



SMARTENERGY

CENTRAL SOLAR
FOTOVOLTAICA

DO CADAVAL – 145 MVA

ESTUDO HIDROLÓGICO E
HIDRÁULICO

MEMÓRIA DESCRITIVA E
JUSTIFICATIVA

PROMOTOR:
SMARTENERGY 1821, LDA



SMARTENERGY

ÍNDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 3 |
| 2 | ESTUDO HIDROLÓGICO | 4 |
| 2.1 | Bacia Hidrográfica..... | 4 |
| 2.2 | Cálculo dos Caudais de Ponta..... | 8 |
| 4.1.1 | Método da Fórmula Racional | 12 |
| 4.1.2 | Método do Soil Conservation Service..... | 14 |
| 4.1.3 | Valores Adoptados..... | 16 |
| 5. | ESTUDO HIDRAULICO | 18 |
| 5.1 | Condições de Vazão Existentes..... | 18 |
| 5.2 | Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 1 | 18 |
| 5.3 | Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 2 | 20 |
| 5.4 | Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 3 | 21 |
| 5.5 | Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 4 | 22 |
| 5.6 | Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 4 | 22 |
| 6. | CONCLUSÕES..... | 23 |
| 7. | BIBLIOGRAFIA | 24 |

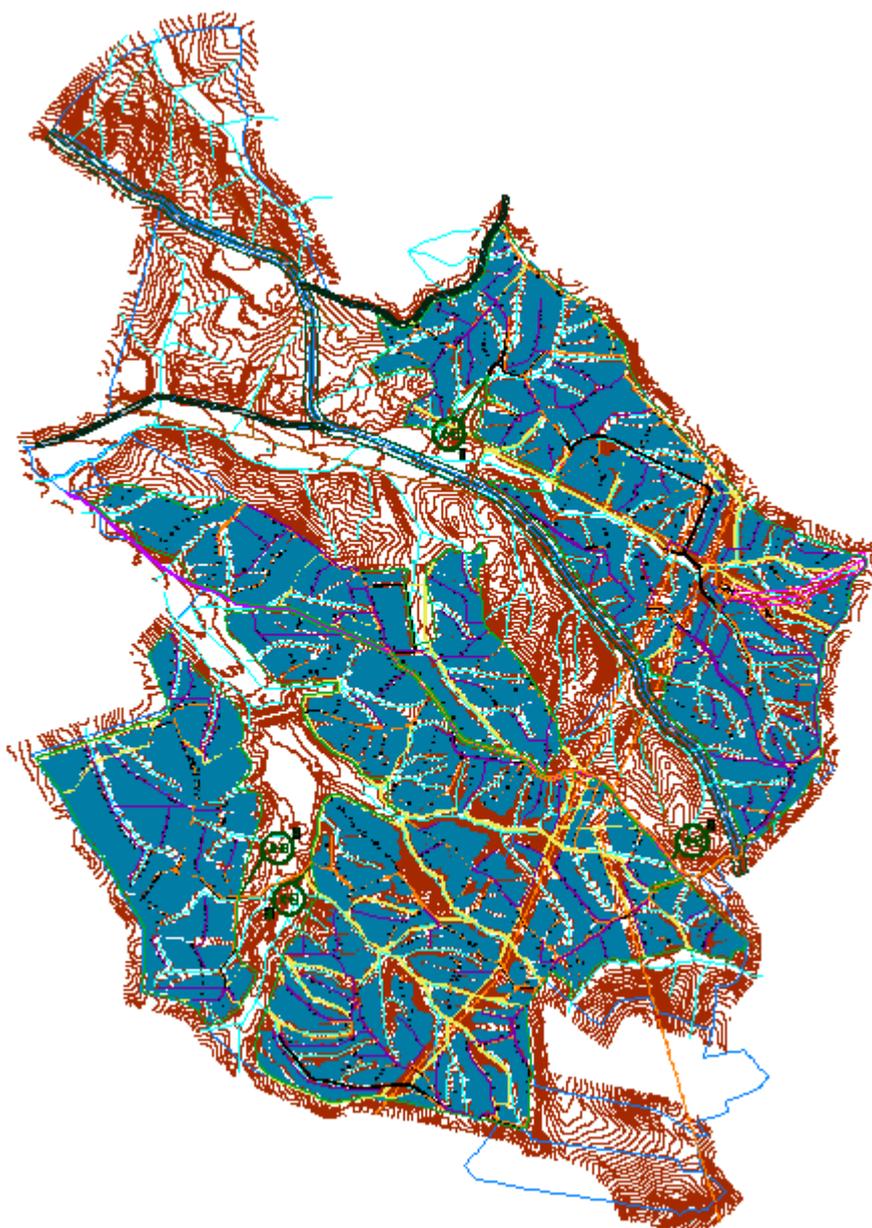


SMARTENERGY

1 INTRODUÇÃO

A construção do novo parque fotovoltaicos do Cadaval coloca questões quanto à influência recíproca entre a linha de água e a obra, essencialmente em situações de emergência como quase sempre são as ocorrências das cheias.

A Central Solar Fotovoltaica do Cadaval terá uma potência nominal de ligação à rede de 145 MVA e uma potência instalada de 203 MWp, aproveitando a energia solar utilizando tecnologia fotovoltaica (painéis fotovoltaicos) com cerca de 323ha.





SMARTENERGY

Relativamente ao comportamento das linhas de água que atravessam o parque face à nova situação a criar, interessa analisar a possibilidade de agravamento das condições de escoamento em situações de cheia, provocadas pela presença da obra em particular a vedação e os caminhos internos.

Para realizar estes objetivos foi necessário proceder a estudos hidrológicos centrados na quantificação de caudais de cheia para diversos períodos de retorno. O cálculo dos caudais de ponta foi efetuado por aplicação de fórmulas empírico-cinemáticas, com base no estudo de precipitações extremas.

Com esses caudais, analisou-se as condições de escoamento, tendo em atenção as informações disponíveis, e estimou-se velocidades de escoamento a ter em conta no dimensionamento das estruturas relevantes.

Os dados disponíveis para a realização deste estudo foram o levantamento topográfico, realizado na zona de implantação da obra e as cartas militares à escala 1/25000 da região onde se desenvolve a bacia hidrográfica. As curvas I-D-F, para estimar a intensidade de precipitação máxima correspondente a uma determinada duração, foram retiradas do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

2 ESTUDO HIDROLÓGICO

2.1 Bacia Hidrográfica

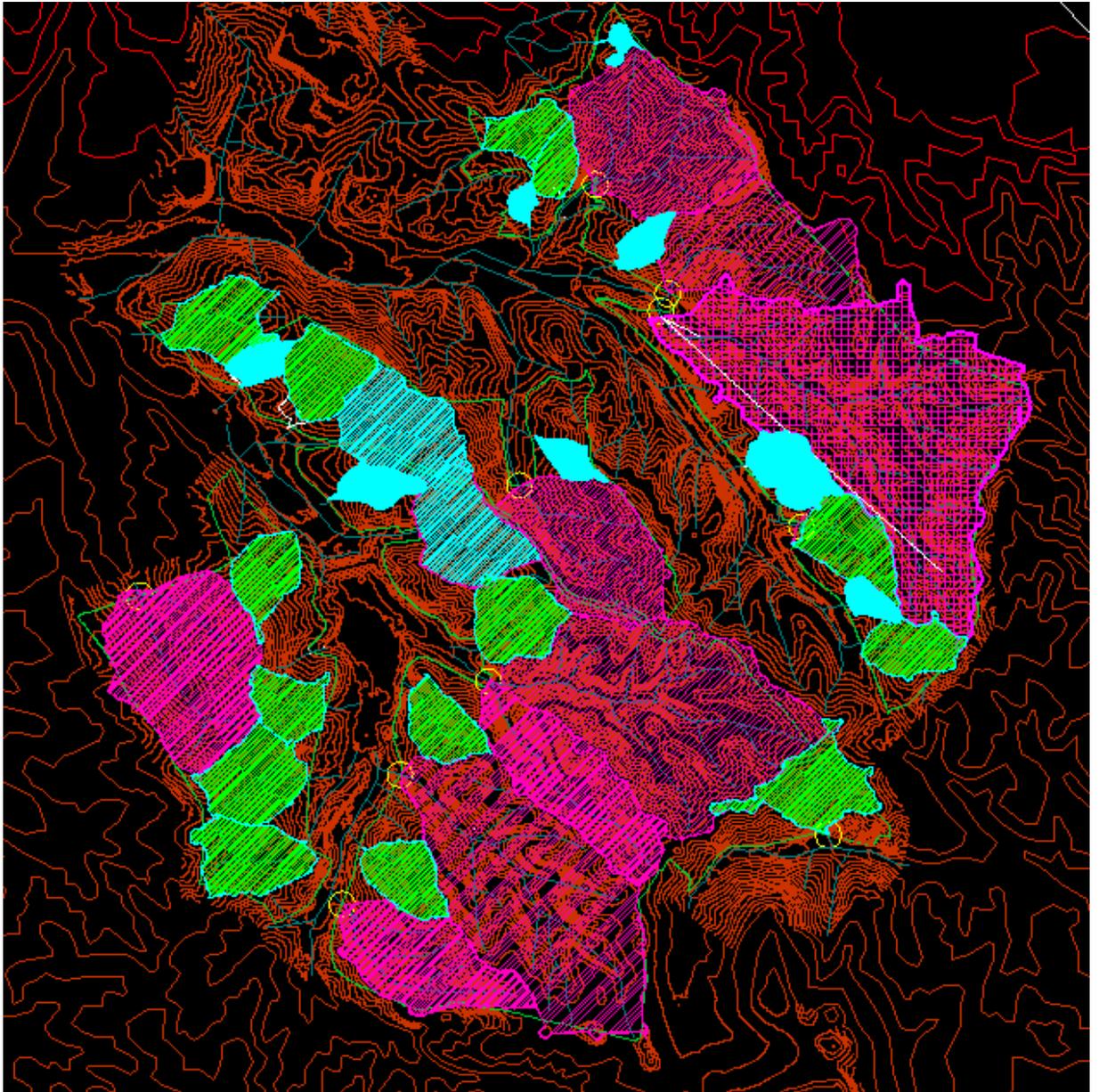
Ao longo do parque existem várias linhas de água que atravessam a vedação. Para este estudo foram consideradas 2 grandes bacias hidrográficas com área diferentes:

- 1.** Bacia de maior área que apresenta cerca de 0.48 km² e desenvolve-se entre as altitudes 174m, no seu ponto mais elevado, e 109m na secção em estudo, na qual a vala apresenta um desenvolvimento de aproximadamente 1.28km.
- 2.** Bacia de área intermédia cerca de 0.13 km² e desenvolve-se entre as altitudes 159.9 m, no seu ponto mais elevado, e 120m na secção em estudo, na qual a vala apresenta um desenvolvimento de aproximadamente 0.521 km.

Foram igualmente analisadas 3 bacias hidrográficas mais reduzidas, 3, 4 e 5 com tamanhos decrescentes, como se pode observar na figura seguinte:



SMARTENERGY



Na figura seguinte podemos observar as maiores bacias hidrográficas de dentro do parque.

No quadro 1 apresenta-se os parâmetros da bacia hidrográfica das duas maiores bacias, necessários para aplicação dos métodos cinemáticos.

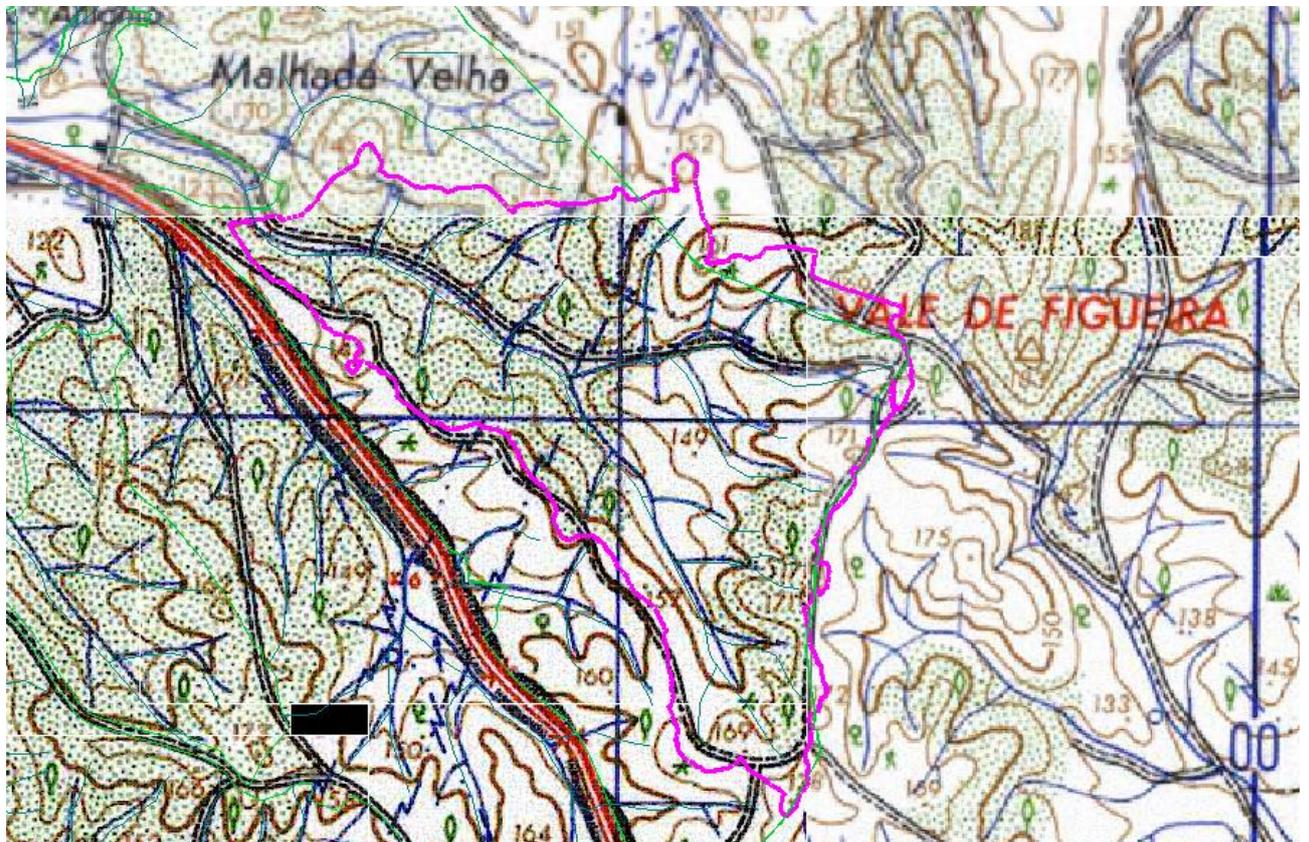


Figura 1 – Bacia hidrográfica nº1

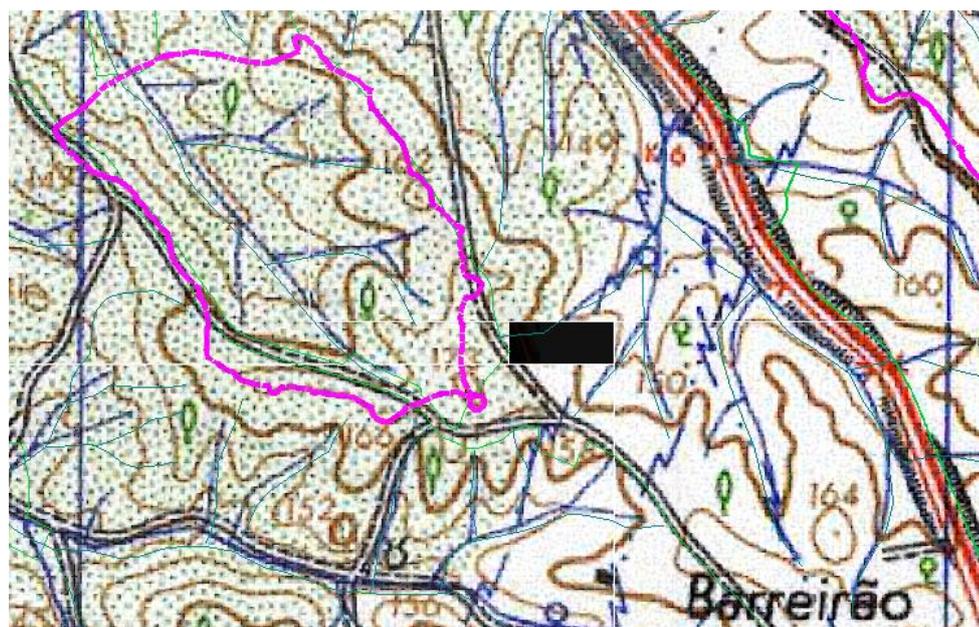


Figura 2 – Bacia hidrográfica nº2



Quadro 1 – Características da bacia hidrográfica nº1

| BACIA HIDROGRÁFICA | | |
|--|-------|-----------------|
| Área da bacia hidrográfica - A | 0.48 | Km ² |
| Desenvolvimento Linha de água principal - L | 1.29 | Km |
| Altitude máxima da bacia - Z _{máx} | 174 | m |
| Altitude na secção em estudo - Z _{mín} | 109 | m |
| Alt. correspondente 10% do L da linha de água principal - Z ₁₀ | 112 | m |
| Alt. correspondente 85% do L da linha de água principal - Z ₈₅ | 153 | m |
| Altitude máxima da linha de água principal | 165,0 | m |
| Declive médio da linha de água principal - d _m | 0.05 | m/m |
| Declive médio da linha de água principal entre 10% e 85% do L - d _{10:85} | 42.38 | m/Km |
| Altura média da bacia - H _m | 141.5 | m |

Quadro 2 – Características da bacia hidrográfica nº2

| BACIA HIDROGRÁFICA | | |
|--|-------|-----------------|
| Área da bacia hidrográfica - A | 0.13 | Km ² |
| Desenvolvimento Linha de água principal - L | 0.521 | Km |
| Altitude máxima da bacia - Z _{máx} | 159.9 | m |
| Altitude na secção em estudo - Z _{mín} | 120 | m |
| Alt. correspondente 10% do L da linha de água principal - Z ₁₀ | 122.4 | m |
| Alt. correspondente 85% do L da linha de água principal - Z ₈₅ | 150.9 | m |
| Altitude máxima da linha de água principal | 158 | m |
| Declive médio da linha de água principal - d _m | 0.073 | m/m |
| Declive médio da linha de água principal entre 10% e 85% do L - d _{10:85} | 72.94 | m/Km |
| Altura média da bacia - H _m | 130 | m |

Quadro 3 – Características da bacia hidrográfica 3

| BACIA HIDROGRÁFICA | | |
|--|--------|-----------------|
| Área da bacia hidrográfica - A | 0.077 | Km ² |
| Desenvolvimento Linha de água principal - L | 0.4 | Km |
| Altitude máxima da bacia - Z _{máx} | 142.5 | m |
| Altitude na secção em estudo - Z _{mín} | 105 | m |
| Alt. correspondente 10% do L da linha de água principal - Z ₁₀ | 107.5 | m |
| Alt. correspondente 85% do L da linha de água principal - Z ₈₅ | 128 | m |
| Altitude máxima da linha de água principal | 130 | m |
| Declive médio da linha de água principal - d _m | 0.0625 | m/m |
| Declive médio da linha de água principal entre 10% e 85% do L - d _{10:85} | 68.33 | m/Km |
| Altura média da bacia - H _m | 123.75 | m |



Quadro 4 – Características da bacia hidrográfica 4

| BACIA HIDROGRÁFICA | | |
|--|-----------|-----------------|
| Área da bacia hidrográfica - A | 0.049 | Km ² |
| Desenvolvimento Linha de água principal - L | 0.273 | Km |
| Altitude máxima da bacia - Z _{máx} | 157.6 | m |
| Altitude na secção em estudo - Z _{mín} | 112.4 | m |
| Alt. correspondente 10% do L da linha de água principal - Z ₁₀ | 114.74 | m |
| Alt. correspondente 85% do L da linha de água principal - Z ₈₅ | 143.66 | m |
| Altitude máxima da linha de água principal | 130 | m |
| Declive médio da linha de água principal - d _m | 0.0644689 | m/m |
| Declive médio da linha de água principal entre 10% e 85% do L - d _{10:85} | 143.20 | m/Km |
| Altura média da bacia - H _m | 135 | m |

Quadro 5 – Características da bacia hidrográfica 5

| BACIA HIDROGRÁFICA | | |
|--|-----------|-----------------|
| Área da bacia hidrográfica - A | 0.013 | Km ² |
| Desenvolvimento Linha de água principal - L | 0.22 | Km |
| Altitude máxima da bacia - Z _{máx} | 150 | m |
| Altitude na secção em estudo - Z _{mín} | 120.2 | m |
| Alt. correspondente 10% do L da linha de água principal - Z ₁₀ | 122.78 | m |
| Alt. correspondente 85% do L da linha de água principal - Z ₈₅ | 143.5 | m |
| Altitude máxima da linha de água principal | 136.9 | m |
| Declive médio da linha de água principal - d _m | 0.0759091 | m/m |
| Declive médio da linha de água principal entre 10% e 85% do L - d _{10:85} | 0.09 | m/Km |
| Altura média da bacia - H _m | 135.1 | m |

2.2 Cálculo dos Caudais de Ponta

Para cálculo dos caudais de ponta, atendendo à moderada dimensão da bacia hidrográfica, aplicou-se o método empírico-cinemático condensado na Fórmula Racional.

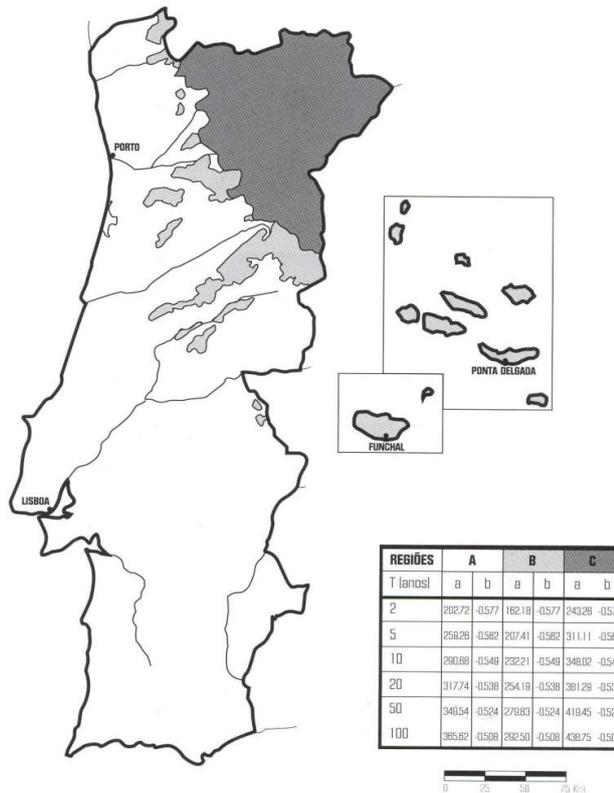
Para o cálculo da intensidade de precipitação, adotou-se a expressão regulamentar:

$$I = a t^b$$

Nessa expressão, 'I' é a intensidade de precipitação, em mm/h, 't' o tempo da chuvada, em minutos e 'a' e 'b' parâmetros que dependem da região do país e dos períodos de retorno a considerar.



SMARTENERGY



- REGIÃO PLUVIOMÉTRICA A** - Inclui as áreas não referidas em B e C
curvas I-D-F Lisboa
- REGIÃO PLUVIOMÉTRICA B** - Inclui os concelhos seguintes: Alfândega da Fé, Alijó, Almeida, Anadia, Botas, Bragança, Carrazeda de Ansiães, Chaves, Figueira de Castelo Rodrigo, Feixo de Espada à Cinta, Macedo de Cavaleiros, Meda, Miranda do Douro, Miranda, Mogadouro, Montalegre, Moura, Penadouro, Pinhel, Ribeira de Pena, Sabrosa, Santa Maria de Penafiel, São João da Pesqueira, Sembrunche, Tabuaço, Torre de Moncorvo, Trancoso, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vila Nova de Foz Côa, Vila Real, Vimioso e Vinhais.
- REGIÃO PLUVIOMÉTRICA C** - Inclui os concelhos das Regiões autónomas dos Açores e da Madeira e do Continente, os concelhos de Guarda, Mantigas, Moimenta da Beira, Sabugal e Tarouca, e as áreas situadas a altitude superior a 700 metros dos concelhos de Aguiar da Beira, Amarante, Arcos de Valdevez, Arganil, Arouca, Castanheira de Pera, Castro Daire, Celorico da Beira, Cinfães, Covilhã, Fundão, Góis, Gouveia, Lamego, Marão, Meigaco, Ourense, Pampilhosa da Serra, Ponte da Barca, Resende, Seia, S. Pedro do Sul, Terras do Bouro, Tondela, Vale de Cambria, Vila Nova de Paiva e Vouzela.

Regiões pluviométricas e parâmetros a e b das curvas IDF

Fonte: Matos, M.R. – Métodos de Análise e de Cálculo de Caudais Pluviais em Sistemas de Drenagem Urbana – Tese de Especialista do LNEC, Fevereiro 1987

Para o cálculo das intensidades de precipitação, considerou-se que a duração da chuvada crítica é idêntica ao tempo de concentração da bacia. A estimativa do tempo de concentração da bacia hidrográfica foi efectuada por aplicação das fórmulas de Temez, do NERC (National Environment Research Council) e a fórmula de Giandotti, a seguir explicitadas:

Fórmula de Temez:
$$t_c = 0.3 \left(\frac{L}{d_m^{0.25}} \right)^{0.76}$$



Fórmula do NERC:
$$t_c = 2.8 \left(\frac{L}{\sqrt{d_{10:85}}} \right)^{0.47}$$

Fórmula de Giandotti:
$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}}$$

Quadro 6 – Tempo de concentração bacia 1

| Fórmulas Utilizadas | tc (horas) |
|----------------------|------------|
| Fórmula de Temez | 0.30 |
| Fórmula do NERC | 0.75 |
| Fórmula de Giandotti | 0.24 |
| Média das 3 fórmulas | 0.43 |

Quadro 7 – Tempo de concentração bacia 2

O quadro seguinte apresenta a intensidade de precipitação para diversos períodos de retorno e para a duração da chuvada correspondente ao tempo de concentração acima calculado:

Quadro 8 – Intensidade de precipitação para a bacia 1

| T retorno (anos) | Constantes | | Intensidade (mm/h) |
|------------------------|------------|--------|-----------------------|
| | a | b | |
| 2 | 202.72 | -0.577 | 21.48 |
| 5 | 259.26 | -0.562 | 29.12 |
| 10 | 290.68 | -0.549 | 34.35 |
| 50 | 349.54 | -0.524 | 45.52 |
| 100 | 365.62 | -0.508 | 50.67 |



Quadro 9 – Intensidade de precipitação para a bacia 2

| T retorno | Constantes | | Intensidade |
|----------------------|-------------------|----------|--------------------|
| | a | b | |
| (anos) | | | (mm/h) |
| 2 | 202.72 | -0.577 | 30.98 |
| 5 | 259.26 | -0.562 | 41.61 |
| 10 | 290.68 | -0.549 | 48.67 |
| 50 | 349.54 | -0.524 | 63.48 |
| 100 | 365.62 | -0.508 | 69.96 |

Quadro 10 – Intensidade de precipitação para a bacia 3

| T retorno | Constantes | | Intensidade |
|----------------------|-------------------|----------|--------------------|
| | a | b | |
| (anos) | | | (mm/h) |
| 2 | 202.72 | -0.577 | 29.39 |
| 5 | 259.26 | -0.562 | 39.53 |
| 10 | 290.68 | -0.549 | 46.29 |
| 50 | 349.54 | -0.524 | 60.52 |
| 100 | 365.62 | -0.508 | 66.79 |

Quadro 11 – Intensidade de precipitação para a bacia 4

| T retorno | Constantes | | Intensidade |
|----------------------|-------------------|----------|--------------------|
| | a | b | |
| (anos) | | | (mm/h) |
| 2 | 202.72 | -0.577 | 35.94 |
| 5 | 259.26 | -0.562 | 48.08 |
| 10 | 290.68 | -0.549 | 56.05 |
| 50 | 349.54 | -0.524 | 72.64 |
| 100 | 365.62 | -0.508 | 79.72 |

Quadro 12 – Intensidade de precipitação para a bacia 5



| T retorno (anos) | Constantes | | Intensidade (mm/h) |
|---------------------------------|-------------------|----------|-------------------------------|
| | a | b | |
| 2 | 202.72 | -0.577 | 19.85 |
| 5 | 259.26 | -0.562 | 26.97 |
| 10 | 290.68 | -0.549 | 31.87 |
| 50 | 349.54 | -0.524 | 42.38 |
| 100 | 365.62 | -0.508 | 47.28 |

4.1.1 Método da Fórmula Racional

Por este método, o valor do caudal de ponta é dado pela expressão:

$$Q_p = \frac{CIA}{3,6}$$

O valor de C, coeficiente de escoamento, traduz a percentagem da água proveniente da precipitação que efetivamente vai passar pela secção de vazão em estudo. A restante parte é absorvida pelo terreno, evaporada ou armazenada. Embora uma elevada percentagem do solo nesta bacia seja de características agrícolas ou florestais, é de admitir que, após um período longo de precipitação, o solo esteja próximo da sua capacidade máxima de saturação, reduzindo a capacidade de absorção. Assim sendo, após uma ponderação de todos estes factores, optou-se por considerar um coeficiente de escoamento de 0,40 para esta bacia hidrográfica, em situação de cheia.

Para os períodos de retorno considerados, foi então determinado o caudal correspondente:

Quadro 13 – Caudal de ponta para a bacia 1 (fórmula racional)

| T retorno (anos) | C | Intensidade (mm/h) | Caudal (m3/s) |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|
| 2 | 0.40 | 21.48 | 1.15 |
| 5 | 0.40 | 29.12 | 1.55 |
| 10 | 0.40 | 34.35 | 1.83 |
| 50 | 0.40 | 45.52 | 2.43 |
| 100 | 0.40 | 50.67 | 2.70 |

Quadro 14 – Caudal de ponta para a bacia 2 (fórmula racional)



| T retorno (anos) | C | Intensidade (mm/h) | Caudal (m3/s) |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|
| 2 | 0.40 | 30.98 | 0.45 |
| 5 | 0.40 | 41.61 | 0.60 |
| 10 | 0.40 | 48.67 | 0.70 |
| 50 | 0.40 | 63.48 | 0.92 |
| 100 | 0.40 | 69.96 | 1.01 |

Quadro 15 – Caudal de ponta para a bacia 3 (fórmula racional)

| T retorno (anos) | C | Intensidade (mm/h) | Caudal (m3/s) |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|
| 2 | 0.40 | 29.39 | 0.25 |
| 5 | 0.40 | 39.53 | 0.34 |
| 10 | 0.40 | 46.29 | 0.39 |
| 50 | 0.40 | 60.52 | 0.51 |
| 100 | 0.40 | 66.79 | 0.57 |

Quadro 16 – Caudal de ponta para a bacia 4 (fórmula racional)

| T retorno (anos) | C | Intensidade (mm/h) | Caudal (m3/s) |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|
| 2 | 0.40 | 35.94 | 0.20 |
| 5 | 0.40 | 48.08 | 0.26 |
| 10 | 0.40 | 56.05 | 0.31 |
| 50 | 0.40 | 72.64 | 0.40 |
| 100 | 0.40 | 79.72 | 0.43 |

Quadro 17 – Caudal de ponta para a bacia 5 (fórmula racional)



| T retorno (anos) | C | Intensidade (mm/h) | Caudal (m3/s) |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|
| 2 | 0.40 | 19.85 | 0.03 |
| 5 | 0.40 | 26.97 | 0.04 |
| 10 | 0.40 | 31.87 | 0.05 |
| 50 | 0.40 | 42.38 | 0.06 |
| 100 | 0.40 | 47.28 | 0.07 |

4.1.2 Método do Soil Conservation Service

A formulação proposta pelo Soil Conservation Service, dos E.U.A., consiste da seguinte expressão:

$$Q_p = 0,277 \times k \times A \times h_u / t_p$$

Nesta fórmula 'k' é um factor de ponta, que para bacias medianamente declivosas pode tomar o valor 0,75. 'A' é a área da bacia, em km², h_u é o valor da altura útil de precipitação em mm e t_p o tempo para ponta, em horas.

Para o cálculo dos caudais torna-se necessário determinar a altura útil de precipitação (h_u), a partir da precipitação total (produto do tempo de concentração pela intensidade de precipitação). Para uma dada precipitação total, h , a altura útil é dada por:

$$h_u = \frac{(h - h_0)^2}{h + 4h_0}$$

Em que 'ho' indica as perdas iniciais da chuvada. O S.C.S. sugere para o seu cálculo:

$$h_0 = 5080 / N - 50,8$$

Em que 'N' é o número de escoamento que, no caso presente e de acordo com a região em que está a bacia, toma o valor de 75, valor este que corresponde a condições médias de humedecimento do solo.

Temos assim:

$$h_0 = 5080 / 75 - 50,8 = 16,93 \text{ mm}$$

O tempo de crescimento até à ponta é dado por:

$$t_p = \frac{1}{2} \times t_r + 0,6 \times t_c$$

A duração da chuvada t_r é calculada por subtração da duração total do tempo necessário para choverem as perdas iniciais:

$$t_r = t_c - h_0 / I$$



Quadro 18 – Caudal de ponta para a bacia 1 (American Soil Conservation Service)

| T retorno (anos) | Hu (mm) | tr (h) | tp (h) | Caudal (m3/s) |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 2 | 0.00 | 0.03 | 0.50 | 0.00 |
| 5 | 0.51 | 0.23 | 0.61 | 0.08 |
| 10 | 1.28 | 0.32 | 0.65 | 0.20 |
| 50 | 3.89 | 0.44 | 0.71 | 0.55 |
| 100 | 5.45 | 0.48 | 0.73 | 0.75 |

Quadro 19 – Caudal de ponta para a bacia 2 (American Soil Conservation Service)

| T retorno (anos) | Hu (mm) | tr (h) | tp (h) | Caudal (m3/s) |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 2 | 0.15 | 0.00 | 0.26 | 0.02 |
| 5 | 0.01 | 0.03 | 0.27 | 0.00 |
| 10 | 0.19 | 0.08 | 0.30 | 0.02 |
| 50 | 1.16 | 0.17 | 0.34 | 0.09 |
| 100 | 1.81 | 0.19 | 0.35 | 0.14 |

Quadro 20 – Caudal de ponta para a bacia 3 (American Soil Conservation Service)

| T retorno (anos) | Hu (mm) | tr (h) | tp (h) | Caudal (m3/s) |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 2 | 0.00 | -0.13 | 0.16 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.00 |
| 10 | 0.09 | 0.05 | 0.25 | 0.01 |
| 50 | 0.80 | 0.13 | 0.29 | 0.04 |
| 100 | 1.31 | 0.15 | 0.30 | 0.07 |



Quadro 21 – Caudal de ponta para a bacia 4

| T retorno (anos) | Hu (mm) | tr (h) | tp (h) | Caudal (m3/s) |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 2 | 0.00 | -0.15 | 0.09 | 0.0000 |
| 5 | 0.07 | -0.04 | 0.14 | 0.0050 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.0000 |
| 50 | 0.27 | 0.06 | 0.19 | 0.0143 |
| 100 | 0.52 | 0.08 | 0.20 | 0.0268 |

Quadro 22 – Caudal de ponta para a bacia 5

| T retorno (anos) | Hu (mm) | tr (h) | tp (h) | Caudal (m3/s) |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 2 | 0.00 | 0.08 | 0.60 | 0.0000 |
| 5 | 0.74 | 0.31 | 0.71 | 0.0028 |
| 10 | 1.69 | 0.40 | 0.76 | 0.0060 |
| 50 | 4.79 | 0.54 | 0.83 | 0.0156 |
| 100 | 6.64 | 0.58 | 0.85 | 0.0211 |

4.1.3 Valores Adoptados

Verifica-se que os valores obtidos pelo método da **Fórmula Racional** são superiores, pelo que se optou, conservativamente, por considerá-los no prosseguimento do estudo.

O valor do caudal é depois multiplicado por um coeficiente de ajustamento K que funciona como um valor correctivo para ter em conta situações mais gravosas do que as seria de esperar em ocorrências normais.

Para o período de retorno de 100 anos, os valores adotados para o coeficiente de ajustamento K (de acordo com o Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação, IEP 2001), e os caudais de dimensionamento encontram-se definidos no quadro seguinte:



Quadro 23 – Caudal de cálculo bacía 1

| T retorno (anos) | Caudal (m3/s) | Coef. Ajust. (-) | Caudal Cálculo (m3/s) |
|---------------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| 100 | 2.70 | 1,25 | 3.37 |

Quadro 24 – Caudal de cálculo bacía 2

| T retorno (anos) | Caudal (m3/s) | Coef. Ajust. (-) | Caudal Cálculo (m3/s) |
|---------------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| 100 | 1.01 | 1,25 | 1.26 |

Quadro 25 – Caudal de cálculo bacía 3

| T retorno (anos) | Caudal (m3/s) | Coef. Ajust. (-) | Caudal Cálculo (m3/s) |
|---------------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| 100 | 0.57 | 1,25 | 0.71 |

Quadro 26 – Caudal de cálculo bacía 4

| T retorno (anos) | Caudal (m3/s) | Coef. Ajust. (-) | Caudal Cálculo (m3/s) |
|---------------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| 100 | 0.43 | 1,25 | 0.54 |



Quadro 27 – Caudal de cálculo bacia 5

| T retorno (anos) | Caudal (m3/s) | Coef. Ajust. (-) | Caudal Cálculo (m3/s) |
|---------------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| 100 | 0.07 | 1,25 | 0.087 |

5. ESTUDO HIDRAULICO

5.1 Condições de Vazão Existentes

O levantamento topográfico realizado na zona de implantação do parque permite definir as características do relevo com uma precisão compatível com os fins em vista. Condições de escoamento diferentes, quer a montante quer a jusante, terão uma influência limitada na valia das conclusões abaixo apresentadas. Na zona da obra pode afirmar-se que as condições de escoamento são relativamente uniformes.

5.2 Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 1

O caudal de cálculo foi determinado pressupondo um regime de escoamento uniforme, e que se obtém na aplicação iterativa da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K A R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

em que,

Q – caudal (m3/s)

K – coeficiente de rugosidade (m1/3/s)

SMARTENERGY

A – Secção do escoamento (m²)

R – raio hidráulico (m)

i – declive médio do leito (m/m).

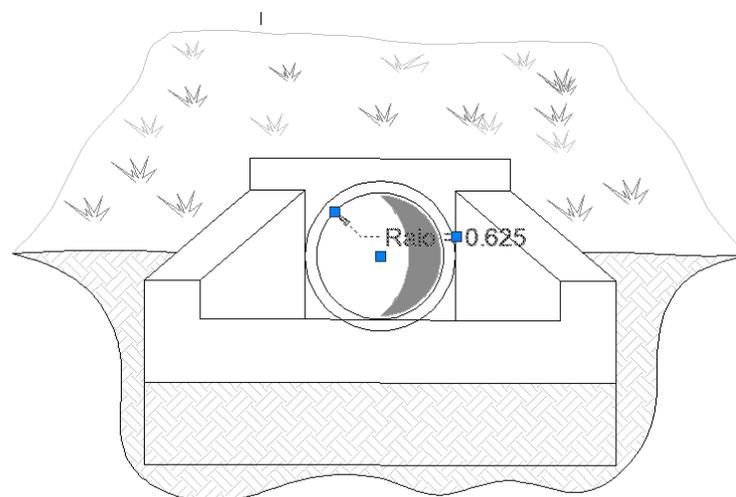
O declive médio nas proximidades da secção em estudo foi considerado igual a 0,05 m/m. Para o coeficiente de rugosidade K, que traduz a rugosidade de uma manilha de betão que permite atravessar a vedação, e através de consulta de bibliografia especializada [2], foram encontrados os seguintes valores, em correspondência com as características do curso de água em estudo:

Paredes de betão lisas – $K = 75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Considerando uma passagem hidráulica circular com 1.25m de diâmetro temos:

| | |
|--|--|
| Caudal (m ³ /s): Q= <input type="text" value="3.37"/> | Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.515"/> |
| Inclinação (%): i= <input type="text" value="5"/> | Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="7.068"/> |
| Rugosidade (m ^{1/3} /s): Ks= <input type="text" value="75"/> | Tensão (N/m ²): τ = <input type="text" value="134.086"/> |
| Diâmetro (m): D= <input type="text" value="1.25"/> | Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.999"/> |
| | Regime do escoamento: <input type="text" value="Rápido"/> |

Quadro 28 – Capacidade de vazão da secção A para a chuvada centenária



Quadro 29 – Secção a colocar



SMARTENERGY

5.3 Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 2

O caudal de cálculo foi determinado pressupondo um regime de escoamento uniforme, e que se obtém na aplicação iterativa da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K A R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

em que,

Q – caudal (m³/s)

K – coeficiente de rugosidade (m^{1/3}/s)

A – Secção do escoamento (m²)

R – raio hidráulico (m)

i – declive médio do leito (m/m).

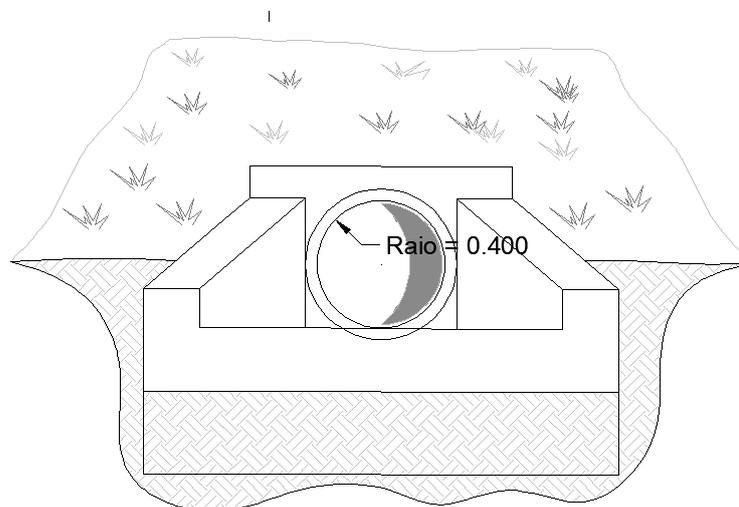
O declive médio nas proximidades da secção em estudo foi considerado igual a 0,05 m/m. Para o coeficiente de rugosidade K, que traduz a rugosidade de uma manilha de betão que permite atravessar a vedação, e através de consulta de bibliografia especializada [2], foram encontrados os seguintes valores, em correspondência com as características do curso de água em estudo:

Paredes de betão lisas – K = 75 m^{1/3}/s

Considerando uma passagem hidráulica circulares com 0.80m de diâmetro temos:

| | |
|--|---|
| Caudal (m ³ /s): Q= <input type="text" value="1.26"/> | Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.370"/> |
| Inclinação (%): i= <input type="text" value="5"/> | Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="5.542"/> |
| Rugosidade (m ^{1/3} /s): Ks= <input type="text" value="75"/> | Tensão (N/m ²): τ= <input type="text" value="93.098"/> |
| Diâmetro (m): D= <input type="text" value="0.8"/> | Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.677"/> |
| | Regime do escoamento: <input type="text" value="Rápido"/> |

Quadro 30 – Capacidade de vazão da secção A para a chuvada centenária



Quadro 31 – Secção a colocar

5.4 Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 3

Considerando uma passagem hidráulica circulares com 0.60m de diâmetro temos:

| | |
|--|---|
| Caudal (m ³ /s): Q= <input type="text" value="0.71"/> | Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.294"/> |
| Inclinação (%): i= <input type="text" value="6"/> | Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="5.145"/> |
| Rugosidade (m ^{1/3} /s): Ks= <input type="text" value="75"/> | Tensão (N/m ²): τ = <input type="text" value="87.139"/> |
| Diâmetro (m): D= <input type="text" value="0.6"/> | Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.537"/> |
| | Regime do escoamento: <input type="text" value="Rápido"/> |



5.5 Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 4

Considerando uma passagem hidráulica circulares com 0.50m de diâmetro temos:

| | |
|--|---|
| Caudal (m ³ /s): Q= <input type="text" value="0.61"/> | Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.301"/> |
| Inclinação (%): i= <input type="text" value="6"/> | Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="4.933"/> |
| Rugosidade (m ^{1/3} /s): Ks= <input type="text" value="75"/> | Tensão (N/m ²): τ = <input type="text" value="81.811"/> |
| Diâmetro (m): D= <input type="text" value="0.5"/> | Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.481"/> |
| | Regime do escoamento: <input type="text" value="Rápido"/> |

5.6 Análise do Escoamento – Capacidade de Vazão para a bacia 4

Considerando uma passagem em meia cana com 0.50m de diâmetro temos:

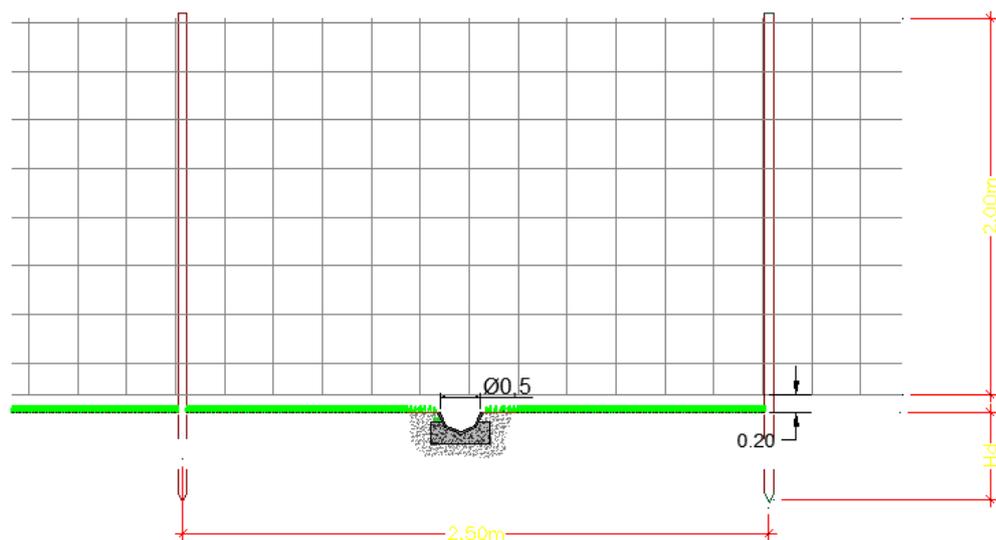
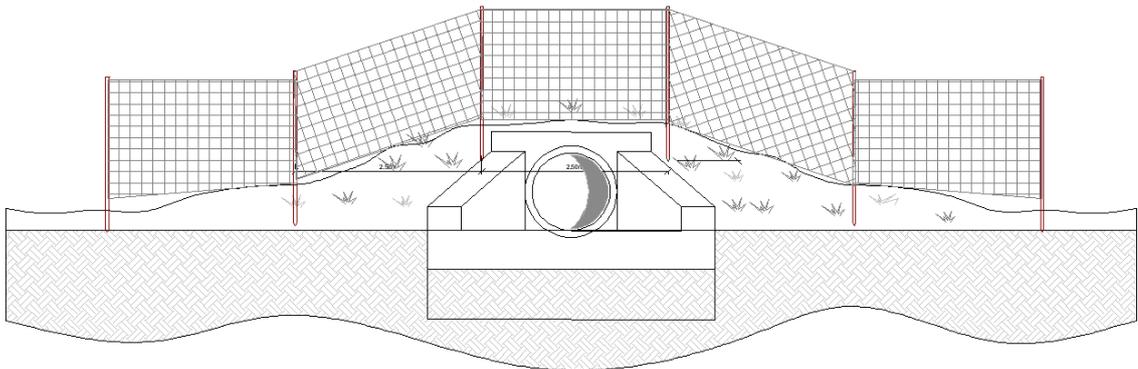
| | |
|--|---|
| Caudal (m ³ /s): Q= <input type="text" value="0.087"/> | Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.105"/> |
| Inclinação (%): i= <input type="text" value="6"/> | Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="2.906"/> |
| Rugosidade (m ^{1/3} /s): Ks= <input type="text" value="75"/> | Tensão (N/m ²): τ = <input type="text" value="36.996"/> |
| Diâmetro (m): D= <input type="text" value="0.5"/> | Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.198"/> |
| | Regime do escoamento: <input type="text" value="Rápido"/> |

6. CONCLUSÕES

Dos resultados apresentados nos pontos anteriores conclui-se que, considerando, para a bacia de maior área (cor azul), uma secção de escoamento circular com 1.25m de diâmetro interior livre não há constrangimentos que perturbem o escoamento.

Para as restantes bacias consideraram-se as condições de vazão indicadas ao longo do documento. Todos os pormenores e implantação dos órgãos de drenagem aqui referidos estão representados no projeto de drenagem complementar a este estudo.

A passagem pela vedação será executada das seguinte formas:



PASSAGEM HIDRAULICA
SECCAO TRIANGULAR EM MEIA CANA
ESCALA 1:50 (A1)
ESCALA 1:40 (A3)



SMARTENERGY

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] – RAMOS, C. M. – Dimensionamento de Pontes – Aspectos Hidráulicos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, Portugal, 1990.
- [2] – LENCASTRE, A. ; FRANCO, F. M. – Lições de Hidrologia. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal, 1984.
- [3] – NOVAIS-BARBOSA, J. – Mecânica dos Fluídos e Hidráulica Geral – Vol. 1 e 2. Porto Editora. Porto, Portugal, 1986.
- [4] - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Editora Rei dos Livros. Lisboa, Portugal, 1998.