

Rui Lança  
*Docente EST/UALG*

Cristina Martins  
João Mendes

*Alunos EST/UALG*

*Área de Eng. Civil  
EST/UALG*

# Metodologia para o estudo hidráulico e sedimentológico em pontes. Aplicação à Ribeira de Oeiras, entre as localidades de Corte de Pão e Água e de Morena, concelho de Mértola

## 1 - Introdução

A erosão localizada nas fundações de pilares e encontros é uma das causas de rotura em pontes, podendo conduzir a perdas consideráveis de vidas humanas e bens materiais. Para avaliar este tipo de fenómenos, em estruturas existentes ou a construir e ainda estimar os danos provocados pela alteração da secção transversal do leito, é proposta uma metodologia para o estudo hidráulico e sedimentológico. Este estudo foca os níveis atingidos pela cheia, o risco de a obra ser galdada durante o seu tempo de vida útil e a erosão a que esta está sujeita junto dos pilares e encontros.

O estudo tem uma natureza académica e foi realizado no âmbito da disciplina de Hidráulica Fluvial do curso de Licenciatura em Engenharia Civil da Universidade do Algarve.

Foi fornecido aos alunos uma secção de uma ponte, com capacidade de vazão insuficiente (SOLUÇÃO A) e a pós os respectivos cálculos que atestam a incapacidade da secção de vazão é proposta uma segunda solução (SOLUÇÃO B) que implica alterar as dimensões da obra de arte.

No presente estudo apenas se consideram as condicionantes hidráulicas, pelo que todas as condicionantes e verificações de ordem estrutural são derivadas para análise posterior no âmbito de outra disciplina.

## 2. Descrição do Hec-Ras

O programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) utilizado para o cálculo

hidráulica, é um software, desenvolvido pelo US Army Corps of Engineers. O software destina-se ao cálculo do escoamento com superfície livre em linhas de água naturais em troços com ou sem obras de arte. Permite o cálculo em regime permanente ou regime variável. No presente estudo, todos os cálculos têm por base o escoamento permanente (caudal constante), o qual tem por base a equação de conservação da energia num escoamento unidireccional, também conhecida por Teorema de Bernoulli [1]. A resolução desta equação para cada secção transversal da linha de água é executada pelo Método das Diferenças Finitas:

$$z_1 + h_1 + \alpha \cdot \frac{U_1^2}{2.g} = z_2 + h_2 + \alpha \cdot \frac{U_2^2}{2.g} + \Delta E$$

$z$  - cota (m);

$h$  – profundidade do escoamento (m);

$\alpha \cdot \frac{U^2}{2.g}$  - energia cinética (m.c.a.);

$\Delta E$  - perda de energia (m.c.a.).

A perda de energia é calculada pela equação de Manning. Através da equação de conservação da energia são determinadas as velocidades e profundidades do escoamento para cada uma das secções transversais.

O software permite calcular o efeito causado por obras hidráulicas que interfiram com a linha de água, nomeadamente pontes, pontões e passagens hidráulicas que provocam uma contracção no escoamento. A perda de carga introduzida por estas obras é calculada por fórmulas empíricas adequadas.

### 3. Localização da bacia hidrográfica

A Bacia Hidrográfica da Ribeira de Oeiras encontra-se situada no concelho de Mértola, freguesia de S. João dos Caldeireiros.

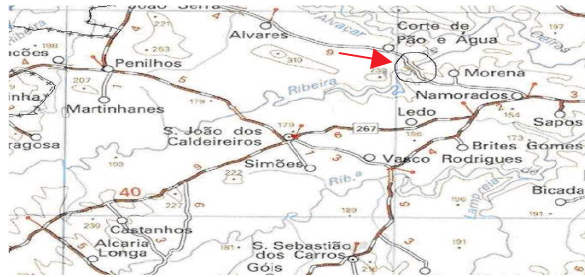


Figura 1 – Localização da obra de arte (concelho de Mértola)

### 4. Geomorfologia fluvial

A área da bacia hidrográfica é de 250 km<sup>2</sup>, correspondendo a uma linha de água intermitente, afluente do rio Guadiana.

O padrão fluvial é do tipo rectilíneo, o terreno no qual se desenvolve a bacia é predominantemente constituído por uma pequena camada de sedimentos (0,50 m) e xistos, apresentando alturas muito reduzidas de coberto vegetal.



Figura 2 - Fotografias *in situ* do coberto vegetal

### 5. Topografia

#### 5.1. Perfil longitudinal da linha de água

As inclinações do perfil longitudinal não são constantes ao longo do seu comprimento, uma vez que este foi alvo de obras de beneficiação das suas margens. O perfil longitudinal apresenta uma extensão aproximada de 356 (m), dos quais 195 (m) são a montante da ponte e 160 (m) a jusante.

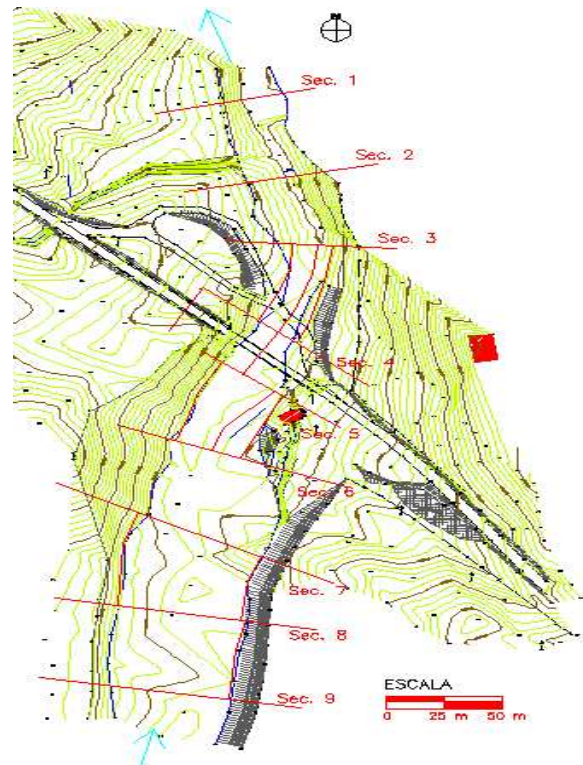


Figura 3 – Levantamento topográfico<sup>1</sup>

#### 5.2. Perfis transversais da linha de água

As secções transversais foram traçadas na normal ao leito da ribeira e sempre que se verificaram variações significativas na secção. Foram, ainda, definidas duas secções transversais, a montante e a jusante da obra de arte, para caracterização da estrutura no programa.

### 6. Análise granulométrica

Uma vez que não foi possível a recolha e a realização de ensaios dos sedimentos *in loco*, adoptou-se uma curva de distribuição granulométrica representada em papel log-normal, que caracteriza o fundo do leito deste tipo de ribeiras [3].

Da análise da curva verifica-se que esta apresenta uma granulometria com sedimentos que vão desde o cascalho, areia e silte.

<sup>1</sup> Levantamento topográfico cedido por GESTFARO

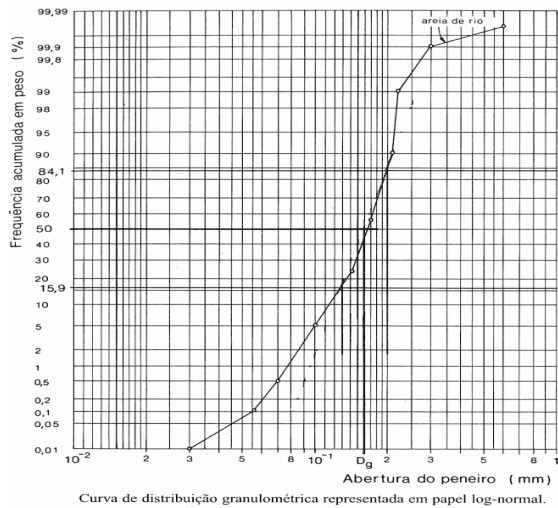


Figura 4 - Curva granulométrica

## 7. Apresentação de soluções

Na realização do estudo consideraram-se duas secções. A primeira designada por SOLUÇÃO A.

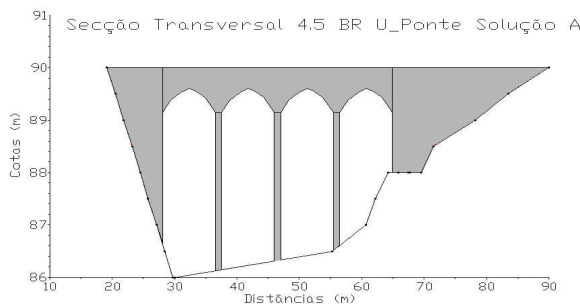


Figura 5 - SOLUÇÃO A

Esta solução, foi fornecida aos alunos e é suposto tratar-se de uma obra de arte existente que apresenta problemas de capacidade de vazão.

A segunda solução foi obtida após cálculos hidráulicos e é apresentada como a solução adequada do ponto de vista hidráulico.

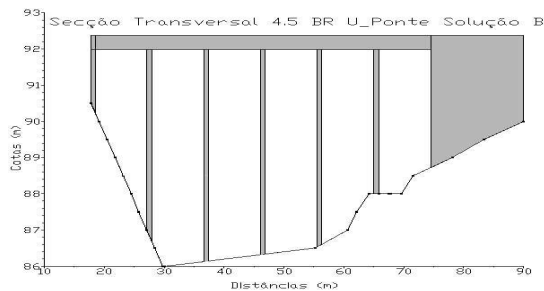


Figura 6 - SOLUÇÃO B

## 8. Cálculo do nível de cheia

Os caudais máximos foram determinados através da Fórmula de Loureiro [4] para tempos de retorno de 10, 25, 50, 100 e 1.000 anos (os quais são apresentados no Quadro 1)

$$Q = C.A^z$$

$Q$  - caudal de ponta de cheia ( $m^3/s$ );

$C$  - parâmetro regional associado ao período de retorno;

$z$  - parâmetro regional associado à bacia;

$A$  - área da bacia hidrográfica ( $Km^2$ ).

T (anos)	C	A ( $Km^2$ )	z	Q ( $m^3/s$ )
5	2.38	250	0.745	145,56
10	3.06	250	0.745	187,15
25	3.68	250	0.745	225,07
50	4.12	250	0.745	251,98
100	4.94	250	0.745	302,13
1.000	7.27	250	0.745	444,63

Quadro 1 - Caudais Máximos

De acordo com os caudais máximos e recorrendo ao programa Hec-Ras foram determinados os perfis longitudinais com a superfície livre de escoamento para os respectivos tempos de retorno.

No presente estudo foram consideradas três hipóteses, de perfis longitudinais, inicialmente sem obra de arte, isto é, sem intervenção humana, em seguida com obra de arte (SOLUÇÃO A), a qual era galgável para o ano horizonte de projecto ( $T=100$  anos) e, por fim, com uma estrutura que elimina os problemas apresentados anteriormente (SOLUÇÃO B).

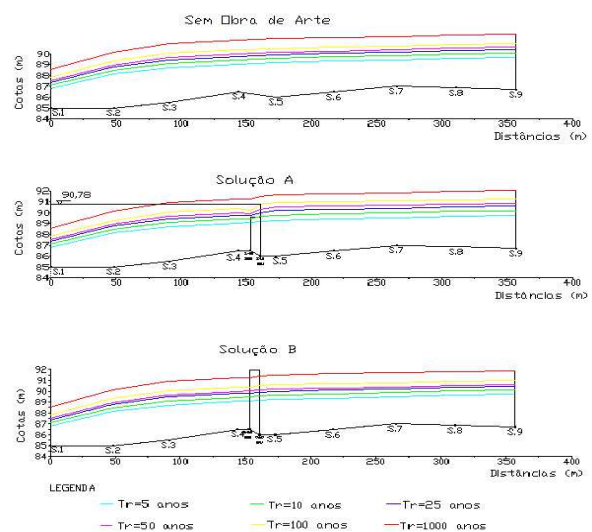


Figura 7 - Perfis longitudinais da superfície livre do escoamento para tempos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 e 1000 anos

## 9. Cálculo da erosão localizada junto da ponte

A diminuição da cota do leito na secção da ponte é causada pela contracção horizontal do escoamento, contracção vertical do escoamento, vórtices junto aos pilares e vórtices junto aos encontros para além da erosão que ocorre na secção devido à evolução natural da geomorfologia fluvial.

### 9.1. Análise da erosão junto da ponte devido ao estrangulamento horizontal do escoamento

O fenómeno da erosão junto da obra de arte, deve-se ao estrangulamento da linha de água, o que se traduz na prática por um rebaixamento da cota do fundo, na secção em que se localiza a ponte.

O estrangulamento é provocado pelos pilares e encontros da ponte, tornando a área da secção da passagem hidráulica menor do que a área da secção a montante desta, na qual estão incluídas as margens de inundação. Com esta variação de área, ocorre um aumento da velocidade de escoamento na secção, ao qual está associado um maior poder de transporte do material do leito, quer em suspensão, quer por arrastamento.

O rebaixamento da cota do fundo do leito, não é uniforme, podendo mesmo ser cíclico em fundos móveis, durante a ocorrência de uma cheia. Nesta situação, a velocidade do escoamento aumenta com o aumento do caudal durante o início de cheia e consequentemente o poder de transporte, o que faz aumentar a dimensão das fossas de erosão. No período de recessão da cheia, o caudal diminui gradualmente, pelo que os sedimentos que se deslocam junto ao fundo, entram na fossa de erosão mas já não existe capacidade de transporte para que estas voltem a sair. Este fenómeno faz com que pilares e encontros que durante a cheia tenham estado na iminência de ruir por descalçamento das fundações, pareçam estar em segurança numa inspecção após a cheia.

A erosão do fundo pode dar-se em duas situações: o escoamento chega à secção transportando sedimentos, ou chega limpo de qualquer material. Na primeira situação, em zonas onde a carga de sedimentos é significativa, ocorre erosão e deposição em simultâneo, até se encontrar um equilíbrio, no qual a quantidade de sedimentos que são depositados é igual à quantidade de sedimentos que são erodidos. Na segunda situação, como não se dá a chegada de sedimentos, a secção é erodida até que a velocidade de escoamento  $U$  seja igual a velocidade crítica  $V_c$ , ou a tensão tangencial  $\tau$  igual a tensão tangencial crítica  $\tau_c$ . O termo crítico significa, valor a partir do qual se dá início ao transporte de sedimentos [5].

As equações da continuidade, que traduzem o rebaixamento do fundo, têm por base o princípio da conservação do transporte de sedimento.

Todos os cálculos sedimentológicos foram efectuados tendo por base um tempo de retorno,  $Tr$ , igual a 100 anos.

**Nota:** Todos os valores e cálculos apresentados, são referentes às duas hipóteses (\*SOLUÇÃO A / SOLUÇÃO B), sempre que tal for necessário.

#### 9.1.1. Velocidade crítica para o início do movimento dos sedimentos

O procedimento para determinar se o escoamento a montante da secção está a transportar sedimentos tem por base a determinação do diâmetro das partículas numa mistura em que 50% são de diâmetro inferior ( $D_{50} = 0,165E^{-3}$  m),  $D_{50}$  e da velocidade crítica,  $V_c$ . Se  $V_c > U$ , não existe transporte de sedimentos a montante, caso contrario, se  $V_c < U$  existe transporte.

A velocidade crítica  $V_c$  é determinada pela seguinte equação:

$$V_c = K_u \cdot y^{1/6} \cdot D^{1/3}$$

$V_c$  - velocidade crítica, acima da qual os sedimentos com granulometria inferior a  $D$  começam a ser transportados (m/s);

$K_u$  - constante com valor igual a 6,19 para unidades do sistema internacional (S.I.);

$y$  - profundidade média do escoamento a montante da obra de arte (\*4,94/4,57 m);

$D$  - diâmetro das partículas (m);

$D_{50}$  - diâmetro das partículas numa mistura em que 50% são de diâmetro inferior ( $D_{50} = 0,165E^{-3}$  m).

No caso em estudo, o valor da velocidade média do escoamento, obtido através do Hec-Ras, é de (\*1,27/1,43 m/s), obtendo-se uma velocidade crítica igual a 0,44 m/s. Dado que  $V_c < U$ , existe o transporte de sedimentos a montante da ponte, logo o leito da ribeira é móvel (situação em que existem sedimentos a chegar à secção) [5].

#### 9.1.2. Erosão devido à contracção horizontal do escoamento, condição de leito móvel

Para o cálculo da erosão devido à contracção do canal, é recomendado o uso de uma versão modificada das equações de Laursen (1960) [5]:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left[ \frac{Q_2}{Q_1} \right]^{6/7} \left[ \frac{W_2}{W_1} \right]^{k_1}$$

$y_2$  - profundidade média do escoamento na secção contraída (m);

$y_1$  - profundidade média do escoamento a montante da secção contraída (\*4,94/4,57 m);

$Q_1$  - caudal no canal a montante (302,13 m<sup>3</sup>/s);

$Q_2$  - caudal na secção contraída (\*221,77/302,13 m<sup>3</sup>/s);

$W_1$  - largura do fundo do canal a montante (36,48 m);

$W_2$  - largura do fundo do caudal na secção contraída, descontando os pilares (\*29,59/30,32 m);

$k_1$  - expoente tabelado em função da velocidade de corte a montante e da velocidade de queda dos sedimentos (0,69).

Após a obtenção da profundidade média do escoamento na secção contraída ( $y_2$ ) igual a (\*4,38/4,76 m), determina-se o rebaixamento do leito ( $y_s$ ) através da equação:

$$y_s = y_2 - y_0$$

$y_s$  - rebaixamento do leito devido à erosão (m);

$y_0$  - profundidade média do escoamento na secção contraída, antes do início do processo erosivo (\*3,60/4,49 m).

O valor obtido para o rebaixamento da cota do fundo do leito ( $y_s$ ), na secção da obra de arte, devido à erosão por contracção do escoamento é de (\*0,78/0,27 m) [5].

## 9.2. Análise das fossas de erosão junto dos pilares

A fossa de erosão junto de um pilar é função do material e configuração do leito, características do escoamento, geometria dos pilares e respectiva fundação.

As propriedades do escoamento que interferem no cálculo são: velocidade e profundidade imediatamente a montante do pilar; o ângulo de ataque do pilar; e tipo escoamento (em superfície livre ou sobre pressão). No fluido, as propriedades com interesse são: a sua massa volúmica; a viscosidade; e a tensão superficial. Quanto ao pilar depende do seu tipo, dimensões e geometria [5].

### 9.2.1. Cálculo da fossa de erosão

Para a determinação da fossa de erosão, é recomendada a seguinte equação Richardson e Davis (2001) [5]:

$$\frac{y_s}{y_1} = 2,0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_w \cdot \left(\frac{a}{y_1}\right)^{0,65} \cdot Fr_l^{0,43}$$

$y_s$  - profundidade da fossa de erosão (m);

$y_1$  - profundidade do escoamento imediatamente a montante do pilar (m);

$K_1$  - factor de correcção para a forma do nariz do pilar (1);

$K_2$  - factor de correcção do ângulo de ataque (1);

$K_3$  - factor de correcção para a forma do leito (1);

$K_4$  - factor de correcção para o preenchimento da fossa de erosão por diâmetros superiores (1);

$K_w$  - factor de correcção para pilares de grandes dimensões em águas pouco profundas (\*0,804/0,853);

$a$  - largura do pilar (\*1,00/0,80 m);

$Fr_l$  - número de Froude imediatamente a montante do pilar.

No caso, o número de Froude obtido é de (\*0,182/0,214), o que indica tratar-se de um escoamento em regime lento. Após a determinação dos factores de correcção, obtém-se o valor da profundidade da fossa de erosão ( $y_s$ ) igual a (\*1,35/1,29 m).

De acordo com os estudos realizados por Chang (1987) e Melville e Sutherland (1988) [5], a máxima fossa de erosão em pilares com nariz redondo alinhados com a direcção do escoamento é dada por:

$$y_s \leq 2,4 \cdot a \text{ para } Fr \leq 0,8, \text{ logo verifica;}$$

$$y_s \leq 3,0 \cdot a \text{ para } Fr > 0,8.$$

Os autores advertem que no caso de se obterem valores de fossas de erosão superiores às dadas pelas equações anteriores, esses resultados devem ser questionados e alvo de estudos mais detalhados [5].

## 9.3. Análise da erosão provocada pela contracção vertical do escoamento

O escoamento sob uma ponte entra em pressão quando a superfície livre da água entra em contacto com a face inferior do tabuleiro da ponte. Nesta situação o escoamento reparte-se, entre a fracção que galga a ponte e a outra fracção do caudal que passa em pressão sob a ponte.

Na situação de o escoamento se realizar sob pressão, as fossas de erosão geradas pelos pilares e encontros são consideravelmente superiores, visto que, o escoamento é redireccionado pelo tabuleiro, na direcção do leito.

O aumento das fossas de erosão gerado pelo escoamento sob pressão, é atenuado se a velocidade de escoamento sob a obra de arte diminuir quando esta é galgada.

### 9.3.1. Cálculo da profundidade da erosão provocada pela contracção vertical do escoamento (SOLUÇÃO A)

Este tipo de efeito pode ser contabilizado pela seguinte equação, propostas por Arneson [5]:

$$\frac{y_{ves}}{y_1} = -5,08 + 1,27 \left( \frac{y_1}{H_b} \right) + 4,44 \left( \frac{H_b}{y_1} \right) + 0,19 \left( \frac{V_a}{V_c} \right)$$

$y_{ves}$  - profundidade da erosão gerada pela contracção vertical do escoamento (m);

$y_1$  - profundidade do escoamento imediatamente a montante da ponte (m);

$H_b$  - distância vertical entre a parte inferior do tabuleiro e o leito antes do processo erosivo (3,53 m);

$V_a$  - velocidade média do escoamento pela abertura da ponte antes do processo erosivo (2,84 m/s);

$V_c$  - velocidade crítica para o  $D_{50}$  (0,44 m/s).

No presente estudo, o valor calculado para a profundidade da erosão gerada pela contracção vertical do escoamento ( $y_{ves}$ ) é de 1,10 m [5].

### 9.3.2. Cálculo da largura da fossa de erosão

A largura de uma fossa medida à cota do leito e para um dos lados do pilar, para material sem coesão pode ser estimada pela seguinte equação:

$$W = y_s \cdot [K + \cot g(\theta)]$$

$W$  - largura da fossa de erosão (m);

$y_s$  - profundidade da fossa de erosão (1,35 m);

$K$  - largura da fossa de erosão no fundo (1,00 m);

$\theta$  - ângulo de repouso do material do fundo (39,70°)

A largura da fossa ( $W$ ) é de 2,98 m [5].

### 9.4. Análise das fossas de erosão junto dos encontros

O escoamento obstruído pelo encontro de uma ponte e aterro de aproximação, forma um vórtice horizontal, que tem origem na extremidade de montante do encontro e percorre todo o pé do encontro e um vórtice vertical provocado pela separação do escoamento que se forma na extremidade de jusante do encontro.

Os encontros podem estar localizados nas margens ou no próprio leito, sendo a erosão mais severa quando estes se localizam no leito e provocam um estrangulamento não gradual, como é o caso em estudo.

A equação que serviu para o cálculo da erosão, Froehlich, foi desenvolvida com base em ensaios laboratoriais, e é recomendada quando  $L'/y < 25$ :

$$\frac{y_s}{y_1} = 2,27 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \left( \frac{L'}{y_a} \right)^{0,43} \cdot Fr^{0,61} + 1$$

$y_s$  - profundidade da fossa de erosão (m);

$Fr$  - número de Froude, calculado com base na velocidade e profundidade do escoamento, junto à extremidade montante do encontro (\*0,134/0,115);

$K_1$  - coeficiente de forma do encontro (0,82);

$K_2$  - coeficiente para o ângulo de viés (1,00);

$y_a$  - profundidade média do escoamento na margem de inundação (\*2,86/4,34 m);

$L'$  - comprimento do aterro que obstrui o escoamento activo (\*14,44/4,00 m);

A profundidade da fossa de erosão ( $y_s$ ) junto dos encontros é de (\*5,99/6,43 m) [5].

Estes valores são preocupantes, mas constatou-se *in situ* que a profundidade da camada de sedimentos ao longo de todo o perfil longitudinal da ribeira, não ultrapassa os 0,50 m. Sob a camada de sedimentos encontra-se xistos pouco alterados que muito dificilmente atingem este grau de erosão.

### 9.5. Erosão Total

A diminuição da cota do fundo é dada pela soma da erosão provocada pela contracção horizontal do escoamento, contracção vertical do escoamento e fossa de erosão junto dos pilares ou encontros.

No caso em estudo, a erosão fica limitada à espessura da camada de sedimentos, 0,50 (m).

### 10. Cálculo do risco associado

De acordo com recomendações técnicas, considera-se para este tipo de obras, um tempo de vida útil igual a 100 anos. A probabilidade do caudal durante os 100 anos ser excedido, em pelo menos uma vez é o risco a associado a esta obra, que é obtido através da seguinte expressão:

$$R = 1 - \left( 1 - \frac{1}{T} \right)^n$$

$R$  - risco associado;

$T$  - tempo de retorno;

$n$  - tempo de vida útil da obra.

T (anos)	n (anos)	R
5		1,000
10		1,000
25	100	0,983
50		0,867
100		0,634
1.000		0,095

Quadro 2 – Risco associado

Podemos verificar na solução A, que a probabilidade de ocorrer uma cheia no tempo de vida útil com um caudal de  $302,13 \text{ m}^3/\text{s}$  será de 63,4 %, ou seja há mais de 50 % de probabilidade da ponte ser galgada durante o seu tempo de vida útil. A figura 8 demonstra esta situação.

Analisando o risco associado a esta ponte de outra forma, admitindo um limite máximo da linha de água na cota inferior do tabuleiro da ponte, o caudal passa a ser de  $184 \text{ m}^3/\text{s}$ . Interpolando este valor no quadro 2 (risco associado), retiramos o valor T (tempo de retorno) de 9,6 anos. Substituindo directamente na fórmula do Risco, podemos afirmar que quase de certeza o caudal chegará até à cota limite (cota inferior do tabuleiro) no período de vida útil de 100 anos.

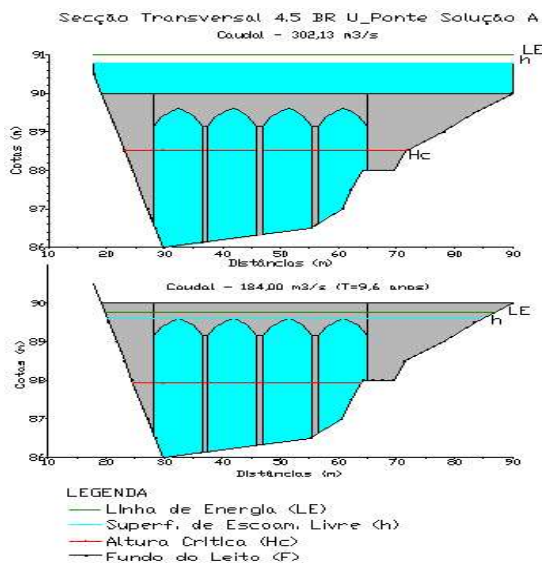


Figura 8 - Secção transversal da SOLUÇÃO A

Relativamente à solução B, e comparando resultados com a solução A, para o caudal de  $302,13 \text{ m}^3/\text{s}$ , a linha de água nunca chega a tocar no tabuleiro, temos um folga de aproximadamente 1,5 metros, como se pode verificar pela figura 9.

Considerando agora que a linha de água toca na cota inferior do tabuleiro, o caudal necessário para criar esta situação seria de  $555,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , com um tempo de retorno superior a 1000 anos e um risco associado inferior a 0,095 (9,5 %).

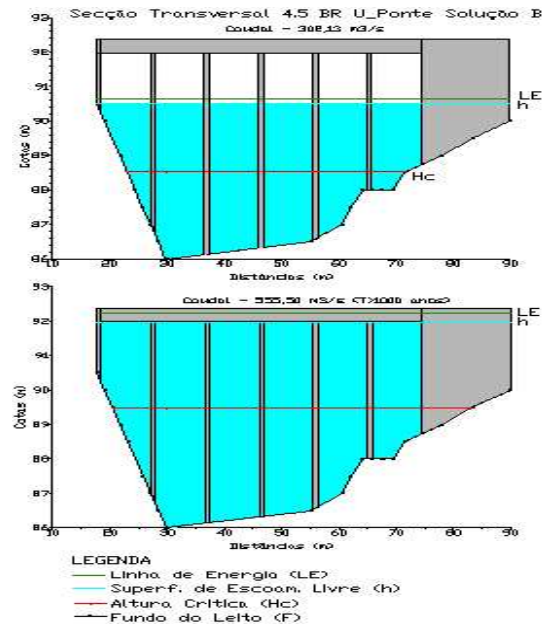


Figura 9 - Secção transversal da SOLUÇÃO B

## 11. Medidas a tomar para minorar o efeito de cheia

Os efeitos desastrosos associados a uma cheia podem ser devastadores, assim sendo é necessário tomar, em tempo útil, medidas. As medidas podem ser estruturais e não estruturais. As primeiras, visam a redução de alguns parâmetros do afluente, tais como, o caudal de ponta, os níveis da superfície livre e a área inundável. As medidas não estruturais, de carácter preventivo, têm em vista a redução do risco associado às actividades económicas desenvolvidas nas zonas inundáveis.

No caso de estudo SOLUÇÃO A, estamos perante uma superfície livre de escoamento muito elevada, pelo que se propõem várias soluções estruturais. A subida das cotas do tabuleiro, a diminuição da área dos pilares; e o recuo dos encontros, de forma a aumentar a área de fluxo sob a ponte SOLUÇÃO B.

## 12. Conclusões

Com base na SOLUÇÃO A e nos resultados obtidos, conclui-se que esta é galgada e apresenta graves efeitos de erosão localizada, junto dos pilares e encontros da ponte. O que nos levou a apresentar uma SOLUÇÃO B para a estrutura da ponte, com o tabuleiro a uma cota superior, os pilares com a secção mais reduzida e o aumento do número de vãos. Com estas alterações, a ponte apresentada, como SOLUÇÃO B, já não seria galgável para o seu tempo de vida útil (100 anos) e os efeitos da erosão localizada seriam atenuados.

Em suma, o objectivo deste estudo consiste em descrever uma metodologia a implementar aquando da concepção estrutural da obra de arte. Esta tem em conta

os aspectos da capacidade de vazão e da erosão localizada nos pilares e encontros, que muitas vezes são descorados em fase de projecto.

## 12. Bibliografia

[1] **Quintela, António de Carvalho** (2002), "*Hidráulica*", Fundação Calouste Gulbenkian.

[2] **Ven-te-Chow** (1959), "*Open Channel Hydraulics*", McGraw-Hill.

[3] **Cardoso, António Heleno** (1998), "*Hidráulica Fluvial*", Fundação Calouste Gulbenkian.

[4] **Lencastre, A. E. Franco** (1992), "*Lições de Hidrologia*", Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

[5] **Richardson, Everett V., Briand, Jean-Louis** (2001), "*United States Practice for Bridge Scour Analysis*", Presented at XV International Conference on Soil Mechanics and Geotech Engineering, ISSMGE, Istanbul, Turkey.

[6] **Lança, Rui** (2004), "*Sebenta de Hidráulica Fluvial*", Universidade do Algarve, Escola Superior de Tecnologia, Área Departamental de Engenharia Civil.