

Estudo Hidrológico e Hidraulico da Ribeira de Lupe em Santo Amaro (Sousel)

Elaborado por



DOC-ESHidro-16/04/2017

Estudo

**2Bilro+1, Projectos de
Engenharia e Design, Lda.**

Junho de 2017

FICHA TECNICA

**2BILRO+1,PROJECTOS DE ENGENHARIA E
DESIGN,LDA**

Proponente

**2BILRO+1,PROJECTOS DE
ENGENHARIA E DESIGN, LDA.**
Quinta do Sol ,Apartado 301
7002-504 Évora
2bmais1@gmail.com



Estudo
elaborado por

**TTERRA – ENGENHARIA E
AMBIENTE, LDA.**

Rua Gil Vicente 193, 1º C
2775-198 Parede
Tel. 214 537 349
mail@tterra.pt
<http://www.tterra.pt>

ÍNDICE

2. INTRODUÇÃO	4
3. ELEMENTOS DE BASE	4
4. CARATERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	5
5. ESTIMATIVA DOS CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA	8
7. AVALIAÇÃO DOS NIVEIS DE CHEIA.....	9
7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	9
7.2. CONDIÇÕES DE CÁLCULO.....	9
7.3. CONDIÇÃO DE FRONTEIRA DO CALCULO HIDRÁULICO E COEFICIENTE DA FORMULA DE RESISTÊNCIA	9
7.4. CONFIGURAÇÃO DA SUPERFÍCIE LIVRE	10
8. PROPOSTA DE SOLUÇÕES	14

Lista de anexos

Anexo I – Estimativa dos caudais de cheia

Peças Desenhadas

Desenho 01 – Planta de localização

Desenho 02 – Localização dos perfis

Desenho 03 – Perfis transversais

2. INTRODUÇÃO

Nesta Memória são avaliadas as condições de escoamento existentes num troço da ribeira de Lupe que atravessa a povoação de Santo Amaro numa extensão de 174 metros conforme planta de localização (Desenho 01).

São ainda propostas soluções de regularização da linha de água com vista a garantir o escoamento dos caudais de cheia em segurança e assegurar a não deterioração das condições de escoamento a jusante da área do estudo.

3. ELEMENTOS DE BASE

Passam-se a identificar os trabalhos consultados no âmbito deste estudo:

- [1] – INAG, 2004 – *As cheias em Portugal. Estar Informado e Preparado Por um Mundo mais seguro no século XXI*;
- [2] – US Army Corps of Engineers, 2001 - Hydrologic Modelling System. HEC-HMS. User's Manual. Version 2.1;
- [3] – US Army Corps of Engineers, 2008 – HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. Version 4.0;

Foram ainda consultados os seguintes elementos:

- [4] - Cartas militares números 397, 398, 411 e 412, à escala 1:25000, do Instituto Geográfico do Exército;
- [5] – Registos das precipitações diárias e máximas diárias disponíveis em www.snirh.pt;
- [6] – Caudais máximos disponíveis em www.snirh.pt;
- [7] – Fotografia aérea de 2011 disponível em Google Earth;
- [8] – Carta de números de escoamento, em formato de shapefile, disponível no SNIRH;
- [9] – Levantamento topográfico de março de 2017, à escala 1:500.

4. CARATERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A Ribeira de Lupe é uma linha de água com nascente no Cortiço, elevação com 319 metros de altitude, situada a Este de S. Bento do Cortiço. É um afluente da margem esquerda da Ribeira Gande (ou Ribeira de Avis).

Na secção de estudo a bacia hidrográfica tem uma área de 6.5 km². É ocupada predominantemente por terrenos agrícolas e florestais.

Na Figura 1 apresenta-se o limite da bacia hidrográfica da Ribeira de Lupe considerando como secção de referência o limite do troço em estudo.

A partir da análise da carta de número de escoamento (CN) considerando condições antecedentes de humidade de solo tipo II, desenvolvida para o INAG, foi estimado o CN médio da bacia, por ponderação de áreas, para condições de humidade de solo tipo III (saturado). Adoptando como secção de referência o limite do troço estudado, tem-se as seguintes características da bacia e da linha de água principal (Quadro 1):

QUADRO 1. CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DA RIBEIRA DE LUPE.

CNIII	Comprimento da linha de água (km)	Cota média da bacia	Inclinação média da linha de água (m/m)	Área da bacia (km ²)	Perímetro da bacia (km)
92.9	5.93	284.93	0.0155	6.47	13.59

Para determinação do tempo de concentração recorreu-se a várias fórmulas empíricas, tendo-se adoptado para efeitos dos cálculos subsequentes um tempo de concentração próximo do valor médio dado pelas diversas fórmulas utilizadas retirando os dois valores extremos (Quadro 2). Os tempos de concentração da bacia, estimados e adoptados na caracterização hidrológica, são os constantes do Quadro 2.

QUADRO 2. FÓRMULAS EMPÍRICAS UTILIZADAS NA DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E VALOR ADOPTADO NA SECÇÃO DE REFERÊNCIA.

Fórmula empírica	Tempo de concentração (h)
Temez	3.93
Ven Te Chow	1.26
CHPW	1.47
Picking	1.16
DNOS	6.99
U.S. Corps of Engineers	2.56
Kirpisch	1.43
Kirpisch modificada	2.20
NERC	0.76
Mockus	4.89
<i>tc médio (retirando os extremos)</i>	2.26
<i>tc utilizado</i>	2.33

5. ESTIMATIVA DOS CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA

Os caudais de cheia afluentes à secção de referência, para os períodos de retorno de 20, 50 e 100 anos são os constantes do Quadro 3. No Anexo I é descrita a metodologia aplicada na determinação destes caudais.

QUADRO 3. CAUDAIS DE CHEIA.

Período de retorno (anos)	Caudal de cheia (m³/s)
20 anos	17.7
50 anos	21.3
100 anos	23.9

7. AVALIAÇÃO DOS NIVEIS DE CHEIA

7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na estimativa das cotas da superfície livre correspondentes ao escoamento do caudal de ponta de cheia com um período de retorno de 10, 20, 50 e 100 anos, utilizou-se o programa HEC-RAS 4.0 (*Hydrologic Engineering Center. River Analysis System*) do Hydrologic Engineering Center, U.S.A.C.E. As simulações foram desenvolvidas para a hipótese de regime permanente gradualmente variado (escoamento unidimensional).

7.2. CONDIÇÕES DE CÁLCULO

A avaliação hidráulica do escoamento teve por base o levantamento topográfico realizado em 2017 (Fonte[9]).

Foram considerados 15 perfis: P14 a P0, representados no Desenho 03. As suas localizações constam do Desenho 02.

7.3. CONDIÇÃO DE FRONTEIRA DO CALCULO HIDRÁULICO E COEFICIENTE DA FORMULA DE RESISTÊNCIA

Considerou-se que em situação de cheia o escoamento no canal ocorre em regime lento pelo que a condição de fronteira considerada na estimação da configuração da superfície livre no troço em estudo ocorre a jusante. A inclinação da linha de energia considerada foi de 0.006 m/m.

Quanto à rugosidade do leito, considerou-se

- Canal em terreno natural: adoptou-se o valor de $35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ para o coeficiente k da fórmula de Manning-Strickler, representativo de um canal limpo, regularizado;
- Canal em betão e em betão e alvenaria de pedra: $50 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ representativo de um canal limpo com algumas irregularidades.

7.4. CONFIGURAÇÃO DA SUPERFÍCIE LIVRE

Os resultados do cálculo das curvas de regolfo para os períodos de retorno de 20, 50 e 100 anos são apresentados no Quadro 4 e na Figura 5.

QUADRO 4. CURVAS DE REGOLFO.

T20								
Perfil	Q (m ³ /s)	Cota leito	Cota sup. Livre	Cota sup.critica	cota linha energia	inclinação linha de energia (m/m)	velocidade (m/s)	Nº de Froude
P14	17.7	249.65	251.18		251.29	0.001441	1.44	0.47
P13	17.7	249.52	251.14		251.26	0.001964	1.6	0.53
P12	17.7	249.51	251.08		251.24	0.002791	1.78	0.63
P11	17.7	249.66	250.98	250.67	251.19	0.002803	2.02	0.62
	Bridge							
P10	17.7	249.27	250.93		251.06	0.001477	1.62	0.43
P9	17.7	248.9	250.93		251.05	0.001127	1.53	0.36
P8	17.7	249	250.87		251.03	0.001781	1.76	0.49
P7	17.7	248.84	250.89		251	0.001109	1.45	0.39
P6	17.7	248.82	250.69		250.96	0.003292	2.3	0.63
P5	17.7	248.98	250.66	250.18	250.9	0.003073	2.18	0.6
	Bridge							
P4	17.7	249	250.61		250.89	0.003303	2.33	0.64
P3	17.7	249.12	250.63		250.85	0.002834	2.08	0.64
P2	17.7	248.67	250.26	250.13	250.76	0.007038	3.14	0.86
P1	17.7	248.7	250.01	250.01	250.61	0.009973	3.44	1
P0	17.7	248.5	249.71	249.65	250.05	0.006005	2.59	0.91

T50								
Perfil	Q (m ³ /s)	Cota leito	Cota sup. Livre	Cota sup.critica	cota linha energia	inclinação linha de energia (m/m)	velocidade (m/s)	Nº de Froude
P14	21.3	249.65	251.54		251.62	0.000796	1.25	0.35
P13	21.3	249.52	251.52		251.61	0.000959	1.36	0.38
P12	21.3	249.51	251.5		251.6	0.00108	1.38	0.4
P11	21.3	249.66	251.51	250.78	251.58	0.000699	1.29	0.33
	Bridge							
P10	21.3	249.27	251.21		251.35	0.001198	1.61	0.39
P9	21.3	248.9	251.21		251.33	0.001001	1.55	0.34
P8	21.3	249	251.18		251.32	0.001367	1.68	0.44
P7	21.3	248.84	251.19		251.29	0.000854	1.41	0.34
P6	21.3	248.82	251		251.26	0.002621	2.23	0.56
P5	21.3	248.98	250.99	250.32	251.21	0.002531	2.06	0.56
	Bridge							
P4	21.3	249	250.86		251.13	0.002831	2.34	0.6
P3	21.3	249.12	250.91		251.08	0.001834	1.9	0.53
P2	21.3	248.67	250.42	250.29	251	0.007501	3.38	0.88
P1	21.3	248.7	250.17	250.17	250.84	0.010096	3.64	1
P0	21.3	248.5	249.81	249.75	250.2	0.006003	2.75	0.92

T100

Perfil	Q (m ³ /s)	Cota leito	Cota sup. Livre	Cota sup.critica	cota linha energia	inclinação linha de energia (m/m)	velocidade (m/s)	Nº de Froude
P14	23.9	249.65	251.59		251.68	0.000892	1.35	0.38
P13	23.9	249.52	251.56		251.67	0.00109	1.47	0.41
P12	23.9	249.51	251.55		251.66	0.001222	1.5	0.43
P11	23.9	249.66	251.55	250.86	251.63	0.000765	1.38	0.34
	Bridge							
P10	23.9	249.27	251.44		251.53	0.000854	1.45	0.33
P9	23.9	248.9	251.43		251.53	0.000754	1.42	0.3
P8	23.9	249	251.39		251.51	0.000999	1.58	0.39
P7	23.9	248.84	251.41		251.49	0.000672	1.34	0.31
P6	23.9	248.82	251.24		251.46	0.002023	2.1	0.49
P5	23.9	248.98	251.24	250.42	251.42	0.001867	1.9	0.48
	Bridge							
P4	23.9	249	251.03		251.29	0.002479	2.31	0.56
P3	23.9	249.12	251.09		251.25	0.001438	1.82	0.47
P2	23.9	248.67	250.53	250.4	251.16	0.007683	3.52	0.89
P1	23.9	248.7	250.28	250.28	251.01	0.010214	3.78	1
P0	23.9	248.5	249.89	249.83	250.3	0.006002	2.86	0.92

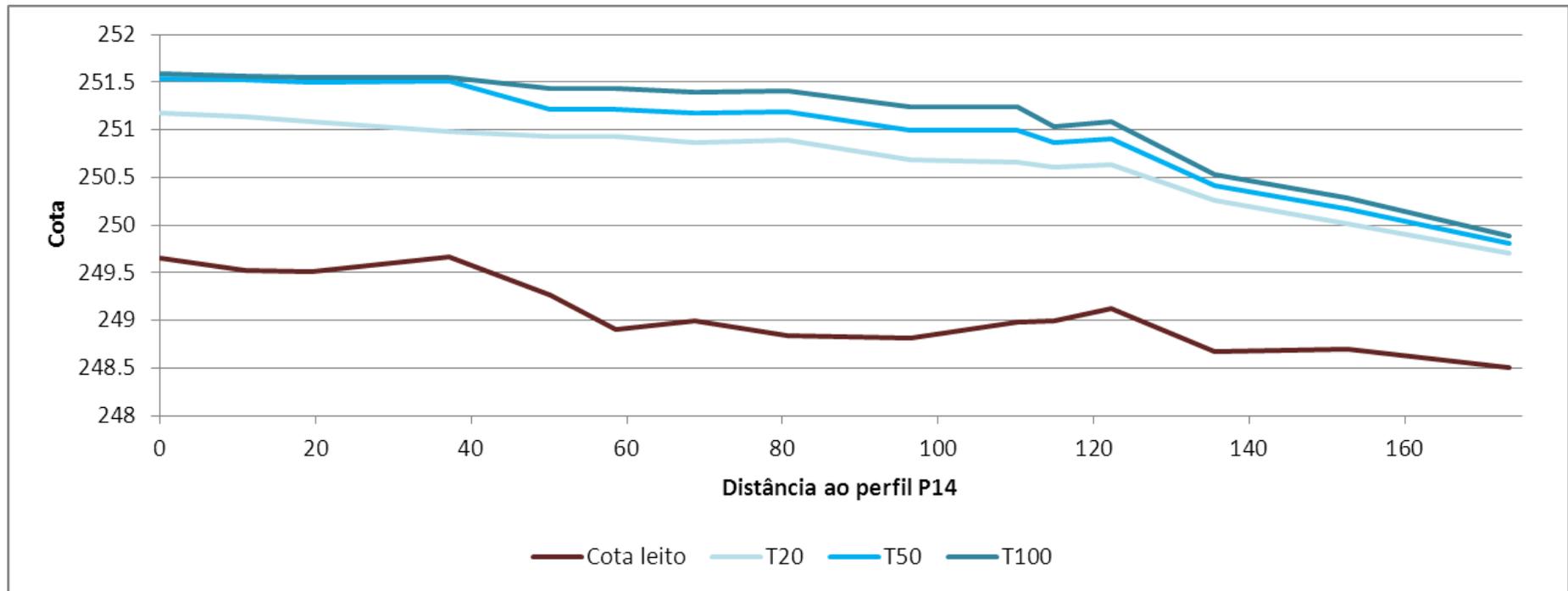


FIGURA 2. CURVAS DE REGOLFO DOS CAUDAIS DE CHEIA COM PERIODOS DE RETORNO DE 20, 50 E 100 ANOS.

7.4.1.1. **Análise da situação**

A avaliação hidráulica do escoamento dos caudais de cheia no troço da Ribeira de Lupe em estudo permitiu verificar que:

- O canal na generalidade do troço apenas tem capacidade de escoamento em segurança de caudais iguais ou inferiores ao caudal de cheia com um período de retorno de 20 anos. Para caudais superiores à inundação dos terrenos marginais;
- É sobre a margem direita a jusante da passagem hidráulica, com cotas inferiores às cotas da margem esquerda na maior parte do troço, que as alturas de água numa cheia com um período de retorno superior a 20 anos são maiores;
- As velocidades são baixas da ordem de 2 m/s ou inferiores excepto nos últimos 50 metros do troço avaliado em que a velocidade pode atingir valores superiores 3.5 m/s, no caso do caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos;
- O escoamento processa-se no regime lento.

8. PROPOSTA DE SOLUÇÕES

Em resultado da avaliação hidráulica realizada são propostas as seguintes intervenções para escoamento do caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos:

1. Regularização do leito da ribeira

- i. A montante da passagem hidráulica, desde o perfil P14 ao P11: A inclinação deste troço é muito reduzida, inferior a 0.001 m/m. A regularização deverá garantir que não existem quedas nem pontos de contra-inclinação e a inclinação seja constante;
- ii. A jusante da passagem hidráulica, desde o perfil P10 ao P0: Fixando as cotas do leito da ribeira nestes dois perfis, deverá ser implementada uma inclinação geral para o troço de 0.005 m/m;

2. Alargamento da secção de escoamento

- i. Secção em gabiões

A montante da passagem hidráulica:

Secção rectangular em gabiões até a 1 m de altura e irregular em terreno natural superiormente;

Largura do rasto, l: 6.00 m;

Altura, h: 1.50 m;

Inclinação mínima dos taludes em terra: 1V:1.25H.

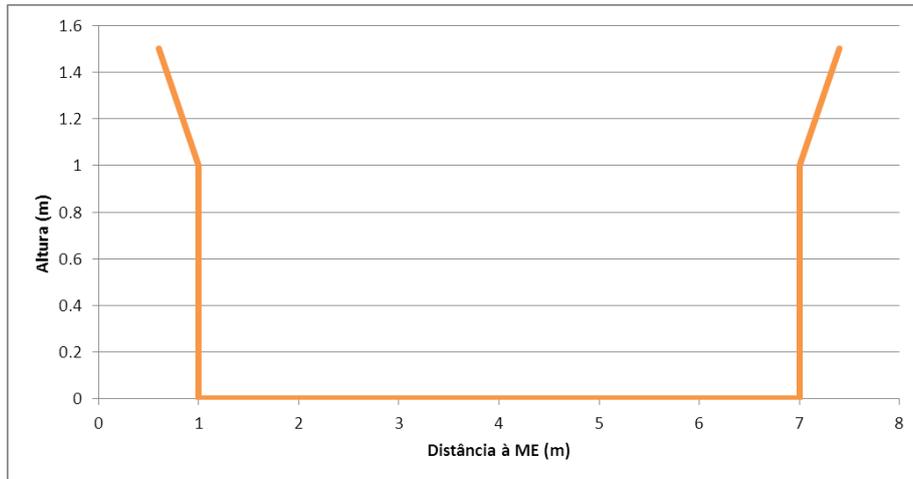


FIGURA 3. SOLUÇÃO EM GABIÕES A MONTANTE DA PH - SECÇÃO TIPO.

A jusante da passagem hidráulica

Secção rectangular em gabiões, muro vertical na margem esquerda e em degraus na margem direita

Largura do rasto, l: 4.50 m;

Largura do topo, l: 5.50 m;

Altura, h: 2.00 m.

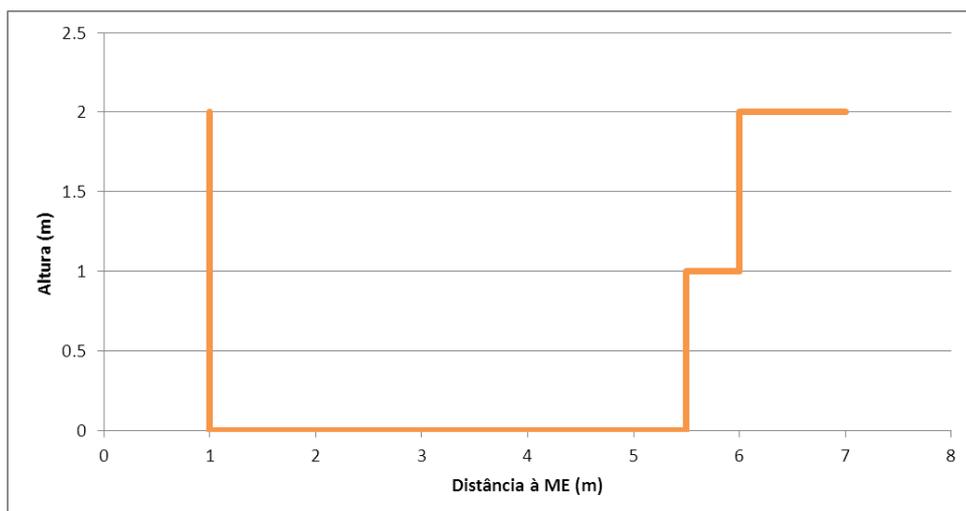


FIGURA 4. SOLUÇÃO EM GABIÕES A JUSANTE DA PH - SECÇÃO TIPO.

ii. Secção em pedra

A montante da passagem hidráulica

Secção em degraus, em pedra de bancada

Largura do rasto, l: 6.00 m;

Largura do topo, l: 8.00 m;

Altura, h: 1.40 m.

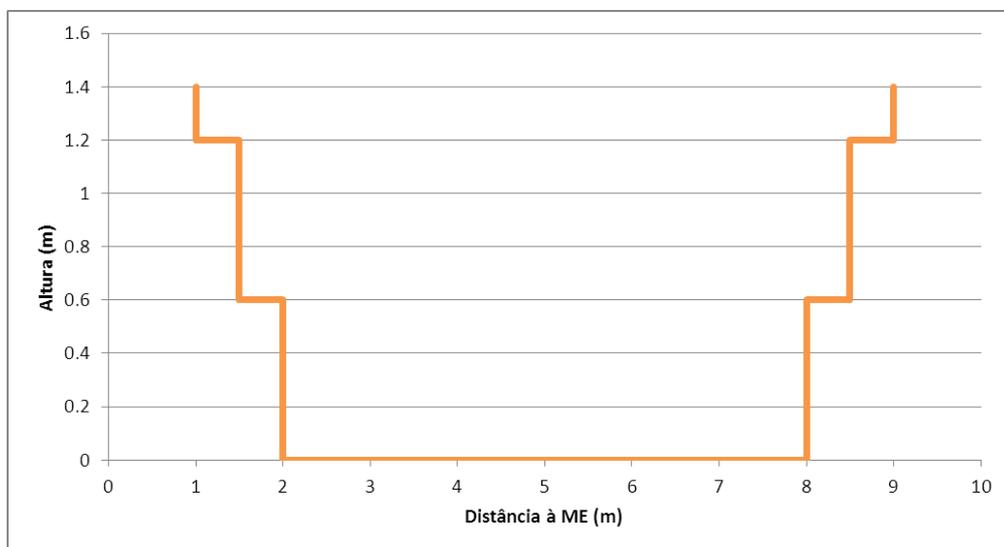


FIGURA 5. SOLUÇÃO EM PEDRA A MONTANTE DA PH - SECÇÃO TIPO.

A jusante da passagem hidráulica

Secção rectangular em pedra, muro vertical na margem esquerda em pedra emparelhada argamassada e em degraus de pedra de bancada na margem direita

Largura do rasto, l: 4.00 m;

Largura do topo, l: 6.00 m;

Altura, h: 1.80 m.

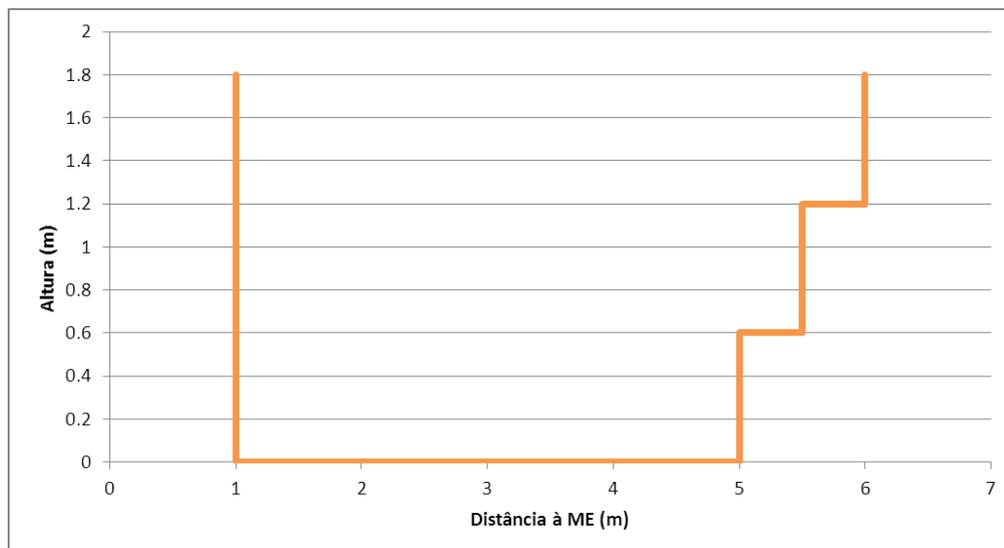


FIGURA 6. SOLUÇÃO EM PEDRA A JUSANTE DA PH - SECÇÃO TIPO.

iii. Secção em colchão Reno

A montante da passagem hidráulica

Secção em trapezoidal

Largura do rasto, l: 3.50 m;

i taludes minima: 1V:1.5H

Largura do topo, l: 5.65 m;

Altura, h: 1.60 m.

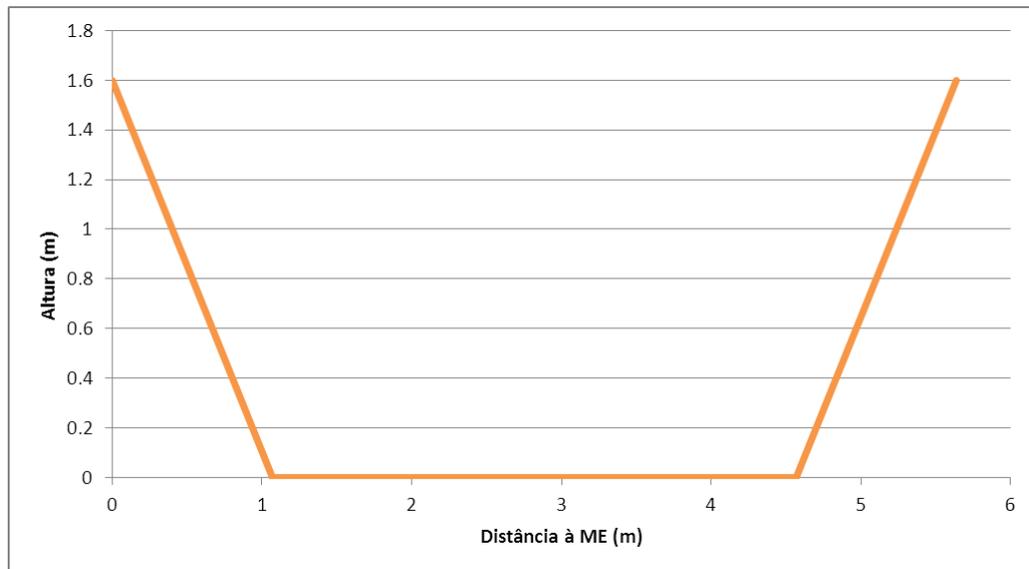


FIGURA 7. SOLUÇÃO EM COLCHÃO TIPO RENO A MONTANTE DA PH - SECÇÃO TIPO.

A jusante da passagem hidráulica

Secção irregular em colchão tipo Reno, muro vertical na margem esquerda e talude inclinado na margem direita

Largura do rasto, l: 4.00 m;

Largura do topo, l: 6.33 m;

i talude MD mínima: 1V:1.5H

Altura, h: 2.00 m.

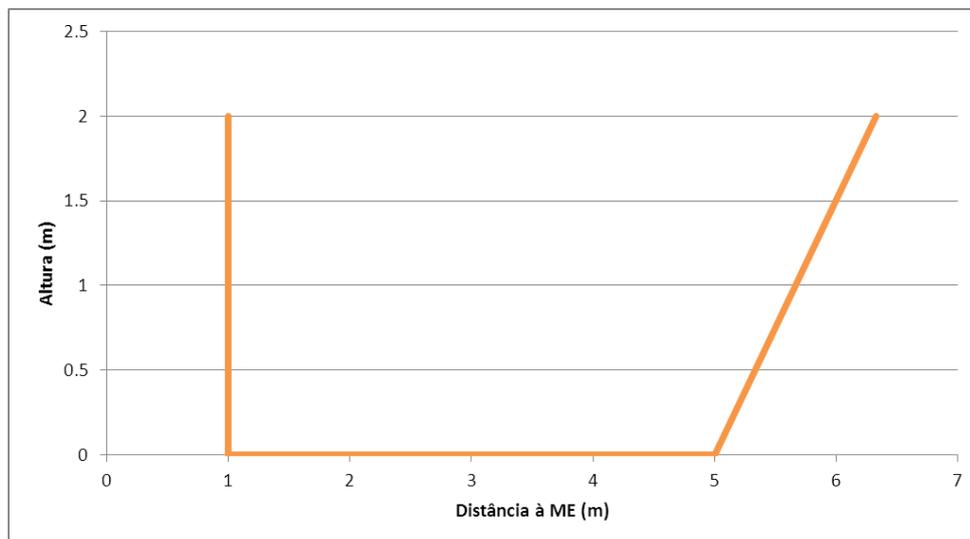


FIGURA 8. SOLUÇÃO EM COLCHÃO TIPO RENO A JUSANTE DA PH - SECÇÃO TIPO.

- iv. Secção em colchão Reno e pedra argamassada no muro vertical da margem esquerda, a jusante da passagem hidráulica

A montante da passagem hidráulica a secção é idêntica à proposta no ponto iii.

A jusante da passagem hidráulica

Secção irregular em colchão tipo Reno, muro vertical na margem esquerda revestido com pedra e talude inclinado na margem direita

Largura do rasto, l: 4.00 m;

Largura do topo, l: 6.33 m;

i talude MD mínima: 1V:1.5H

Altura, h: 2.00 m.

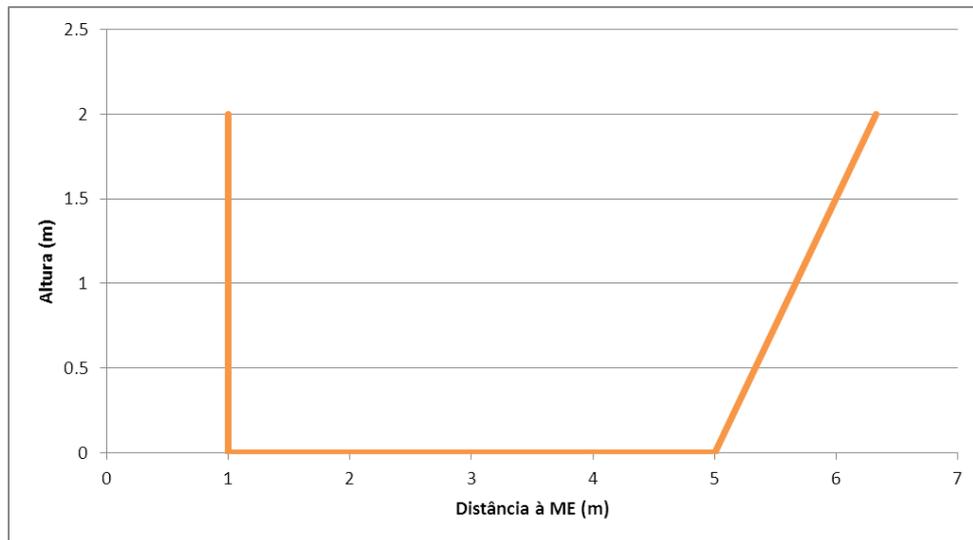


FIGURA 9. SOLUÇÃO EM COLCHÃO TIPO RENO E PEDRA ARGAMASSADA A JUSANTE DA PH - SECÇÃO TIPO.