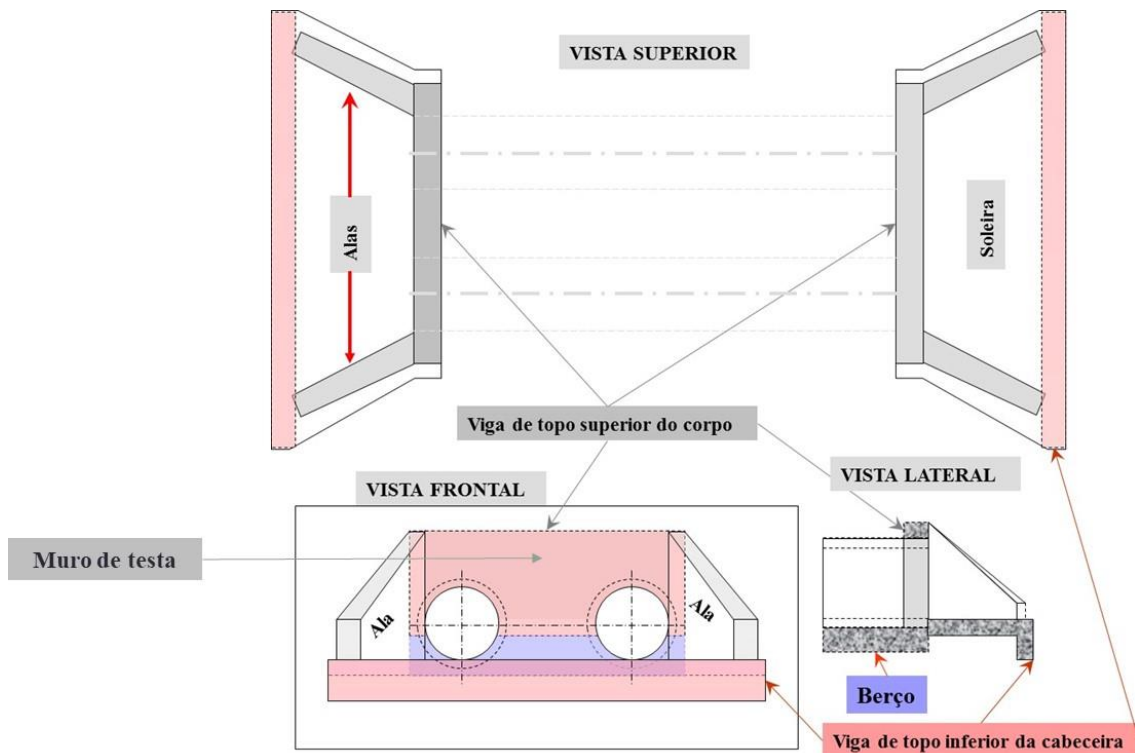


Figura 2.2 – Croqui com detalhamento das partes constituintes da boca de um bueiro.

Em termos hidráulicos, os bueiros podem ser dimensionados como canais, vertedouros ou orifícios. A escolha do regime a adotar depende da possibilidade da obra poder ou não trabalhar com carga hidráulica à montante, que poderia proporcionar o transbordamento do curso d'água, causando danos aos aterros e pavimentos e inundação à montante do bueiro.

Não sendo possível a carga à montante, o bueiro deve trabalhar livre como canal, que por sinal é a método de dimensionamento recomendado para novas obras.

Por outro lado, caso a elevação do nível d'água à montante não traga nenhum risco ao corpo estradal, ou a terceiros, o bueiro pode ser dimensionado como orifício, respeitando-se, evidentemente, a cota do nível d'água máximo no lado de montante.

Para bueiros trabalhando hidráulicamente como canais, a metodologia adotada é a referente ao escoamento em regime crítico, baseada na energia específica mínima igual à altura do bueiro.

Para bueiros com carga à montante, o escoamento é considerado como canal em movimento uniforme, à seção plena, sem pressão interna.

Existem diversos tipos de bueiros e eles podem ser classificados por meio de diferentes parâmetros, sendo os principais:

- Forma ou geometria da seção: os formatos mais comuns são o circular, onde destacam-se os bueiros tubulares, e o retangular ou quadrado, com destaque para os bueiros celulares. Mas também há os de seção lenticular, elíptica, ovoide e até especiais, quando tiverem seções diferentes das citadas anteriormente, como é o caso dos arcos semicirculares e dos bueiros tipo “bala”, por exemplo.
- Número de linhas: os bueiros são normalmente instalados em linhas simples, duplas ou triplas, mas podem ser encontradas combinações superiores a estas, cabendo, neste caso, se avaliar a faixa de alagamento que será provocada.
- Materiais de fabricação: o material mais comumente empregado para fabricação é o concreto de cimento Portland, mas existem bueiros metálicos, de polietileno da alta densidade (PEAD), alvenaria de pedras (com laje de concreto), PVC estruturado (Rib-loc), dentre outros.
- Escondidade: de acordo com o ângulo formado entre o eixo longitudinal do bueiro e a normal ao eixo longitudinal da rodovia, o bueiro será classificado como normal (0°) ou como esconso ($\neq 0^\circ$), tal como mostra a figura 2.3.

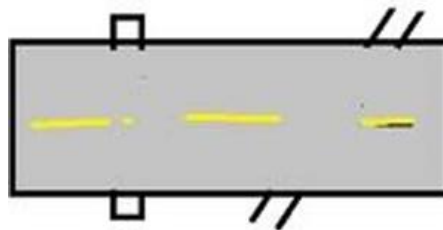


Figura 2.3 – Croqui com detalhamento de um bueiro normal e outro esconso à rodovia.

2.1. BUEIROS TUBULARES DE CONCRETO

Os bueiros tubulares de concreto são os tipos de obras de arte correntes mais comuns nas transposições de talvegues.

Em praticamente todos os subtrechos das rodovias federais poderão ser encontrados bueiros tubulares de concreto, quer sejam em linhas simples ou combinados. Sobre este aspecto é conveniente que o aluno se familiarize, por sinal, com as nomenclaturas que poderão ser atribuídas aos bueiros tubulares em função do número de linhas, a saber:

- BSTC: Bueiro Simples Tubular de Concreto (1 linha de tubos);
- BDTC: Bueiro Duplo Tubular de Concreto (2 linhas de tubos); e
- BTTC: Bueiro Triplo Tubular de Concreto (3 linhas de tubos).

Para uma rápida identificação e memorização desta nomenclatura se apresentam as figuras 2.4 a 2.6.

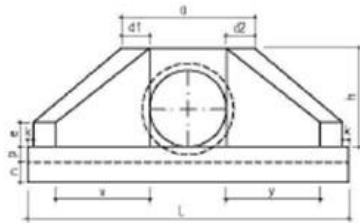


Figura 2.4 A – Esquema de um BSTC (Fonte: BRASIL, 2018).



Figura 2.4 B – BSTC instalado em rodovia (Fonte: próprio autor).

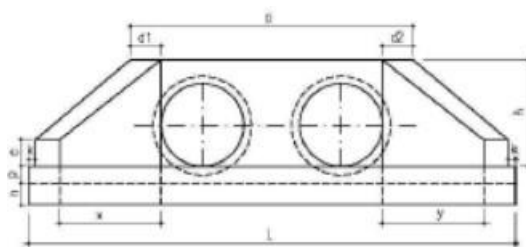


Figura 2.5 A – Esquema de um BDTC (Fonte: BRASIL, 2018).



Figura 2.5 B – BDTC instalado em rodovia (Fonte: próprio autor).

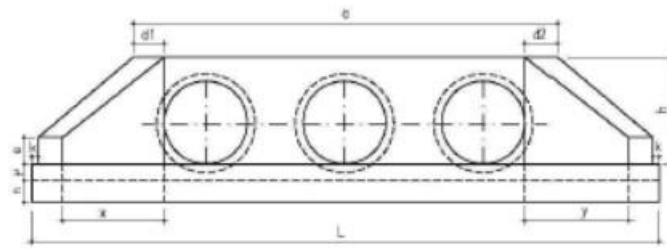


Figura 2.6 A – Esquema de um BTTC (Fonte: BRASIL, 2018)



Figura 2.6 B – BTTC instalado em rodovia (Fonte: próprio autor).

O DNIT traz em seu catálogo bueiros em combinação de até três linhas e considera tubos de diâmetro variando de 0,6 m até 1,50 m. No entanto, segundo os normativos vigentes, os tubos para execução de bueiros para coleta de águas pluviais podem ter diâmetro variando desde 0,20 m a 2,00 m, conforme tabela 2.1.

Não é tão incomum serem encontrados bueiros tubulares instalados em linhas superiores a três, formando assim bueiros tubulares quádruplos, quádruplos e até sêxtuplos, por exemplo. O cuidado que se deve ter aqui é com a faixa de alagamento que será provocada, mas não há uma proibição para combinações superiores a três linhas.

Tabela 2.1 – Dimensão dos tubos para águas pluviais com encaixe ponta e bolsa (PB) ou macho e fêmea (MF).

Diâmetro nominal - DN	Comprimento útil mínimo do tubo - L		Comprimento mínimo da bolsa ou da fêmea - B		Folga máxima do encaixe - C	Espessura mínima da parede - D	
	Ponta e bolsa	Macho e fêmea	Ponta e bolsa	Macho e fêmea		Simples	Armado
200	1000	950	50	20	30	30	-
300	1000	950	60	20	30	30	45
400	1000	950	65	20	30	40	45
500	1000	950	70	20	40	50	50
600	1000	950	75	20	40	55	60
700	1000	950	80	35	40	-	66
800	1000	950	80	35	40	-	72
900	1000	950	80	35	40	-	75
1000	1000	950	80	35	40	-	80
1100	1000	950	80	35	50	-	90
1200	1000	950	90	35	50	-	96
1300	1000	950	90	35	50	-	105
1500	1000	950	90	35	60	-	120
1750	1000	950	100	35	60	-	140
2000	1000	950	100	35	60	-	180

Fonte: NBR-8890/2007 (Dimensões em mm).

Mas esta não é a única classificação aplicável aos tubos de concreto. As nomenclaturas usadas para tubos de concreto também são definidas de acordo com sua finalidade, classe de resistência e presença de reforço estrutural, sendo elas:

- Tubos de concreto destinados à condução de água pluvial:
 - Sem armação (simples): PS1 e PS2;
 - Com armação: PA1, PA2, PA3 e PA4.
- Tubos de concreto destinados à condução de esgoto sanitário:
 - Sem armação (simples): ES;
 - Com armação: EA2, EA3 e EA4.

As tabelas 2.2 e 2.3, extraídas da norma NBR-8890/2007, apresentam as resistências dos tubos simples e dos tubos armados, conforme sua classe de resistência.

Tabela 2.2 – Resistência para tubos de concreto de águas pluviais e esgotos sanitários.

Diâmetro nominal	Água pluvial		Esgoto sanitário
	Carga mínima de ruptura (kN/m)		Carga mínima de ruptura (kN/m)
Classe	PS1	PS2	ES
200	16	24	36
300	16	24	36
400	16	24	36
500	20	30	45
600	24	36	54

Fonte: NBR-8890/2007.

Tabela 2.3 – Compressão diametral de tubos armados e/ou reforçados com fibra de aço – por classe.

DN	Água pluvial								Esgoto Sanitário					
	Carga mínima de fissura (tubos armados) ou carga isenta de dano (tubo reforçado com fibra) – kN/m				Carga mínima de ruptura				Carga mínima de fissura (tubos armados) ou carga isenta de dano (tubo reforçado com fibra) – kN/m			Carga mínima de ruptura		
Classe	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	EA 2	EA 3	EA 4	EA 2	EA 3	EA 4
300	12	18	27	36	18	27	41	54	18	27	36	27	41	54
400	16	24	36	48	24	36	54	72	24	36	48	36	54	72
500	20	30	45	60	30	45	68	90	30	45	60	45	68	90
600	24	36	54	72	36	54	81	108	36	54	72	54	81	108
700	28	42	63	84	42	63	95	126	42	63	84	63	95	126
800	32	48	72	96	48	72	108	144	48	72	96	72	108	144
900	36	54	81	108	54	81	122	162	54	81	108	81	122	162
1000	40	60	90	120	60	90	135	180	60	90	120	90	135	180
1100	44	66	99	132	66	99	149	198	66	99	132	99	149	198
1200	48	72	108	144	72	108	162	216	72	108	144	108	162	216
1500	60	90	135	180	90	135	203	270	90	135	180	135	203	270
1750	70	105	158	210	105	158	237	315	105	158	210	158	237	315
2000	80	120	180	240	120	180	270	360	120	180	240	180	270	360

Fonte: NBR-8890/2007 (Dimensões em mm).

Como os bueiros podem ter dois tipos de encaixe entre seus tubos, sendo um do tipo ponta e bolsa (PB) e o outro do tipo macho e fêmea (MF), é importante saber quais os diâmetros permitidos para cada tipo de encaixe, segundo as classificações já vistas. Estes detalhes estão apresentados na figura 2.7 e na tabela 2.4.

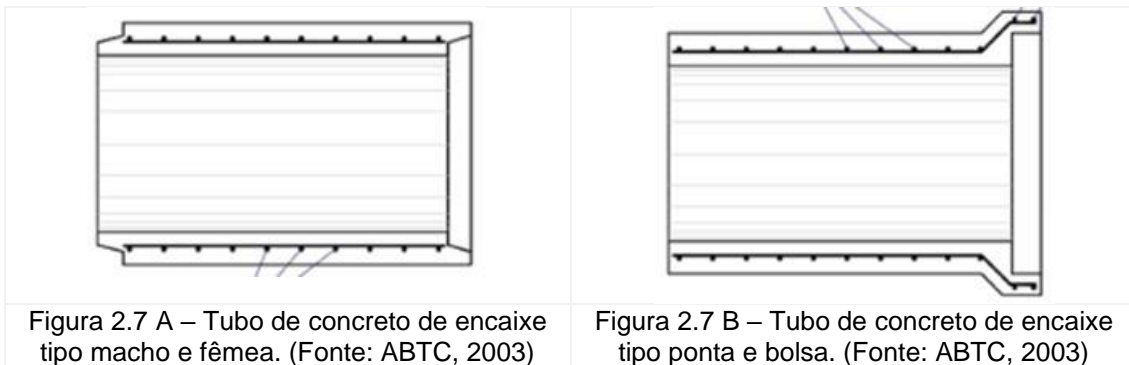


Tabela 2.4 – Tubos para águas pluviais.

Presença de reforço	Sem armação		Com armação / reforço estrutural	
	Classe de resistência	PS1 e PS2		PA1, PA2, PA3 e PA4
Tipo de encaixe	Macho e fêmea	Ponta e bolsa	Macho e fêmea	Ponta e bolsa
Diâmetros permitidos	500 e 600	De 200 a 600	De 500 a 2000	De 300 a 2000
Comprimento útil mínimo do tubo	950	1000	950	1000

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto - ABTC (Dimensões em mm).

TOME NOTA

A nomenclatura CA, comumente empregada para designar bueiros tubulares de concreto armada, foi substituída por PA por ocasião da norma NBR-8890/2003.

TOME NOTA

Todos os tubos devem trazer, em caracteres legíveis gravados no concreto ainda fresco, o nome ou marca do fabricante, diâmetro nominal, a classe a que pertencem ou a resistência do tubo, a data de fabricação e um número para rastreamento de todas as suas características de fabricação.

Embora não seja o propósito deste curso abordar o dimensionamento dos bueiros, é importante que o aluno tenha em mente qual é a capacidade de descarga dos bueiros catalogados nos manuais do DNIT. Assim, considerando o regime de escoamento crítico e o funcionamento como canal, devem ser consideradas as vazões conforme a tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros tubulares de concreto trabalhando como canal.

Tipo	Diâmetro (m)	Área molhada crítica (m ²)	Vazão crítica (m ³ /s)	Velocidade crítica (m/s)	Declividade crítica (%)
BSTC	0,60	0,22	0,43	1,98	0,88
	0,80	0,39	0,88	2,29	0,80
	1,00	0,60	1,53	2,56	0,74
	1,20	0,87	2,42	2,80	0,70
	1,50	1,35	4,22	3,14	0,65
BDTC	1,00	1,20	3,07	2,56	0,74
	1,20	1,73	4,84	2,80	0,70
	1,50	2,71	8,45	3,14	0,65
BTTC	1,00	1,81	4,60	2,56	0,74
	1,20	2,6	7,26	2,80	0,70
	1,50	4,06	12,67	3,14	0,65

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias (BRASIL, 2006).

Na tabela aparecem destacados os valores referentes à vazão suportada por cada tipo de bueiro, bem como os dados referentes ao BSTD de 1,0 m de diâmetro, por ser o tipo de OAC mais comum nas rodovias brasileiras.

É importante ressaltar que estas são as descargas suportadas para os bueiros assentados nas declividades críticas informadas e trabalhando como canal. A variação deste parâmetro irá provocar alteração destes valores, bem como do regime de escoamento.

Embora as novas OACs projetadas devam ser dimensionadas para trabalharem como canal, ao longo de sua vida útil é possível que ocorram chuvas com intensidades superiores àquelas consideradas no período de observação da estação hidrológica escolhida e, conseqüentemente, poderão ocorrer descargas maiores que as previstas.

Assim, o funcionamento da OAC com o acúmulo de carga hidráulica não só é algo possível, como também esta condição deve ser “testada” durante a concepção de projeto, até porque os normativos condicionam que os bueiros tubulares sejam dimensionados como canal e verificados como orifício.

Deste modo, também é importante que o aluno tenha em mente os valores da tabela 2.6, constando das descargas dos bueiros tubulares funcionando como orifício. Nela podem ser verificadas três situações de carga hidráulica à

montante, sendo $H=1,2D$, $H=1,5D$ e $H=2D$, onde “H” é a altura da lâmina d’água acumulada na montante e “D” o diâmetro da tubulação, tal como aparece na figura 2.8.

Tabela 2.6 – Vazão, velocidade e carga hidráulica de bueiros tubulares de concreto e metálicos trabalhando como orifício.

Tipo	Diâmetro (m)	H = 1,2D		H = 1,5D		H = 2,0D	
		Q	V	Q	V	Q	V
BSTC OU BSTM	0,60	0,67	2,37	0,75	2,65	0,86	3,06
	0,80	1,37	2,73	1,54	3,06	1,77	3,53
	1,00	2,40	3,06	2,65	3,42	3,10	3,95
	1,10	3,05	3,21	3,41	3,58	3,93	4,14
	1,20	3,79	3,35	4,23	3,74	4,89	4,32
	1,30	4,63	3,48	5,17	3,90	5,97	4,50
	1,40	5,57	3,62	6,23	4,04	7,19	4,67
	1,50	6,62	3,74	7,40	4,19	8,54	4,83
	1,60	7,78	3,87	8,69	4,32	10,04	4,99
	1,70	9,05	3,98	10,12	4,46	11,68	5,14
	1,80	10,44	4,10	11,67	4,58	13,48	5,29
	1,90	11,95	4,21	13,36	4,71	15,43	5,44
2,00	13,58	4,32	15,19	4,83	17,54	5,58	
BDTC OU BDTM	0,80	2,75	2,73	2,92	3,06	3,37	3,53
	1,00	4,80	3,06	5,37	3,42	6,20	3,95
	1,10	6,09	3,21	6,81	3,58	7,87	4,14
	1,20	7,58	3,85	8,47	3,74	9,78	4,32
	1,30	9,35	3,48	10,35	3,90	11,95	4,50
	1,40	11,14	3,62	12,45	4,04	14,38	4,67
	1,50	13,23	3,74	14,80	4,18	17,08	4,83
	1,60	15,55	3,84	17,39	4,32	20,08	4,99
	1,70	18,10	3,98	20,23	4,46	23,36	5,14
	1,80	20,88	4,10	23,34	4,58	26,95	5,25
	1,90	23,90	4,21	26,72	4,71	30,85	5,44
2,00	27,17	4,32	30,37	4,83	35,07	5,58	
BTTC OU BTTM	1,00	7,20	3,06	8,05	3,42	9,30	3,95
	1,10	9,14	3,21	10,22	3,58	11,80	4,14
	1,20	11,36	3,35	12,70	3,74	14,67	4,32
	1,30	13,88	3,48	15,52	3,90	17,92	4,50
	1,40	16,71	3,62	18,68	4,04	21,57	4,67
	1,50	19,85	3,74	22,19	4,18	25,63	4,83
	1,60	23,33	3,87	26,08	4,32	30,11	4,99
	1,70	27,14	3,98	30,35	4,46	35,04	5,14
	1,80	31,31	4,10	35,01	4,58	40,43	5,29
	1,90	35,85	4,21	40,08	4,71	46,28	5,44
2,00	40,75	4,32	45,56	4,83	52,61	5,58	

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias (BRASIL, 2006).

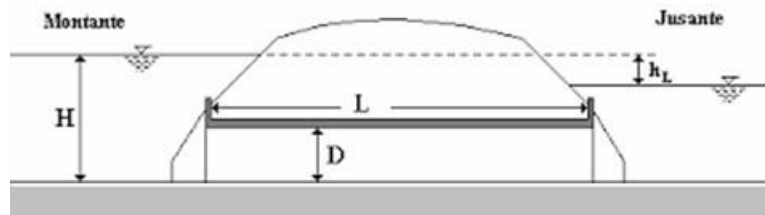


Figura 2.8 – Esquema de bueiro com acúmulo de carga hidráulica à montante.

No tocante ao processo de fabricação, torna-se importante destacar que os tubos utilizados para execução de bueiros de concreto são pré-moldados e este processo se dá por meio da moldagem em formas metálicas, onde o concreto é normalmente adensado por centrifugação ou por vibração.

No caso do uso de equipamentos de vibrocompressão, este é normalmente instalado em fosso abaixo do nível do piso (para reduzir ruídos) e o concreto lançado pela parte superior. A alimentação do concreto costuma ocorrer por meio de correia transportadora, que o despeja dentro de um funil, direcionando-o para o interior da forma/molde metálico. Enquanto se enche o molde, o concreto lançado para fabricação do tubo sofre processo de vibração e após o enchimento total, além do processo de vibração, o tubo passa por um processo de compressão e compactação, através de anel giratório acionado por prensa hidráulica. A figura 2.9 permite a visualização deste procedimento.



Figura 2.9 – Fabricação de tubo por processo de vibrocompressão (Fonte: Manual Técnico de Drenagem e Esgoto Sanitário – ABTC, 2008).

Os tubos também podem ser fabricados por meio de equipamentos de compressão radial e neste caso as prensas de compressão radial ou prensas

radiais possuem um molde exterior e um eixo rotatório hidráulico, dotado de um sistema com roletes que executam um movimento de rotação em alta velocidade, comprimindo o concreto que foi lançado na máquina contra o molde exterior, produzindo o tubo.

2.2. BUEIROS CELULARES DE CONCRETO

Como o próprio nome sugere, estes tipos de bueiros são dispositivos construídos por células de concreto armado, podendo ser moldadas *in loco* ou pré-moldadas, normalmente com seção transversal quadrada, com lado variando de 1,0 m a 3,0 m. Quando pré-moldados, recebem o nome de aduelas e sua seção pode também ser retangular, permitindo uma maior variedade de dimensões.

De acordo com a própria definição da NBR-15396, as aduelas são estruturas pré-moldadas em concreto armado, fechada ou aberta, com ou sem mísula interna, com sistema de encaixe tipo macho-fêmea.

De forma análoga aos bueiros tubulares, os celulares também podem ser executados em linhas simples, duplas ou triplas, cabendo uma nomenclatura específica para cada caso, a saber:

- BSCC: Bueiro Simples Celular de Concreto (1 linha de células);
- BDCC: Bueiro Duplo Celular de Concreto (2 linhas de células); e
- BTCC: Bueiro Triplo Celular de Concreto (3 linhas de células).

Para uma rápida identificação e memorização desta nomenclatura, se apresentam as figuras 2.10 a 2.12

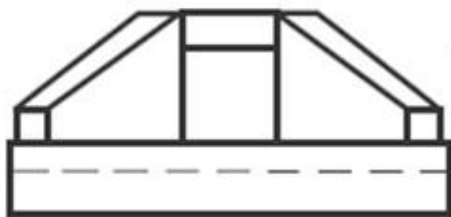


Figura 2.10 A – Esquema de um BSCC.
(Fonte: BRASIL, 2006).



Figura 2.10 B – BSCC instalado em rodovia.
(Fonte: próprio autor).

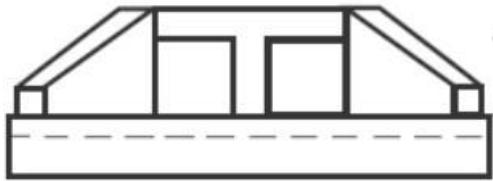


Figura 2.11 A – Esquema de um BDCC. (Fonte: BRASIL, 2006).

Figura 2.11 B – BDCC instalado em rodovia. (Fonte: próprio autor).



Figura 2.12 A – Esquema de um BTCC. (Fonte: BRASIL, 2006)



Figura 2.12 B – BTCC instalado em rodovia. (Fonte: próprio autor).

O DNIT traz, em seu catálogo, bueiros em combinação de até três linhas e considera células moldadas *in loco*, de seção quadrada, com lado variando de 1,0 m a 3,0 m. Já quando se considera o bueiro pré-moldado, as dimensões vão variar de 1,0 m a 4,0 m, tanto com seções quadradas quanto retangulares, conforme tabela 2.7 e figura 2.13.

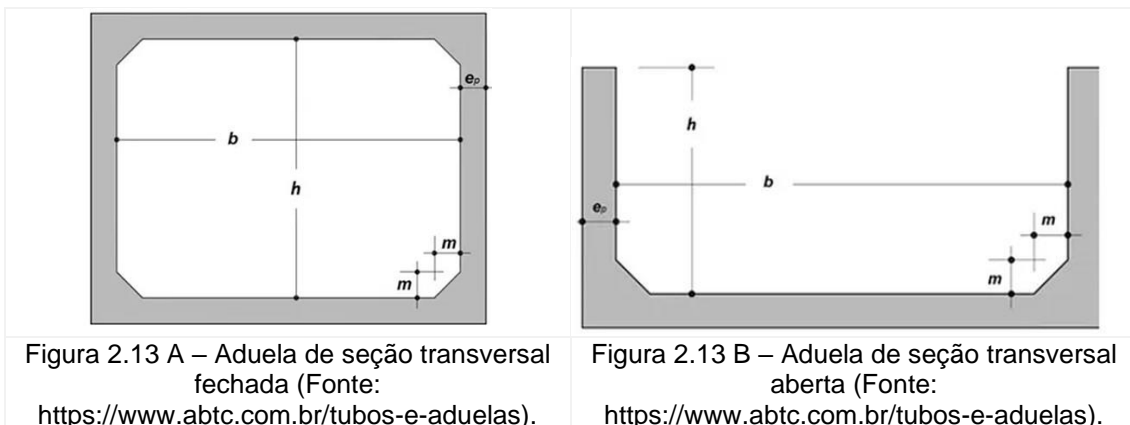
Não é tão incomum serem encontrados bueiros celulares instalados em linhas superiores a três, formando assim bueiros celulares quádruplos, quádruplos e até sêxtuplos, por exemplo. O cuidado que se deve ter aqui é com a faixa de

alagamento que será provocada, mas não há uma proibição para combinações superiores a três linhas.

Tabela 2.7 – Dimensão das aduelas.

Largura (b)	Altura (h)	Largura (b)	Altura (h)
1,00	1,00	-	-
1,50	1,00	1,00	1,50
2,00	1,00	1,00	2,00
2,50	1,00	1,00	2,50
3,00	1,00	1,00	3,00
3,50	1,00	1,00	3,50
4,00	1,00	1,00	4,00
1,50	1,50	-	-
2,00	1,50	1,50	2,00
2,50	1,50	1,50	2,50
3,00	1,50	1,50	3,00
3,50	1,50	1,50	3,50
4,00	1,50	1,50	4,00
2,00	2,00	-	-
2,50	2,00	2,00	2,50
3,00	2,00	2,00	3,00
3,50	2,00	2,00	3,50
4,00	2,00	2,00	4,00
2,50	2,50	-	-
3,00	2,50	2,50	3,00
3,50	2,50	2,50	3,50
4,00	2,50	2,50	4,00
3,00	3,00	-	-
3,50	3,00	3,00	3,50
4,00	3,00	3,00	4,00
3,50	3,50	-	-
4,00	3,50	3,50	4,00
4,00	4,00	-	-

Fonte: NBR-15396/2018 (Dimensões em m).



O projetista goza de maiores opções de escolha quando a OAC indicada é do tipo celular. Primeiramente, poderá escolher entre bueiros moldados *in loco* ou

pré-moldados, e esta escolha envolve tanto questões de custo, tempo de execução e disponibilidade.

Com relação aos dois últimos aspectos, é importante que o projetista tenha em mente que o tempo de execução de um bueiro celular pré-moldado é menor, se comparado com o correspondente moldado *in loco*. É que este demanda montagem das formas, corte, dobra e montagem da armadura, concretagem, cura e desforma, além do que, em condições normais de dosagem, a resistência característica do concreto só deverá ser atingida aos 28 dias de idade.

Por outro lado, há que se considerar também a disponibilidade das aduelas no comércio local, haja vista que elas só são normalmente encontradas em grandes centros urbanos e a depender das dimensões desejadas, deverão ter sua fabricação solicitada para a obra em específico.

Outra vantagem dos bueiros celulares pré-moldados frente aos moldados *in loco*, é a disponibilidade de seções retangulares, principalmente com a medida da base maior que a medida da altura, permitindo maiores capacidades de vazão e execução em aterros mais baixos.

Outro aspecto interessante dos bueiros pré-moldados diz respeito à disponibilidade de aduelas abertas, tal como mostrado na figura 2.13 B. Com a partição das aduelas de maiores dimensões, obtém-se, por exemplo, peças de menor massa, o que facilita seu manuseio, transporte e instalação.

Embora não seja o propósito deste curso abordar o dimensionamento dos bueiros, é importante que o aluno tenha em mente qual é a capacidade de descarga dos bueiros catalogados nos manuais do DNIT. Assim, considerando o regime de escoamento crítico e o funcionamento como canal, devem ser consideradas as vazões conforme a tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros celulares de concreto trabalhando como canal.

Tipo	Base x Altura (m)	Área molhada crítica (m ²)	Vazão crítica (m ³ /s)	Velocidade crítica (m/s)	Declividade crítica (%)
BSCC	1,00 x 1,00	0,67	1,71	2,56	0,78
	1,50 x 1,50	1,50	4,70	3,14	0,68
	2,00 x 1,50	2,00	6,26	3,14	0,56
	2,00 x 2,00	2,67	9,64	3,62	0,52
	2,00 x 2,50	3,33	13,48	4,05	0,69
	2,00 x 3,00	4,00	17,72	4,43	0,76
	2,50 x 2,50	4,17	16,85	4,05	0,58
	3,00 x 1,50	3,00	9,40	3,14	0,44
	3,00 x 2,00	4,00	14,47	3,62	0,47
	3,00 x 2,50	5,00	20,22	4,05	0,51
	3,00 x 3,00	6,00	26,58	4,43	0,54
BDCC	2,00 x 1,50	4,00	12,53	3,14	0,56
	2,00 x 2,00	5,33	19,29	3,62	0,62
	2,00 x 2,50	6,67	26,96	4,05	0,69
	2,00 x 3,00	8,00	35,44	4,43	0,76
	2,50 x 2,50	8,33	33,70	4,05	0,78
	3,00 x 1,50	6,00	17,79	3,14	0,44
	3,00 x 2,00	8,00	28,93	3,62	0,47
	3,00 x 2,50	10,00	40,44	4,05	0,51
	3,00 x 3,00	12,00	53,16	4,43	0,54
BTCC	2,00 x 2,00	8,00	28,93	3,62	0,62
	2,00 x 2,50	1,00	40,44	4,05	0,69
	2,50 x 2,50	12,50	50,55	4,05	0,68
	3,00 x 2,00	12,00	43,40	3,63	0,47
	3,00 x 2,50	15,00	60,66	4,05	0,51
	3,00 x 3,00	18,00	79,73	4,43	0,54

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias (BRASIL, 2006).

Na tabela aparecem destacados os valores referentes à vazão suportada por cada tipo de bueiro celular, bem como os dados referentes ao BTCC 3,0x3,0 m, por ser o tipo de bueiro celular com maior capacidade de descarga.

É importante destacar que estas são as descargas suportadas para os bueiros assentados nas declividades críticas informadas e trabalhando como canal. A variação deste parâmetro irá provocar alteração destes valores, bem como do regime de escoamento.

Embora as novas OACs projetadas devam ser dimensionadas para trabalharem como canal, ao longo de sua vida útil é possível que ocorram chuvas com intensidades superiores àquelas consideradas no período de observação da estação hidrológica escolhida e, conseqüentemente, poderão ocorrer descargas maiores que as previstas.

Assim, o funcionamento da OAC com o acúmulo de carga hidráulica não só é algo possível, como também esta condição deve ser “testada” durante a concepção de projeto, até porque os normativos condicionem que os bueiros celulares sejam dimensionados como canal e verificados como orifício.

Deste modo, também é importante que o aluno tenha em mente os valores da tabela 2.9, constando das descargas dos bueiros celulares funcionando como orifício. Nela podem ser verificadas três situações de carga hidráulica à montante, sendo $H=1,2h$, $H=1,5h$ e $H=2h$, onde H é a altura da lâmina d’água acumulada na montante e h é a altura da célula.

Tabela 2.9 – Vazão, velocidade e carga hidráulica de bueiros celulares de concreto trabalhando como orifício.

Tipo	Base (m)	Altura (m)	H = 1,2h		H = 1,5h		H = 2,0h	
			Q	V	Q	V	Q	V
BSCC	1,00	1,00	3,06	3,06	3,42	3,42	3,95	3,95
	1,50	1,50	8,43	3,74	9,42	4,19	10,88	4,83
	2,00	1,50	11,23	3,74	12,56	4,19	14,50	4,83
	2,00	2,00	17,30	4,32	19,34	4,83	22,33	5,58
	2,00	2,50	24,17	4,83	27,02	5,40	31,20	6,24
	2,00	3,00	31,77	5,30	35,52	5,92	41,02	6,84
	2,50	2,50	30,21	4,83	33,78	5,40	39,01	6,24
	3,00	1,50	16,85	3,74	18,84	4,19	21,75	4,83
	3,00	2,00	25,94	4,32	29,00	4,83	33,49	5,58
	3,00	2,50	36,26	4,83	40,54	5,40	46,81	6,24
	3,00	3,00	47,66	5,30	53,29	5,92	61,53	6,84
BDCC	2,00	2,00	34,59	4,32	38,64	4,83	44,66	5,58
	2,00	2,50	48,34	4,83	54,05	5,40	62,41	6,24
	2,00	3,00	63,55	5,30	71,05	5,92	82,04	6,84
	2,50	2,50	60,43	4,83	81,07	5,40	93,61	6,24
	3,00	2,00	51,89	4,32	58,01	4,83	66,98	5,58
	3,00	2,50	72,51	4,83	81,07	5,40	93,61	6,24
	3,00	3,00	95,32	5,30	106,57	5,92	123,06	6,84
BTCC	2,00	2,00	51,89	4,32	58,01	4,83	66,98	5,58
	2,00	2,50	72,51	4,83	81,07	5,40	93,61	6,24
	2,50	2,50	90,64	4,83	101,34	5,40	117,02	6,24
	3,00	2,00	77,83	4,32	87,01	4,83	100,48	5,58
	3,00	2,50	108,77	4,83	121,61	5,40	140,42	6,24
	3,00	3,00	142,98	5,30	159,86	5,92	184,59	6,84

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias (BRASIL, 2006).

De acordo com o Manual Técnico de Drenagem e Esgoto Sanitário (2008), o processo mais comum encontrado no Brasil, pela simplicidade e menor valor de aquisição, quando comparado com os outros processos, é a fabricação das aduelas utilizando-se conjuntos vibratórios, onde normalmente os vibradores são

fixados nas formas externas, em quantidade e localização convenientemente estudada, tal como mostra a figura 2.14.



Figura 2.14 – Conjunto de formas metálicas e vibradores empregados na fabricação de aduelas de concreto (Fonte: <http://www.tgm.ind.br/produtos/pluvial-e-saneamento/forma-metalica-para-galeria-e-aduelas/>).

Normalmente as formas metálicas são moduladas, possibilitando a fabricação das peças com várias dimensões internas e diversas espessuras de parede.

Por se tratar de peças maiores, é importante observar a necessidade de equipamento compatível em capacidade de carga para o manuseio destas peças dentro da fábrica, implicando também em estudo logístico para o transporte até as obras.

TOME NOTA

Vídeo da ABTC mostrando detalhes da fabricação dos tubos e aduelas de concreto (<https://www.youtube.com/watch?v=LIsCBB2MyvA>)

2.3. BUEIROS METÁLICOS

Os bueiros metálicos são executados com chapas metálicas corrugadas ou não, normalmente com tratamento em aço galvanizado ou pintura epóxi, constituído de múltiplas chapas, aparafusadas entre si.

A empresa ARMCOSTACO é a principal fabricante de chapas para bueiros metálicos em nosso país e seus catálogos detalham pelo menos dois tipos de produtos: o MP-100 e o MP-152.

Esta nomenclatura deriva do comprimento de onda obtida da seção transversal da chapa corrugada, tal como mostram as figuras 2.14 e 2.15.

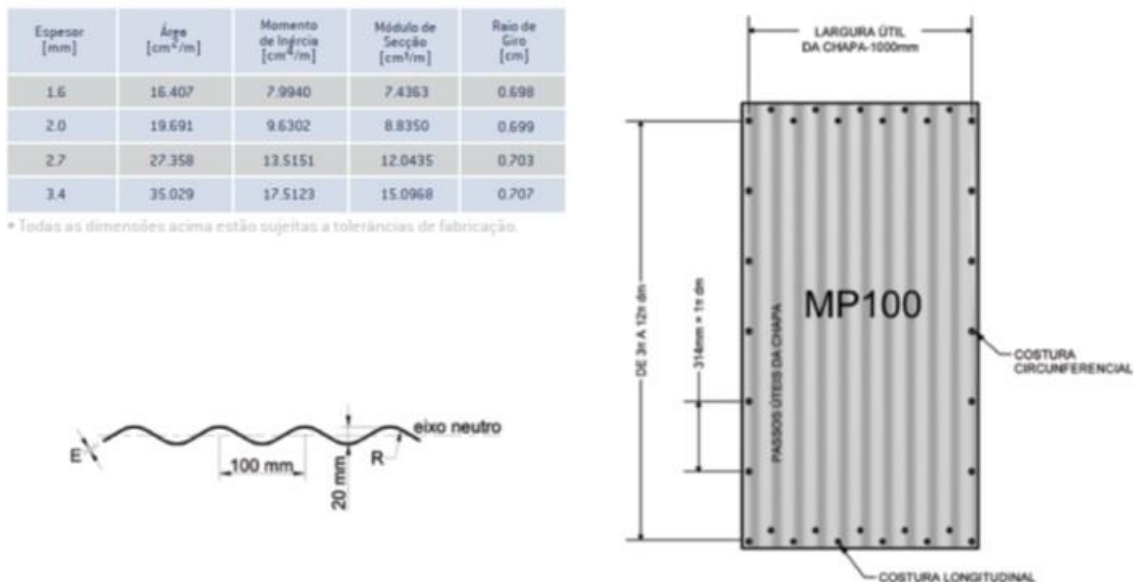


Figura 2.14 – Chapas do tipo MP-100 para bueiros metálicos (Fonte: Catálogo produtos - ARMCOSTACO).

Espesor [mm]	Área [mm]	Momento de Inércia [mm]	Módulo de Seção [cm ³ /mm]	Raio de Giro [mm]
2.70	30.996	93.0537	34.9169	1.733
3.40	39.697	119.7643	44.3572	1.737
3.90	46.541	140.9898	51.6919	1.741
4.70	55.884	170.3003	61.5014	1.746
6.40	76.358	242.5805	84.9669	1.759
7.20	87.117	271.5110	93.9484	1.765

* As dimensões acima estão sujeitas a tolerâncias de fabricação.

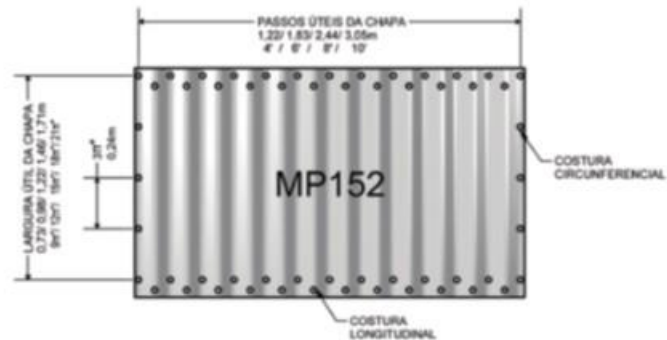
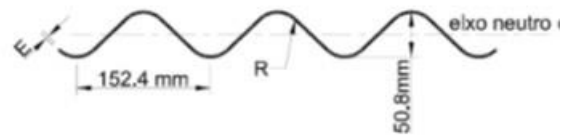


Figura 2.15 – Chapas do tipo MP-152 para bueiros metálicos (Fonte: Catálogo produtos - ARMOCOSTACO).

As chapas do tipo MP-100 têm espessuras variando de 1,6 mm a 3,4 mm e podem ser montadas com diferentes geometrias, tal como mostra a figura 2.16.

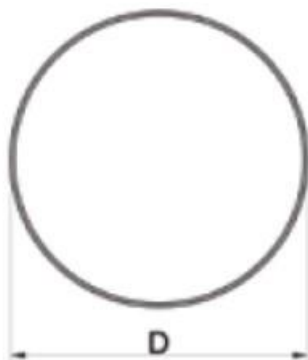


Figura 2.16 A – Seção circular.

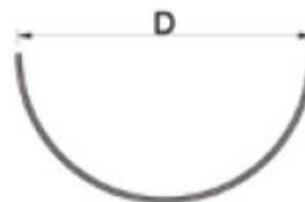


Figura 2.16 B – Seção semicircular.

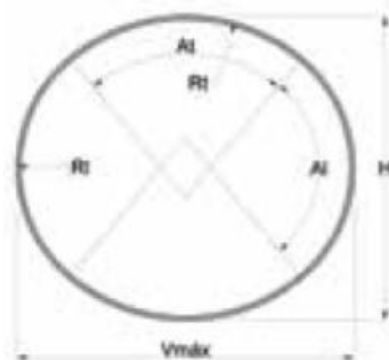


Figura 2.16 C – Seção elíptica.

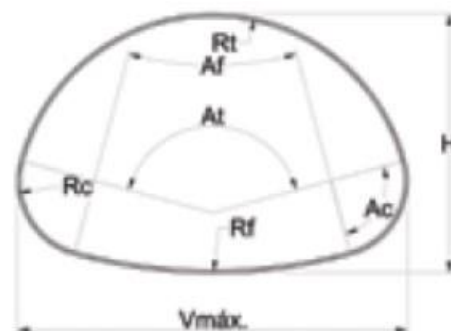


Figura 2.16 D – Seção lenticular.

Embora nem todos estes tipos sirvam para a confecção de OACs, como é o caso da seção semicircular, há uma grande variedade de tamanhos para as demais seções, permitindo a construção de estruturas de transposição de talvegues com grandes capacidades de descargas, haja vista terem grandes dimensões e poderem ser combinados em linhas, o que lhes permitem alcançar, certas vezes, a capacidade de descarga de OAEs de pequenos vãos.

A fim de que o aluno possa consultar de forma rápida as principais informações técnicas sobre tipos e tamanhos de bueiros possíveis de serem montados com as chapas do tipo MP-100, são apresentadas as figuras 2.17 a 2.19, retiradas do catálogo do fabricante.

O catálogo mostrado na figura 2.17 reúne os bueiros circulares metálicos, com diâmetro variando desde 0,60 m até 2,80 m, podendo ser construídos em linha simples ou em linhas múltiplas. Nele também podem ser encontradas as alturas mínimas e máximas de aterro sobre a geratriz superior da chapa, tanto para plataforma rodoviária, quanto ferroviária, função da espessura da chapa.

Já o catálogo mostrado na figura 2.18 reúne os bueiros elípticos metálicos, com dimensões (vão x altura) variando desde 0,85 m x 0,75 m até 3,35 m x 3,05 m, podendo ser construídos em linha simples ou em linhas múltiplas. Nele também são encontradas as alturas mínimas e máximas de aterro sobre a geratriz superior da chapa, tanto para plataforma rodoviária, quanto ferroviária, função da espessura da chapa. Por sua vez, o catálogo mostrado na figura 2.19 reúne os bueiros lenticulares metálicos, com dimensões (vão x altura) variando desde 1,00 m x 0,80 m até 3,05 m x 2,05 m, podendo ser construídos em linha simples ou em linhas múltiplas. Nele também constam as alturas mínimas e máximas de aterro sobre a geratriz superior da chapa, tanto para plataforma rodoviária, quanto ferroviária, de acordo com a espessura da chapa.

Modelo	Diâmetro (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	ALTURA DE ATERRO (m)												
				Mínima	Rodovia				Ferrovia				Máxima			
					Máxima				Mínima				Máxima			
					Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,6	2,0	2,7	3,4	1,6	2,0	2,7	3,4	1,6	2,0	2,7	3,4					
6 C	0,60	0,28	1,88	0,30	18,00	25,00	32,30	43,40	0,60	0,60	0,60	0,60	18,00	25,00	32,30	43,40
7 C	0,70	0,38	2,20	0,30	15,50	21,40	27,70	37,20	0,60	0,60	0,60	0,60	15,50	21,40	27,70	37,20
8 C	0,80	0,50	2,51	0,30	13,50	18,70	24,20	32,50	0,60	0,60	0,60	0,60	13,50	18,80	24,20	32,50
9 C	0,90	0,64	2,83	0,30	12,00	16,60	21,50	28,90	0,60	0,60	0,60	0,60	12,00	16,70	21,50	28,90
10 C	1,00	0,79	3,14	0,30	10,80	15,00	19,40	26,00	0,60	0,60	0,60	0,60	10,80	15,00	19,40	26,00
11 C	1,10	0,95	3,46	0,30	9,80	13,60	17,60	23,70	0,80	0,60	0,60	0,60	9,80	13,60	17,60	23,70
12 C	1,20	1,13	3,77	0,30	9,00	12,50	16,10	21,70	1,00	0,90	0,60	0,60	8,20	12,50	16,10	21,70
13 C	1,30	1,33	4,08	0,30	8,30	11,50	14,90	20,00	1,20	1,10	0,60	0,60	7,50	11,50	14,90	20,00
14 C	1,40	1,54	4,40	0,30	7,70	10,70	13,80	18,60	1,40	1,30	0,60	0,60	6,90	10,70	13,80	18,60
15 C	1,50	1,77	4,71	0,30	7,20	10,00	12,90	17,30	1,80	1,40	0,60	0,60	6,40	10,00	12,90	17,30
16 C	1,60	2,01	5,03	0,40	6,70	9,30	12,10	16,20	2,10	1,60	0,60	0,60	6,00	9,10	12,10	16,20
17 C	1,70	2,27	5,34	0,40	6,30	8,60	11,40	15,30	2,30	1,70	0,80	0,60	4,80	8,00	11,40	15,30
18 C	1,80	2,54	5,65	0,40	6,00	8,30	10,70	14,40	2,70	1,70	0,90	0,60	3,90	7,50	10,70	14,40
19 C	1,90	2,84	5,97	0,40		7,90	10,20	13,70		1,80	1,10	0,60		7,10	10,20	13,70
20 C	2,00	3,14	6,28	0,50		7,50	9,70	13,00		2,20	1,20	0,60		6,70	9,40	13,00
21 C	2,10	3,46	6,60	0,50		7,10	9,20	12,40		2,50	1,30	0,60		6,30	9,00	12,40
22 C	2,20	3,80	6,91	0,50		6,80	8,80	11,80		2,70	1,40	0,60		6,00	8,00	11,90
23 C	2,30	4,15	7,23	0,50		6,50	8,40	11,30		1,80	0,60		5,00	7,60	11,30	
24 C	2,40	4,52	7,54	0,50			8,00	10,80		2,00	0,60			7,30	10,80	
25 C	2,50	4,91	7,85	0,50				10,40		2,10	0,60				10,40	
26 C	2,60	5,31	8,17	0,50				10,00		2,30	0,70				10,00	
27 C	2,70	5,73	8,48	0,50				9,60			0,80				9,40	
28 C	2,80	6,16	8,80	0,50				9,00			0,90				9,00	

Figura 2.17 – Modelos de bueiros metálicos de seção circular construídos com chapas MP-100. (Fonte: ARMCOSTACO).

Modelo	Dimensões		Área (m ²)	Perímetro (m)	ALTURA DE ATERRO (m)												
	Vão (m)	Altura (m)			Mínima	Rodovia				Ferrovia				Máxima			
						Máxima				Mínima				Máxima			
						Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,6	2,0	2,7	3,4	1,6	2,0	2,7	3,4	1,6	2,0	2,7	3,4						
2,5 E 1,51	0,85	0,75	0,50	2,52	0,30	12,90	14,40	14,40	14,40	0,60	0,60	0,60	0,60	12,70	14,40	14,40	14,40
3 E 2	1,05	0,95	0,79	3,14	0,30	10,30	14,20	14,20	14,50	0,60	0,60	0,60	0,60	10,30	14,20	14,50	14,50
4 E 2	1,25	1,15	1,13	3,77	0,30	8,30	12,00	14,00	14,00	1,10	0,60	0,60	0,60	7,90	12,00	14,00	14,00
4 E 3	1,45	1,35	1,54	4,40	0,30	6,70	10,30	13,40	14,70	1,60	1,00	0,60	0,60	6,70	10,30	13,40	14,60
5 E 3	1,70	1,55	2,02	5,02	0,30	4,60	8,80	11,40	14,20	2,30	1,30	0,80	0,60	4,80	8,00	11,40	14,20
5 E 4	1,90	1,70	2,54	5,65	0,40	5,70	7,90	10,20	13,70	3,20	1,70	1,30	0,60	3,60	7,10	10,20	13,70
6 E 4	2,10	1,90	3,14	6,28	0,50		7,10	9,20	12,40		2,50	1,30	0,60		6,30	9,00	12,40
6 E 5	2,30	2,10	3,78	6,91	0,50			8,40	11,30		2,20	1,80	0,80		7,60	11,30	
7 E 5	2,50	2,30	4,51	7,54	0,60			7,70	10,40			2,10	1,00		7,00	10,40	
7 E 6	2,70	2,45	5,28	8,16	0,60				9,60				1,20		1,30	9,40	
8 E 6	2,95	2,65	6,14	8,79	0,60				8,80				1,40			8,00	
8 E 7	3,15	2,85	7,05	9,42	0,60*				8,20								
8 E 8	3,35	3,05	7,97	10,05	0,60*				7,70								

Figura 2.18 – Modelos de bueiros metálicos de seção elíptica construídos com chapas MP-100. (Fonte: ARMCOSTACO).

Modelo	Dimensões		Área (m ²)	Perímetro (m)	ALTURA DE ATERRO (m)												
					Rodovia				Ferrovia								
	Vão (m)	Altura (m)			Mínima	Máxima			Mínima	Máxima							
						Espessura (mm)				Espessura (mm)							
			1.6	2.0	2.7	3.4	1.6	2.0	2.7	3.4	1.6	2.0	2.7	3.4			
5L0628	1.00	0.80	0.61	2.83	0.30	6.80	6.80	6.80	6.80	2.00	2.00	2.00	2.00	6.10	6.10	6.10	6.10
6L13	1.20	1.00	0.93	3.45	0.30	9.00	9.00	9.00	9.00	1.20	1.20	1.20	1.20	8.20	8.30	8.30	8.30
7C0835	1.25	1.10	1.08	3.80	0.30	8.50	8.50	8.50	8.50	1.30	1.30	1.30	1.30	7.70	7.70	7.70	7.70
7L14	1.45	1.10	1.28	4.08	0.40	7.20	7.20	7.20	7.20	1.80	1.80	1.80	1.80	6.40	6.40	6.40	6.40
5L33	1.50	1.30	1.53	4.40	0.40	7.20	10.00	12.90	14.30	1.80	1.40	0.70	0.70	6.40	10.00	12.90	14.30
6L33	1.60	1.40	1.75	4.71	0.50	6.70	9.30	12.10	13.10	2.10	1.60	0.70	0.70	6.00	9.10	12.10	13.10
7L33	1.75	1.45	1.98	5.02	0.50	6.20	8.50	11.10	12.30	2.60	1.80	0.90	0.70	4.60	7.80	11.10	12.30
8L33	1.85	1.50	2.22	5.34	0.50	5.80	8.10	10.50	11.50	2.80	1.90	1.00	0.70	3.80	7.30	10.50	11.50
8L34	2.00	1.55	2.47	5.65	0.50		7.50	9.70	10.50		2.20	1.20	1.00		6.70	9.40	10.50
9L34	2.15	1.60	2.73	5.97	0.60		6.90	9.00	10.00		3.00	1.40	1.10		6.20	8.20	10.00
9L35	2.30	1.65	3.00	6.28	0.60			8.40	9.10			1.70	1.30		7.60	8.30	
10L35	2.40	1.75	3.29	6.59	0.60			8.00	8.80			1.90	1.40		7.30	8.00	
11L35	2.50	1.80	3.59	6.91	0.60				8.50				1.70			7.80	
14L34	2.50	2.20	4.37	7.54	0.60				8.50				1.00				10.40
11L36	2.70	1.85	3.90	7.22	0.60				7.80				2.10				7.10
12L36	2.80	1.90	4.22	7.54	0.60				7.70				2.20				6.90
12L37	2.95	1.95	4.55	7.85	0.60				7.10				2.70				6.30
13L37	3.05	2.05	4.90	8.16	0.60				6.00				2.70				6.00

Figura 2.19 – Modelos de bueiros metálicos de seção lenticular construídos com chapas MP-100. (Fonte: ARM COSTACO).

As chapas do tipo MP-152 têm espessuras variando de 2,7 mm a 7,2 mm e podem ser montadas com diferentes geometrias, tal como mostra a figura 2.20. Dentre elas, a primeira traz modelo concebido para condução de descargas hidráulicas, ao passo que as demais têm uso recomendado para passagem inferior de veículos, de pedestre e de gado.

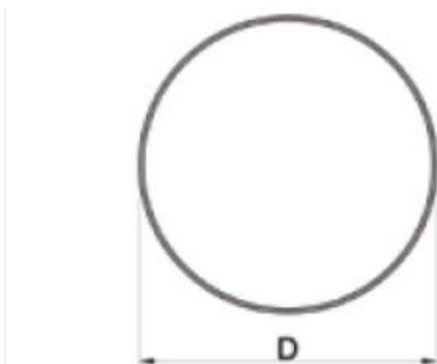


Figura 2.20 A – Seção circular.

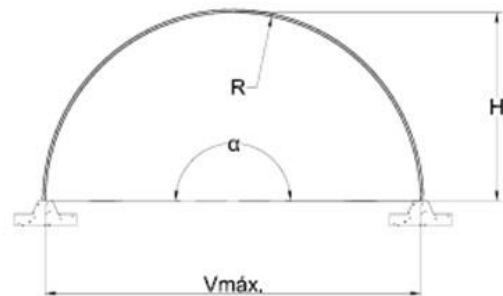


Figura 2.16 B – Seção em arco.

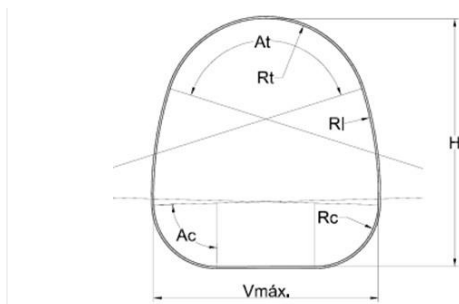


Figura 2.20 C – Passagem de pedestre e gado.

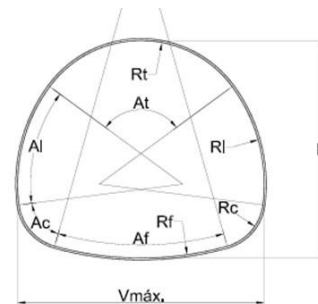


Figura 2.20 D – Seção lenticular.

Embora nem todos estes tipos sirvam para a confecção de OACs, vale destacar que as seções para condução de descargas hidráulicas disponíveis nas chapas MP-152 suportam descargas maiores quando comparadas àquelas disponíveis nas chapas MP-100, sendo isto função principalmente das grandes dimensões alcançadas com chapas de maior espessura (maior que o dobro da maior espessura alcançada no outro modelo).

Isto possibilita a construção de estruturas de transposição de talvegues com capacidades de descargas ainda maiores, podendo também ser combinadas em linhas, o que lhes permitem ultrapassar, certas vezes, a capacidade de descarga de OAEs de pequenos vãos.

A fim de que o aluno possa consultar de forma rápida as principais informações técnicas sobre tipos e tamanhos de bueiros e demais estruturas possíveis de serem montadas com as chapas do tipo MP-152, são apresentadas as figuras 2.21 a 2.24, retiradas do catálogo do fabricante.

O catálogo mostrado na figura 2.21 reúne os bueiros circulares metálicos, com diâmetro variando desde 1,50 m até 7,25 m, podendo ser construídos em linha simples ou em linhas múltiplas. Nele também podem ser encontradas as alturas mínimas e máximas de aterro sobre a geratriz superior da chapa, tanto para plataforma rodoviária, quanto ferroviária, variando de acordo com a espessura da chapa.

Já o catálogo mostrado na figura 2.22 reúne as passagens metálicas inferiores em formato de arco, com dimensões (vão x altura) variando desde 1,50 m x 0,80 m até 7,35 m x 3,65 m, podendo ser construídos em linha simples ou em linhas

múltiplas. Nele também são encontradas as alturas mínimas e máximas de aterro sobre a geratriz superior da chapa, tanto para plataforma rodoviária, quanto ferroviária, função da espessura da chapa.

Por sua vez, o catálogo mostrado na figura 2.23 reúne as passagens inferiores para gado e pedestre, com dimensões (vão x altura) variando desde 2,20 m x 2,25 m até 2,90 m x 3,10 m, podendo ser construídos em linha simples ou em linhas múltiplas. Nele também constam as alturas mínimas e máximas de aterro sobre a geratriz superior da chapa, tanto para plataforma rodoviária, quanto ferroviária, de acordo com a espessura da chapa.

Já o catálogo mostrado na figura 2.24 reúne passagens inferiores com dimensões (vão x altura) variando desde 3,70 m x 3,50 m até 6,25 m x 5,50 m, podendo ser construídos em linha simples ou em linhas múltiplas. Nele também constam as alturas mínimas e máximas de aterro sobre a geratriz superior da chapa, tanto para plataforma rodoviária, quanto ferroviária, de acordo com a espessura da chapa.

Modelo	Diâmetro (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	ALTURA DE ATERRO (m)							
				Mínimo		Máximo (Rodovia / Ferrovia)					
				Rodovia	Ferrovia	Espessura (mm)					
						2.7	3.4	3.9	4.7	6.4	7.2
60 C	1.50	1.90	4.88	0.30	0.60	25.40	34.20	41.50	52.20	73.30	73.40
72 C	1.80	2.73	5.86	0.30	0.60	21.20	28.50	34.60	43.50	61.10	61.20
75 C	1.90	2.96	6.10	0.30	0.60	20.10	27.00	32.80	41.20	57.80	58.00
84 C	2.15	3.71	6.83	0.30	0.60	17.70	23.90	29.00	36.40	51.10	51.20
90 C	2.30	4.26	7.32	0.30	0.60	16.60	22.30	27.10	34.10	47.80	47.90
105 C	2.65	5.80	8.54	0.45	0.60	14.40	19.40	23.50	29.60	41.60	41.60
120 C	3.05	7.58	9.76	0.45	0.60	12.50	16.80	20.40	25.70	36.00	36.10
126 C	3.20	8.36	10.25	0.45	0.60	11.90	16.00	19.50	24.50	34.30	34.40
135 C	3.40	9.59	10.98	0.45	0.60	11.20	15.00	18.30	23.00	32.30	32.40
144 C	3.65	10.92	11.71	0.45	0.60*	10.40	14.00	17.10	21.50	30.10	30.20
150 C	3.80	11.84	12.20	0.60	0.75*	10.00	13.40	16.40	20.60	28.90	29.00
165 C	4.20	14.33	13.42	0.60	1.00*	9.10***	12.10	14.80	18.70	26.10	26.20
180 C	4.60	17.06	14.64	0.60	1.20**	8.30****	11.10	13.50	17.00	23.90	23.90
189 C	4.80	18.80	15.37	0.60	1.20**		10.60	12.90	16.30	22.90	22.90
195 C	5.00	20.02	15.86	0.75	1.20**		10.20	12.40	15.70	21.90	22.00
210 C	5.35	23.21	17.08	0.75	1.20**			11.50	14.40	20.20	20.60
225 C	5.70	26.65	18.30	0.75	1.20			10.80	13.10	18.40	19.30
240 C	6.10	30.32	19.52	0.75	1.20				11.70	16.50	18.00
255 C	6.50	34.23	20.74	0.90	1.20					14.80	16.50
270 C	6.85	38.38	21.96	0.90	1.50					13.40	15.00
285 C	7.25	42.76	23.18	1.00	1.50					12.00	13.40

Figura 2.21 – Modelos de bueiros metálicos de seção circular construídos com chapas MP-152. (Fonte: ARMCOSTACO).

Modelo	Dimensões		Área (m ²)	Perímetro (m)	ALTURA DE ATERRO (m)													
					Mínima		Máxima						Máxima					
	Rodovia		Rodovia				Ferrovia			Rodovia			Ferrovia					
			Espessura (mm)		Espessura (mm)			Espessura (mm)			Espessura (mm)							
Vão (m)	Altura (m)	Rodovia	Ferrovia	2,7	3,4	3,9	4,7	6,4	7,2	2,7	3,4	3,9	4,7	6,4	7,2			
30A150	1.50	0.80	0.95	2.44	0.30	0.60	14.50	18.50	21.70	26.10	36.60	36.60	14.50	18.50	21.70	26.10	36.60	36.60
42A215	2.15	1.10	1.86	3.42	0.30	0.60	10.10	12.90	15.10	18.20	25.50	25.50	10.10	12.90	15.10	18.20	25.50	25.50
54A275	2.75	1.40	3.07	4.39	0.30	0.60	7.90	10.10	11.80	14.20	19.90	19.90	7.10	10.10	11.80	14.20	19.90	19.90
66A335	3.35	1.75	4.58	5.37	0.60	0.90	6.40	8.30	9.70	11.70	16.40	16.40	4.90	7.50	9.40	11.70	16.40	16.40
72A365	3.65	1.90	5.46	5.86	0.60	0.90	5.90	7.60	8.90	10.70	15.00	15.00		6.80	8.10	10.70	15.00	15.00
78A395	3.95	2.05	6.40	6.34	0.60	0.90	5.50	7.00	8.20	9.90	13.90	13.90		6.20	7.50	9.60	13.90	13.90
84A425	4.25	2.20	7.42	6.83	0.60	0.90	5.10	6.50	7.60	9.20	12.90	12.90		5.00	6.90	8.40	12.90	12.90
90A455	4.55	2.35	8.52	7.32	0.60	0.90	4.70	6.10	7.10	8.60	12.10	12.10			6.40	7.80	12.10	12.10
96A490	4.90	2.50	9.70	7.81	0.60	1.20		5.50	6.60	8.00	11.20	11.20			5.10	7.20	11.20	11.20
102A520	5.20	2.65	10.95	8.30	0.90	1.20		5.30	6.20	7.40	10.50	10.50				4.90	10.50	10.50
105A580	5.80	2.70	11.61	8.54	0.90	1.20				6.30	8.90	10.00					8.10	8.10
111A580	5.80	2.85	12.97	9.03	0.90	1.20				6.30	8.90	10.00					8.10	8.10
117A610	6.10	3.00	14.41	9.52	0.90	1.30				5.00	8.20	9.20					7.50	7.50
123A640	6.40	3.20	15.93	10.00	0.90	1.70					7.50	8.50					6.80	6.80
129A665	6.65	3.35	17.52	10.49	0.90	2.00					7.00	7.90					4.00	6.00
135A700	7.00	3.50	19.19	10.98	0.90	2.60					5.50	6.20						4.60
141A735	7.35	3.65	20.93	11.47	0.90	3.40					5.00	5.60						3.50

Figura 2.22 – Modelos de passagem inferior metálica de seção em arco construídos com chapas MP-152. (Fonte: ARMCOSTACO).

Modelo	Dimensões		Área (m ²)	Perímetro (m)	ALTURA DE ATERRO (m)			
					Mínima		Máxima	
	Rodovia		Rodovia				Ferrovia	
			Espessura (mm)		Espessura (mm)		Espessura (mm)	
Vão (m)	Altura (m)	Rodovia	Ferrovia	2,7	2,7	2,7	2,7	
30G91515	2.20	2.25	4.15	7.56	0.30	1.00	8.90	8.1
39G151815	2.90	3.10	7.68	9.76	0.60	1.00	11.40	11.4

Figura 2.23 – Modelos de passagem inferior metálica para pedestre e gado construídos com chapas MP-152. (Fonte: ARMCOSTACO).

Modelo	Dimensões		Área (m ²)	Perímetro (m)	ALTURA DE ATERRO (m)										
					Mínima		Máxima								
							Rodovia				Ferrovia				
							Espessura (mm)				Espessura (mm)				
Vão (m)	Altura (m)	Rodovia	Ferrovia	2.7	3.4	3.9	4.7	2.7	3.4	3.9	4.7				
39L 15 21 30	3.70	3.50	10.26	11.47	0.60	1.00	10.30					10.30			
42L 15 21 33	3.90	3.60	11.16	11.96	0.60	1.20	9.80					9.50			
42L 15 24 33	4.00	3.75	12.06	12.44	0.60	1.20	9.50					9.30			
45L 15 24 36	4.20	3.90	12.98	12.93	0.60	1.30	9.10					8.30			
45L 15 27 36	4.25	4.10	13.99	13.42	0.60	1.40	8.90					8.20			
48L 15 27 39	4.40	4.25	14.94	13.91	0.60	1.60	8.60					7.90			
48L 15 30 39	4.50	4.40	16.05	14.40	0.60	1.70	8.40					7.70			
51L 15 30 42	4.70	4.50	17.12	14.88	0.60	1.40		8.90					8.10		
51L 15 33 42	4.80	4.75	18.27	15.37	0.90	1.40		9.00					8.20		
54L 15 33 45	5.00	4.85	19.35	15.86	0.90	1.70		8.60					7.80		
57L 15 36 42	5.15	4.90	20.65	16.35	0.90	1.70		8.50					7.70		
57L 15 36 45	5.25	5.00	21.27	16.59	0.90	1.80		8.40					7.60		
57L 18 36 45	5.30	5.30	22.66	17.08	0.90	1.20		9.60					9.40		
60L 18 36 48	5.65	5.25	23.95	17.57	0.90	1.40			9.00					8.20	
63L 18 36 51	5.85	5.30	25.25	18.06	0.90	1.70				8.40					7.70
63L 18 39 51	6.00	5.45	26.65	18.54	0.90	1.80				8.30					7.60
66L 18 39 54	6.25	5.50	27.96	19.03	0.90	2.10				7.90					7.10

Figura 2.24 – Modelos de passagem inferior metálica construídos com chapas MP-152. (Fonte: ARM COSTACO).

Todos os bueiros e demais estruturas que podem ser concebidas com as chapas MP-100 e MP-152 são executados à céu aberto, embora o fabricante ARM COSTACO tenha uma linha especial de chapas para execução de bueiros metálicos sem interrupção de tráfego, os chamados tunnel liner. Como o objetivo é trazer os conceitos básicos e as soluções usuais para drenagem, eles não serão apresentados aqui, mas caso o aluno tenha interesse em saber mais detalhes, poderá acessar a *home page* do fabricante.

TOME NOTA

Catálogo Tunnel Liner disponível em http://www.armcostaco.com.br/armco/upload/download/folder_TL_novaID.pdf.

2.4. BUEIROS EM PEAD

O PEAD é a abreviatura de polietileno de alta densidade, que corresponde a um material constituído por átomos de carbono e hidrogênio que se juntam para formar cadeias de polímeros com baixo grau de ramificação da macromolécula,

o que permite um maior grau de cristalinidade e, conseqüentemente, maior densidade, rigidez, resistência mecânica, térmica e química.

Embora o PEAD já tenha aplicação difundida em dispositivos de drenagem, seu uso era muito restrito a tubos de pequenos diâmetros e quase sempre empregados em drenos. No entanto, atualmente já existem tubos de grandes diâmetros fabricados com este material e em larga aplicação nas obras de transposição de talvegues.

Mesmo que os catálogos e as composições de custo do DNIT não tragam os tubos em PEAD para construção de bueiros, é importante que os alunos obtenham informações sobre este produto e saibam de sua disponibilidade comercial, razão pela qual serão abordados neste manual.

De acordo com Danieletto (2014), os tubos estruturados são produzidos com parede simples, normalmente corrugados, para aplicação como conduítes e drenos, bem como com parede dupla, com superfície interna lisa, em especial para condução de esgoto e água pluvial, em polietileno (PE), polipropileno (PP) e em PVC-U.

Os tubos de parede dupla, por sua vez, são classificados em dois grupos: superfície externa lisa (tipo A) e superfície externa não lisa (tipo B). Esses tubos complementam os tubos sólidos nas aplicações a baixa ou sem pressão interna, com vantagens econômicas, menor peso e facilidade de instalação, sendo disponíveis em diâmetros de até 1,5 m no tipo B e 3,50 m no tipo A (DANIELETTO, 2014).

Somando-se as inerentes vantagens dos plásticos, como resistência química à abrasão, leveza, desempenho hidráulico e elevada vida útil, os tubos estruturados vêm ganhando importantes participações no mercado mundial.

Os tubos estruturados são designados pelo seu diâmetro nominal (DN) e sua rigidez circunferencial ou anelar nominal (SN – *nominal ring stiffness*), conforme mostram as tabelas 2.10 e 2.11.

Tabela 2.10 – Diâmetros nominais de tubos estruturados.

Norma	Diâmetro nominal interno (DN/DI)
ISO/EN	100, 125, 150, 200, 225, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200
ASTM	150, 200, 225, 250, 300, 375, 400, 450, 500, 600, 750, 800, 900, 1000, 1200, 1500
SFS 5906	1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2500, 2600, 2800, 3000
DNIT 094 EM	300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600
Norma	Diâmetro nominal externo (DN/DE)
ISO/EN	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200
ASTM	Não há
SFS 5906	1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000

Fonte: Manual de tubulações de polietileno e polipropileno (DANIELETTO, 2014). (Medidas em milímetro).

Tabela 2.11 – Classes de rigidez circunferencial padrão (SN).

DN (mm)	ISSO 21138	ASTM F2947
≤ 500	SN 4, 8 e 16	SN 8
> 500	SN 2, 4, 8 e 16	SN 2 e 4

Fonte: Manual de tubulações de polietileno e polipropileno (DANIELETTO, 2014).

Os tubos do tipo A, com superfície externa lisa, são tratados na ISO 21138, parte 2, e na EN 13476, parte 2, e são divididos em:

- A 1: parede formada por multicamadas (figura 2.25) ou parede com seções axiais ocas (figura 2.26).
- A 2: parede com seções espirais ou radiais ocas (figura 2.27).

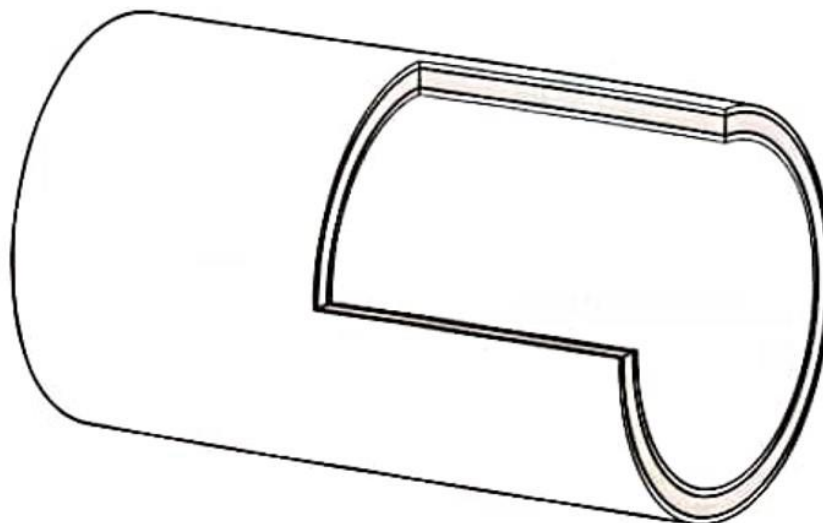


Figura 2.25 – Tubos tipo A1 - multicamada. (Fonte: DANIELETO, 2014).

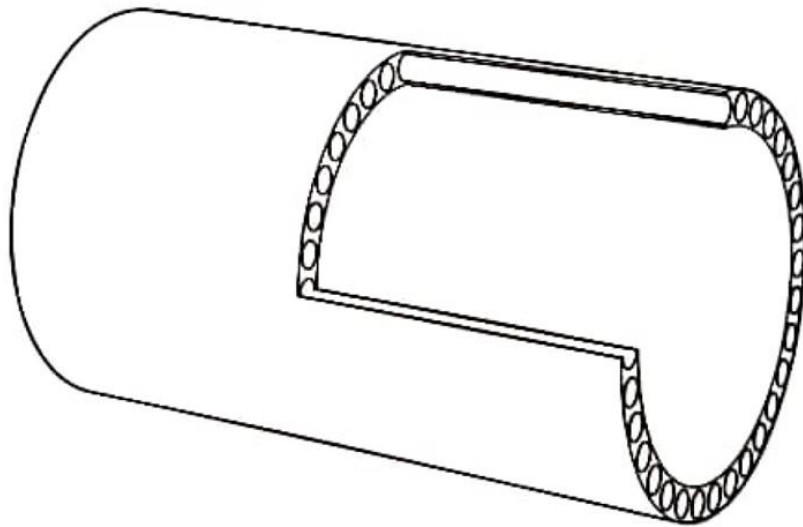


Figura 2.26 – Tubos tipo A1 – parede oca axial. (Fonte: DANIELLETO, 2014).

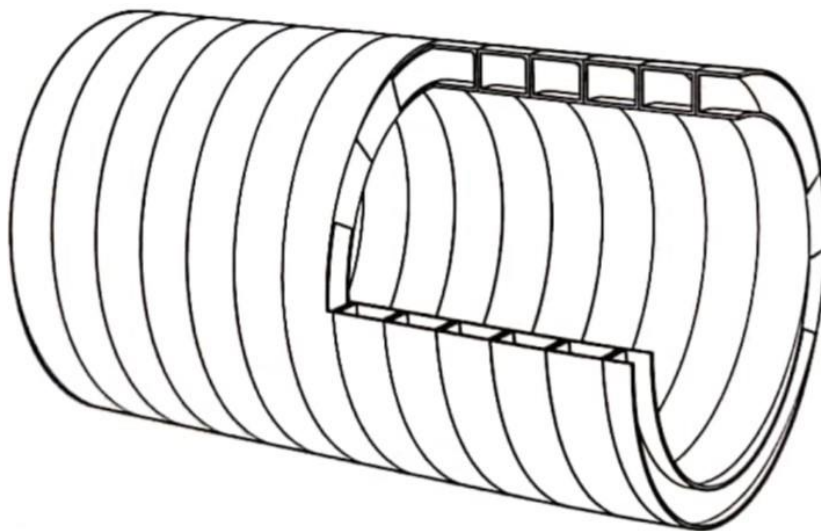


Figura 2.27 – Tubos tipo A2 – parede oca espiralada ou radial - perfil box. (Fonte: DANIELLETO, 2014).

Os tubos do tipo B, com superfície externa não lisa, são tratados na ISO 21138, parte 3, e na EN 13476, parte 3, contando com superfície externa nervurada ou corrugada, conforme pode-se notar nas figuras 2.28 a 2.30.

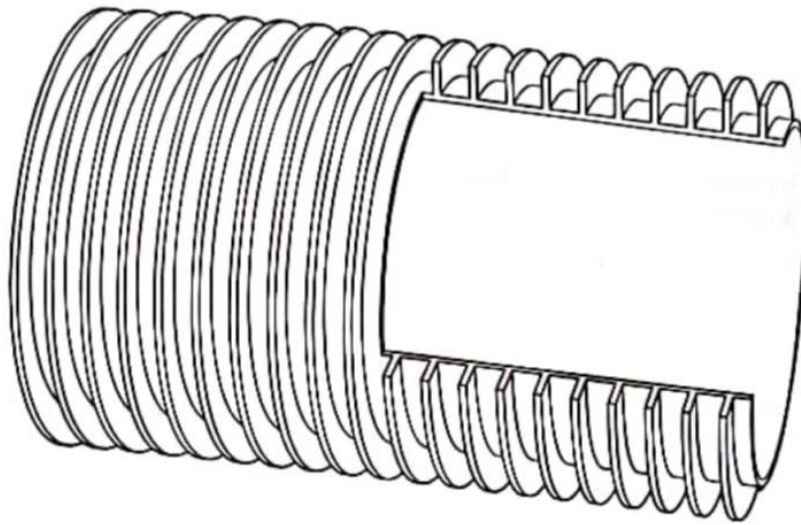


Figura 2.28 – Tubos tipo B – nervurados ou corrugados de parede dupla – caso 1
(Fonte: DANIELLETO, 2014).

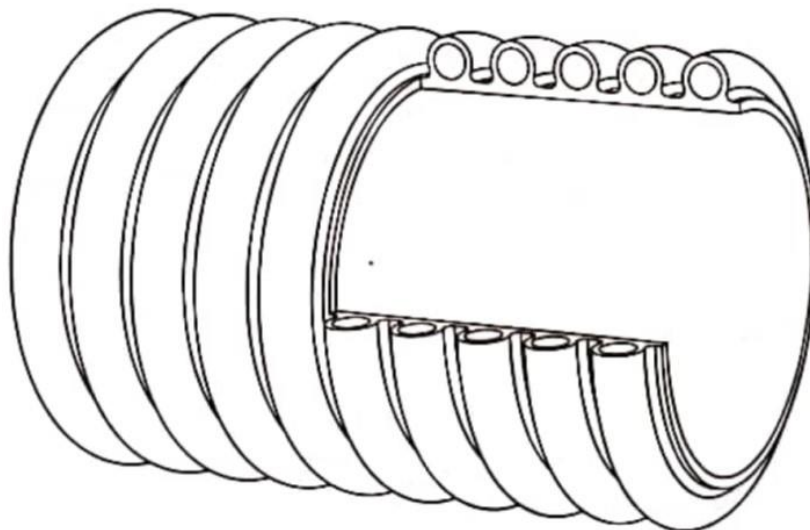


Figura 2.29 – Tubos tipo B – nervurados ou corrugados de parede dupla – caso 2
(Fonte: DANIELLETO, 2014).

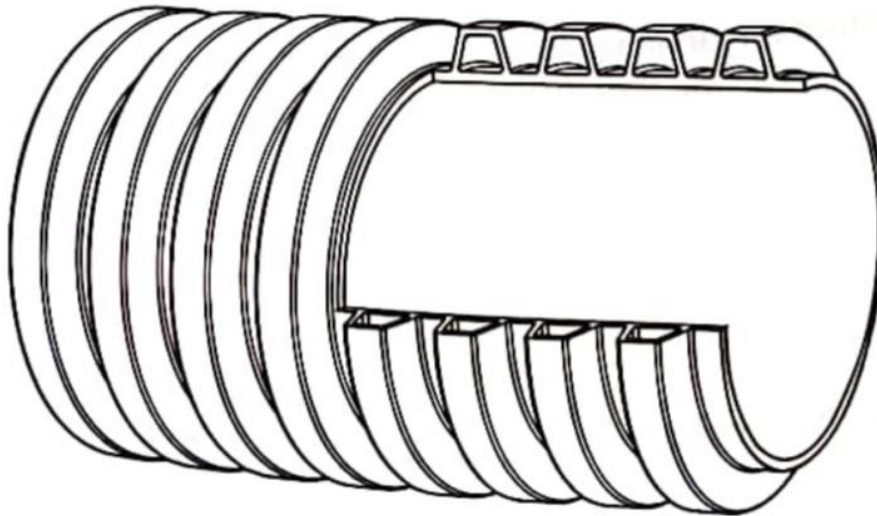


Figura 2.30 – Tubos tipo B – nervurados ou corrugados de parede dupla – caso 3
(Fonte: DANIELLETO, 2014).

Diferentemente dos tubos rígidos, os tubos flexíveis dependem fortemente do suporte lateral do solo, haja vista que a carga vertical sobre o tubo provoca sua deflexão, comprimindo o topo e a base do tubo, dando uma forma elíptica e a conseqüente expansão lateral. Esta é contida pelo suporte lateral do solo (pressão horizontal), tão maior quanto a deflexão do tubo, tendendo a um equilíbrio.

Quanto mais flexível o tubo e menor sua rigidez (menor SDR), maior a importância relativa do tipo de solo e seu grau de compactação, sendo determinante para a resistência do tubo às cargas de aterro, como é mostrado na figura 2.31.

Deste modo, é recomendável que sejam seguidas algumas diretrizes básicas para a execução do aterro:

- O material do aterro e o conseqüente grau de compactação são preponderantes para a resistência às cargas de colapso. Portanto, as boas técnicas usuais para tubos flexíveis devem ser obedecidas;
- Retirar pedras e outros materiais cortantes da vala antes do assentamento da tubulação. Solo coesivo, como a argila, deve ser substituído;

- Não arrasar ou assentar a tubulação sobre materiais ou pedras cortantes. Sulcos ou ranhuras nos tubos com mais de 10 % de espessura da parede são inadmissíveis;
- Em decorrência da análise das cargas de tráfego e aterro, o projetista deve definir e dimensionar o SDR ou rigidez do tubo (SN) e as especificações de solo, profundidade e grau de compactação do aterro.

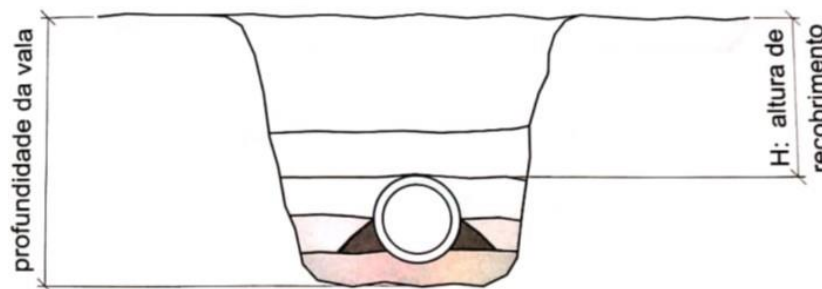


Figura 2.31 – Tubos de PEAD em aterro – cargas do aterro.
(Fonte: DANIELLETO, 2014).

No tocante ao assentamento dos tubos, é importante observar as boas técnicas e seguir os seguintes passos (vide figura 2.32):

- Berço e zona de suporte – executar uma zona de suporte lateral, adequadamente compactada, em toda a extensão do tubo, de tal forma a criar um berço de assentamento envolvendo de 120° a 180° da superfície inferior do tubo.
- Reaterro inicial – compactar vigorosamente por meios mecânicos ou manuais em camadas de aproximadamente 20 cm até a geratriz superior do tubo.
- Camada de proteção (trincheira falsa) – reaterrar até aproximadamente 30 cm acima da geratriz superior do tubo, sem compactação, apenas com leve adensamento hidráulico ou soquetes leves (o solo não deve conter pedras grandes).
- Recobrimento final – completar o aterro com compactação vigorosa, podendo-se usar nessa camada o material da própria escavação, desde que de boa qualidade.

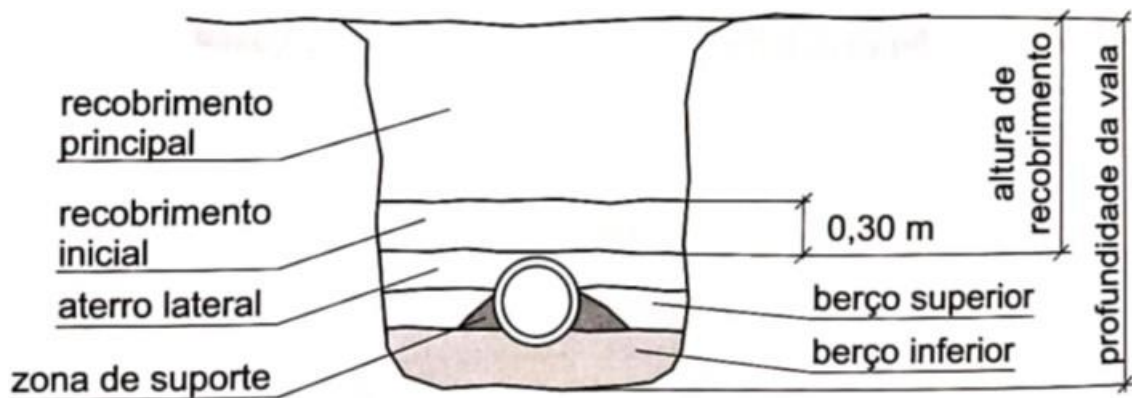


Figura 2.32 – Cuidados na instalação dos tubos de PEAD (recomendações para o tubo SDR > 17 ou SN < 16). (Fonte: DANIELLETO, 2014).

Dentre os principais fabricantes nacionais de tubos estruturados de grandes diâmetros em PEAD e aplicáveis à transposição de talvegues destacam-se a TIGRE, a KANAFLEX e a ARMCOSTACO*.

De acordo com o catálogo deste último fabricante, os tubos weholite (figura 2.34) são comercializados no país com diâmetros variando de 800 mm a 3000 mm e podem ser fornecidos em classes de rigidez SN2 e SN4, com comprimentos de 6 m ou 12 m. Maiores detalhes podem ser visualizados na figura 2.33 e 2.34.

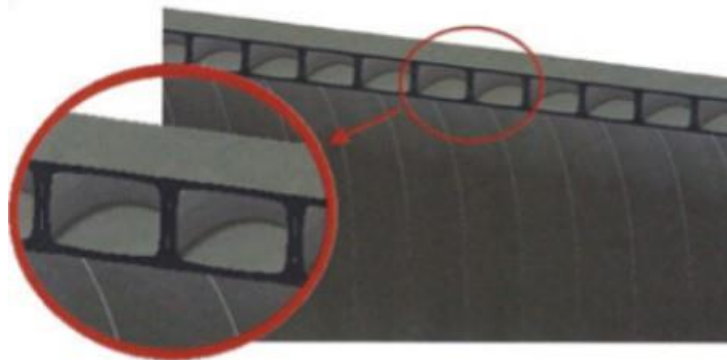


Figura 2.33 – Detalhe do perfil weholite. (Fonte: ARMCOSTACO).

WEHOLITE® SN-2				WEHOLITE® SN-4			
D _w /D _i (mm)	D _e (mm)	RS (kN/m ²)	Peso Kg/m	D _w /D _i (mm)	D _e (mm)	RS (kN/m ²)	Peso Kg/m
800	866	2,30	26	800	900	5,10	38
1200	1300	2,20	57	1200	1325	4,30	72
1500	1625	2,30	91	1500	1655	4,20	111
1800	1955	2,50	133	1800	1998	5,00	171
2000	2170	2,40	162	2000	2216	4,90	221
2500	2716	2,60	274	2500	2764	4,60	338
3000	3250	2,30	381	3000	3320	4,70	493

Figura 2.34 – Medidas e demais parâmetros dos tubos. (Fonte: ARMCOSTACO).

TOME NOTA

Vídeo da KWH mostrando detalhes da fabricação dos tubos em PEAD (Link).

3. PONTES E PONTILHÕES - OAE

As obras de arte especiais – OAE são soluções indicadas para transposição de talvegues nos casos em que, por imposição da topografia e/ou da descarga de projeto, não é possível executar uma OAC.

Neste caso, o projetista deverá recorrer a um pontilhão ou a uma ponte, sendo a diferenciação entre estes feita por ocasião do comprimento do vão da estrutura. Quando seu comprimento é de até 10 m, classifica-se a OAE como pontilhão. Caso o vão supere esta medida, deve ser considerada como ponte.

3.1 PONTILHÃO

Os pontilhões, conforme exemplificado na figura 3.1, são OAEs usadas para transposição de talvegues associados a cursos d'água estreitos e de pequena vazão, onde os bueiros não mais suportam as descargas de contribuição, ou por imposição da topografia do terreno e do desenvolvimento planialtimétrico da rodovia.



Figura 3.1 – Pontilhão instalado na BR-116/CE (Fonte: próprio autor).

Os elementos necessários ao projeto dos pontilhões são os mesmos das pontes, com exceção do tempo de recorrência, que neste caso normalmente se considera 50 anos, correspondendo à metade do valor utilizado para as pontes. Esse valor está relacionado ao menor risco a temer com referência à destruição da obra ou interrupção do tráfego.

Sobre este aspecto, é importante que o projetista faça uma análise criteriosa em relação aos parâmetros que devem ser adotados para o dimensionamento da OAE, haja vista que, por ocasião de uma variação pequena, da ordem de 1,0 m, como poderia ser verificada numa estrutura com 9,5 m de extensão e outro com 10,5 m, o projetista seria induzido a adotar tempos de recorrência diferentes, usando 50 anos para o primeiro caso e 100 anos, para o segundo.

O fato desta OAE está localizada em segmento com topografia acidentada, que impõe condições mais severas de acesso, manutenção e reconstrução, ou mesmo o fato de estar prevista em um único acesso rodoviário a um dado município, dentre outros, são aspectos que o projetista poderá considerar para propor um tempo de recorrência maior que 50 anos ou mesmo igual àquele adotado para as pontes, ainda que a estrutura seja classificada como um pontilhão.

Outro ponto importante está associado às possíveis alterações do uso do solo das bacias de drenagem das OAEs, haja vista que estas normalmente possuem

grandes áreas e talvegues extensos, que atravessam os limites territoriais de mais de um município, exigindo uma análise mais criteriosa e até um prognóstico do futuro uso da sua bacia de contribuição, evitando possíveis subdimensionamentos.

3.2 PONTE

As pontes, tal como exemplificado na figura 3.2, são OAEs destinadas à transposição de talvegue e de cursos d'água cuja descarga não mais são suportadas por obras de arte correntes ou mesmo por pontilhões.



Figura 3.2 – Ponte sobre o Rio Choró na BR-116/CE (Fonte: próprio autor).

Por sua maior importância e pelas suas extensões, estas obras exigem estruturas mais complexas do que as usadas nos pontilhões e, por esta razão, no seu dimensionamento, os procedimentos de cálculo deverão ser mais rigorosos.

Embora a instrução de serviço IS-203 sugira um tempo de recorrência de 100 anos para o dimensionamento hidráulico das pontes, é razoável que surja a seguinte dúvida: este valor deve ser adotado, independentemente da extensão da ponte?

Na verdade, o próprio Manual de Drenagem de Rodovias (BRASIL, 2006) esclarece que o tempo de recorrência a adotar na determinação da descarga de projeto deve ser compatível com o porte da obra e sua vida útil, com a importância da rodovia e com o risco a temer de sua interrupção ou da destruição da obra, de vidas humanas e de propriedades adjacentes. Assim, o projetista tem a liberdade de adotar valores maiores que 100 anos, devendo apenas justificar os motivos de sua escolha.

Embora fuja do escopo deste manual tratar do dimensionamento das OAEs, é importante que o aluno tenha conhecimento de pontos importantes que devem ser considerados e quais parâmetros são imprescindíveis para o dimensionamento hidráulico. Assim, diante da necessidade de se verificar tal dimensionamento, deve-se ter em mente a necessidade de obtenção dos seguintes elementos:

- Descarga do projeto, obtida pelos estudos hidrológicos, levando em conta o tempo de recorrência adotado e os métodos de cálculo recomendados para o caso, de preferência os estatísticos, sempre que possível;
- Declividade do leito do rio, ou do seu gradiente, determinada entre dois pontos distantes no mínimo de 200 m, sendo um a montante e outro a jusante do eixo da rodovia, do qual devem distar 100 m cada um;
- Levantamento de seções normais ao curso do rio no local de sua travessia pelo eixo da rodovia a montante e jusante;
- Fixação do coeficiente de Manning a adotar para o curso d'água após inspeção local e exame da tabela própria constante de Apêndice B, apresentado no capítulo 2 deste Manual.

Outro aspecto importante a ser considerado é o fato de possíveis exigências de gabaritos de navegação, caso esta OAE esteja sendo projetada em trecho de rio ou curso d'água que seja navegável, tal como pode ser observado na figura 3.3, que mostra ponte sobre o Rio São Francisco em trecho onde o mesmo é percorrido por embarcações.



Figura 3.3 – Ponte sobre o Rio São Francisco no traçado da BR-116 no estado da Bahia.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2007. 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15396: Aduelas (galerias celulares) de concreto armado pré-moldadas - Requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro, 2018. 15 p.

BRASIL. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Rio de Janeiro, IPR, 2 ed. DNIT, 2006.

GIMENEZ, Alírio Brasil. FIGUEIREDO, Antônio Domingues. SILVA, Cláudio Oliveira. LANGENDONCK, Francisco Van. ROMERO, José Roberto Hortêncio. JABÔR, Marcos Augusto. TSUTIYA, Milton Yomoyuki. DEBS, Mounir Khalil El. NETO, Pedro Jorge Chama. BANNOKI, Regina. **Manual Técnico de Drenagem e Esgoto Sanitário**. São Paulo, ABTC, 1 ed, 2008.

DANIELETTO, José Roberto B. **Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno**. São Paulo, Linha aberta, 3 ed., 2014.