

**- ESTUDO HIDROLÓGICO E
HIDRÁULICO - RIO CRIZ**

SETEMBRO DE 2013

I - INTRODUÇÃO

O objetivo é a determinação da cota de máxima cheia centenária, que poderá ocorrer no rio Criz, na secção em estudo, à cota 249,93m.

O rio Criz é um afluente da margem direita do rio Dão.

São as seguintes as características da bacia hidrográfica do rio Criz, relativamente à secção em estudo:

<input type="checkbox"/> Área da bacia hidrográfica	A = 52,80 Km ²
<input type="checkbox"/> Perímetro da bacia hidrográfica	P = 40,83 Km
<input type="checkbox"/> Comprimento da linha de água mais longa	L = 16,70 Km
<input type="checkbox"/> Cota do local da secção em estudo	Ho = 251.23 m
<input type="checkbox"/> Cota do ponto mais alto da bacia	Hb = 1020,3 m
<input type="checkbox"/> Caudal de Ponta de cheia	Qp = 135.00 m ³ /s

II – CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

O traçado da bacia hidrográfica foi realizado com base na carta militar à escala 1/25000, apresentada na Figura 1. O seu traçado foi feito através da linha de cumeada que delimita todas as linhas de água (Figura 2) que correm para a secção de referência, i.e, linha de separação topográfica.

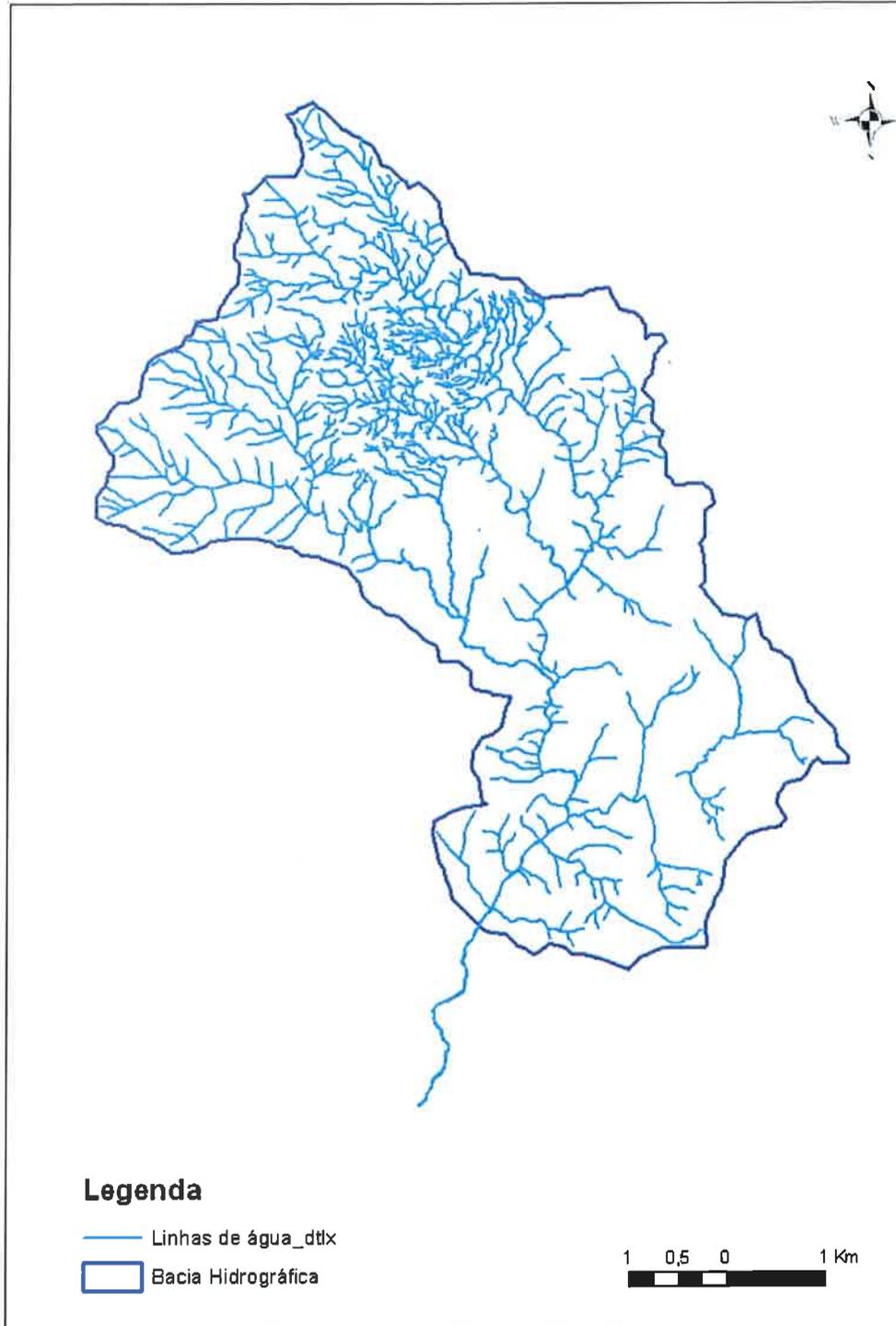


Figura 2 – Delimitação da Bacia Hidrográfica do rio Cris, na secção em estudo, com indicação das linhas de água

A seguir enumeram-se as **características da bacia**:

Forma, quanto a esta característica, a bacia pode considerar-se alongada. A seguir, apresentam-se alguns parâmetros que classificam a bacia quanto à sua forma:

Coefficiente de compacidade (K_c) é um coeficiente adimensional, variável com a forma da bacia independente do seu tamanho. Este coeficiente será tanto maior quanto maior a irregularidade da bacia, o que significa que no caso de uma bacia arredondada a tendência para a formação de cheias é maior.

O valor do coeficiente de compacidade é dado pela relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de igual área, A , de raio r .

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

No presente caso, o coeficiente de compacidade toma o valor de

$$K_c = 1.57$$

Conclui-se, portanto que a bacia tem tendência razoável para cheias.

Factor de forma (K_f), é um índice que traduz a tendência para a ocorrência de cheias numa bacia hidrográfica. Com efeito, uma bacia com um fator de forma maior, está mais sujeita à ocorrência de cheias do que uma bacia com a mesma área mas com um fator de forma menor.

Este fator, obtêm-se através da relação entre a largura média da bacia e o comprimento axial da bacia, que se considera igual ao comprimento da linha de água mais longa (desde a secção em estudo até à cabeceira mais distante da bacia).

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

No caso particular da bacia em estudo o fator de forma toma o valor de 0.189.

As características quantitativas atrás determinadas refletem uma bacia com tendência para ocorrência de cheias de razoável duração e intensidade.

Relativamente ao **sistema de drenagem**, trata-se de uma linha de água de características perenes, i.e., escoam água durante todo o ano e o lençol subterrâneo mantém uma alimentação contínua e não desce nunca abaixo do leito do curso de água, mesmo durante as secas mais severas.

O comprimento da linha de água até à secção em estudo é de 16.71 Km, com uma inclinação média de 0.04611 m/m

A rede de drenagem é, de uma maneira geral, bem definida com um visível escalonamento na ordem de importância das linhas de água.

Relativamente ao relevo, a cota mais elevada da bacia é de 1020.30 e a cota na secção em estudo de 249.93.

A altitude média é dada pela seguinte expressão:

$$H_m = (\sum Z_i * A_i) / A$$

em que:

Z_i – altitude ente duas curvas de nível consecutivas [m]

A_i - área da bacia hidrográfica entre duas curvas de nível consecutivas [Km²]

A - área da bacia hidrográfica [127.40Km²]

$$H_m = 483.51 \text{ m}$$

Na figura 4 estão representadas as curvas de nível e na figura 5, o modelo digital do terreno.

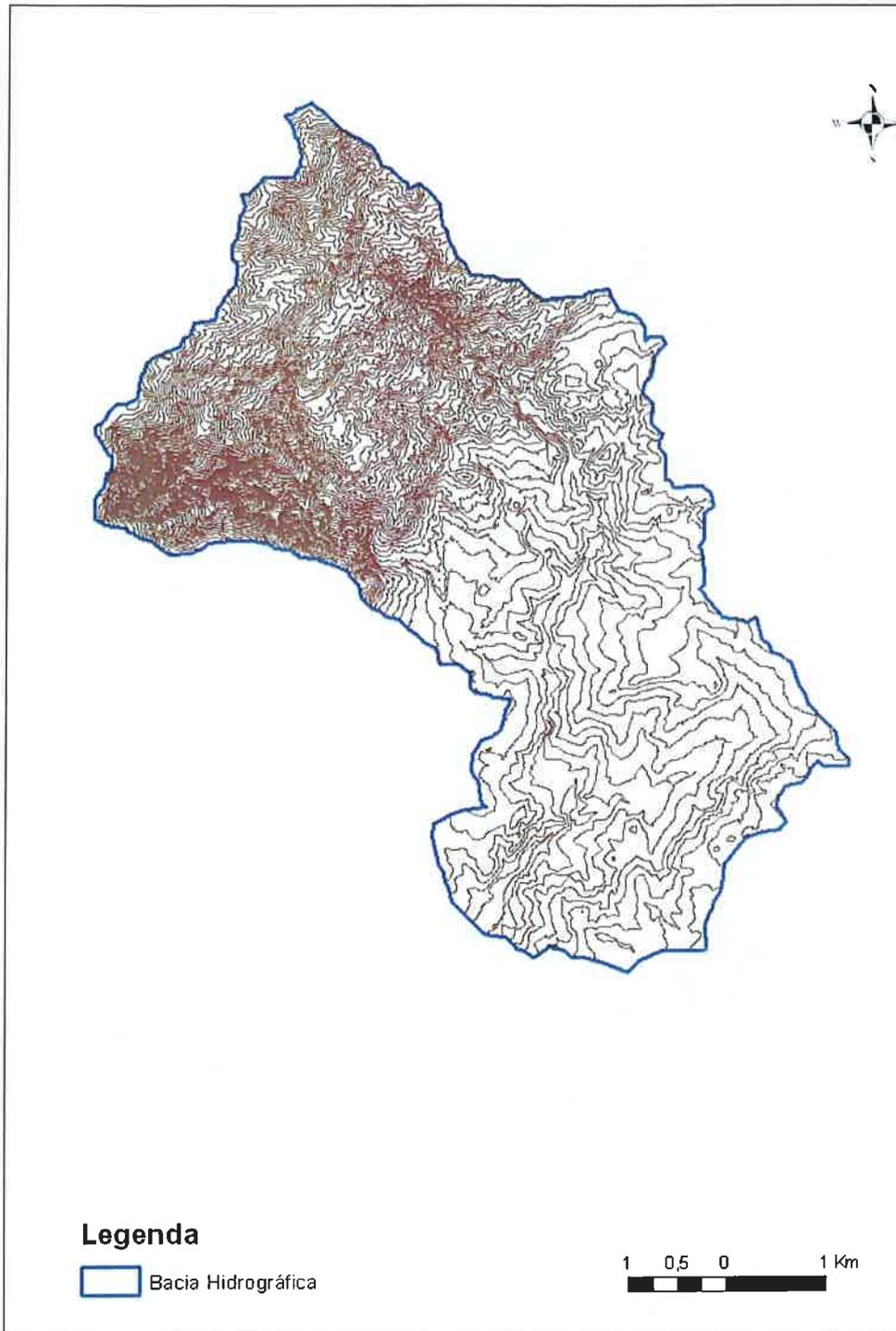


Figura 3 - Altimetria da bacia hidrográfica do rio Cris, à cota 249,93 metros.

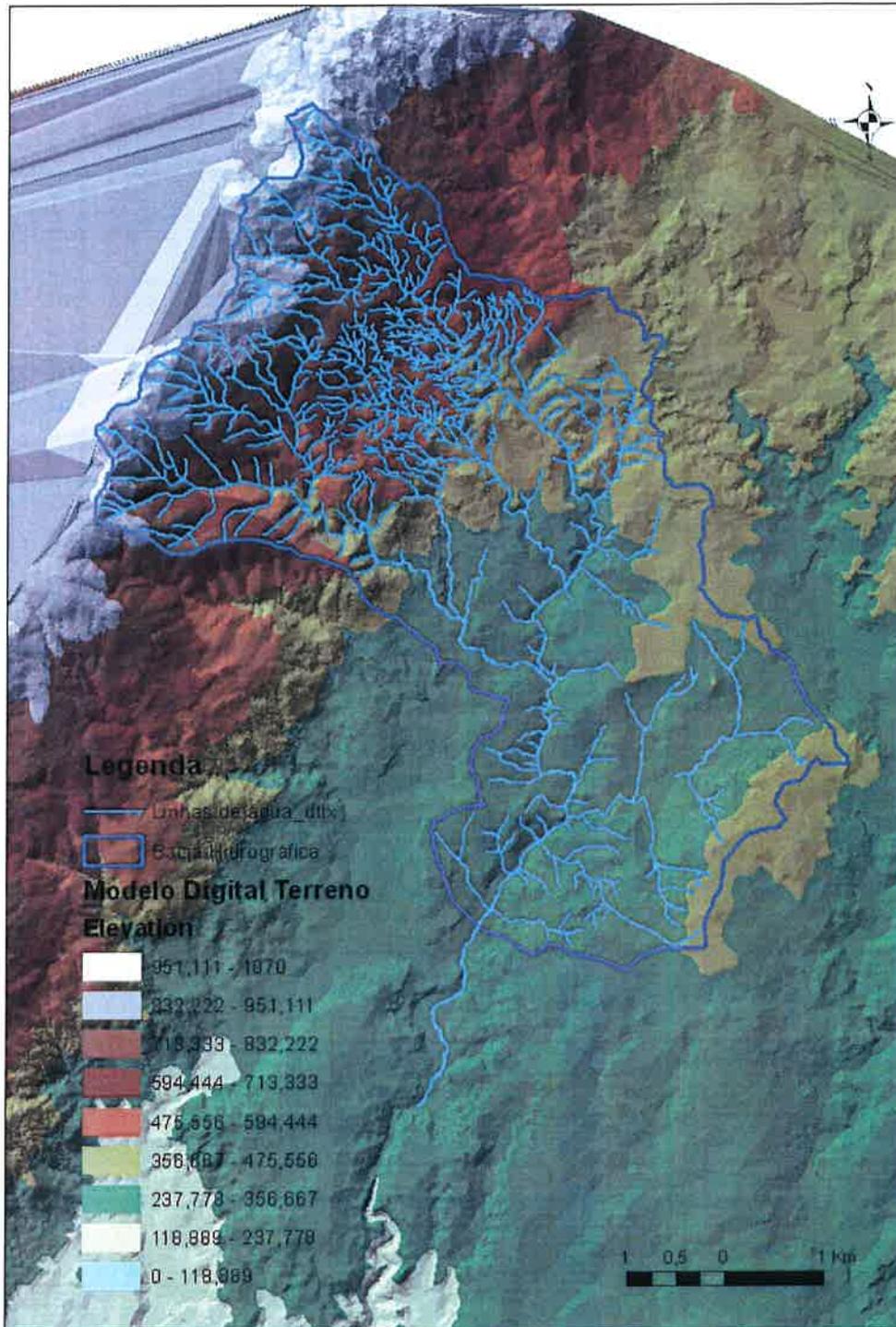


Figura 4 – Modelo digital do terreno

Para a secção em estudo determinou-se ainda, o **tempo de concentração**, relevante para o cálculo do caudal de cheia de projeto.

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, é o tempo que uma partícula de água que se encontra no ponto mais distante da bacia, demora a atingir a secção em estudo.

A determinação do tempo de concentração está habitualmente relacionada com a precipitação crítica, a área da bacia, altura média da bacia e o comprimento do curso de água principal.

Métodos para a determinação do tempo de concentração:

Os métodos para a determinação do tempo de concentração são os seguintes:

Método1 – Fórmula de Giandotti

Método 2 – Fórmula de Temez

Fórmula de Giandotti

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{0.80 * \sqrt{h_m}}$$

em que:

t_c - tempo de concentração [horas]

A - área da bacia hidrográfica [Km²]

L - comprimento da maior linha de água da bacia [Km]

h_m - altura média da bacia, medida a partir da cota da secção em estudo [m]

então teremos:

$$t_c = 3.08 \text{ horas}$$

Formula de Temez

$$t_c = 0.3 \times \left(\frac{L}{i^{0.25}} \right)^{0.76}$$

sendo:

L - comprimento da maior linha de água da bacia [Km]

i – declive médio do curso de água [m/m]

então teremos:

$$t_c = 4.58 \text{ horas}$$

Em resumo, apresentam-se os tempos de concentração calculados pelos diferentes métodos:

Formula de Giandotti	3.08 horas
Formula de Temez	4.58 horas

Verifica-se pelo quadro, uma discrepância dos valores calculados pelos diferentes métodos, obtendo-se um valor médio de 3.86 horas, valor adotado para os cálculos subsequentes.

III- CÁLCULO DO CAUDAL DE CHEIA CENTENÁRIO

Determinou-se o caudal de cheia para um tempo de retorno de 100 anos, recorrendo aos seguintes métodos:

Método1 – Método do Soil Conservation Service

Método 2 – Método Racional

Método do Soil Conservation Service

i) Considerações acerca do método de cálculo

- Uma chuvada de certa duração, ocorre com intensidade constante e uniformemente sobre a bacia.

- A duração da precipitação útil é igual á duração da precipitação total.

- Considera-se desprezável a influência na cheia do escoamento subterrâneo originado pela chuvada.

ii) Elementos de cálculo:

Área da bacia	A = 52.79 Km ²
Comprimento da linha de água	L = 16.70 km
Tempo de retorno	Tr = 100 anos
Tempo de concentração	Tc = 3.86 horas

iii) Determinação da precipitação útil

A intensidade (I) é determinada através da curvas IDF do Caramulo (Análise dos Fenómenos extremos – Precipitações intensas em Portugal Continental, INAG, Cláudia Brandão, Dezembro de 2001), considerando um período de retorno T = 100 anos:

$$I = a * t_p^b$$

Assim, os parâmetros da curva IDF são os seguintes:

$$a = 400.79$$

$$b = -0,537$$

Precipitação total:

$$P_t = I * t_p$$

Precipitação útil:

$$P_u = \frac{25,4 \left(\frac{P_t}{25,4} - \frac{200}{N} + 2 \right)^2}{\frac{P_t}{25,4} + \frac{800}{N} - 8}$$

N - número de escoamento segundo o Soil Conservation Service do EUA, que depende do tipo hidrológico do solo, da sua utilização e das condições de superfície, no caso da bacia em estudo, considerou-se N=84.16.

iv) Determinação do caudal de ponta

$$Q_p = q_p * A = \frac{P_u * A}{480,6 * \left(0,6 * t_K + \frac{t_p}{2} \right)}$$

$$Q_p = 135,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Método Racional

O caudal de cheia é dado pela seguinte fórmula:

$$Q_p = C * i * A$$

Sendo:

- Q_p - caudal de máxima cheia [m^3/s]
- C - coeficiente de escoamento, adimensional, baseado no tipo e características da superfície do terreno, dependendo também do estado de saturação do terreno e de duração da chuvada;
- i - intensidade média correspondente ao valor máximo da precipitação para determinada frequência de ocorrência, com duração igual ao tempo de concentração (m/s)
- A - área da bacia hidrográfica [52.79 Km^2]

O valor de C, toma o valor de 0.35, de acordo com as características da bacia (Lições de Hidrologia, A. Lencastre & Franco).

A intensidade (I) é determinada através das curvas IDF, considerando um período de retorno $T = 100$ anos:

$$I = a * t_p^b$$

Para a região em estudo, temos:

$$a = 400.79$$

$$b = -0,537$$

$$t_p = t_c = 3.86 \text{ horas}$$

$$Q_p = 126.84 \text{ m}^3/\text{s}$$

Os valores do caudal de cheia determinados pelos métodos anteriores, encontram-se resumidos no quadro seguinte:

	Tr = 100 anos
S.C.S.	135.00
Racional	126.84

De acordo com a bacia em causa e dos cálculos atrás referidos, vai-se adotar para caudal de máxima cheia, na secção da bacia hidrográfica em estudo, o maior dos valores, ou seja, $135,00 \text{ m}^3/\text{s}$.

IV- DETERMINAÇÃO DA COTA DE MÁXIMA CHEIA CENTENÁRIA

Pretende-se determinar a cota máxima acima da linha de água, para o caudal centenário, na secção em estudo (Figura 5).

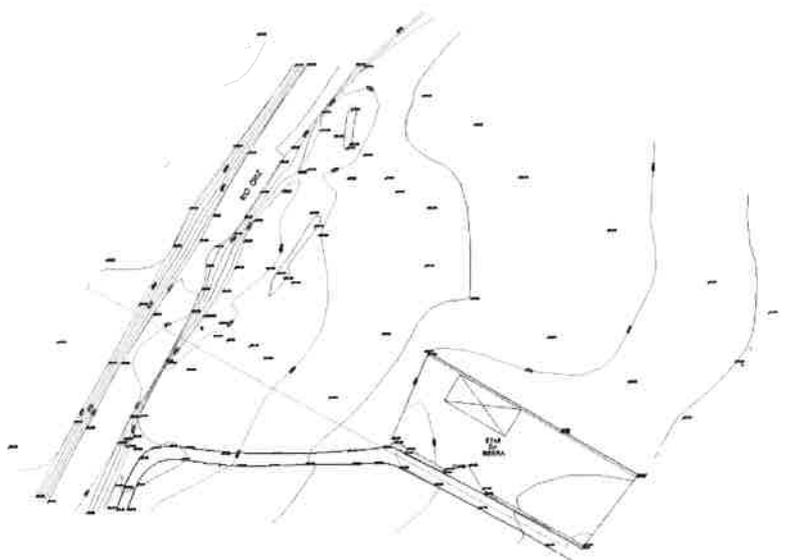


Figura 5 – Levantamento Topográfico

Não se dispondo de dados que possibilitem a determinação da curva de vazão com base nos resultados de medições, a solução passa necessariamente pela estimativa, com base no cálculo dos valores das cotas dos níveis de água em função dos caudais escoados.

Considerou-se uma secção composta, definida por um leito menor, coincidente com a secção do leito e as margens, as quais, constituem o leito de cheia.

A secção de vazão, encontra-se definida na Figura 4.

Para avaliar a vazão, no leito de cheia, a fórmula adoptada é a de Manning Strickler:

$$Q = K_S \times A \times R^{2/3} \times i^{0.5}$$

sendo:

Q - caudal escoado na secção [m³/s]

A - área molhada [m²]

R - raio hidráulico [m]

i - inclinação da linha de energia [m/m]

Admitiu-se que o escoamento é feito em regime uniforme, pelo que i será igual à inclinação do leito (0.008m/m).

Os valores de K_s, toma, para o leito de cheia, o valor de 45 m^{1/3}s⁻¹, obtido do Manual de Hidráulica Geral de A. Lencastre.

A cota de máxima de cheia assim obtida é de 253.60 (Figura 6).

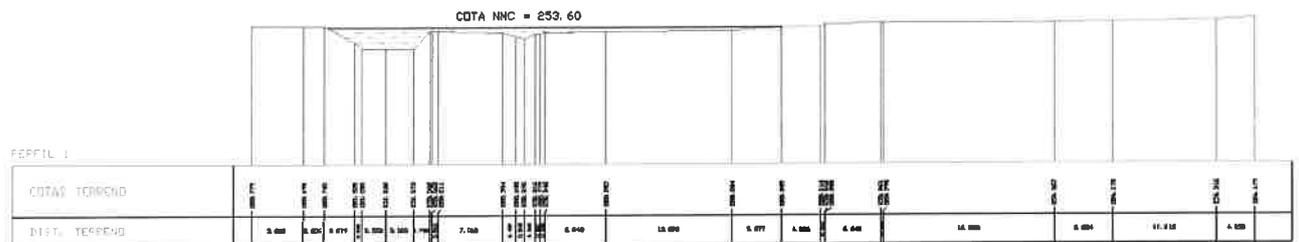


Figura 6 – Perfil Transversal 1

IV- CONCLUSÕES

No presente estudo foi efetuado o cálculo do caudal de cheia centenário ($135 \text{ m}^3/\text{s}$) e respetiva cota de cheia para a secção 1 (253.60).

Verifica-se que a cota de cheia determinada na secção em estudo não coincide com a constante da carta da REN de Tondela. Na figura seguinte apresenta-se uma proposta de delimitação da ZAC.

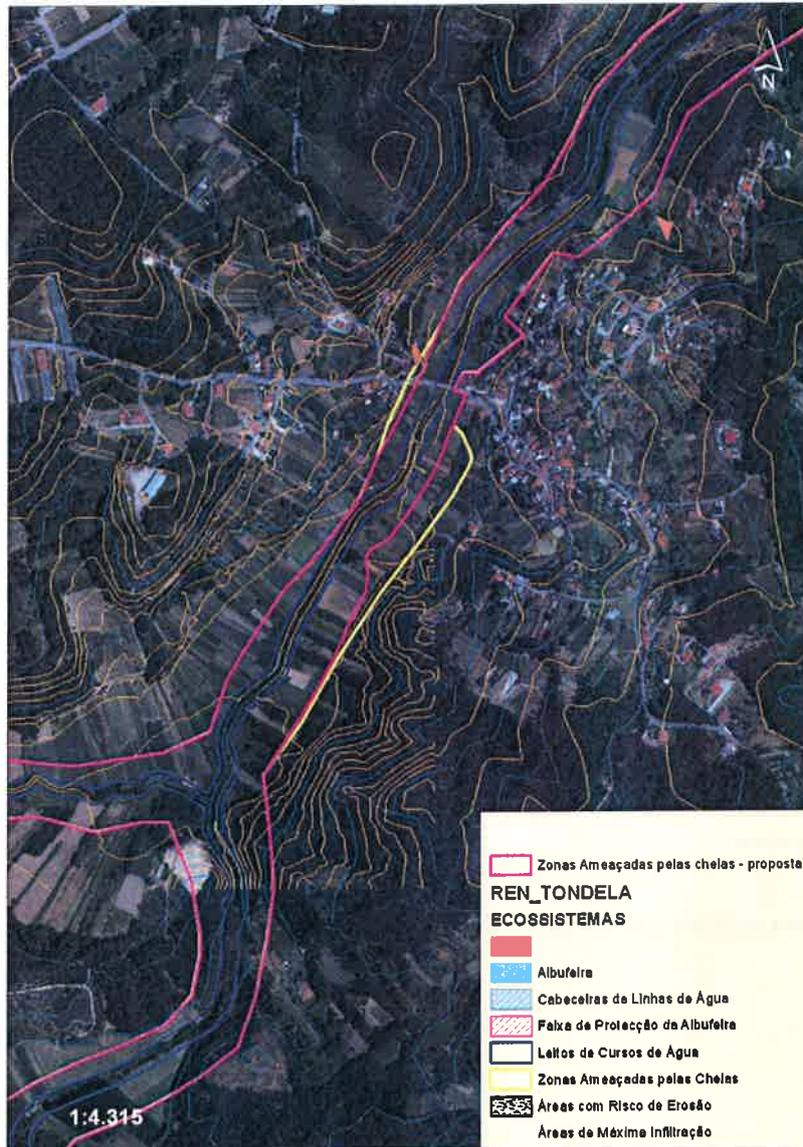


Figura 7 – Delimitação da REN (Proposta)

Coimbra, 29 de Setembro de 2013

O Técnico Superior

António Pedro Baptista Mendes Pereira

António Pedro Baptista Mendes Pereira