

FUTURE

ENGENHARIA PARA ALÉM DA TÉCNICA

DRENAGEM SUPERFICIAL – CHÃ BEBEDOURO 1

Chã De Bebedouro, Maceió-AL

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

DRENAGEM SUPERFICIAL – CHÃ BEBEDOURO 1

Chã De Bebedouro, Maceió-AL

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0001-27

Recife – Estrada das Ubaías, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



Histórico do Documento

Revisão	Descrição	Editado	Verificado	Autorizado	Data
00	MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO				18-07-2022

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0001-27

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



Índice

1.	DADOS CADASTRAIS DO PROJETO	5
2.	INTRODUÇÃO	6
3.	DOCUMENTOS RECEBIDOS	6
4.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	6
5.	MEMÓRIA DE CÁLCULO	7
5.1	DESCARGA DE CONTRIBUIÇÃO.....	7
5.2	DIMENSIONAMENTO DAS DESCIDAS D'ÁGUA.....	9
5.2.1	DCD 01 – TRECHO A.....	10
5.2.2	DCD 01 – TRECHO B.....	12
5.2.3	DCD 02	14
5.2.4	DCD 03	16
5.2.5	DAD 01	18
5.2.6	DAD 02	20
5.2.7	DAD 03	22
5.2.8	QUANTITATIVO.....	24
5.3	DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE PASSAGEM.....	25
5.3.1	QUANTITATIVO.....	26
5.4	DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE DISSIPÇÃO.....	28
5.5	DISPOSITIVOS EXISTENTES.....	29
5.5.1	DESCIDAS D'ÁGUA.....	29
5.5.2	VALA.....	30
6.	RECOMENDAÇÕES	31
7.	CONCLUSÕES	32
8.	REFERÊNCIAS	32

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

1. DADOS CADASTRAIS DO PROJETO

RAZÃO SOCIAL: SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA – SEMINFRA

ENDEREÇO: RUA DO IMPERADOR, Nº 307 – CENTRO

CEP: 57.020-670

CNPJ: 17.926.123/0001-50

Responsável Legal

Secretaria Municipal de Infraestrutura

Engº. Rafael Araújo Guillou

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0001-27

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



2. INTRODUÇÃO

O presente documento tem por objetivo complementar a documentação técnica do projeto, apresentando as características e condicionantes do projeto de drenagem superficial da encosta Chã Bebedouro 1.

O objetivo deste memorial é estabelecer as diretrizes básicas que devem ser seguidas para a execução da solução de drenagem proposta, dissertando sobre aspectos técnicos e características que definiram a configuração final do projeto em questão.

Nesse contexto, serão aqui apresentadas as características principais da proposta, assim como os critérios e parâmetros utilizados.

3. DOCUMENTOS RECEBIDOS

NOME DO ARQUIVO	ASSUNTO
BARREIRA - BEBEDOURO 1.dwg	Levantamento topográfico
1. PROJE.kmz	Localização no Google Earth

4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DOCUMENTOS
Manual de drenagem de rodovias – DNIT
ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM - DNIT
Manual Técnico de Encostas – Drenagem e proteção superficial – Volume 2 (1999)

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

5. MEMÓRIA DE CÁLCULO

5.1 DESCARGA DE CONTRIBUIÇÃO

A metodologia de cálculos hidrológicos para determinação das vazões foi definida em função das áreas de contribuição pelo método racional. O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (< 2,0 km²). Os princípios básicos desta metodologia consideram a precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração.

Em bacias pequenas, as condições mais críticas ocorrem devido a precipitações convectivas que possuem pequena duração e grande intensidade. Para avaliar o uso e a ocupação do solo adota-se um coeficiente único de perdas (coeficiente de runoff), denominado *c*, estimado com base nas características da bacia, que não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

A Equação abaixo apresenta a formulação para obtenção da vazão:

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = \frac{C \times i \left(\frac{cm}{h} \right) \times A (m^2)}{3,6 \times 10^5}$$

Onde:

Q = descarga de distribuição;

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade de precipitação;

A = área de contribuição.

A Figura 1 apresenta as áreas de contribuição delimitadas, de acordo com a topografia da região de projeto.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

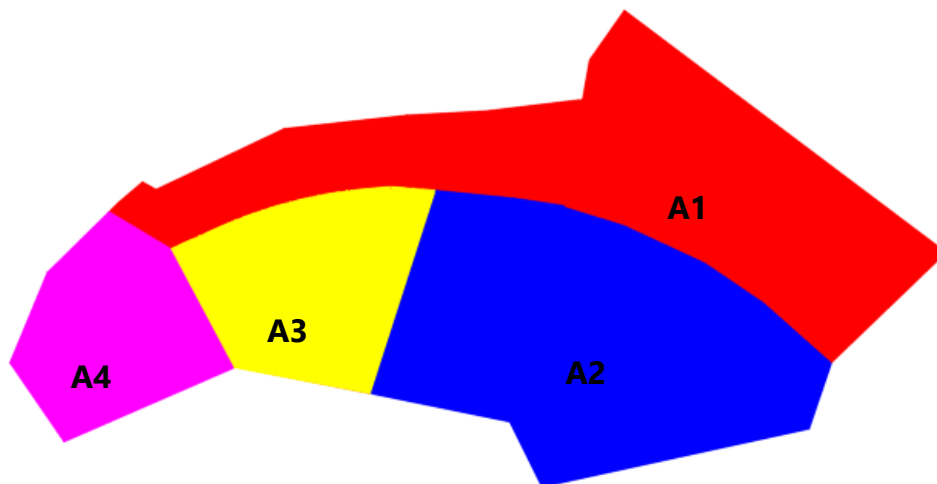


Figura 1: Áreas de contribuição

O coeficiente de escoamento superficial, o runoff, é um parâmetro de difícil adoção (Tabela 7), visto que depende de fatores como: distribuição da chuva, geomorfologia, rede de drenagem preexistente, condições antecedentes de umidade, etc. Considerando que algumas áreas de contribuição receberão tratamento superficial com concreto projetado, adotou-se o valor de $C = 1$. Para as demais áreas o coeficiente de escoamento superficial adotado foi de $C=1$ que é conservador por não ser uma superfície impermeável.

A intensidade pluviométrica foi obtida pela equação de intensidade-duração-frequência:

$$i\left(\frac{mm}{h}\right) = \frac{K(T)^a}{(t+b)^c}$$

Onde: T = tempo de retorno (anos);

a , b , c e K = parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da região;

t = duração de precipitação (min).

O software Flúvio 2.1 forneceu os parâmetros a, b, c e K para a região de Maceió.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 1: Vazão de distribuição.

DESCIDA D'ÁGUA	CALCULADO/ADOTADO					
	ÁREA CONTRIBUIÇÃO. (m ²)	COEF. ESC. (c)	T (anos)	DUR. t (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)
DCD-1	296	1	10	5	145,8	0,012
DCD-2	459,75					0,019
DCD-3	390,75					0,02
DAD-1	850,5					0,034
DAD-2	970,5					0,04

5.2 DIMENSIONAMENTO DAS DESCIDAS D'ÁGUA

As descidas d'água em degraus, tanto para corte quanto para aterro, são escadas dissipadoras que tem como função dissipar a energia da contribuição de água drenada. Estes dispositivos de drenagem superficial pode ser regido, em geral, por três regimes de fluxo: Nappe Flow, Skimming Flow ou Fluxo transitório.

O regime de fluxo para as descidas d'água dimensionadas foi o Nappe Flow. No regime Nappe Flow o escoamento sofre quedas sucessivas, formando em cada degrau um ressalto hidráulica completo ou incompleto.

O software SisCCoH 1.1 foi utilizado para determinar o regime de fluxo e por conseguinte, as demais informações necessárias para o dimensionamento como: altura da parede, velocidade à jusante, energia dissipada e número de Froude.

A Tabela 2 apresenta o resumo das dimensões das descidas d'água.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 2: Dimensões das descidas d'água.

	H1 (m)	h (m)	b (m)	B (m)
DCD-1A	0,20	0,20	0,77	0,30
DCD-1B	0,20	0,20	0,90	0,30
DCD-02	0,2*	0,2*	0,25*	0,4*
DCD-03	0,2*	0,2*	0,28*	0,4*
DAD-01	0,25	0,20	2,00	0,50
DAD-02	0,25	0,20	0,85	0,50
DAD-03	0,25	0,20	1,20	0,50
* Dimensões dos dispositivos existentes				

5.2.1 DCD 01 – TRECHO A

As Tabela 3 e Tabela 4 apresentam os inputs e os outputs obtidos no software, respectivamente. Observa-se que o regime de fluxo é o Nappe Flow com ressalto parcial (dimensionamento pelo método de Chanson, 1994). A velocidade final do escoamento é inferior a velocidade limite admissível para o concreto (12 m/s), viabilizando o uso deste dissipador em concreto armado. O escoamento deste dispositivo é direcionado a caixa de passagem 1A (CP-1A).

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84

CNPJ: 35.467.604/0001-27



Tabela 3: Input – DCD-01 (Trecho A)

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos Escoamento em Degraus - Regime de Escoamento		
Entrada de Dados		
Vazão - Q (m³/s)	0,012	
Largura do Canal - B (m)	0,3	
Altura dos Degraus - S (m)	0,2	
Comprimento dos Degraus - l (m)	0,77	
Resultados		
Faixa de Vazões (m/s³)		
Regime de Escoamento	Q Minima	Q Maxima
Napple Flow	0	0,056
Transição	0,056	0,093
Skimming Flow	0,093	0,012

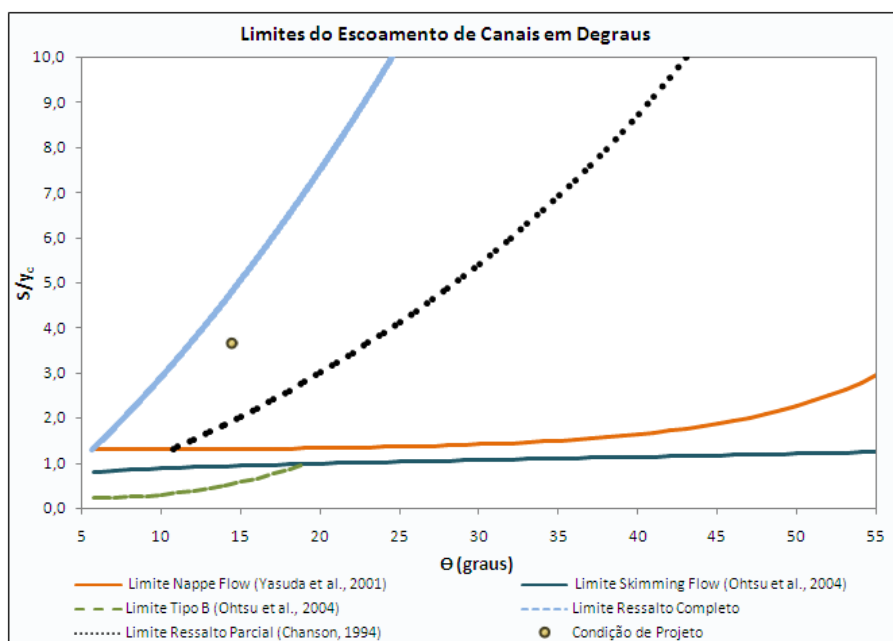


Figura 2: Regime Nappe Flow com ressalto parcial – DCD-01- Trecho A.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84

CNPJ: 35.467.604/0001-27



Tabela 4: Output – DCD-01 (Trecho A)

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	14,56
Vazão (m ³ /s.m)	0,04
Profundidade Crítica (m)	0,055
Número de Queda	0,02
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,301
Comprimento do Ressalto (m)	0,656
Altura da Parede (m)	0,162
Energia Residual (m)	0,162
Energia Dissipada (m)	2,12
Energia Máxima (m)	2.282
Eficiência (%)	92.914
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,024
Velocidade Final (m/s)	1.641
Froude Final	3.357

5.2.2 DCD 01 – TRECHO B

As Tabela 5 e Tabela 6 apresentam os inputs e os outputs obtidos no software, respectivamente. Observa-se que o regime de fluxo é o Nappe Flow com ressalto parcial (dimensionamento pelo método de Chanson, 1994). A velocidade final do escoamento é inferior a velocidade limite admissível para o concreto (12 m/s), viabilizando o uso deste dissipador em concreto armado. O escoamento deste dispositivo é direcionado a caixa de passagem 1B (CP-1B).

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 5: Input – DCD-01 (Trecho B)

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos Escoamento em Degraus - Regime de Escoamento		
Entrada de Dados		
Vazão - Q (m³/s)	0,012	
Largura do Canal - B (m)	0,3	
Altura dos Degraus - S (m)	0,2	
Comprimento dos Degraus - l (m)	0,9	
Resultados		
Faixa de Vazões (m/s³)		
Regime de Escoamento	Q Mínima	Q Maxima
Napple Flow	0	0,056
Transição	0,056	0,097
Skimming Flow	0,097	0,012

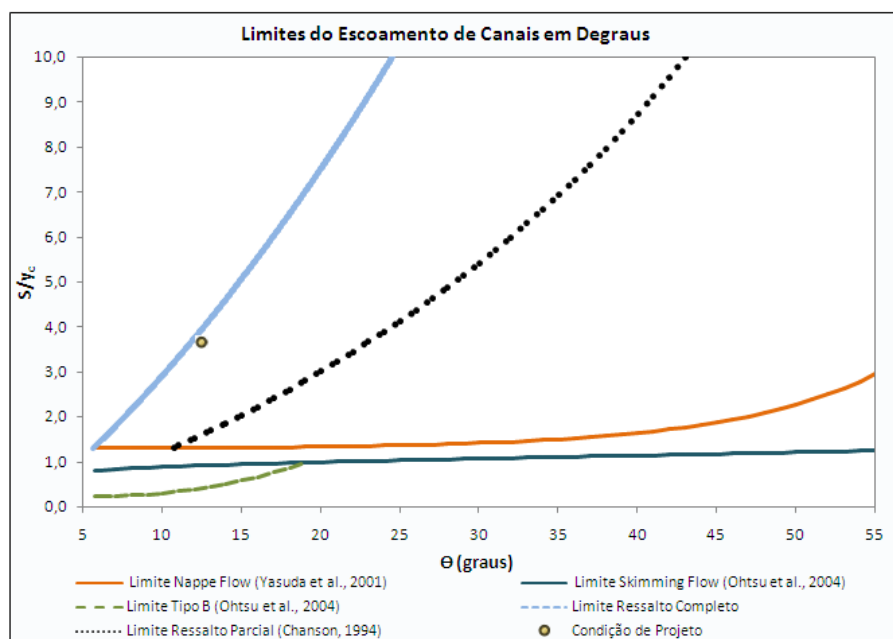


Figura 3: Regime Nappe Flow com ressaltos parciais – DCD-01- Trecho B.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 6: Output – DCD-01 (Trecho B)

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	12.529
Vazão (m³/s.m)	0,04
Profundidade Crítica (m)	0,055
Número de Queda	0,02
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,301
Comprimento do Ressalto (m)	0,656
Altura da Parede (m)	0,162
Energia Residual (m)	0,157
Energia Dissipada (m)	5.125
Energia Máxima (m)	5.282
Eficiência (%)	97.029
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,025
Velocidade Final (m/s)	1,61
Froude Final	3,26

5.2.3 DCD 02

As Tabela 7 e Tabela 8 apresentam os inputs e os outputs obtidos no software, respectivamente. Observa-se que o regime de fluxo é o Nappe Flow com ressalto parcial (dimensionamento pelo método de Yasuda et al, 2001). A velocidade final do escoamento é inferior a velocidade limite admissível para o concreto (12 m/s), viabilizando o uso deste dissipador em concreto armado. O escoamento deste dispositivo é direcionado a caixa de passagem 2 (CP-02).

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 7: Input – DCD-02

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos Escoamento em Degraus - Regime de Escoamento		
Entrada de Dados		
Vazão - Q (m³/s)	0,019	
Largura do Canal - B (m)	0,4	
Altura dos Degraus - S (m)	0,2	
Comprimento dos Degraus - l (m)	0,25	
Resultados		
Faixa de Vazões (m/s³)		
Regime de Escoamento	Q Mínima	Q Maxima
Napple Flow	0	0,056
Transição	0,056	0,094
Skimming Flow	0,094	0,019

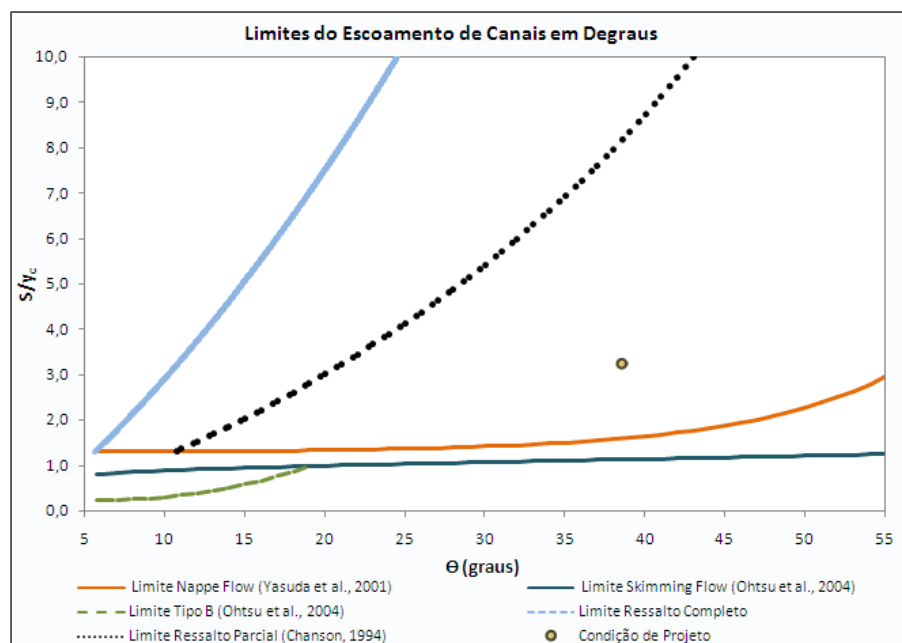


Figura 4: Regime Nappe Flow com ressalto parcial – DCD-02.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 8: Output – DCD-02

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	38,66
Vazão (m³/s.m)	0,047
Profundidade Crítica (m)	0,061
Número de Queda	0,029
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,33
Comprimento do Ressalto (m)	0,714
Altura da Parede (m)	0,178
Energia Residual (m)	0,29
Energia Dissipada (m)	9.402
Energia Máxima (m)	9.692
Eficiência (%)	97.011
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,021
Velocidade Final (m/s)	2.297
Froude Final	5,1

5.2.4 DCD 03

As Tabela 9 e Tabela 10 apresentam os inputs e os outputs obtidos no software, respectivamente. Observa-se que o regime de fluxo é o Nappe Flow com ressalto parcial (dimensionamento pelo método de Yasuda et al,2001). A velocidade final do escoamento é inferior a velocidade limite admissível para o concreto (12 m/s), viabilizando o uso deste dissipador em concreto armado. O escoamento deste dispositivo é direcionado a caixa de passagem 3 (CP-03).

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 9: Input – DCD-03

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos Escoamento em Degraus - Regime de Escoamento		
Entrada de Dados		
Vazão - Q (m³/s)	0,016	
Largura do Canal - B (m)	0,4	
Altura dos Degraus - S (m)	0,2	
Comprimento dos Degraus - l (m)	0,29	
Resultados		
Faixa de Vazões (m/s³)		
Regime de Escoamento	Q Mínima	Q Máxima
Napple Flow	0	0,062
Transição	0,062	0,098
Skimming Flow	0,098	0,016

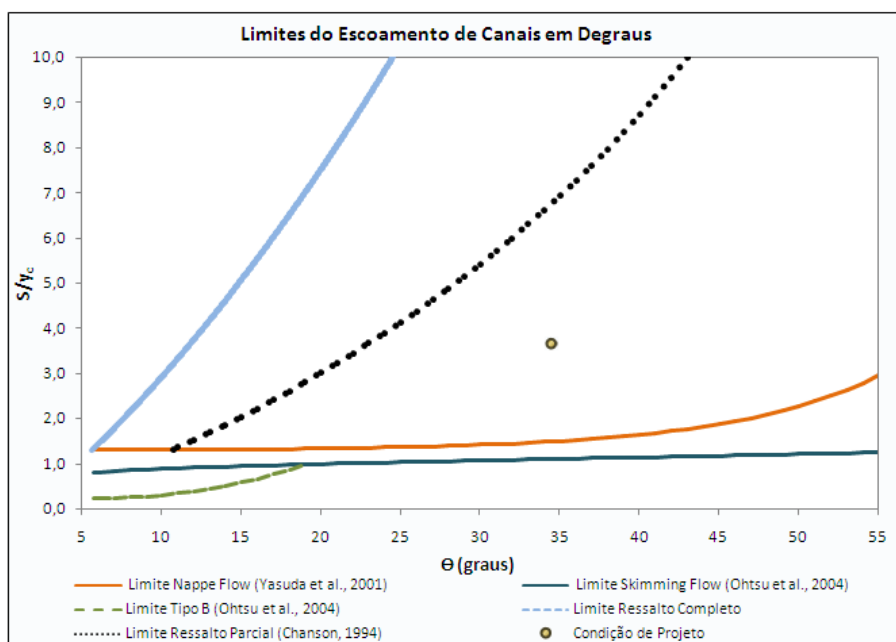


Figura 5: Regime Nappe Flow com ressalto parcial – DCD-03

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 10: Output – DCD-03

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	34.592
Vazão (m³/s.m)	0,04
Profundidade Crítica (m)	0,055
Número de Queda	0,02
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,301
Comprimento do Ressalto (m)	0,656
Altura da Parede (m)	0,162
Energia Residual (m)	0,227
Energia Dissipada (m)	4.654
Energia Máxima (m)	4.882
Eficiência (%)	95.341
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,02
Velocidade Final (m/s)	2.018
Froude Final	4.577

5.2.5 DAD 01

As Tabela 11 e Tabela 12 Tabela 10 apresentam os inputs e os outputs obtidos no software, respectivamente. Observa-se que o regime de fluxo é o Nappe Flow com ressalto total. A velocidade final do escoamento é inferior a velocidade limite admissível para o concreto (12 m/s), viabilizando o uso deste dissipador em concreto armado. O escoamento deste dispositivo é direcionado a caixa de passagem 3 (CP-03).

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 11: Input – DAD-01

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos Escoamento em Degraus - Regime de Escoamento		
Entrada de Dados		
Vazão - Q (m³/s)	0,034	
Largura do Canal - B (m)	0,5	
Altura dos Degraus - S (m)	0,2	
Comprimento dos Degraus - l (m)	2	
Resultados		
Faixa de Vazões (m/s³)		
Regime de Escoamento	Q Mínima	Q Maxima
Napple Flow	0	0,094
Transição	0,094	0,198
Skimming Flow	0,198	0,034

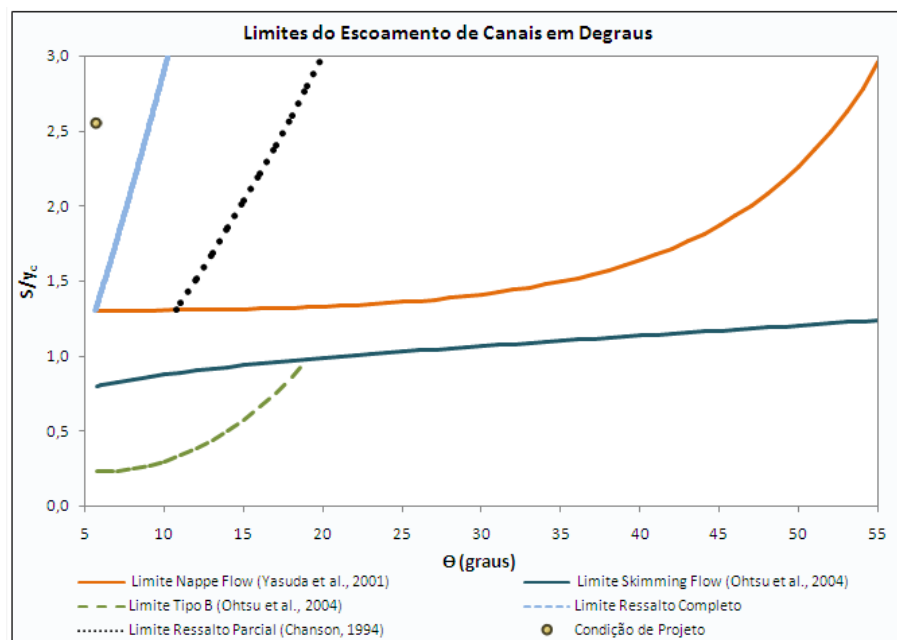


Figura 6: Regime Napple Flow com ressalto total – DAD-01

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 12: Output – DAD-01

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	5.711
Vazão (m³/s.m)	0,068
Profundidade Crítica (m)	0,078
Número de Queda	0,059
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,4
Comprimento do Ressalto (m)	0,846
Altura da Parede (m)	0,217
Energia Residual (m)	0,201
Energia Dissipada (m)	1.116
Energia Máxima (m)	1.317
Eficiência (%)	84.758
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,038
Velocidade Final (m/s)	1.786
Froude Final	2.923

5.2.6 DAD 02

As Tabela 13 e Tabela 14 Tabela 10 apresentam os inputs e os outputs obtidos no software, respectivamente. Observa-se que o regime de fluxo é o Nappe Flow com ressalto parcial (dimensionamento pelo método de Chanson, 1994). A velocidade final do escoamento é inferior a velocidade limite admissível para o concreto (12 m/s), viabilizando o uso deste dissipador em concreto armado. O escoamento deste dispositivo é direcionado a caixa de passagem 4 (CP-04).

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 13: Input – DAD-02

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos Escoamento em Degraus - Regime de Escoamento		
Entrada de Dados		
Vazão - Q (m³/s)	0,039	
Largura do Canal - B (m)	0,5	
Altura dos Degraus - S (m)	0,2	
Comprimento dos Degraus - l (m)	0,85	
Resultados		
Faixa de Vazões (m/s³)		
Regime de Escoamento	Q Minima	Q Maxima
Napple Flow	0	0,094
Transição	0,094	0,16
Skimming Flow	0,16	0,039

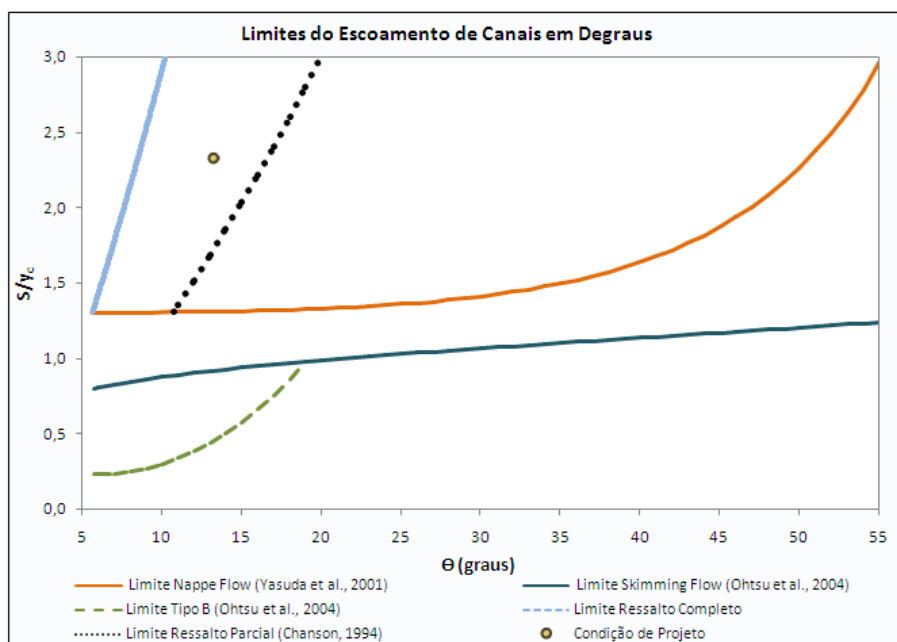


Figura 7: Regime Nappe Flow com ressalto parcial – DAD-02

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84

CNPJ: 35.467.604/0001-27



Tabela 14: Output – DAD-02

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	13.241
Vazão (m ³ /s.m)	0,078
Profundidade Crítica (m)	0,085
Número de Queda	0,078
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,431
Comprimento do Ressalto (m)	0,902
Altura da Parede (m)	0,234
Energia Residual (m)	0,253
Energia Dissipada (m)	1.675
Energia Máxima (m)	1.928
Eficiência (%)	86.889
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,038
Velocidade Final (m/s)	2.053
Froude Final	3.362

5.2.7 DAD 03

As Tabela 15 e Tabela 16 Tabela 10 apresentam os inputs e os outputs obtidos no software, respectivamente. Observa-se que o regime de fluxo é o Nappe Flow com ressalto parcial (dimensionamento pelo método de Chanson, 1994). A velocidade final do escoamento é inferior a velocidade limite admissível para o concreto (12 m/s), viabilizando o uso deste dissipador em concreto armado. O escoamento deste dispositivo é direcionado para a bacia de dissipação (DEB-01).

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 15: Input – DAD-03

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos Escoamento em Degraus - Regime de Escoamento		
Entrada de Dados		
Vazão - Q (m³/s)		0,039
Largura do Canal - B (m)		0,5
Altura dos Degraus - S (m)		0,2
Comprimento dos Degraus - l (m)		1
Resultados		
Faixa de Vazões (m/s³)		
Regime de Escoamento	Q Minima	Q Maxima
Napple Flow	0	0,094
Transição	0,094	0,166
Skimming Flow	0,166	0,039

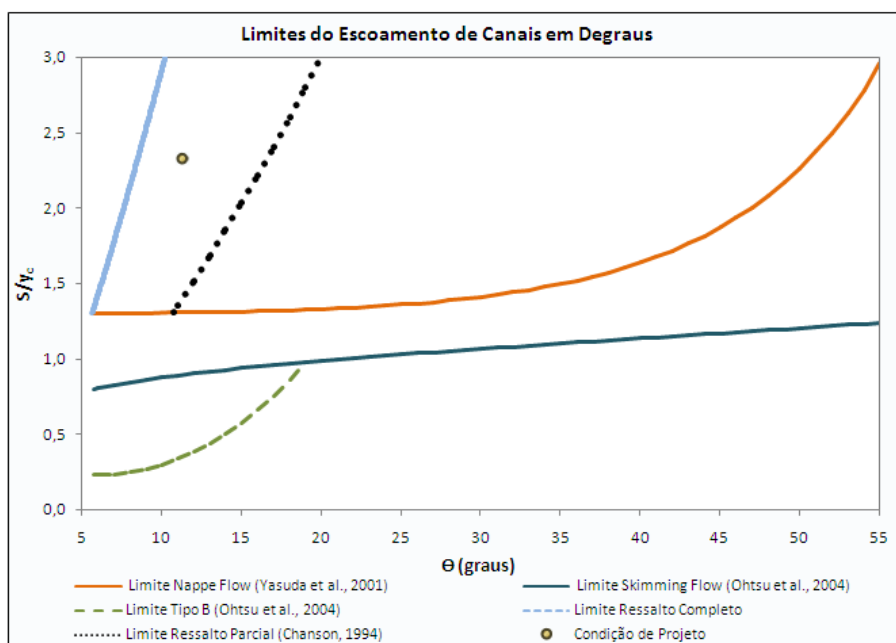


Figura 8: Regime Nappe Flow com ressalto parcial – DAD-03

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84

CNPJ: 35.467.604/0001-27



Tabela 16: Output – DAD-03

SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos	
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	11,31
Vazão (m³/s.m)	0,078
Profundidade Crítica (m)	0,085
Número de Queda	0,078
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,431
Comprimento do Ressalto (m)	0,902
Altura da Parede (m)	0,234
Energia Residual (m)	0,244
Energia Dissipada (m)	1.684
Energia Máxima (m)	1.928
Eficiência (%)	87.343
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,039
Velocidade Final (m/s)	2.006
Froude Final	3.248

5.2.8 QUANTITATIVO

Para a execução das descidas d'água em degraus, essencialmente deve-se mensurar o quantitativo de concreto com $f_{ck} \geq 15$ MPa e de aço CA-60 para armação. O quantitativo de aço foi adotado com base no que é apresentado no Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem.

Tabela 17: Quantitativo de concreto

VOLUME DE CONCRETO (m³)	
DCD-1A	2,4
DCD-1B	6,4
DAD-01	4,9
DAD-02	2,9
DAD-03	4,9
$\Sigma=$	21,4

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

Tabela 18: Quantitativo de aço.

PESO DE AÇO POR METRO (kg/m)							PESO DE AÇO (kg)
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	TOTAL
DCD-1A	2,4	0,9	4,1	0,3	1,9	0,2	94
DCD-1B	2,4	0,9	4,1	0,3	1,9	0,2	236
DAD-01	1,7	0,8	1,4	0,2	0,2	-	54
DAD-02	1,7	0,8	1,4	0,2	0,2	-	39
DAD-03	1,7	0,8	1,4	0,2	0,2	-	39
Σ=							462

5.3 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE PASSAGEM

O dimensionamento das caixas de passagem é função da geometria dos dispositivos aos quais estas estão conectadas. A profundidade da caixa é determinada pelas cotas de instalação dos condutos que dela partem ou chegam. A área transversal pode ser definida pela equação abaixo:

$$A(m^2) = 0,226 \frac{Q}{0,6\sqrt{H}}$$

Onde:

Q = vazão captada (m³/s);

H = altura do fluxo (m)

A Tabela 19 apresenta a área mínima para as caixas de passagem. Detalhes da caixa coletora são apresentados na Figura 9.

Tabela 19: Dimensionamento – caixa de passagem

CAIXA DE PASSAGEM	ΣQ (m³/s)	Δh (m)	A mín (m²)	Lcp(m)	POSIÇÃO 1	POSIÇÃO 2	POSIÇÃO 3	POSIÇÃO	Hcp (m)
CP-1A	0,004	0,1	0,005	1,5	DCD-1A	DCD-02	DCD-1B	-	1,4
CP-1B	0,01	0,1	0,010	1,5	DCD-1B	DCD-03	-	-	1
CP-02	0,02	0,1	0,022	1,5	DCD-02	DAD-01	-	-	1
CP-03	0,034	0,1	0,041	1,5	DCD-03	DAD-02	-	DAD-01	1,2
CP-04	0,039	0,1	0,047	1,5	DAD-02	-	DAD-03	-	1,4

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

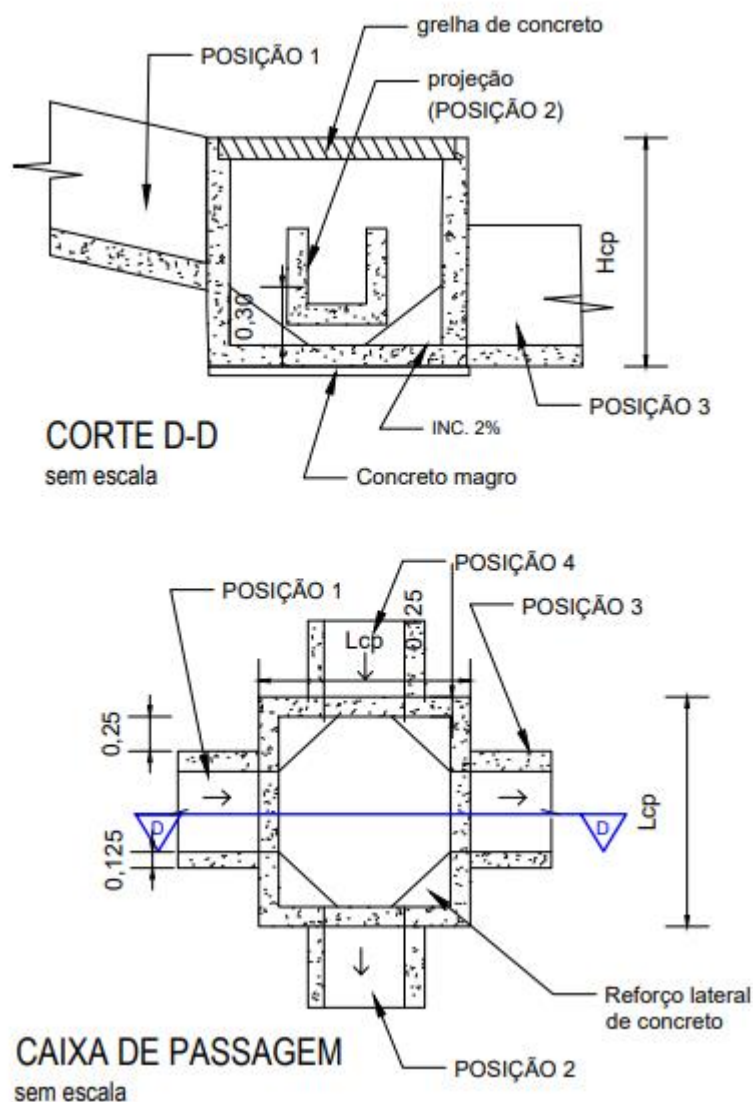


Figura 9: Caixa de passagem.

5.3.1 QUANTITATIVO

Para a execução da caixa de passagem, essencialmente deve-se mensurar o quantitativo de concreto com $f_{ck} \geq 15$ MPa (caixa), de concreto com $f_{ck} \geq 25$ MPa (grelha) e das armações. A Tabela 20 **Erro! Fonte de referência**

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

não encontrada. apresenta o quantitativo de concreto utilizado na grelha e na caixa. A Tabela 21 apresenta o quantitativo de aço CA-50 para armação das grelhas de concreto.

Tabela 20: Quantitativos de concreto

CAIXA DE PASSAGEM	Concreto (m ³)	
	Grelha	Caixa
CP-1A	0,092	1,65
CP-1B	0,092	1,1
CP-02	0,092	1,1
CP-03	0,092	1,375
CP-04	0,092	1,65
Σ=	0,46	6,875

Tabela 21:Quantitativo de aço CA-50 – grelha de concreto

CAIXA DE PASSAGEM	AÇO CA-50 (kg)					
	N1	N2	N3	N4	Qt. Nervuras (und)	Peso Total (kg)
CP-1A	0,99	1,1	0,49	0,44	4	12,08
CP-1B	0,99	1,1	0,49	0,44	4	12,08
CP-02	0,99	1,1	0,49	0,44	4	12,08
CP-03	0,99	1,1	0,49	0,44	4	12,08
CP-04	0,99	1,1	0,49	0,44	4	12,08
Σ=	4,95	5,5	2,45	2,2	4	60,4

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

5.4 DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE DISSIPAÇÃO

De acordo com a Tabela 16 a velocidade final na descida d'água é de aproximadamente 2,0 m/s e o número de Froude de 3,25. Portanto, pela velocidade ser superior a 1,5 m/s (velocidade máxima em canais revestidos de solo) e o número de Froude ser superior a 1,7 (que provoca apenas pequena turbulência superfície da água), foi necessário dimensionar uma bacia dissipadora à jusante do DAD-03.

O dimensionamento foi considerando uma bacia de dissipação de fundo plano. As etapas de dimensionamento foram:

- Calcular y_2 (altura da água no ressalto) através da equação abaixo:

$$y_2 = 0,5 y_1 [(1 + 8F_1^2)^{0,5} - 1]$$

Onde y_1 é a altura normal na descida d'água;

- Calcular o comprimento mínimo ($L_{diss_{min}}$) através da equação abaixo:

$$L_{diss_{min}} = 7,02 (q)^{0,633} (\Delta H_{total})^{0,05}$$

Onde q é a vazão específica ($m^3/s.m$)

- Calcular a altura da parede da bacia ($H_{diss_{min}}$), através das equação abaixo:

$$H_{diss_{min}} = y_2' + Z$$

$$y_2' = y_2 (1,1 - \frac{F_1}{120})$$

$$Z = \frac{y_2'}{3}$$

Onde F_1 é o número de Froude à jusante da descida d'água;

- Calcular a velocidade final na bacia dissipadora, através da equação abaixo:

$$V_2 q / y_2$$

- Calcular o número de Froude, através da equação abaixo:

$$F = V_2 / \sqrt{(g * y_2)}$$

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

A Tabela 22 apresenta os valores obtidos em cada etapa de dimensionamento citado acima. Observa-se que a velocidade final é inferior a 1,5 m/s e o número de Froude inferior a 1,7. Por tanto, não será necessário dimensionar dispositivo dissipador adicional.

Para fins de projeto foi considerado o dissipador de energia aplicável à descidas d'água em aterros (DEB) apresentado no "ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM" do DNIT. O DEB-01 conta com um comprimento $L_{diss}=2,0$ m. Além disso, este dispositivo conta com pedras de mão irregulares fixadas no concreto que permite maior dissipação de energia, e por conseguinte velocidades ainda menores.

Tabela 22: Dimensionamento da bacia dissipadora.

BACIA DISSIPADORA	
y_2 (m)	0,16
$L_{diss_{min}}$ (m)	1,61
$H_{diss_{min}}$ (m)	0,23
V_2 (m/s)	0,49
F	0,39

5.5 DISPOSITIVOS EXISTENTES

5.5.1 DESCIDAS D'ÁGUA

De acordo com o arquivo "BARREIRA - BEBEDOURO 1.dwg" o terreno já possui as descidas d'água, que no projeto denominamos de DCD-02 e DCD-03. Através deste arquivo citado acima, foi estimado as dimensões destes dispositivos. Com base nas dimensões adotadas, estes podem ser utilizados para compor o novo sistema de drenagem superficial proposto.

Todavia, para que esta conclusão seja ratificada, deve-se:

- Confirmar as dimensões das descidas d'água DCD-02 e DCD-03;
- Verificar a integridade do dispositivo (trincas, obstruções, etc...)

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84

CNPJ: 35.467.604/0001-27



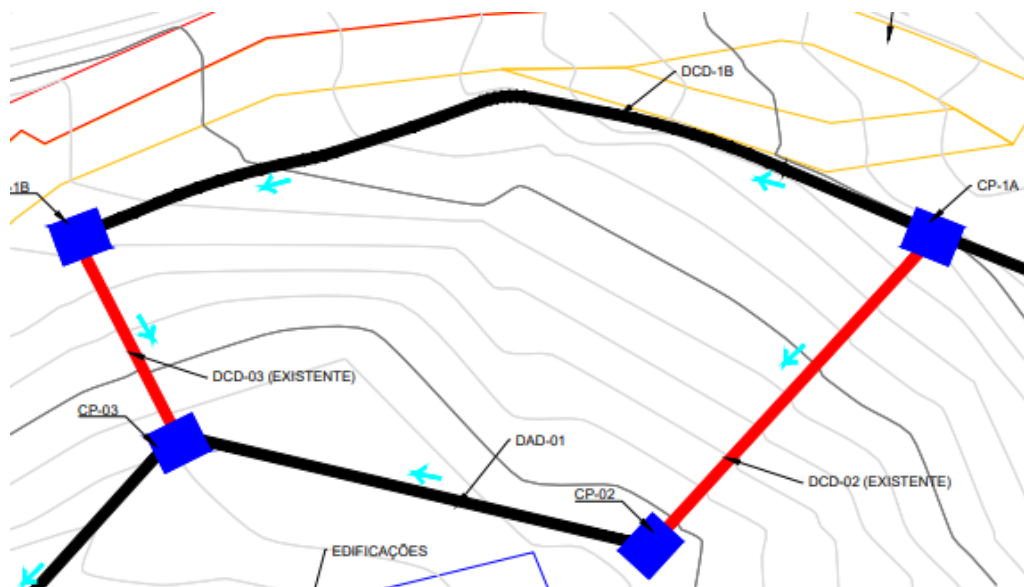


Figura 10: Destaque para os dispositivos existentes.

5.5.2 VALA

A Figura 11 apresenta a localização da vala existente que receberá a contribuição total da área tratada. No item 5.4 é mostrado que, ao final da bacia de dissipação, a velocidade do escoamento permite que o canal adjacente não possua revestimento (composto por solo).

Não foi informado se a vala existente possui algum tipo de revestimento (grama, concreto). Além disso, não foi disponibilizada topografia suficiente que representasse toda a região da vala. Com a falta destas duas informações é inviável calcular a velocidade do escoamento e se a nova contribuição inviabilizará a vala com dimensionamento e revestimento atual.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27



Figura 11: Destaque para a vala existente.

6. RECOMENDAÇÕES

Como informações gerais o projetista recomenda:

- Que o serviço seja realizado no período de estiagem;
- Que seja verificado as dimensões e a integridade das descidas d'água existentes;
- Que seja verificado as dimensões, a integridade e o revestimento da vala existente;
- Que seja disponibilizado a topografia ao longo de toda a vala existente, utilizada no sistema de drenagem superficial projetado;
- Que na etapa de limpeza e conformação do terreno, deve-se eliminar possíveis regiões de empoçamento;
- Este projeto é de caráter **BÁSICO**. Portanto necessita de ajustes para assim viabilizar o projeto executivo para enfim possibilitar a execução da obra. Caso este projeto seja utilizado para execução da obra a responsabilidade de tal é integralmente do cliente e do executor.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27

7. CONCLUSÕES

O projetista concluiu que:

- Que o dimensionamento e os dispositivos adotados para a drenagem superficial da encosta Chã Bebedouro 1 atendem às recomendações preconizadas no Manual de drenagem de rodovias (DNIT, 2006);
- O projeto executivo deverá ser executado após maior detalhamento dos dispositivos existentes;

8. REFERÊNCIAS

DNIT (2006) Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem. 2ª ed., Rio de Janeiro (IPR Publicação 725)

DNIT(2006a). Manual de Drenagem de Rodovias. 2. ed. Rio de Janeiro (IPR Publicação 724)

GEORIO (1999). Drenagem e Proteção Superficial – Manual Técnico de Encostas, Vol. 2., Rio de Janeiro.

FUTURE MOTION BRASIL, LTDA

São Paulo – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769

Email: geral@future.atp.eng.br

Recife – Estrada das Ubaias, 540, sala 900

Bairro Casa Forte, - CEP:52.061-080 Recife/PE

Tel: +55 81 3878 4000

Fax: +55 81 3878 4001

Email: geral@future.atp.eng.br

CNPJ: 35.467.604/0009-84



CNPJ: 35.467.604/0001-27