

**PROJETO EXECUTIVO DE IMPLANTAÇÃO DE
BUEIROS METÁLICOS**

**Obra: Implantação de Bueiros Metálicos nos Córregos Longa
Vida, Vazão do Córrego Longa Vida e Acordo**

Município: Vila Bela da Santíssima Trindade/MT

**VOLUME 1.0 - MEMORIAL DE CÁLCULO DE
DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Julho/2023

PROJETO EXECUTIVO DE IMPLANTAÇÃO DE BUEIROS METÁLICOS

**Obra: Implantação de Bueiros Metálicos nos Córregos Longa
Vida, Vazão do Córrego Longa Vida e Acordo**

Município: Vila Bela da Santíssima Trindade/MT

ELABORAÇÃO: Lucélia Ap. Da Silva De Paula

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Bruno Muller – Engenheiro Civil – RN: 121.614.263-7

CONTRATANTE: Consórcio Intermunicipal Vale Do Guaporé - Cidesa

VOLUME 1.0 - MEMORIAL DE CÁLCULO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Julho/2023

ÍNDICE

1.0 – Índice.....	i
2.0 –Apresentação.....	1
2.1 - Apresentação	2
2.2 – Volumes Componentes Do Projeto Executivo De Engenharia.....	2
3.0 –Mapa De Situação.....	3
4.0 –Memorial	5
4. Drenagem de Transposição de Talwegues.....	6
4.1 Estudo Hidrológico.....	8
4.1.1 <i>Ciclo Hidrológico</i>	8
4.1.2 <i>Tempo de recorrência</i>	9
4.1.3 <i>Método utilizado no cálculo hidrológico</i>	10
4.1.4 <i>Lei de distribuição de Gumbel</i>	10
4.1.5 <i>Cálculo hidrológico: Método de Gumbel</i>	13
4.2 Bueiros.....	21
4.2.1 <i>Dimensionamento hidráulico</i>	21
4.2.2 <i>Bacias hidrográficas</i>	22
4.2.3 <i>Tempo de concentração</i>	22
4.2.4 <i>Coeficiente de escoamento superficial</i>	25
4.2.6 <i>Instruções de instalação</i>	35
5.0- Atestado De Responsabilidade Técnica	36
6.0-Termo De Encerramento.....	38

2.1 - Apresentação

O Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Vale do Guaporé, apresenta o **Volume 1.0 – Memória Justificativa** sobre o Projeto Executivo de Engenharia para Implantação de Bueiros Metálicos, Local: Córrego Longa Vida, Vazão do Córrego Longa Vida e Córrego Acordo; Município: Vila Bela da Santíssima Trindade/MT.

Este volume apresenta a memória justificativa de todos os cálculos necessários para a confecção do projeto. É apresentado no formato A4.

2.2 – Volumes componentes do projeto executivo de engenharia

O projeto executivo é composto pelos volumes discriminados a seguir:

- Volume 1.0: Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência;
- Volume 2.0: Projeto de Execução;
- Volume 4: Orçamento da Obra.

O conteúdo de cada volume é descrito a seguir:

Volume 1 - Relatório do Projeto

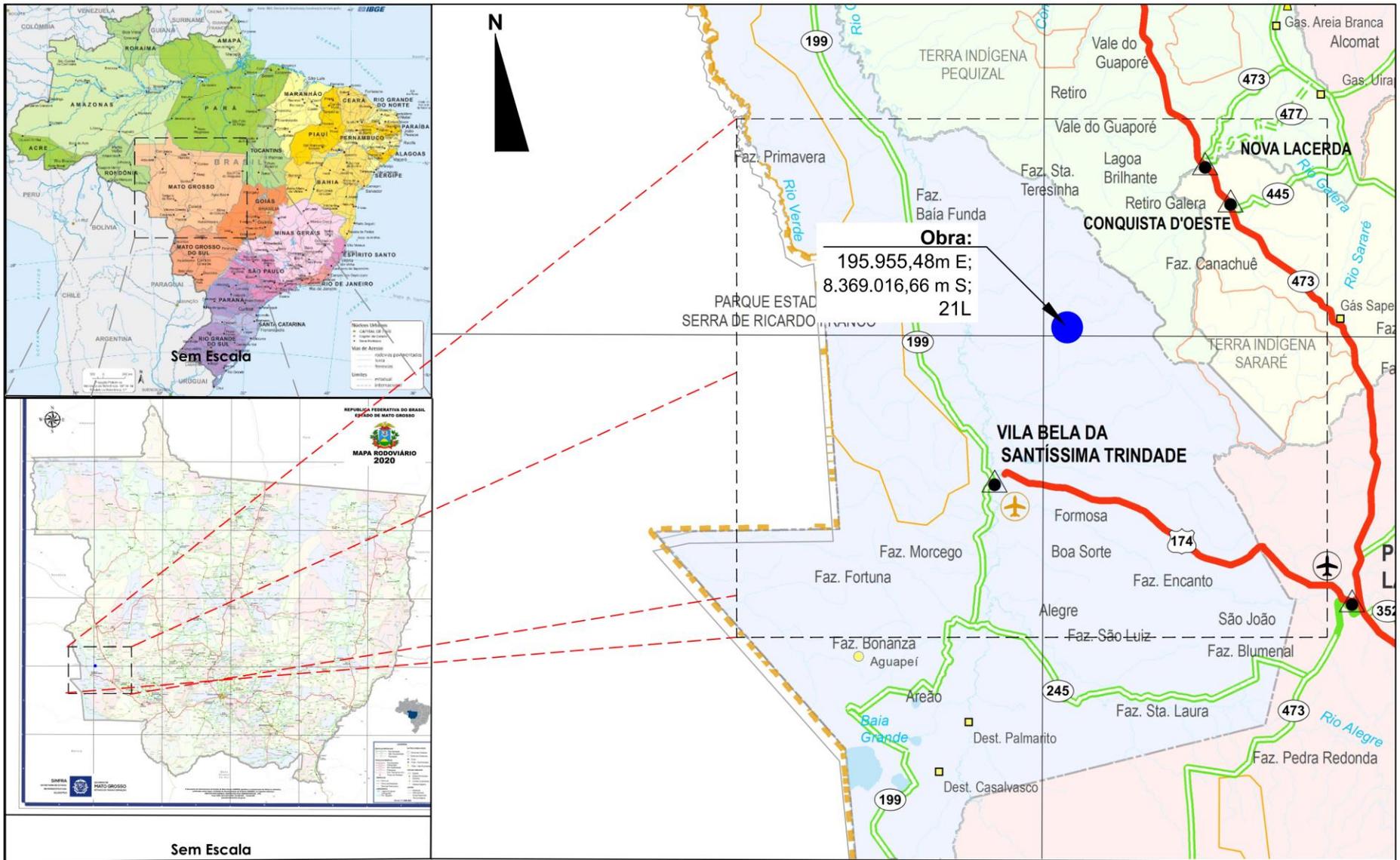
Este volume contém uma síntese dos serviços a executar e as especificações pertinentes aos serviços a serem executados. É apresentado no formato A4.

Volume 2 - Projeto de Execução

Este volume contém plantas, perfis e seções transversais e demais informações de

Volume 4 – Orçamento e Plano de Execução de Obras

Este volume apresenta o demonstrativo de quantidades, distâncias médias de transporte, consumo de materiais, plano de execução da obra, resumo dos preços e o demonstrativo do orçamento. As composições de preços unitários serão apresentadas em outro volume como anexo. É apresentado em formato A4.



4. Drenagem de Transposição de Talvegues

A drenagem de rodovias é composta pelo dimensionamento de diversos dispositivos que possuem a função de eliminar a água do corpo estradal, conduzindo-a para locais adequados, de modo a garantir a segurança e a integridade e durabilidade da via. Estes dispositivos podem ser de drenagem superficial ou profunda.

Quando a estrada cruza bacias hidrográficas, é necessário lançar mão de uma drenagem de transposição de talvegue, para que a água proveniente da bacia transpasse a estrada sem comprometê-la. Para isso, utiliza-se de bueiros, pontilhões ou pontes, a depender da vazão calculada.

Este projeto trata da drenagem de transposição de talvegues em dois pontos de uma estrada Vicinal localizada no município de Vila Bela da Santíssima Trindade (Figura 1).



Figura 1 – Mapa de localização

4.1 Estudo Hidrológico

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com o objetivo de proceder a uma análise da hidrologia, que afeta diretamente o trecho em questão, resultando no entendimento dos fatores intervenientes na definição climática da região, através de análises quantitativa.

A compreensão desses fatores e de suas implicações diretas no regime de vazão das bacias interceptadas permite o conhecimento pleno sob o ponto de vista hidrológico de cada sistema hidrográfico estudado, estabelecendo a relação entre as cheias máximas e as áreas das seções de vazão para os diversos dispositivos de drenagem.

O desenvolvimento do estudo apresentado está baseado principalmente em dois tipos de informações, a saber:

- Dados de cunho hidrológico na literatura técnica especializada existente;
- Dados disponíveis nos órgãos responsáveis pela área.

4.1.1 *Ciclo Hidrológico*

No dimensionamento das estruturas de drenagem das rodovias, é de grande importância a consideração dos fatores de risco de superação e do grau de degradação que possam ocorrer devido a longas exposições da estrada aos efeitos da precipitação, o que leva a tratar o ciclo hidrológico de uma forma particular.

O ciclo hidrológico tem início com a evaporação da água disponível na superfície líquida, como rios, lagos e mares. A evaporação se dá principalmente através do sol e vento, com o vapor d'água ascendendo à atmosfera em forma de vapor, resultando na formação das nuvens através da condensação. As nuvens vão se tornando espessas e, ao vencer a resistência do ar, essas gotículas precipitam em direção a terra sob a forma de chuva ou neve. Ao atingir a superfície da terra, essa água é dispersa, ficando sujeita a três situações, que normalmente ocorrem em conjunto e que são: a evaporação, o

escoamento superficial e a infiltração (escoamento subterrâneo). Tanto o escoamento superficial quanto o subterrâneo são realizados em direção a cotas mais baixas e podem, eventualmente, ser descarregados nos oceanos. Entretanto, quantidades substanciais da água superficial e subterrânea retornam a atmosfera por evaporação e transpiração antes de atingirem o oceano.

Pode-se resumir o ciclo hidrológico nas seguintes parcelas:

- Parcela d'água que escorre sobre a superfície da terra, indo para lagos, rios e mares. Este fluxo é corrente;
- Parcela que evapora no momento da caída da chuva, após a chuva e que retorna a atmosfera em forma de vapor;
- Parcela que é recolhida pela vegetação, parte evapora-se, e parte escorre pelos galhos e troncos indo à terra;
- Parcela que é recolhida pelos lagos e represas artificiais, parte evapora-se e parte infiltra-se;
- Parcela que infiltra em direção ao lençol freático, constituindo as descargas básicas dos cursos d'águas.

Para o projeto de drenagem de rodovias, nos interessa apenas as fases dos ciclos de precipitação e escoamento.

4.1.2 Tempo de recorrência

Para as obras de engenharia, a segurança e durabilidade frequentemente se associam a um tempo ou período de recorrência, que constitui os espaços de tempo em anos em que provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude, pelo menos uma vez. No caso dos dispositivos de drenagem, este tempo diz respeito a enchentes de projeto que orientarão o dimensionamento.

A escolha do tempo de recorrência para o projeto de drenagem e, conseqüentemente, a vazão de projeto dessa obra, depende da sua importância, o que resultou na adoção de um valor para que o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Ainda, deve ser considerado que a escolha dos tempos de recorrência para cada dispositivo de drenagem teve como foco um equilíbrio entre segurança e custo da obra.

Seguindo as recomendações da pela *Instrução de serviço IS-203 – estudos hidrológicos, das diretrizes Básicas para elaboração de estudos e Projetos Rodoviários*, o tempo de recorrência adotado para o presente projeto foi de 15 anos, visto que serão utilizados bueiros tubulares trabalhando como canal, e que a rodovia em questão apresenta baixo volume de tráfego (estrada vicinal).

4.1.3 Método utilizado no cálculo hidrológico

Por se tratar de um conjunto de dados hidrológicos estudados para o presente projeto, é necessária uma análise prévia com base em alguns indicadores estatísticos básicos para que se possa, efetivamente, desenvolver a teoria das probabilidades para as situações práticas desejadas. Primeiramente, este conjunto de dados hidrológicos é conhecido, no âmbito da hidrologia, como série histórica e consistem basicamente em uma amostra extraída de uma população.

Com base nessa amostra, é possível calcular alguns indicadores e medidas estatísticas importantes, como média, desvio padrão (variância), assimetria, curtose e distribuição de frequência dos dados observados na amostra. Essas medidas caracterizam apenas a amostra e nada dizem a respeito da população em si. A distribuição de frequência demonstra o comportamento da amostra em relação a sua simetria e é nosso objetivo, na hidrologia estatística, modelar esta distribuição de frequência com base num modelo matemático, constituído de parâmetros, conhecido como distribuição de probabilidades.

A aplicação do método estatístico é recomendável para períodos de recorrência de no máximo 100 anos ou menor que o dobro do período de dados disponíveis, pois nestes casos qualquer lei de distribuição é satisfatória, porque, normalmente, os resultados diferem pouco entre si.

O modelo estatístico usado neste projeto foi a Lei de distribuição de Gumbel.

4.1.4 Lei de distribuição de Gumbel

De acordo com o Manual de Hidrologia Básica para estruturas de Drenagem – DNIT – 2005, o método de Gumbel baseia-se na teoria dos extremos de amostras

ocasionais. Demonstra-se que, se o número de vazões máximas anuais tende para o infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superado por certo valor da variável aleatória é dado pela equação seguinte, para um número infinito de elementos:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

- P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;
- e = base dos logaritmos neperianos;
- y = variável reduzida.

Para TR = 10 anos, y = 3,1985.

Na prática, pode-se levar em conta o número real de anos de observação utilizando-se a fórmula devida a Ven Te Chow, que demonstrou que a maioria das funções de frequência, aplicáveis em hidrologia, pode ser resolvida pela equação geral:

$$Q(t) = \bar{Q} + \sigma K(t)$$

Onde:

- Q(t) = descarga máxima para o tempo de recorrência previsto;
- \bar{Q} = descarga média obtida da série disponível;
- σ = desvio-padrão do universo.
- K(t) = fator de frequência, que depende do número de amostras e do tempo de recorrência.

A descarga média é obtida pela expressão:

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n}$$

Onde:

- \bar{Q} = descarga média obtida da série disponível;
- $\sum Q$ = somatória das descargas da série de máximas anuais;
- n = número de anos de observação.

O desvio-padrão é obtido por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(Q - \bar{Q})^2}{n - 1}}$$

Onde:

- \bar{Q} = descarga média obtida da série disponível;
- $\sum Q$ = somatória das descargas da série de máximas anuais;
- n = número de anos de observação.

O fator de frequência $K(t)$ pode ser determinado pela expressão:

$$K(t) = \frac{y - y_n}{\sigma n}$$

Onde:

- y = variável reduzida;
- y_n = média aritmética da variável reduzida, para uma amostra de n elementos extremos;
- σn = desvio-padrão da variável reduzida.

De acordo com a equação Gumbel e considerando que o tempo de recorrência, TR , é inverso da probabilidade P , a variável reduzida pode ser calculada pela expressão:

$$y = -Ln [Ln \times TR - Ln(TR - 1)]$$

Onde:

- Ln = base dos logaritmos neperianos;
- TR = tempo de recorrência.

A média aritmética da variável reduzida é determinada pela expressão:

$$y_n = \frac{\sum y}{n}$$

E o desvio-padrão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(y - y_n)^2}{n}}$$

A probabilidade, em porcentagem, de não ser excedida uma dada descarga, e o tempo de recorrência correspondente em anos podem ser obtidos pelas expressões abaixo:

$$p = 100 \left(1 - \frac{m}{n+1}\right)$$

e

$$TR = \frac{100}{100 - p}$$

Onde:

- m = número de ordem da série anual, organizada de forma decrescente.

Verificou-se a presença de um posto pluviométrico com dados consistentes próximo ao local do projeto, cujo código na Agência Nacional de Águas (ANA) é 1459003.

4.1.5 Cálculo hidrológico: Método de Gumbel

Os dados pluviométricos foram retirados do site da Agência nacional das Águas – ANA, tendo sido utilizado o posto pluviométrico 1459003 como referência. A tabela abaixo apresenta o cadastro do posto de coleta utilizado no cálculo hidrológico deste projeto.

Com a metodologia proposta, seguem nas tabelas a seguir os cálculos para determinar as alturas de precipitação, com duração de um dia para diferentes tempos de recorrência.

Tabela 1 – Cadastro do posto de coleta

Dados Estação

Código 1459003
 Nome Estação NOVA LACERDA
 Código Adicional
 Bacia 1 - RIO AMAZONAS
 SubBacia 15 - RIO AMAZONAS, MADEIRA, GUAPORÉ, ...
 Rio
 Estado MATO GROSSO
 Município NOVA LACERDA
 Responsável ANA
 Operadora CPRM
 Latitude -14.4694
 Longitude -59.5939
 Altitude (m) 650

Tabela 2 - Cálculo das alturas de chuvas diárias para diferentes tempos

Ano da ocorrência	Precipitação - P (m³/s)	Número de ordem M	Precipitação em ordem decrescentes (m³/s)	P - P _n	(P - P _n)²	Pr = 100(1 - M/(N-1)) (%)	Tr = $\frac{1}{1 - Pr} \times 100$	Variável reduzida - Y	Y - Y _n	(Y - Y _n)²
01/11/2000	90,00	1	185,00	99,88	9.975,80	95,00	20,00	2,97	2,43	5,90
01/02/2001	90,00	2	151,20	66,08	4.366,43	89,00	9,09	2,15	1,61	2,59
01/10/2002	54,30	3	95,20	10,08	101,59	84,00	6,25	1,75	1,21	1,45
01/12/2003	77,00	4	92,90	7,78	60,51	78,00	4,55	1,39	0,85	0,72
01/01/2004	86,30	5	90,00	4,88	23,80	73,00	3,70	1,16	0,61	0,38
01/01/2005	74,20	6	90,00	4,88	23,80	67,00	3,03	0,92	0,37	0,14
01/02/2006	82,80	7	86,60	1,48	2,19	62,00	2,63	0,74	0,20	0,04
01/11/2007	92,90	8	86,30	1,18	1,39	56,00	2,27	0,55	0,00	0,00
01/01/2008	151,20	9	82,80	-2,32	5,39	50,00	2,00	0,37	-0,17	0,03
01/01/2009	95,20	10	81,80	-3,32	11,03	45,00	1,82	0,23	-0,32	0,10
01/04/2010	72,00	11	81,10	-4,02	16,17	39,00	1,64	0,06	-0,48	0,23
01/01/2011	86,60	12	77,00	-8,12	65,95	34,00	1,52	-0,08	-0,62	0,38
01/01/2012	65,10	13	74,20	-10,92	119,27	28,00	1,39	-0,24	-0,78	0,61
01/03/2013	81,80	14	72,00	-13,12	172,16	23,00	1,30	-0,39	-0,93	0,86
01/03/2014	81,10	15	65,10	-20,02	400,84	17,00	1,20	-0,57	-1,11	1,24
01/10/2015	58,70	16	58,70	-26,42	698,07	12,00	1,14	-0,75	-1,29	1,67
01/02/2016	51,80	17	54,30	-30,82	949,94	6,00	1,06	-1,03	-1,58	2,48
01/10/2017	41,30	18	51,80	-33,32	1.110,29	0,00	1,00			
01/12/2018	185,00	19	41,30	-43,82	1.920,28	-6,00	0,94			

Tabela 3- Precipitação total, fórmula de Ven Te Chow

$P_t = Q_n + \sigma_n \times K_t$				
	P_n	σ_n	K_t	P_t
P5	85,12	33,35	0,94	116,38
P10	85,12	33,35	1,67	140,85
P15	85,12	33,35	2,08	154,66
P20	85,12	33,35	2,37	164,33
P25	85,12	33,35	2,60	171,78
P50	85,12	33,35	3,29	194,72
P100	85,12	33,35	3,97	217,49

Tabela 4 - Cálculo do fator de frequência - K(t)

$K_t = (Y - Y_n) / \sigma'_n$				
ANOS	Y	Y_n	σ'_n	K_t
5	1,50	0,54	1,02	0,94
10	2,25	0,54	1,02	1,67
15	2,67	0,54	1,02	2,08
20	2,97	0,54	1,02	2,37
25	3,20	0,54	1,02	2,60
50	3,90	0,54	1,02	3,29
100	4,60	0,54	1,02	3,97

O método de Isozonas, desenvolvido pelo Eng. Jaime Taborga Torrico, relaciona os dados dos postos pluviométricos e permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para tempos de concentração necessárias, inferiores a 24 horas. De acordo com a metodologia desenvolvida, estas chuvas de um dia foram convertidas em chuvas de 24 horas, multiplicando-se pelo coeficiente 1,14, que é a relação entre 24 horas/1 dia. A tabela abaixo detalha a conversão para o projeto.

Tabela 5 - Altura de precipitação para tempos de duração inferior a 24 horas

P5	116,38	1,14	132,67
P10	140,85	1,14	160,57
P15	154,66	1,14	176,31
P20	164,33	1,14	187,34
P25	171,78	1,14	195,83
P50	194,72	1,14	221,98
P100	217,49	1,14	247,94

Em seguida determinou-se pelo Mapa das Isozonas (figura 2) que a região correspondente ao local do projeto é a Isozona F. Com essa informação, foi possível obter as porcentagens correspondentes às relações 6min/24 horas e 1 hora/ 24 horas e aplicadas às chuvas de 24 horas.

Tabela 6 - Porcentagens das relações de chuvas e durações (1h/24h)

Zona	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000
A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35	34,7	33,6	32,5
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	35
D	42	41,6	41,4	41,2	41,1	41	40,7	40,3	39	37,8
E	44	43,6	43,3	43,2	43	42,9	42,6	42,2	40,9	36,6
F	46	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3
G	47,9	47,4	47,2	47	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8

Tabela 7 - Porcentagens das relações de chuvas e durações (6min/24h)

Zona	5-50	100
A	7	6,3
B	8,4	7,5
C	9,8	8,8
D	11,2	10
E	12,6	11,2
F	13,9	12,4
G	15,4	13,7
H	16,7	14,9

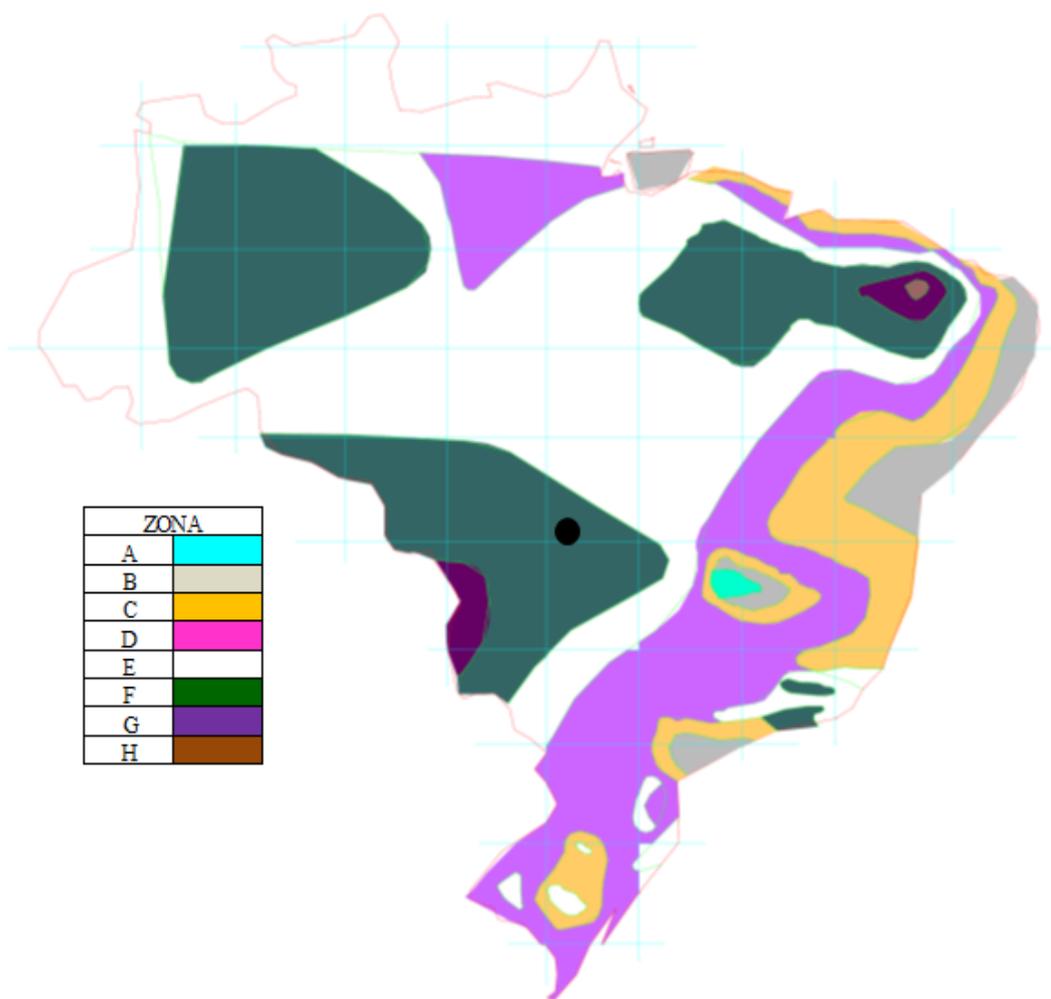


Figura 2 - Mapa de Isozona

Tabela 8 - Relação de 6 min / 24 horas e de 1 hora / 24 horas

	Tr - anos						
	5	10	15	20	25	50	100
Rel. 1 h / 24 h (a)	0,46	0,455	0,453	0,451	0,449	0,445	0,441
Rel. 6 min / 24 h (b)	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,124

Tabela 9 - Altura de Precipitação com duração de 6 min e de 1 hora

	5	10	15	20	25	50	100
	Rel. 1 h / 24 h (a)	61,03	73,06	79,87	84,49	87,93	98,78
Rel. 6 min / 24 h (b)	18,44	22,32	24,51	26,04	27,22	30,85	30,74

Tabela 10 - Altura Pluviométrica em mm

	Período de retorno Tr(anos)						
	5	10	15	20	25	50	100
6 min	18,44	22,32	24,51	26,04	27,22	30,85	30,74
1 hora	61,03	73,06	79,87	84,49	87,93	98,78	109,34
24 horas	132,67	160,57	176,31	187,34	195,83	221,98	247,94

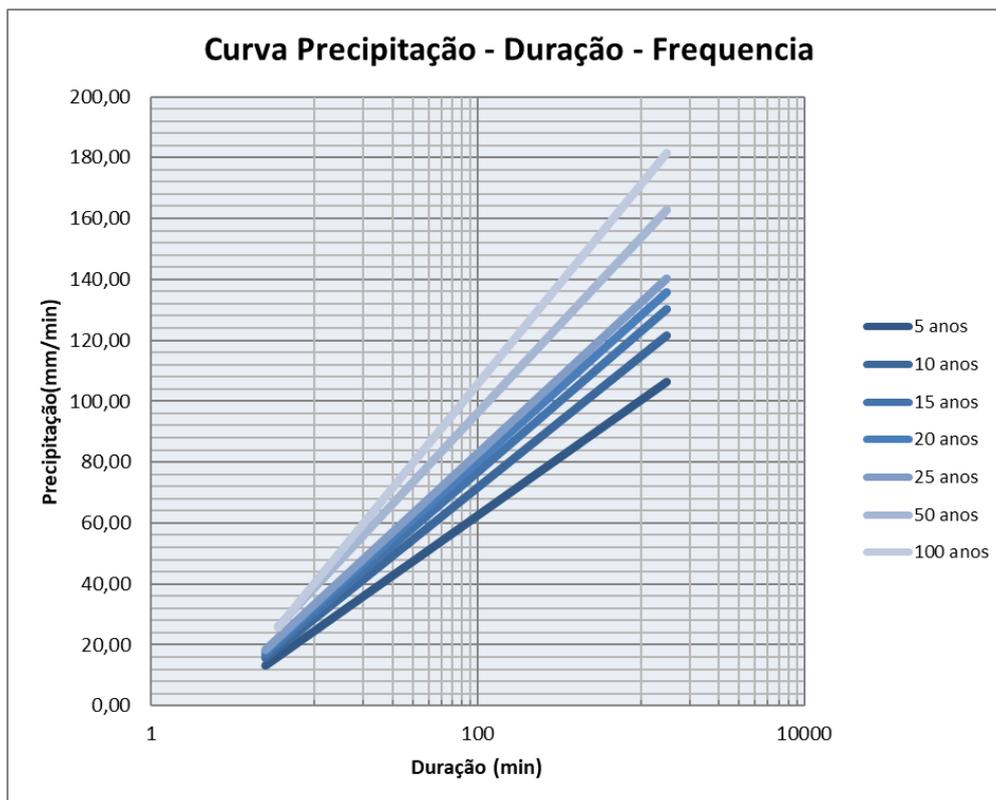
Assim, com interpolação dos dados, obteve-se as alturas pluviométricas para diferentes durações e tempos de retorno.

Tabela 11 – Altura pluviométrica (mm)

DURAÇÃO	5	10	15	20	25	50	100
5 min	15,07	18,30	20,12	21,41	22,41	25,48	24,52
10 min	27,89	33,58	36,79	39,01	40,69	45,92	48,18
15 min	35,39	42,51	46,54	49,30	51,38	57,88	62,02
20 min	40,71	48,85	53,46	56,60	58,96	66,37	71,84
25 min	44,84	53,77	58,82	62,27	64,84	72,95	79,46
30 min	48,21	57,79	63,20	66,89	69,65	78,33	85,68
60 min	61,03	73,06	79,87	84,49	87,93	98,78	109,34
120 min	73,85	88,34	96,54	102,08	106,20	119,23	133,00
180 min	81,35	97,27	106,29	112,38	116,89	131,19	146,84
240 min	86,67	103,61	113,20	119,68	124,47	139,67	156,66
300 min	90,80	108,53	118,57	125,34	130,36	146,26	164,28
360 min	94,17	112,55	122,95	129,97	135,16	151,64	170,50
480 min	99,49	118,88	129,87	137,27	142,75	160,12	180,32
600 min	103,62	123,80	135,23	142,94	148,63	166,70	187,94
720 min	106,99	127,82	139,62	147,57	153,44	172,08	194,16
840 min	109,84	131,22	143,32	151,48	157,50	176,63	199,42
960 min	112,31	134,16	146,53	154,87	161,02	180,57	203,98
1080 min	114,49	136,75	149,37	157,86	164,13	184,04	208,00
1203 min	116,48	139,13	151,96	160,60	166,97	187,23	211,68
1320 min	118,20	141,18	154,19	162,95	169,42	189,96	214,85
1440 min	119,81	143,09	156,28	165,16	171,71	192,53	217,82

Com os valores da tabela acima, foram traçadas as curvas de precipitação (Gráfico 1).

Gráfico 1- Curvas de Precipitação - Duração – Frequência

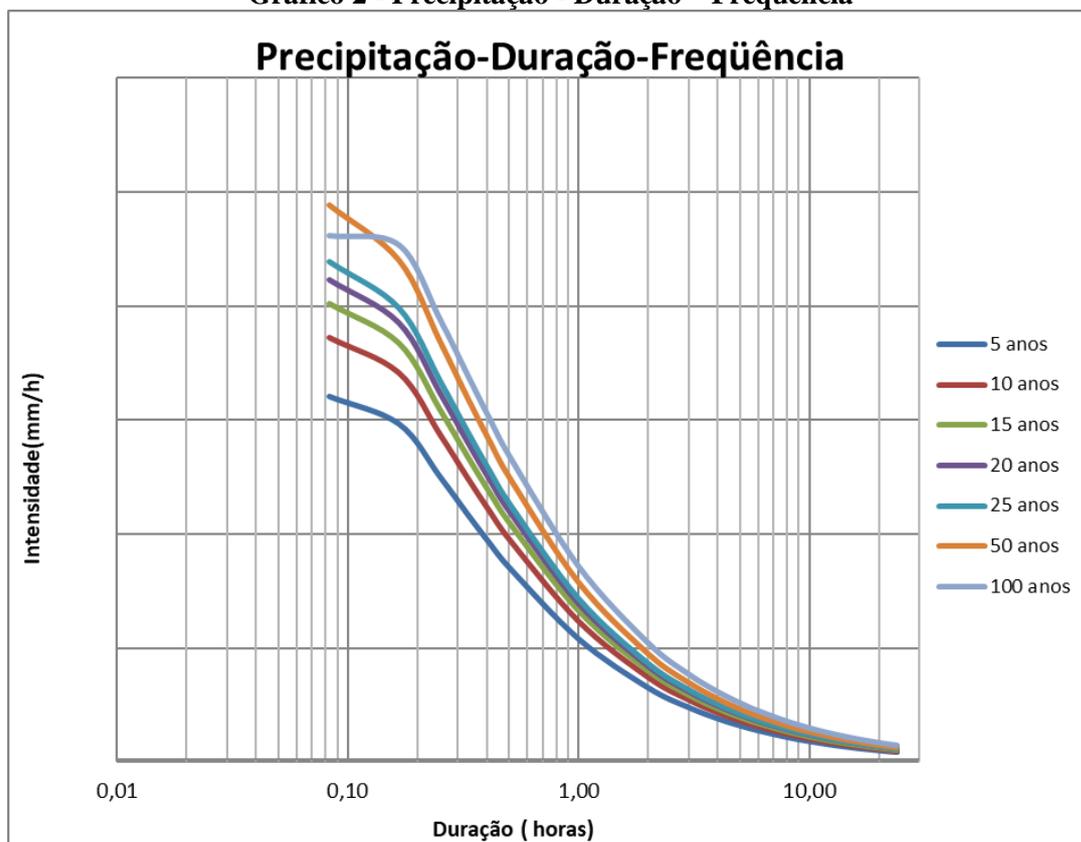


As séries anuais do posto de referência são mostradas na tabela abaixo, em ordem decrescente de magnitude, juntamente com as probabilidades de ocorrência ou períodos de retorno.

Tabela 12 – Intensidade pluviométrica (mm/h)

min/hs	5	10	15	20	25	50	100
0,08 horas	180,83	219,62	241,49	256,94	268,96	305,72	294,25
0,17 horas	167,34	201,46	220,74	234,04	244,12	275,54	289,08
0,25 horas	141,56	170,05	186,15	197,20	205,51	231,54	248,08
0,33 horas	122,13	146,55	160,37	169,80	176,88	199,11	215,52
0,42 horas	107,61	129,04	141,17	149,44	155,63	175,09	190,70
0,50 horas	96,42	115,57	126,41	133,79	139,30	156,66	171,36
1,00 horas	61,03	73,06	79,87	84,49	87,93	98,78	109,34
2,00 horas	36,93	44,17	48,27	51,04	53,10	59,61	66,50
3,00 horas	27,12	32,42	35,43	37,46	38,96	43,73	48,95
4,00 horas	21,67	25,90	28,30	29,92	31,12	34,92	39,16
5,00 horas	18,16	21,71	23,71	25,07	26,07	29,25	32,86
6,00 horas	15,69	18,76	20,49	21,66	22,53	25,27	28,42
8,00 horas	12,44	14,86	16,23	17,16	17,84	20,02	22,54
10,00 horas	10,36	12,38	13,52	14,29	14,86	16,67	18,79
12,00 horas	8,92	10,65	11,63	12,30	12,79	14,34	16,18
14,00 horas	7,85	9,37	10,24	10,82	11,25	12,62	14,24
16,00 horas	7,02	8,38	9,16	9,68	10,06	11,29	12,75
18,00 horas	6,36	7,60	8,30	8,77	9,12	10,22	11,56
20,05 horas	5,81	6,94	7,58	8,01	8,33	9,34	10,56
22,00 horas	5,37	6,42	7,01	7,41	7,70	8,63	9,77
24,00 horas	4,99	5,96	6,51	6,88	7,15	8,02	9,08
MEDIAS	37,76	45,25	49,49	52,38	54,53	61,32	67,18

Gráfico 2 - Precipitação - Duração – Frequência



4.2 Bueiros

São dispositivos construídos transversalmente para conduzir as águas provenientes do terreno natural, valas e córregos de um lado da estrada para outro sem prejudicar o corpo estradal.

Os bueiros utilizados são do tipo circular de metal corrugado, modelo MP 152 – *ARMCO STACO*.

O esquema da implantação dos bueiros está detalhado no VOLUME 2 – DETALHAMENTO DE DRENAGEM.

4.2.1 Dimensionamento hidráulico

O cálculo da vazão máxima suportada pelo bueiro foi feito seguindo-se o MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS (DNIT, 2006) e as instruções do Fabricante *ARMCO STACO*.

Conforme recomendação do fabricante, adotou-se um coeficiente de rugosidade (n) de 0,021. O modelo MP 152 apresenta diâmetro (d) de 3,05m. A partir destes dados, calculou-se a declividade crítica, como segue:

$$i_{crítica} = \frac{32,82 \times n^2}{\sqrt[3]{d}} = 0,010 \text{ m/m}$$

Com a declividade crítica, foi possível obter a vazão máxima admissível (com tirante $t=0,938d$), área molhada e velocidade da água, utilizando-se as equações seguintes:

$$Q_{máxima} = 0,335 \times d^{8/3} \times \frac{\sqrt{i}}{n}$$

Tabela 13 - Vazão admissível para Bueiro Metálico trabalhando como canal - $t = 0,938d$

Tipo	Diâmetro (m)	declividade - i (m/m)	coeficiente de rugosidade - n	Vazão máxima (m ³ /s)	Área molhada (m ²)	Velocidade da água (m/s)
BSTM	3,05	0,01	0,021	31,21	7,117	4,385
BDTM	3,05	0,01	0,021	62,42	14,234	4,385
BTTM	3,05	0,01	0,021	93,63	21,351	4,385

4.2.2 Bacias hidrográficas

Neste projeto foram delimitadas duas bacias hidrográficas, conforme figuras 3 e 4.

4.2.3 Tempo de concentração

Definido como o tempo que uma partícula de água leva para escoar do ponto mais afastado da bacia até a obra de arte.

A fórmula utilizada neste projeto foi a de *Kirpich*, aplicável para os seguintes métodos de cálculo de vazão:

$$t = \left(\frac{0,294L}{\sqrt{i}} \right)^{0,77}$$

Onde:

t – tempo de concentração, em horas;

L – comprimento do talvegue, em km;

i – declividade efetiva do talvegue, em %.

O cálculo da declividade efetiva leva em conta as diferentes declividades médias ao longo do trajeto da água e é calculado por:

$$i = \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{i_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{i_n}}}$$

Onde:

i – declividade efetiva do talvegue, em m/m;

L – comprimento do talvegue, em km;

L_1, L_2, \dots, L_n – comprimentos parciais do talvegue, em km;

i_1, i_2, \dots, i_n – declividades parciais em m/m.

Para o cálculo de bueiros, o tempo de concentração mínimo adotado é de 15 minutos.

Figura 3 – Bacias hidrográficas e curvas de nível

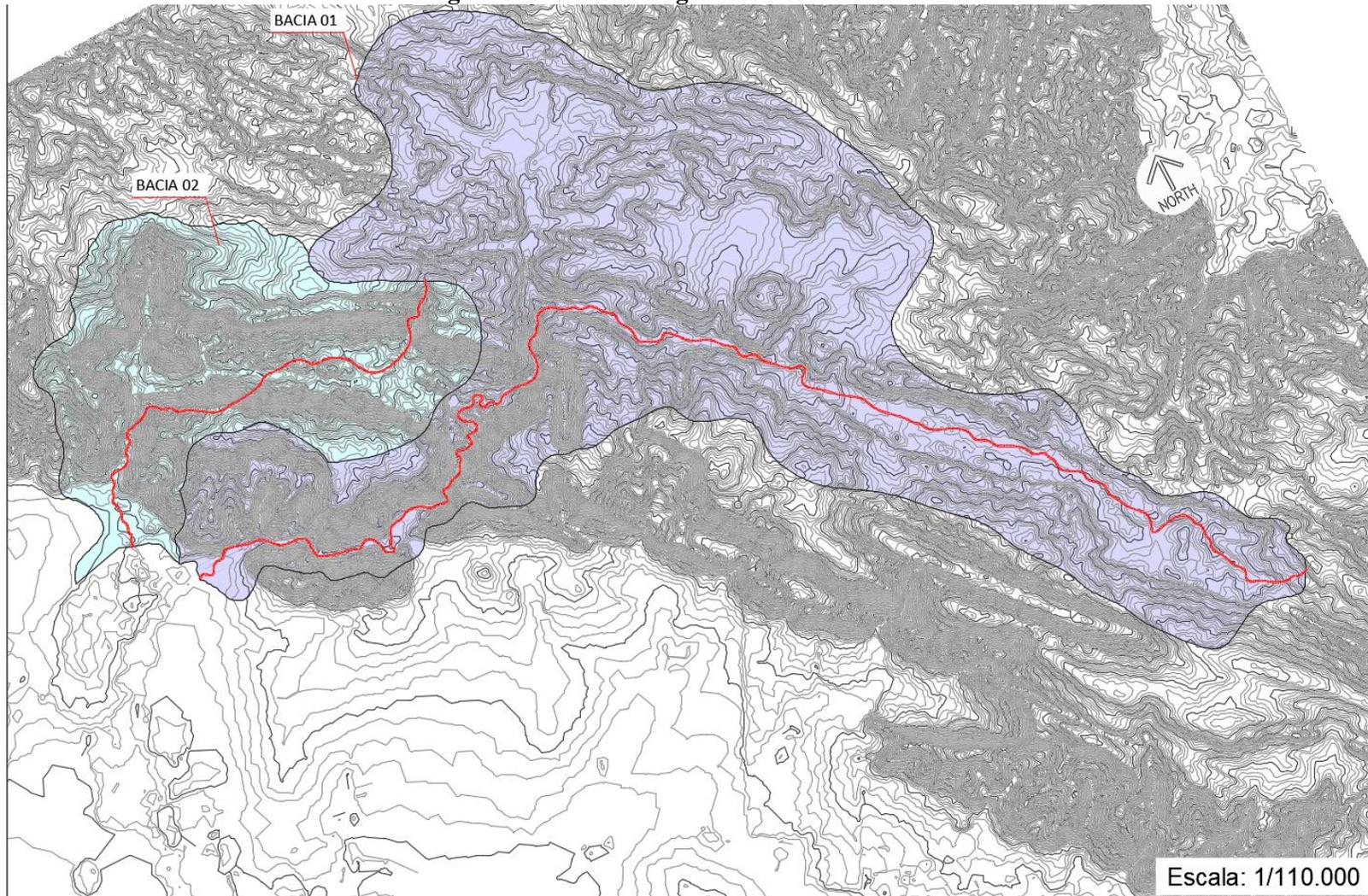
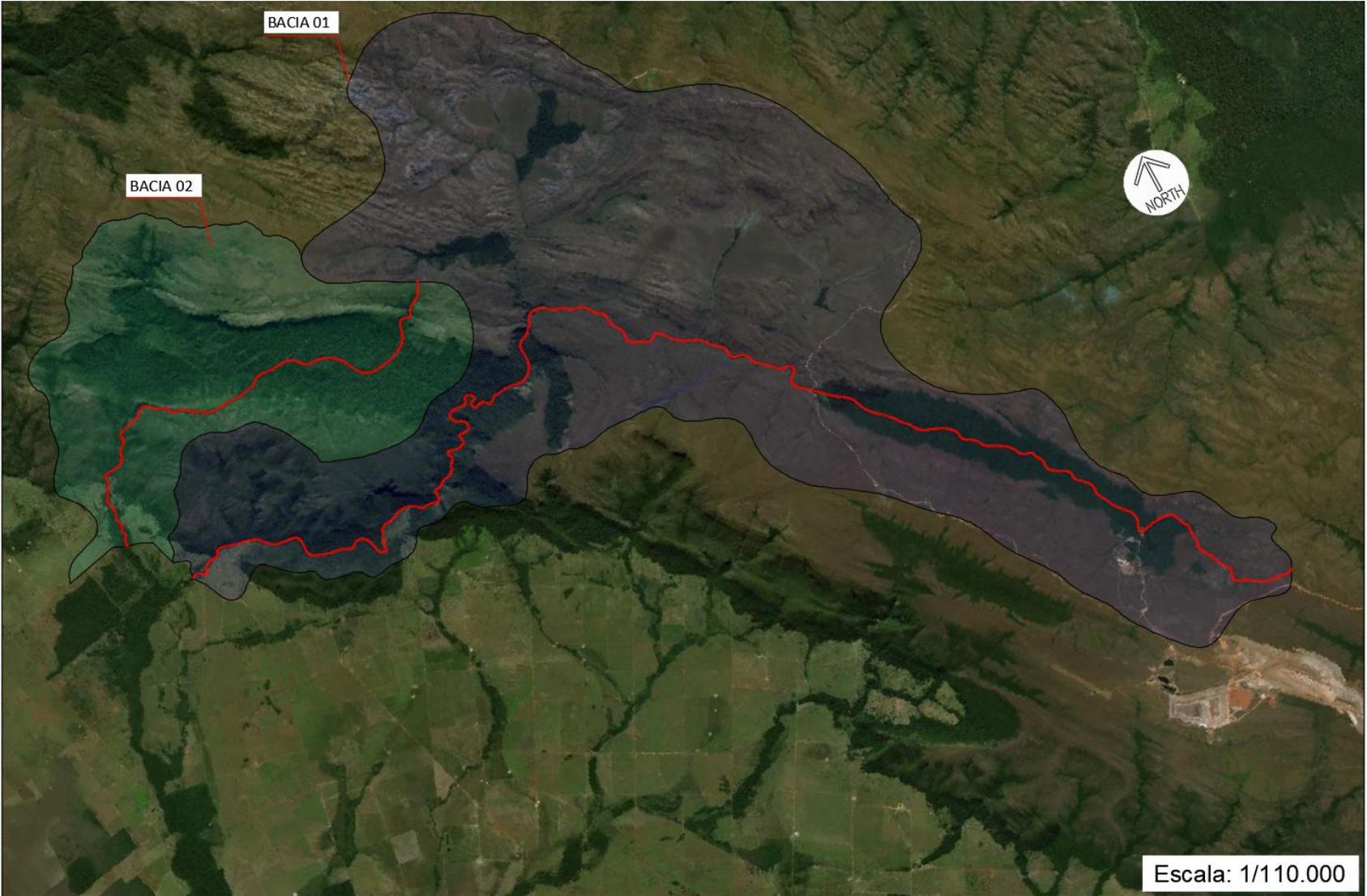


Figura 4 - Bacias hidrográficas e imagem



4.2.4 Coeficiente de escoamento superficial

Este estudo consiste em verificar, de todas as maneiras possíveis, o comportamento da precipitação ao atingir o solo.

Os fatores que definem o coeficiente de escoamento superficial C são a retenção d'água pela cobertura vegetal e pelo solo e as características físicas da bacia contribuinte (forma, declividade, comprimento do talvegue principal etc.).

A fixação destes coeficientes é de óbvia importância na estimativa das vazões, mas são os parâmetros que menos se prestam a uma apreciação exata. A avaliação criteriosa depende de uma análise de todos os fatores intervenientes.

Para o cálculo da vazão de projeto foi adotado o Método do Hidrograma Triangular Sintético, pois as bacias têm área de contribuição superior a 10km². Portanto, a seguir serão apresentadas as tabelas de coeficiente.

- **Método do Hidrograma Triangular Sintético “HTS” (A > 10 km²);**

O número de deflúvio – CN para este método é dado por:

$$CN = CN_1 \times CN_2 \times CN_3$$

Onde:

CN₁ = Obtém-se a partir da Área da bacia e da sua declividade efetiva;

CN₂ = É função da Geomorfologia da Área em estudo;

CN₃ = Ligado à Pluviometria obtida pelo cálculo do Tempo de Concentração.

As tabelas a seguir mostram os coeficientes CN₁, CN₂ e CN₃ utilizados no cálculo do coeficiente de deflúvio.

Tabela 14 - Coeficiente CN1 para cálculo do número de deflúvio - método HTS

A ≤ 30 Km²		30 km² < A < 60 km²		A ≥ 60 km²	
i (%)	CN₁	i (%)	CN₁	i (%)	CN₁
≤ 0,5	68	0,25	62	≤ 0,125	56
1,0	70	0,50	64	0,25	58
1,5	72	0,75	66	0,5	60
2,0	74	1,0	68	1,0	65
3,0	76	1,5	71	1,5	70
4,0	78	2,0	77	2,0	80
5,0	80	3,0	81	3,0	85
6,0	82	4,0	84	≥ 4,0	90
7,0	84	5,0	88		
8,0	86	≥ 6,0	90		
9,0	88				
≥ 10,0	90				

Tabela 15 - Coeficiente CN2 para cálculo do número de deflúvio - método HTS

CN₂	
Região Montanhosa c/ Rocha	= 1,1
Região Montanhosa	= 1,0
Região Ondulada	= 0,9
Região Plana	= 0,8

Tabela 16 - Coeficiente CN3 para cálculo do número de deflúvio - método HTS

Precipitação(mm)	CN₃
≥ 177,8	0,6
177,8	0,7
152,4	0,8
127,0	0,9
101,6	1,0
76,2	1,1
50,8	1,2
25,4	1,3
≤ 25,4	1,4

Vazão de projeto

O dimensionamento será feito pela vazão de contribuição que o bueiro terá que captar, sem ocorrer turbulência, e considerando que poderá trabalhar afogado.

O cálculo da vazão de pico para o Método do Hidrograma Triangular Sintético “HTS” é dado por:

$$Q_p = \frac{K \times A \times q_m}{T_p}$$

Onde:

K = constante empírica de 0,20836;

A = área de contribuição em km^2 ;

q_m = precipitação efetiva (acumulada);

T_p = tempo de pico do hidrograma.

Em que:

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0,6T_c$$

Onde:

T_c = tempo de concentração de Kirpich.

$$q_m = \frac{(P - 5,08 \times S)^2}{P + 20,32 \times S}$$

Onde:

P = altura acumulada de precipitação;

$S = \frac{100}{CN} - 10$.

Após o cálculo das vazões, procede-se com o pré-dimensionamento dos bueiros pelo regime crítico, através do auxílio das tabelas das páginas 51 e 52 do *Manual de Drenagem de Rodovias, IPR-724, DNIT, 2006*.

Dimensionamento Preliminar

Na tabela 18 é apresentado o resumo de cálculo da vazão de projeto para o dimensionamento dos bueiros.

Além dos bueiros dimensionados pelas bacias, foi necessário adicionar um terceiro bueiro (bueiro 3) na vazão do Córrego Longa Vida (bacia 1), que sofre uma bifurcação próximo à estrada, formando um córrego perene paralelo ao corpo principal, conforme Figuras 9 e 10.

Tabela 17 – Posição dos bueiros

Bueiro	Tipo e dimensão do bueiro	Escondidade (°)	Posição da montante	Declividade (%)	Comprimento (m)			Coordenada montante		Coordenada jusante	
					Esquerda	Direita	Total	X	Y	X	Y
1	BTTM Ø3,05m	5	Esquerda	1,00%	5,95	6,05	12,00	195.960,62	8.369.007,05	195.948,66	8.369.008,04
2	BTTM Ø3,05m	10	Esquerda	1,00%	5,00	5,00	10,00	195.078,99	8.370.223,35	195.077,06	8.370.213,44
3	BSTM Ø3,05m	10	Esquerda	1,00%	4,95	5,05	10,00	195.973,40	8.369.152,36	195.963,81	8.369.155,17

Tabela 18 – Vazão de contribuição das bacias 1 e 2

N° Bacia	Área (km²)	Comp. talvegue (km)	Diferença de cota (m)	Declividade (m/m)	Tempo de concentração (tc horas)	Tempo de pico (horas)	Altura Pluv. (mm)	CN				Fator "S"	qm	Vazão de Projeto (m³/s)	Dispositivo	Tipo Estimado
								CN1	CN2	CN3	CN,adotado					
1	116,30	33,00	490,000	0,015	4,94	5,19	118,57	70	0,84	0,90	52,92	8,90	17,98	84,014	Bueiro	BTTM Ø3,05m
2	36,94	10,96	430,000	0,039	1,45	2,08	79,87	78	0,85	1,05	69,62	4,36	19,75	73,129	Bueiro	BTTM Ø3,05m

Dimensionamento de Projeto

Após os cálculos de vazão e estimativa de quantas linhas de bueiros seriam necessários em cada ponto em estudo, verificou juntamente com a população local que o Córrego Acordo (bacia 02), não possui vazão representativa, sendo que dois tubos seriam o suficiente para a vazão gerada em período chuvoso.

Alertaram também que a vazão do Córrego Longa Vida possui vazão representativa, sendo interessante adicionar mais uma fileira, ou seja, linhas duplas.

Desta forma o projeto altera as disposições conforme a tabela abaixo.

Tabela 19 – Posição dos Bueiros (Alterado)

NOTA DE SERVIÇO DE BUEIROS																	
Bueiro	Tipo e dimensão do bueiro	Esconsidade (°)	Posição da montante	Classificação tubo	Declividade (%)	Comprimento (m)			Coordenada montante		Coordenada jusante		Cota (m)			Tipos de boca	
						Esquerda	Direita	Total	X	Y	X	Y	Esquerda	Direita	Cota Eixo	Esquerda	Direita
1	BTTM Ø3,05m	5	Esquerda	CA-1	1,00%	6,10	6,10	12,20	195.960,72	8.369.007,04	195.948,56	8.369.008,05	242,631	242,509	247,028	Normal	Normal
2	BDTM Ø3,05m	10	Esquerda	CA-1	1,00%	6,10	6,10	12,20	195.079,19	8.370.224,38	195.076,86	8.370.212,40	247,011	246,889	250,436	Normal	Normal
3	BDTM Ø3,05m	10	Esquerda	CA-1	1,00%	6,10	6,10	12,20	195.974,58	8.369.152,01	195.962,87	8.369.155,44	243,297	243,175	247,023	Normal	Normal

4.2.5 Relatório fotográfico

O local do projeto conta com três pontes existentes, as quais serão substituídas pelos bueiros 1, 2 e 3, conforme Figura 5.

Da esquerda para a direita, a ordem é a seguinte:

- A primeira ponte se encontra nas coordenadas $14^{\circ}43'28.26''\text{S}$ e $59^{\circ}49'54.18''\text{O}$, e será substituída pelo Bueiro 2 (Bacia 2), que será do tipo BTTM $\text{Ø}3,05\text{m}$.
- A segunda ponte se encontra nas coordenadas $14^{\circ}44'3.42''\text{S}$ e $59^{\circ}49'24.96''\text{O}$, e será substituída pelo Bueiro 3 (bifurcação do leito da bacia 1), que será do tipo BSTM $\text{Ø}3,05\text{m}$;
- A terceira ponte se encontra nas coordenadas $14^{\circ}44'7.96''\text{S}$ e $59^{\circ}49'25.29''\text{O}$, e será substituída pelo Bueiro 1 (Bacia 1), que será do tipo BTTM $\text{Ø}3,05\text{m}$.



Figura 5 – Localização das pontes existentes/bueiros projetados



Figura 6 – Ponte a ser substituída pelo Bueiro 1 (Córrego Longa Vida)



Figura 7 - Ponte a ser substituída pelo Bueiro 1 (Córrego Longa Vida)



Figura 8 – Ponte a ser substituída pelo Bueiro 2



Figura 9 - Ponte a ser substituída pelo Bueiro 3



Figura 10 - Ponte a ser substituída pelo Bueiro 3

4.2.6 Instruções de instalação

Os bueiros utilizados serão do tipo MP-152 da ARMCO STACO (120 C), com diâmetro de 3,05m, em linha simples ou tripla. As especificações do tubo utilizado se encontram na tabela abaixo.

Tabela 20 - Especificações do bueiro adotado

Modelo	Diâmetro (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	Espessura (mm)	Altura de Aterro (m)	
					Mínima	Máxima
MP 152 CIRCULAR (120 C)	3,05	7,58	9,76	2,7	0,6	12,5

Portanto, as instalações deverão ser feitas de acordo com as instruções do fabricante.

No Caderno de Execução deste projeto foi apresentado o detalhamento dos berços dos bueiros, que serão executados com uma camada de 40cm de brita sobre solo limpo de materiais rígidos.

Serão utilizadas bocas para bueiros celulares de concreto (3,00x3,00), simples ou triplas, do tipo normal, que deverão ser adaptadas aos bueiros tubulares e suas esconsidades *in loco*.

O presente volume corresponde ao **Volume 1.0 – Memória Justificativa**, referente ao Projeto Executivo de Engenharia para Implantação de Bueiros Metálicos, Local: Córrego Longa Vida, Vazão do Córrego Longa Vida e Córrego Acordo; Município: Vila Bela da Santíssima Trindade/MT, possui 39 (trinta e nove) páginas numericamente ordenadas.

Responsável técnica
Bruno Mullher
RN: 121.614.263-7



INSTRUÇÕES DE MONTAGEM

ESTRUTURAS DE AÇO CORRUGADO

MP100 MP152

2019



Sumário

1	APRESENTAÇÃO.....	3
2	PREPARAÇÃO DA BASE.....	3
2.1.	Instalações em vala.....	3
2.2	Linhas múltiplas.....	3
2.3	Locação.....	4
2.4	Notas Importantes:	4
2.5	Assentamento sobre terreno estável.....	5
2.6	Assentamento sobre terreno irregular	6
2.7	Assentamento sobre terreno lodoso	6
2.8	Assentamento sobre terreno rochoso	7
3	MONTAGEM DAS CHAPAS	8
3.1	Material.....	8
3.2	Superposição das chapas	8
3.3	Colocação dos parafusos.....	9
3.4	Aperto final.....	10
4	ATERRO E COMPACTAÇÃO.....	10
4.1	Cuidados na compactação	11
4.1.1	Equipamentos de compactação	11
5	VERIFICAÇÕES FINAIS.....	12
5.1	Medições.....	12
5.2	Imperfeições.....	12
6	OBRAS DE ACABAMENTO.....	13
6.1	Dispositivos de entrada e saída.....	13
6.1.1	Alas	14
6.1.2	Bacias de dissipação	14
6.1.3	Lajes de fundo	14
6.1.4	Drenos	14
6.1.5	Ancoragem	14
7	TRANSPORTE E ARMAZENAGEM.....	15
7.1	Transporte.....	15
7.2	Armazenagem	16



1 APRESENTAÇÃO

A montagem de uma estrutura de aço corrugado ARMCO STACO é simples, fácil e rápida. Por isso, não requer mão-de-obra especializada nem equipamentos sofisticados. A estrutura é fornecida com chapas de aço corrugado, parafusos e porcas necessários para correta montagem.

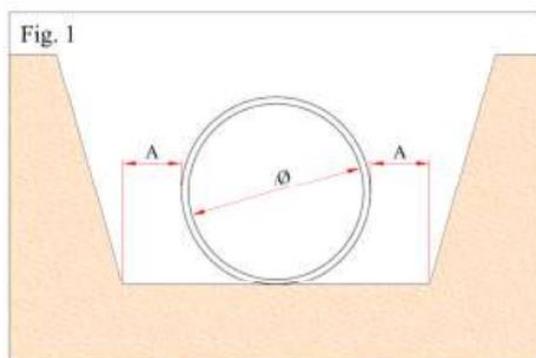
É importante, antes de iniciar os trabalhos de montagem, ler atentamente estas instruções e a planta de montagem fornecida com o material.

A não observância destas instruções poderá dificultar o seu trabalho e, muitas vezes, tornar impossível a montagem, além de comprometer o desempenho da estrutura.

2 PREPARAÇÃO DA BASE

2.1. Instalações em vala

Quando o espaço entre as paredes laterais definidas para a montagem tiver de 1,60m a 2,00m além do espaço ocupado pela estrutura, a instalação será denominada em vala. Neste caso, a abertura da vala deverá ser a mais estreita possível, mantendo uma largura de 0,80m a 1,00m (A) de folga em cada lado da estrutura, necessária para a compactação e para o aperto dos parafusos (fig. 1).



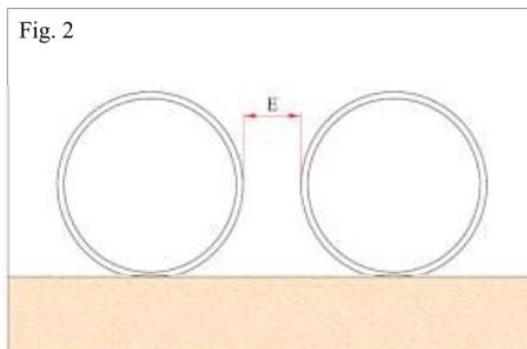
2.2 Linhas múltiplas

Quando forem instaladas duas ou mais estruturas paralelas, o espaçamento entre as estruturas (fig. 2) deve obedecer a seguinte tabela:



DIÂMETRO OU VÃO	ESPAÇO MÍNIMO (E) ENTRE AS ESTRUTURAS
de 0,60m a 1,80m	1/2 diâmetro
mais de 1,80m	0,90m

Fig. 2



2.3 Locação

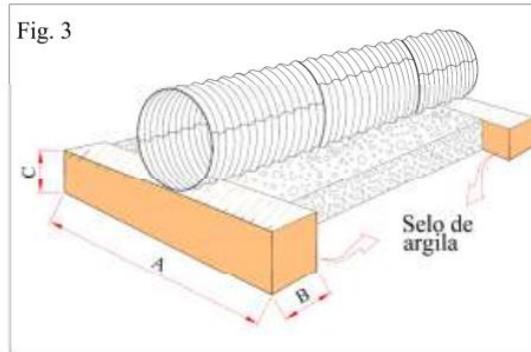
Verifique, antes de iniciar a montagem, se a cota de fundo do berço e o alinhamento estão de acordo com o seu projeto.

A locação da estrutura deverá ser feita através de dois piquetes cravados nos extremos e que orientarão o alinhamento e a declividade.

2.4 Notas Importantes:

- As estruturas de aço corrugado são flexíveis e por isso não podem, em hipótese alguma, ser assentadas sobre base rígida (concreto ou rocha). Elas devem ser instaladas sobre base estável, de tal forma a distribuir uniformemente a carga recebida.

Fig. 3



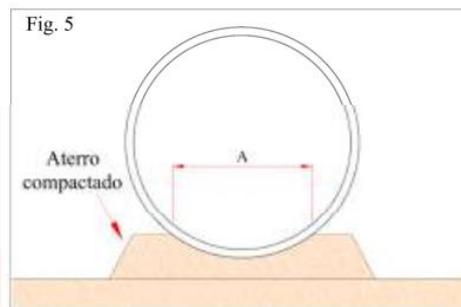
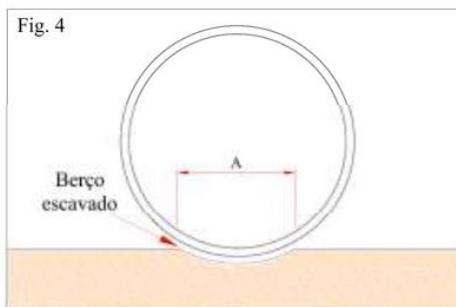
A- Para diâmetro ou vão $\leq 3,0$ $\phi+1,0m$ Para diâmetro ou vão $> 3,0$ $\phi+2,0m$
B - = 1,00m
C - Espessura da camada de brita = 20cm

- Nos casos onde se utilize a brita, ou material de grande percolação, é importante a execução de um selo de argila a montante e a jusante da estrutura (fig. 3).

2.5 Assentamento sobre terreno estável

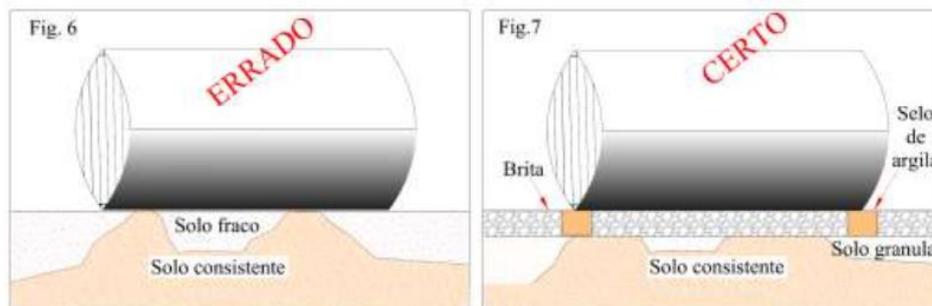
- Limpe o terreno a fim de remover troncos, mato ou qualquer elemento rígido que possa transmitir cargas concentradas a estrutura.
- Concluída a limpeza, prepare um berço para a estrutura escavando o terreno natural (fig. 4) ou fazendo uma camada de aterro compactado acima do terreno natural, e posteriormente escavando-o de forma a conformar o berço (fig. 7)

$$A = \text{de } \frac{1}{2} \phi \text{ até } \frac{3}{4} \phi$$



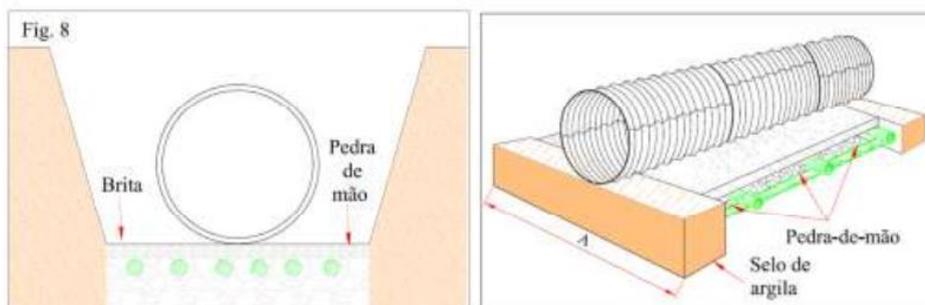
2.6 Assentamento sobre terreno irregular

- Para terrenos onde não existe homogeneidade de solo e de resistência em todos os pontos ao longo da estrutura (fig. 6), é necessário tornar a base uniforme e estável, evitando-se com isso esforços de recalque diferenciais.
- As áreas de baixa resistência deverão ser estabilizadas com material granular ou escavadas até uma profundidade onde o solo atinja uma resistência satisfatória. Neste caso, após o preenchimento da região escavada com material granular compactado, deve-se colocar uma camada de brita, cascalho ou similar de 15cm no mínimo, sobre a qual deverá ser assentada a estrutura (fig. 7).



2.7 Assentamento sobre terreno lodoso

- Para assentamento das estruturas em terreno lodoso, deve-se primeiro estabilizá-lo com pedras-de-mão.
- Depois, para melhor distribuição das cargas, utilize uma estiva de madeira, que deverá ser colocada como berço. A estiva, com malha de aproximadamente 1,00 X 1,00m, poderá ser feita com madeira bruta roliça (tipo eucalipto ou similar) com diâmetro mínimo de 10cm.
- O enchimento da estiva deverá ser feito com pedra-de-mão ou cascalho grosso até atingir o nível superior da madeira. A partir daí, deverá ser executada uma camada de brita, cascalho fino ou aterro compactado, com espessura mínima de 20cm (fig. 8).



$$A = 2 \times \varnothing \text{ ou } \varnothing + 3,0\text{m}$$

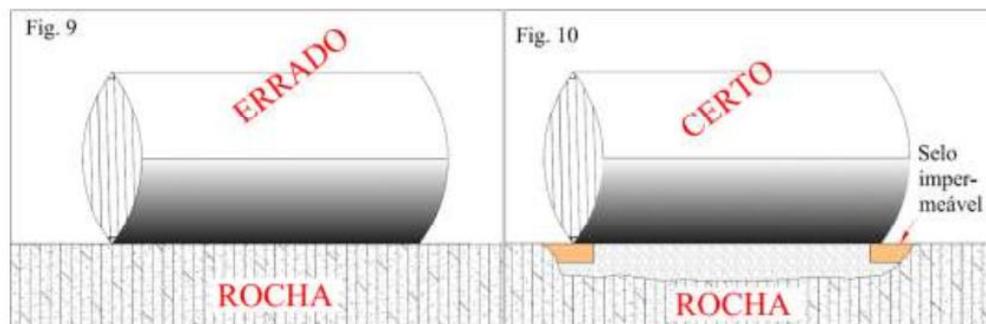
(usar o menor valor)

\varnothing = diâmetro ou vão

2.8 Assentamento sobre terreno rochoso

Quando encontrar rocha na base (fig. 9) proceda como segue:

- Remova a rocha de 20 a 30 cm da geratriz inferior da base. Esta remoção deverá ter dimensões suficientes para garantir que não ocorra qualquer possibilidade de contato da estrutura com a rocha.
- O espaço aberto com a remoção da rocha deverá ser preenchido com solo compactado, formando um colchão (fig. 10).





3 MONTAGEM DAS CHAPAS

3.1 Material

- As chapas podem ser fornecidas nos seguintes comprimentos úteis:

MP100 = 1,00m

MP152 = 1,22m (4') / 1,83m (6') / 2,44m (8') / 3,05m (10')

- Os parafusos e porcas fornecidos devem ser utilizados conforme a tabela:

PARAFUSO			ESPESSURA DA CHAPA (mm)					
PRODUTO	CABEÇA	TIPO	1,5	2,0	2,7	3,4	4,7	6,3
MP100	22mm	1/2" x 7/8"	A e B	A e B	A e B			
		1/2" x 1 1/4"				B		
MP152	32mm	3/4" x 1 1/4"			A	A	A	
		3/4" x 1 1/2"			B	B	B	A
		3/4" x 1 3/4"						B
		3/4" x 3"			C	C	C	C

Onde A - Encontro de 2 chapas

C - Utilizado apenas para auxílio à montagem.

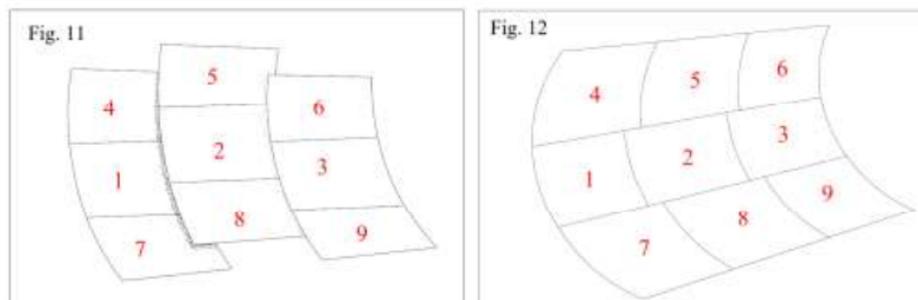
B - Encontro de 3 chapas

- A montagem das chapas deverá ser feita observando-se a sequência e os detalhes apresentados na planta do esquema de montagem.
- Durante a montagem faça medições das seções, a fim de corrigir possíveis desvios na geometria.
- Estruturas com altura superior a 1,90m requerem a utilização de andaimes.
- Para montagem das chapas são necessários os seguintes equipamentos: chave de boca sextavada para o aperto dos parafusos e/ou chave pneumática e um pequeno guindaste poderão ser usados para aumentar a agilidade na montagem.

3.2 Superposição das chapas

Dependendo do tipo de estrutura a ser montada, preste atenção para estes detalhes:

- Para estruturas circulares, a superposição das chapas é defasada para evitar o encontro de 4 chapas num mesmo furo. Esta defasagem é feita nas costuras longitudinais, mantendo-se as costuras circunferenciais alinhadas (fig. 11).
- Para estruturas não circulares (Lenticulares ou Passagens) a superposição das chapas é defasada nas costuras circunferenciais, mantendo-se as costuras longitudinais alinhadas (fig. 12).



ATENÇÃO: Nas estruturas não circulares, as diferentes curvaturas das chapas são identificadas com cores diferentes marcadas em suas bordas (veja esquema de montagem).

3.3 Colocação dos parafusos

a - Para manter as chapas nas posições corretas, nas estruturas circulares e não circulares deverão ser colocados parafusos alternados com as porcas ainda sem aperto em cada costura (fig. 13).

Para estruturas não circulares (lenticulares e Passagens), todos os parafusos das chapas de fundo deverão ser colocados e apertados.

b - A coincidência dos furos é mais facilmente obtida quando os parafusos estão frouxos.

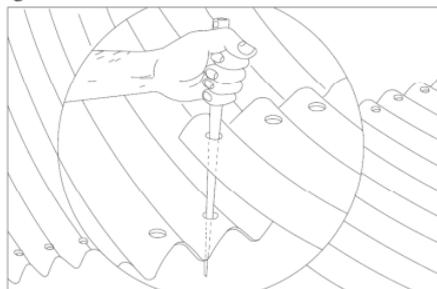
c - Quando o terceiro anel estiver com as chapas montadas, coloque os parafusos que faltam no primeiro e segundo anéis, e assim sucessivamente.

d - Quando não houver coincidência de furos, use uma alavanca para centralizar os furos. (fig. 14)

Fig. 13



Fig. 14





3.4 Aperto final

Assim que todas as chapas estiverem em suas posições e todos os parafusos colocados, faz-se o aperto final. Para MP152, torque mínimo = 203 Nm e máximo = 311 Nm. Para MP100 mínimo = 61 Nm e máximo = 81 Nm.

Importante:

O aperto dos parafusos é fundamental para uma perfeita instalação. Assim, antes de dar como concluída a montagem, faça uma última verificação, pois é comum, quando se aperta os parafusos de um anel, para um melhor encaixe entre as chapas, os parafusos dos anéis vizinhos fiquem frouxos.

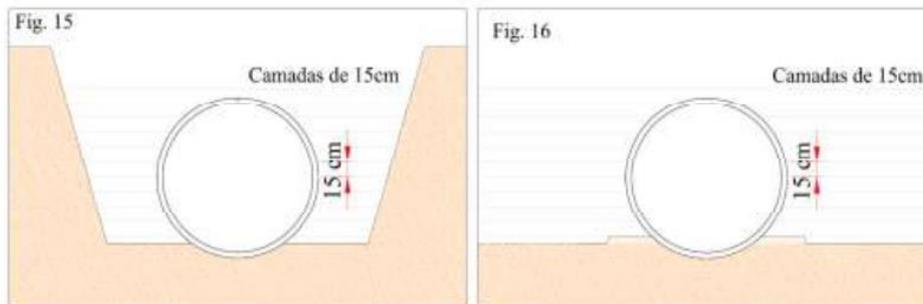
4 ATERRO E COMPACTAÇÃO

Quando se instala uma estrutura ARMCO STACO, em valas (fig. 15) ou não (fig. 16), ela será aterrada e compactada após a montagem. Depois, receberá o tráfego. Para evitar imprevistos, tais como recalques, deformações etc., a compactação durante o aterro deverá obedecer as seguintes regras:

- O tipo de material é fundamental. O emprego de material do tipo A-2-4* (AASHTO M 145) é o mais indicado. Pode ser também considerada uma compactação que resulte em um mínimo de 90% do Proctor normal com o uso de material de primeira qualidade (granular não orgânico).

* Areia ou pedregulho siltoso ou argiloso com o máximo de 35% passando na peneira nº. 200.

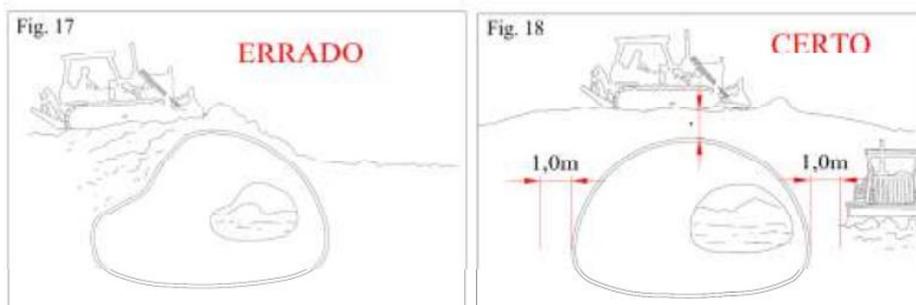
- O aterro junto à estrutura deverá ser feito em camadas de 15 cm de espessura e compactado com soquetes, placas vibratórias ou sapos.
- O aterro deverá ser executado simultaneamente em ambos os lados da estrutura até atingir a distância mínima de 2,00m da estrutura.



4.1 Cuidados na compactação

4.1.1 Equipamentos de compactação

- Compactação manual com soquetes de madeira (15 x 15cm).
- Compactação mecânica com sapos, e/ou rolos compressores.
- Deverá ser feita compactação cuidadosa junto às chapas do fundo com soquetes manuais ou mecânicos.
- Deverá ser mantido um afastamento mínimo de 0,5m entre a estrutura e os equipamentos pesados de compactação. Para rolos vibratórios, mínimo de 1,0 m.
- Os equipamentos pesados não devem passar sobre as estruturas ARMCO STACO, até que o aterro atinja altura mínima recomendada no esquema de montagem (figs. 17 e 18).

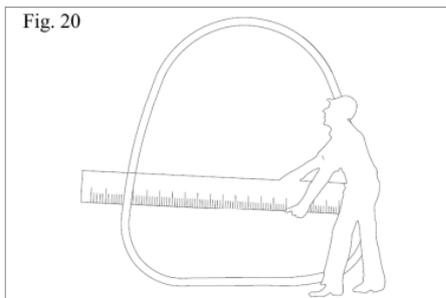
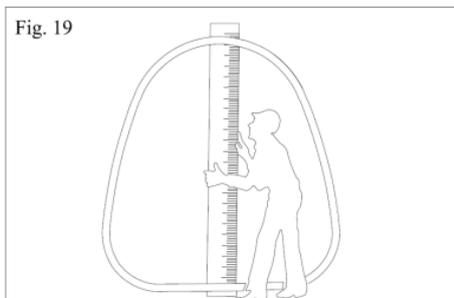




5 VERIFICAÇÕES FINAIS

5.1 Medições

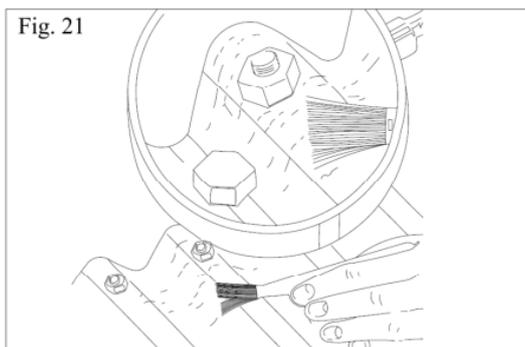
Após a conclusão do aterro compactado, faça novas medições para compará-las às medições realizadas no término da montagem. Eventuais deformações da estrutura não devem ultrapassar 2,5% de qualquer dimensão de projeto (figs. 19 e 20).



Verifique também a qualidade da compactação realizada pela medição da altura da estrutura: Se ela é igual ou aumentou até 2,5% comprova-se a boa compactação. Porém, se ela diminuiu, certamente, a compactação lateral não foi satisfatória.

5.2 Imperfeições

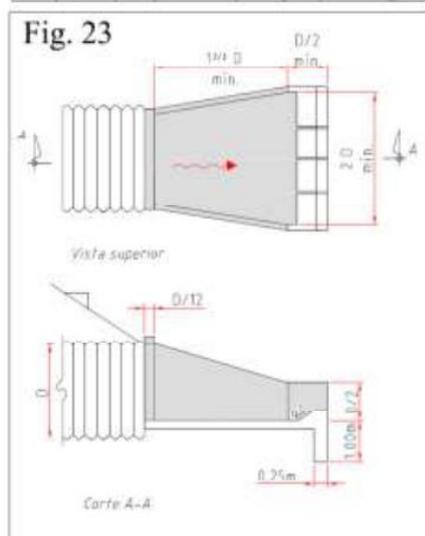
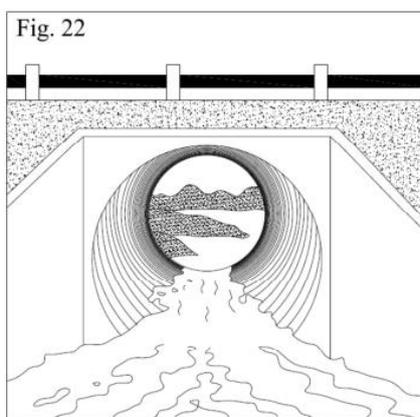
Nas estruturas revestidas com epóxi, verifique cuidadosamente a existência de arranhões ou deformações, no revestimento, ocorridos eventualmente no transporte ou na montagem. Com material (resina) fornecido pela ARMCO STACO, corrija as imperfeições encontradas a fim de evitar uma eventual corrosão localizada (fig. 21).



6 OBRAS DE ACABAMENTO

6.1 Dispositivos de entrada e saída

Depois de instaladas as estruturas, dá-se início as obras de acabamento, que podem ser executadas antes, durante ou depois do aterro. Para melhor funcionamento hidráulico e para a maior durabilidade das estruturas, recomendamos, dependendo do tipo de instalação, a construção de alas e elementos de dissipação de energia (figs. 22 e 23).





6.1.1 Alas

Destinadas basicamente a proteção contra erosão e contenção do aterro junto à estrutura e para obter maior eficiência hidráulica devido ao direcionamento do escoamento para o interior da estrutura. Podem ser feitas em concreto, pedra argamassada, gabiões, sacos de aniagem, etc.

6.1.2 Bacias de dissipação

Podem ser construídas com blocos de concreto, pedras-de-mão, escadas etc., conforme o projeto.

6.1.3 Lajes de fundo

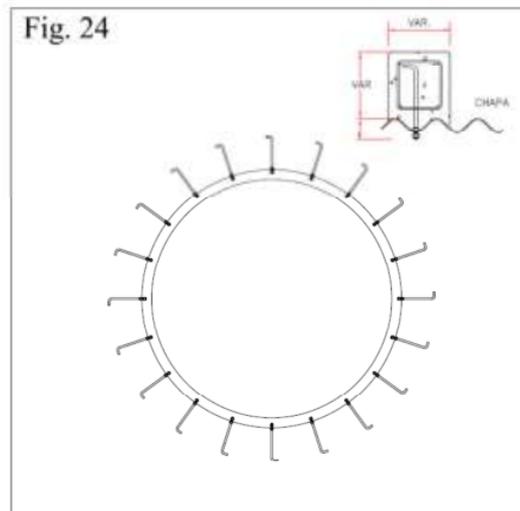
Destinadas a proteger a base das estruturas, devem ser construídas a montante e a jusante evitando-se a percolação da água sob a estrutura.

6.1.4 Drenos

A utilização de drenos junto as laterais das estruturas garante maior durabilidade do aterro.

6.1.5 Ancoragem

Deverá ser feita a ancoragem das extremidades do bueiro com as alas, utilizando-se uma ferragem em forma de "U" (fig. 24). Todas estas obras de acabamento são geralmente especificadas em projetos de drenagem/canalização. Em alguns casos poderemos oferecer orientação detalhada sobre elas.

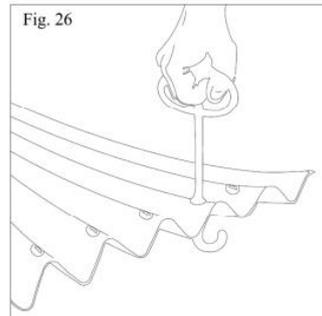
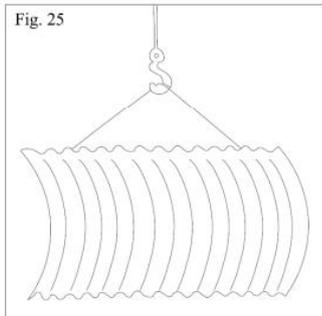


NOTA: NO CASO DE OBRAS PARA ADMINISTRAÇÕES PÚBLICAS, VERIFICAR E OBSERVAR ORIENTAÇÕES TÉCNICAS ESPECÍFICAS, QUANDO HOVER.

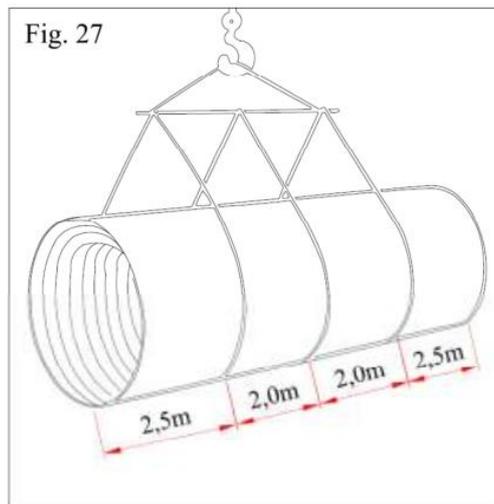
7 TRANSPORTE E ARMAZENAGEM

7.1 Transporte

Quando um guindaste é utilizado para transportar as chapas no local da obra, recomenda-se prender o cabo em 2 furos da chapa (fig. 25). Se o transporte for manual, utilize ganchos nos 4 cantos da chapa (fig. 26).



Para transporte de estruturas já montadas, recomenda-se a utilização de cabos de aço "abraçando" a estrutura a cada 2,0m e com um afastamento mínimo da extremidade de 2,5m (fig. 27).





7.2 Armazenagem

Para o armazenamento, recomenda-se empilhar as chapas (classificando-as por tamanho e raio de curvatura), de maneira que a corrugação de cada chapa se encaixe na corrugação da outra (fig. 28).

Com isso, além de proteger as chapas, ocupa-se menos espaço no armazenamento, facilitando a identificação para montagem.

Fig. 28

