
DEPARTAMENTO DE REQUALIFICAÇÃO URBANA (DRU)



**PLANO DE PORMENOR
DO ESPAÇO DE REESTRUTURAÇÃO URBANÍSTICA
E VALORIZAÇÃO PATRIMONIAL DA ÁREA ENVOLVENTE
À VILLA ROMANA DE FREIRIA**

**ANEXO A
ESTUDO HIDROLÓGICO E LAMINAGEM DE CAUDAIS**

PROJECTO DO PLANO

JANEIRO 2010

PLANO DE PORMENOR DO ESPAÇO DE REESTRUTURAÇÃO URBANÍSTICA E VALORIZAÇÃO PATRIMONIAL DA ÁREA
ENVOLVENTE À VILLA ROMANA DE **FREIRIA**



ANEXO A - ESTUDO HIDROLÓGICO E LAMINAGEM DE CAUDAIS

ÍNDICE DAS PEÇAS ESCRITAS

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. INTRODUÇÃO
2. ENQUADRAMENTO
3. CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA
4. ANÁLISE HIDRÁULICA
5. CONCLUSÕES

ANEXO 1 (valores do número de escoamento)

ÍNDICE DAS PEÇAS DESENHADAS

DES. Nº	DESIGNAÇÃO	ESCALA
22	Bacias Hidrográficas e Cartas Hipsométricas e de Declives	1:25.000
23	Sub-Bacias Hidrográficas e Caudais de Cálculo	1:10.000
24	Planta Geral e Cortes Tipo de Canais Naturalizados	1:2.000; 1:100

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. INTRODUÇÃO

Refere-se o presente trabalho ao estudo hidrológico e laminagem de caudais na área do Plano de Pormenor de Freiria, tendo como objectivo pré-dimensionar canais naturalizados e bacias de retenção na zona em causa para que não só se minimizem os riscos de cheia como, igualmente, o caudal escoado para jusante não seja superior ao que, na situação actual, se escoia.

Assim, no presente estudo caracterizar-se-ão os principais parâmetros envolvidos e desenvolver-se-á, ao nível ainda de Plano de Pormenor, uma global solução hidráulica adequada que terá uma importante vertente de enquadramento ambiental e paisagística - já que todas as soluções aqui apresentadas se encontram compatibilizadas com o urbanismo/paisagismo.

Finalmente, refira-se que este trabalho surge na sequência de um parecer da CCDR de Lisboa e Vale do Tejo que motivou a alteração do presente Plano de Pormenor. Assim, julga-se que, com o trabalho que agora se apresenta, se corresponde às suas legítimas pretensões, na especialidade a que este trabalho diz respeito.

2. ENQUADRAMENTO

2.1 Bases de Trabalho

Esta trabalho tem como bases:

- a) O projecto urbanístico para o Plano;
- b) As cartas militares à escala 1:25.000;
- c) Um levantamento local por forma não só a aumentar o rigor das bases de trabalho como, igualmente, a caracterizar devida e inequivocamente, a situação actual, nomeadamente em termos das intervenções já efectuadas;
- d) Os anteriores projectos para a zona em causa, para análise e adaptação;
- e) As directivas da CCDR e do INAG.

2.2 Visão Geral do Trabalho

Em termos gerais, pode dizer-se que, em relação a regularizações, se prevê a adopção de uma solução ou em pedra arrumada à mão ou em taludes revestidos com soluções naturalizadas. Em relação às bacias de amortecimento, as mesmas serão, de uma maneira geral, em zonas verdes, com um paramento em pedra ou revestido a pedra. A excepção será a bacia nº 1 (BR1), a prevista na ribeira 1 em local previamente decidido pelo INAG e pela CCDR, em que o muro de suporte da estrada (no qual se criará o orifício/d Descarregador inferior) servirá de paramento.

Um aspecto importante a assinalar e que posteriormente será demonstrado, é o de que as secções projectadas, em relação à cheia centenária, têm capacidade mais que suficiente, ou seja, conseguem comportá-la inclusive com folga, pelo que não existe perigo de transbordamento.

Em resumo e ainda em traços gerais, as várias intervenções previstas serão basicamente 4 bacias de retenção e um conjunto de canais naturalizados.

3. CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA

3.1 Introdução

Conforme pretendido pelo INAG e pela CCDR e como é boa prática neste tipo de casos, todo o dimensionamento foi efectuado para o caudal de uma cheia provocada por uma precipitação correspondente a um período de retorno de 100 anos. É de assinalar que, em fase posterior deste trabalho, as bacias de retenção terão de ser verificadas também para períodos de retorno inferiores, em termos da “afinação” do pré-dimensionamento aqui efectuado para os seus descarregadores. No entanto, não se prevê que hajam alterações significativas, já que nesta fase se trabalhou com alguma folga.

Refira-se, ainda, que os caudais de cheia nas secções em estudo foram calculados não só para a atrás referida cheia de cálculo, a chamada “cheia centenária”, como para as correspondentes a precipitações com períodos de retorno inferiores, nesta fase apenas com carácter indicativo.

3.2 Dados de Base

3.2.1 Parâmetros Fisiográficos A análise das cheias pressupõe a obtenção prévia de valores de parâmetros fisiográficos conducentes à caracterização da correspondente bacia

hidrográfica e rede de drenagem. Essa determinação foi feita para as situações “existente” e “futura”.

Assim, e a partir da carta militar à escala 1:25.000, marcou-se o contorno da bacia hidrográfica e construíram-se as cartas hipsométrica e de declives (ver Des. 22). Seguidamente, marcaram-se as sub-bacias hidrográficas (ver Des. 23) e obtiveram-se, para cada uma delas e para a total, os respectivos valores característicos, nomeadamente a área da bacia hidrográfica (A), o comprimento do curso de água principal (L) e o comprimento de comprimento total de curvas de nível (Sn).

Seguidamente, a partir da carta hipsométrica e para cada sub-bacia, criaram-se as curvas hipsométricas (apresentando-se, a título exemplificativo, a da bacia total na situação “futura” e na secção G), por forma a obter as alturas médias (hm) e, como consequência da carta de declives, calcularam-se os declives médios (Sm)

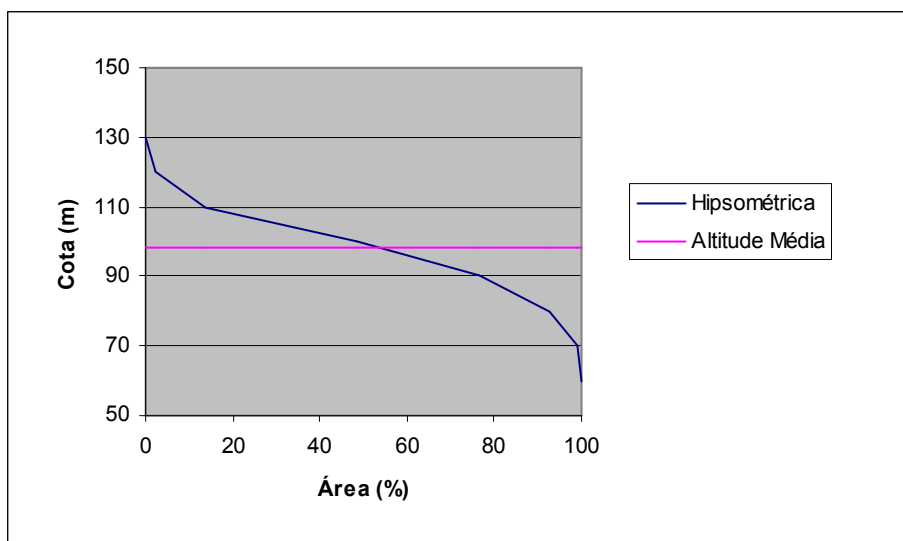


Fig. 1 – Curva Hipsométrica na Secção G

Refira-se que, para a obtenção dos declives médios e como forma de confirmação, também se utilizou um processo alternativo, que é o correspondente à seguinte formulação (sendo E a equidistância entre curvas de nível, em km - neste caso 0,010):

$$Sm(\%) = \frac{100 \cdot Sn \cdot E}{A}$$

Utilizando estes procedimentos para as diversas secções de cálculo, ter-se-ão como conclusões principais as que se apresentam nos Quadros I e II.

3.2.2 Precipitações de Projecto

Para o cálculo das precipitações de projecto, admitiu-se que o período de retorno do acontecimento pluviométrico coincidia com o da correspondente cheia.

Os dados considerados para a intensidade máxima média anual da precipitação para as curtas durações e para o período de retorno adoptado, foram os apresentados em MATOS, 1986, e resultaram:

- a) Do tratamento estatístico das séries de valores máximos anuais da intensidade de precipitação referentes ao posto udográfico de Lisboa (série completa de registos de 1860 a 1983). A partir do mesmo, concluiu-se pela adopção da distribuição de PEARSON III;
- b) Da obtenção das curvas I-D-F por ajustamento, utilizando o método dos mínimos quadrados, de uma curva exponencial à série de valores da intensidade máxima média anual da precipitação.

Assim, os parâmetros adoptados para a obtenção de valores de precipitação são os que se apresentam no Quadro III, em que:

- T - Período de retorno (anos);

- a, b - Parâmetros de regressão.

Quadro I – Súmula de Dados Fisiográficos (Situação “Existente”)

Secção	A (km2)	L (m)	CN (-)	S (%)	S' (%)	Sadopt (%)	hm(m)
A	0,53	1150	90	3,1	4,6	4,0	20
B	0,59	1460	90	3,6	5,1	4,5	30
C=BR1	0,97	1460	90	3,8	5,6	4,5	27
D	0,26	380	90	3,5	7,1	5,5	13
E	0,36	760	90	4,5	8,2	6,5	25
F	0,20	550	90	8,7	12,2	10,5	27
G	1,68	1710	90	4,9	7,5	5,5	33
H=BR4	0,03	180	90	6,6	12,3	9,5	14
Cmont	0,380	630	90	4,0	6,4	5,5	21
BR2	0,045	300	90	6,1	8,8	7,5	14
BR3	0,070	380	90	5,8	9,0	7,5	16

Quadro II – Súmula de Dados Fisiográficos (Situação “Futura”)

Secção	A (km2)	L (m)	CN (-)	S (%)	S' (%)	Sadopt (%)	hm(m)
A	0,530	1150	90	3,1	4,6	4,0	20
B	0,600	1400	90	3,7	5,3	4,5	30
C=BR1	1,000	1400	90	3,9	5,9	4,5	26
D	0,260	380	90	3,5	7,1	5,5	13
E	0,370	760	90	4,6	7,6	6,5	25
F	0,220	550	90	8,8	12,0	10,5	27
G	1,720	1650	90	5,0	7,5	5,5	32
H=BR4	0,060	370	90	7,4	12,2	10,0	13
Cmont	0,400	630	90	4,0	6,4	5,5	20
BR2	0,060	400	90	8,0	10,0	9,0	13
BR3	0,085	400	90	6,8	8,2	7,5	15

Quadro III - Parâmetros das Curvas I-D-F

T (anos)	A	b
2	202.72	- 0.577
5	259.26	- 0.562
10	290.68	- 0.549
20	317.74	- 0.538
50	349.54	- 0.524
100	365.62	- 0.508

Consequentemente, a intensidade de precipitação obtém-se por :

$$i = a \cdot t^b$$

sendo:

- i - Intensidade máxima média anual da precipitação (mm/h);
- t - Duração da precipitação (min).

3.2.3 Tempo de Concentração

No estudo de cheias em cursos de água em regime natural, admite-se que o caudal de ponta de cheia na secção terminal de uma bacia hidrográfica atinge o seu máximo para precipitações intensas com duração igual ao tempo de concentração da bacia (tempo que a partícula cinematicamente mais afastada demora a atingir a secção terminal).

No cálculo daquele tempo utilizou-se a formulação do S.C.S., ou seja:

$$T_c = \frac{100 \cdot (L \cdot 1000)^{0,8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0,7}}{0,3038 \cdot 1900 \cdot \sqrt{Sm}}$$

sendo :

- Tc - tempo de concentração, em *min*;
- CN - Número de escoamento (“curve number”) - ver Anexo 1;
- L – Comprimento do curso de água principal, em *m*;
- Sm – Declive médio da bacia hidrográfica, em %.

No caso presente, obtém-se, para um *CN* adoptado de 90, os tempos de concentração que se apresentam no Quadro IV.

Quadro IV – Tempos de Concentração

Secção	Tc “Existente” (min)	Tc “Futuro” (min)
A	32	32
B	37	36
C=BR1	37	36
D	11	11
E	18	18
F	11	11
G	38	37
H=BR4	5	8
Cmont	17	17
BR2	8	9
BR3	10	10

Como se pode constatar, nas situações em que não há grandes alterações de bacia em termos da relação “existente”/“futuro”, o tempo de concentração diminui da primeira para a

segunda situação. Nas situações inversas, dá-se um (também ligeiro) aumento desse parâmetro.

3.3 Modelo de Cálculo

Para o cálculo dos caudais de ponta de cheia utilizou-se o modelo norte-americano HEC. O HEC é um modelo de simulação de acontecimentos, desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers e que permite a caracterização da cheia decorrente de um acontecimento pluviométrico.

Para o hidrograma unitário necessário para a utilização do referido modelo, optou-se pelo hidrograma unitário sintético do SCS.

A partir do hidrograma unitário, a sua convolução discreta com o hietograma da precipitação fornece o hidrograma de cheia correspondente ao escoamento directo. Como se desprezou o escoamento de base tem-se, assim, o caudal total de ponta de cheia.

Os dados de base utilizados foram, para além dos apresentados em capítulos anteriores, os seguintes:

- Hietograma de precipitação uniforme ao longo do tempo;
- Percentagem de área impermeabilizada de 80% nas áreas a edificar pelo Plano (valor que se considera bastante a favor da segurança) e, nas áreas que permanecerão inalteradas, 40%. Como consequência deste critério, criou-se o Quadro V por forma a se conhecer, em termos de impermeabilização, as “consequências” do Plano. Refira-se que este aspecto é fulcral, já que se terá de fazer a laminagem de caudais por forma a obter um caudal inferior ou igual ao existente antes da intervenção.

Quadro V – Percentagem de Áreas Impermeabilizadas

Secção	Aimp_Exist(%)	Aimp_Fut.(%)
A	40	40
B	40	45
C=BR1	40	45
D	40	40
E	40	52
F	40	44
G	40	47
H=BR4	40	80
Cmont	40	45
BR2	40	80
BR3	40	80

3.4 Resultados Obtidos

A partir dos dados de base atrás referidos e utilizando o modelo HEC, obtiveram-se os hidrogramas e os valores de caudais de ponta de cheia que adiante se apresentarão, caso a caso, na análise hidráulica que seguidamente se fará.

No entanto e apenas a título exemplificativo, apresenta-se, no que se refere ao global da bacia, na Fig.2 a variação da precipitação e na Fig. 3 os hidrogramas de cheia para as diferentes impermeabilizações (no caso 40 e 47%) e com o amortecimento previsto.

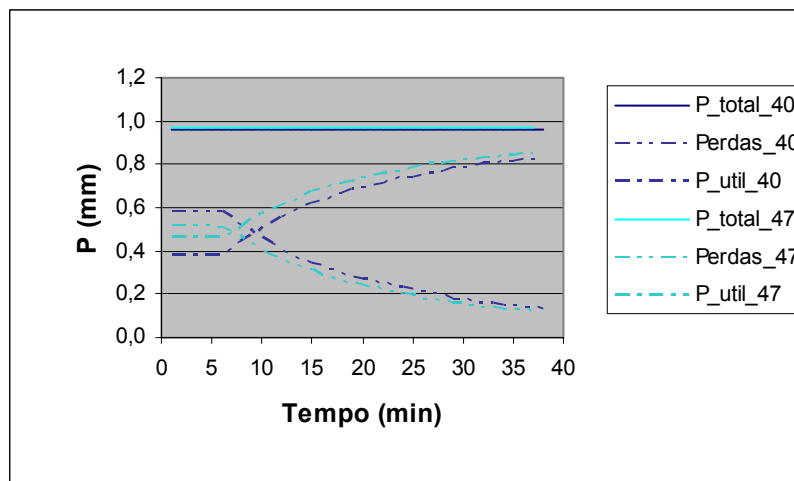


Fig. 2 – Variação da Precipitação (secção G, situação “futura”)

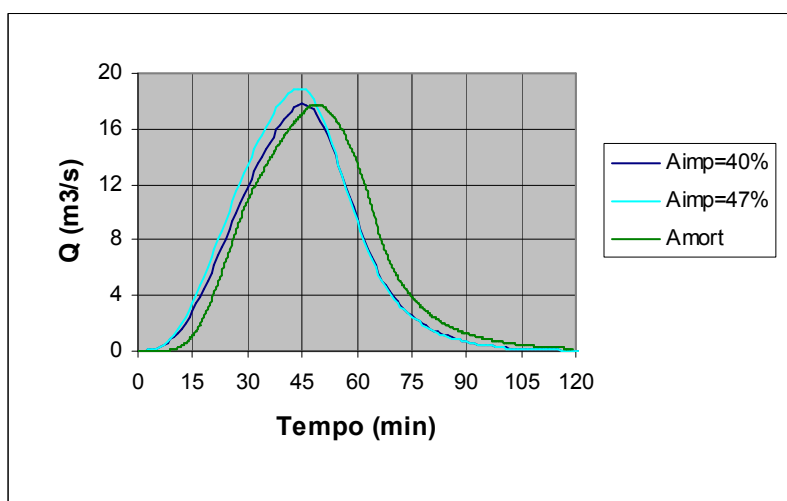


Fig. 3 – Hidrogramas de Cheia Centenária (secção G)

4. ANÁLISE HIDRÁULICA

4.1 Elementos e Critérios de Base

Os elementos de base adoptados foram os seguintes:

- Os extraídos da carta militar à escala 1:25.000 e atrás referidos;
- Como consequência do anterior, os caudais de cálculo;
- As características geométricas e físicas da situação existente;
- Os valores para o coeficiente de rugosidade de $35 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ para naturalizadas e de $75 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ para secções em betão (apenas, como adiante se verá, para a reabilitação de canais existentes).

Como critérios adoptaram-se os seguintes:

- Dimensionamento das bacias de retenção para a cheia centenária da situação “futura”, com o objectivo de obtenção de um caudal inferior ou igual ao da situação “existente”;
- Por segurança, dimensionamento dos canais naturalizados para uma percentagem de área impermeável de 60% e sem consideração de amortecimentos a montante – refira-se que os mesmos, como adiante se verá, não têm grande expressão;

4.2 Solução Projectada

4.2.1 Introdução

Nesta fase do trabalho, não se pretende ser exaustivo mas sim criar bases seguras como ponto de partida para as fases posteriores do mesmo. No entanto, considera-se que o que

aqui se apresenta já tem suficiente rigor para poder dar uma boa aproximação do que, efectivamente, se terá no futuro. Nos capítulos seguintes apresentar-se-ão as principais obras a executar na área deste Plano de Pormenor. Finalmente, sugere-se o acompanhamento destes próximos capítulos com os Desenhos 23 e 24, para melhor compreensão do exposto.

4.2.2 Ribeira 1

Na situação actual, esta ribeira encontra-se desviada imediatamente a montante por colectores municipais, indo o caudal de montante somar-se ao da ribeira adjacente à margem esquerda. Por forma a que esta ribeira volte a funcionar, foi pedido pela CCDR que se fizesse um “corte” nesse desvio e se procedesse a nova travessia da estrada, fazendo com que os caudais retomassem o seu curso natural. Assim, apresenta-se no Quadro VI os caudais e na Fig. 4 os hidrogramas de cheia, tendo-se utilizado para pré-dimensionamento (conforme critérios atrás expostos) o caudal correspondente a uma cheia centenária, com uma percentagem de área impermeável de 60%.

Quadro VI – Caudais de Cálculo (Secção A)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m3/s)	Q60(m3/s)
2	202,72	-0,577	32	27,4	14,6	1,75	2,32
5	259,26	-0,562	32	37,0	19,7	2,68	3,33
10	290,68	-0,549	32	43,4	23,1	3,34	4,04
20	317,74	-0,538	32	49,2	26,3	3,99	4,72
50	349,54	-0,524	32	56,9	30,3	4,83	5,60
100	365,62	-0,508	32	62,9	33,5	5,52	6,31

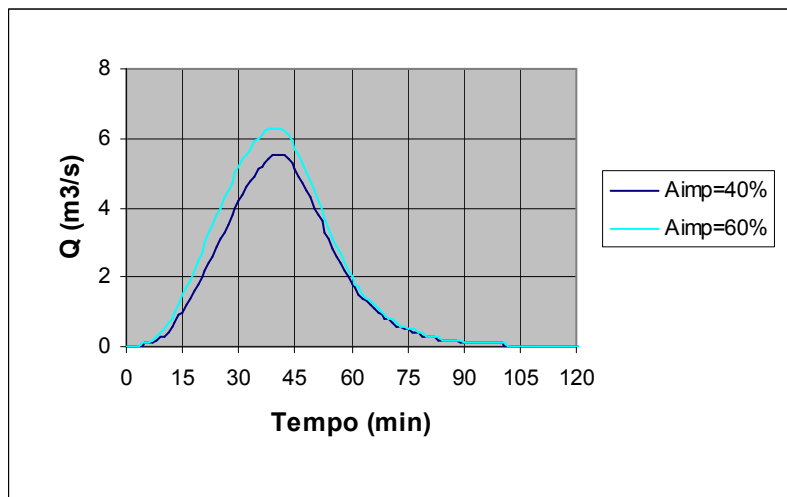


Fig. 4 – Hidrogramas de Cheia Centenária (secção A)

Assim, e para um caudal de $6,31 \text{ m}^3/\text{s}$, prevê-se uma travessia sob a estrada efectuada com um colector em betão de secção circular com 1,20m de diâmetro e uma inclinação mínima de 3%, cujas caracterização se apresenta na Fig.5.

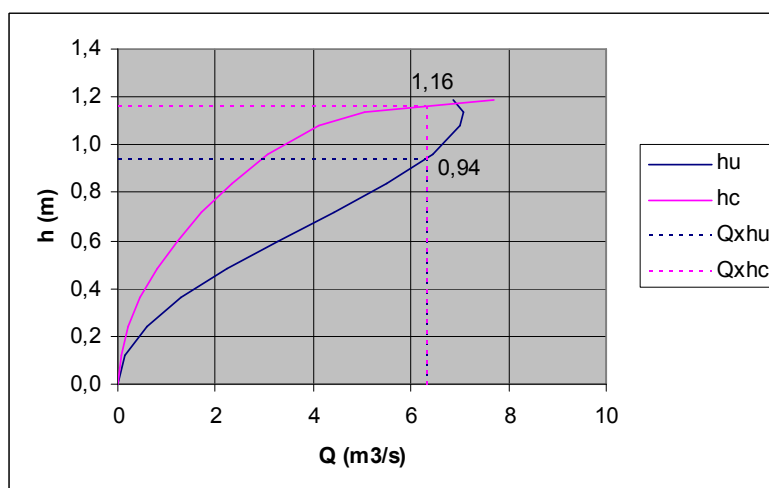


Fig. 5 – Características Hidráulicas da Travessia a Montante da Secção A

Pela mesma pode-se concluir que estaremos em regime rápido e que teremos uma folga de cerca de 25 cm.

Prosseguindo para jusante e até à bacia de retenção nº 1 (BR1), teremos um canal naturalizado (da forma anteriormente explicitada) em superfície livre, troço esse calculado com o caudal de $7,14\text{m}^3/\text{s}$, conforme se mostra no Quadro VII. Igualmente se apresenta, na Fig.6, os hidrogramas de cheia centenária.

Quadro VII – Caudais de Cálculo (Secção B)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m3/s)	Q60(m3/s)
2	202,72	-0,577	36	25,6	15,4	2,01	2,60
5	259,26	-0,562	36	34,6	20,8	3,07	3,75
10	290,68	-0,549	36	40,6	24,4	3,83	4,56
20	317,74	-0,538	36	46,2	27,7	4,55	5,31
50	349,54	-0,524	36	53,5	32,1	5,54	6,33
100	365,62	-0,508	36	59,2	35,5	6,32	7,14

Assim, optou-se por um canal trapezoidal, com 1,0m de rasto, uma inclinação lateral de (H:V) 2:1 e uma altura máxima de 1,10m, a que corresponde uma largura superficial de 5,40m. As suas características hidráulicas, para uma inclinação mínima de 2% (a ordem do mínimo local), são apresentadas na Fig.7. Da mesma pode concluir-se que se estará em regime rápido, que se terá uma folga de cerca de 25cm e que o canal comporta a altura crítica, o que é um importante critério a adoptar em situações deste tipo, evitando-se a hipótese de transbordamento do mesmo.

No fim deste canal, ter-se-á a atrás referida BR1, localizada em local escolhido anteriormente pelo INAG e com concordância da CCDR, local esse que é a montante de um novo arruamento cujo muro de suporte servirá de paramento para a bacia.

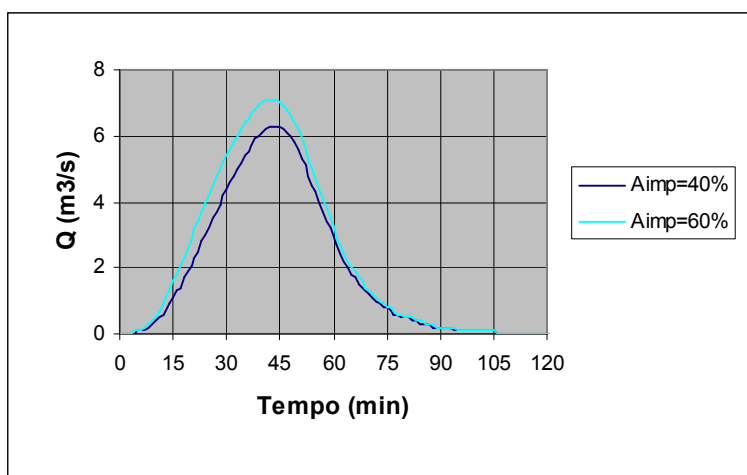


Fig. 6 – Hidrogramas de Cheia Centenária (secção B)

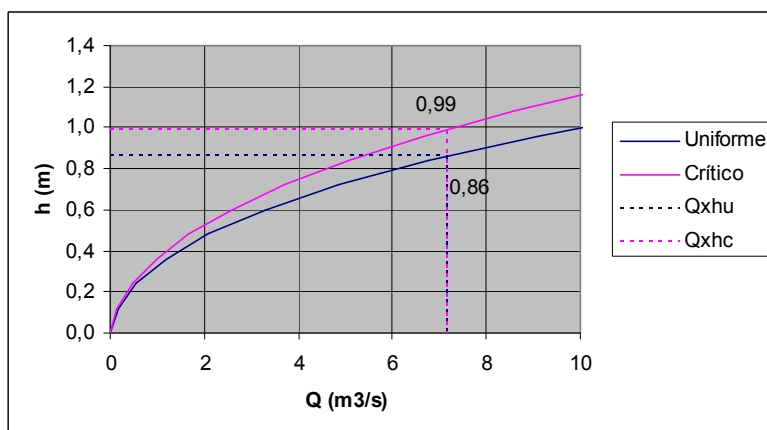


Fig. 7 – Características Hidráulicas do Troço A-B

Em termos de caudais, os mesmos são os que se apresentam no Quadro VIII, sendo que o caudal máximo de entrada será de $10,86 \text{ m}^3/\text{s}$ e o de saída não poderá ser superior a $10,23 \text{ m}^3/\text{s}$. Assim, previu-se uma bacia de retenção com cerca de 1.500 m^2 e com um descarregador inferior constituído por um orifício de $2,5 \times 1,20 \text{ m}^2$, sendo que o descarregador

superior será a própria estrada. Note-se que isto não trará qualquer problema de segurança, já que a altura máxima atingida, para cheia centenária, será de 2,26m, inferior à diferença de cotas entre a albufeira e o arruamento.

Quadro VIII – Caudais de Cálculo (Secção C)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m ³ /s)	Q45(m ³ /s)
2	202,72	-0,577	36	25,6	15,4	3,25	3,59
5	259,26	-0,562	36	34,6	20,8	4,95	5,39
10	290,68	-0,549	36	40,6	24,4	6,19	6,68
20	317,74	-0,538	36	46,2	27,7	7,37	7,89
50	349,54	-0,524	36	53,5	32,1	8,95	9,55
100	365,62	-0,508	36	59,2	35,5	10,23	10,86

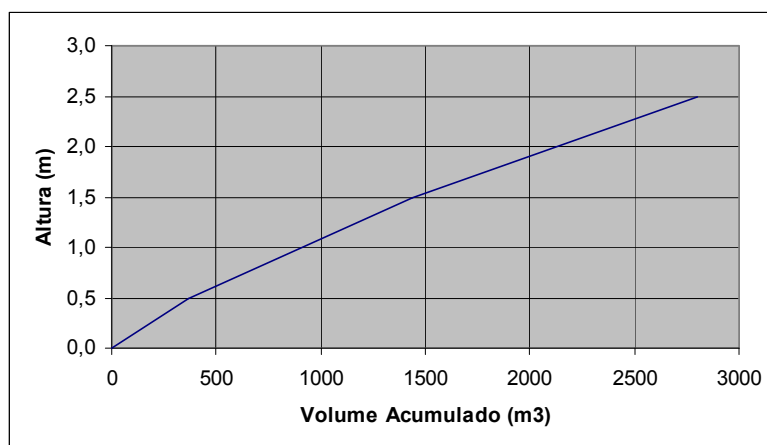


Fig. 8 – BR1 – Curva de Volumes Acumulados

Simulando a cheia verifica-se (ver Fig. 9) que se provocou um desfasamento de pico de cheia e que o caudal máximo efluente (10,21m³/s) é inferior ao caudal “natural” de 10,23m³/s cumprindo, assim, a bacia de retenção a laminagem de caudais pretendida.

Continuando para jusante, teremos novamente um canal em superfície livre que foi calculado com os mesmos critérios anteriores e para a secção imediatamente a montante de G, tendo por consequência um caudal de cálculo de 12,21 m³/s.

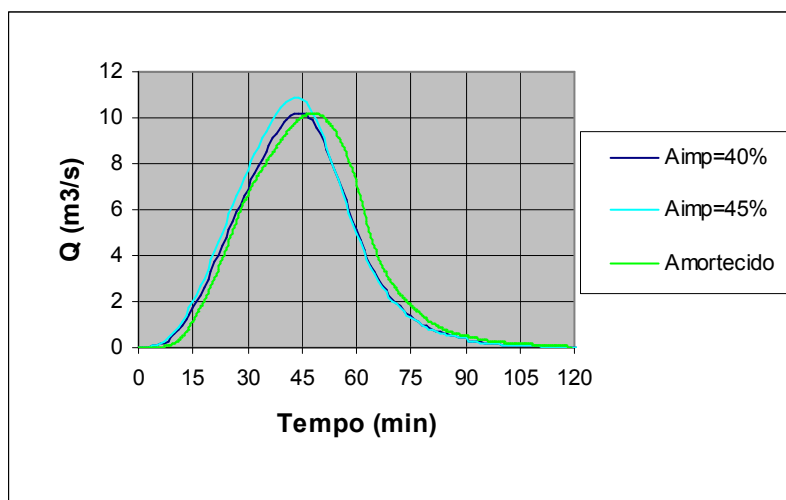


Fig. 9 – Hidrogramas de Cheia Centenária (Secção C)

Assim, previu-se um canal em superfície livre trapezoidal, com 1,50m de rasto, uma inclinação lateral de (H:V) 2:1 e uma altura máxima de 1,30m, a que corresponde uma largura superficial de 5,70m. As suas características hidráulicas, para uma inclinação mínima de 2% (a ordem do mínimo local), são apresentadas na Fig.10. Da mesma pode concluir-se que se estará em regime rápido, que se terá uma folga de cerca de 30cm e que também este canal comporta a altura crítica.

Imediatamente a montante da confluência da Ribeira 3 e no fim deste canal, existe um troço canalizado em muito mau estado, com secção muito insuficiente e que nos pareceu importante reabilitar. Assim, e para o mesmo caudal, adoptou-se uma secção de 2,0x1,7m², por forma a que se tenha uma altura de secção suficiente para a altura crítica e com alguma folga, já que se trata de uma secção fechada. As suas características hidráulicas são apresentadas na Fig.11.

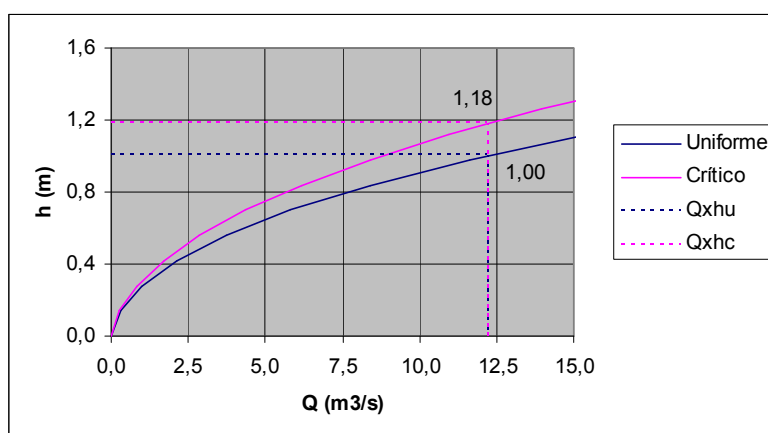


Fig. 10 – Características Hidráulicas do Troço C-G

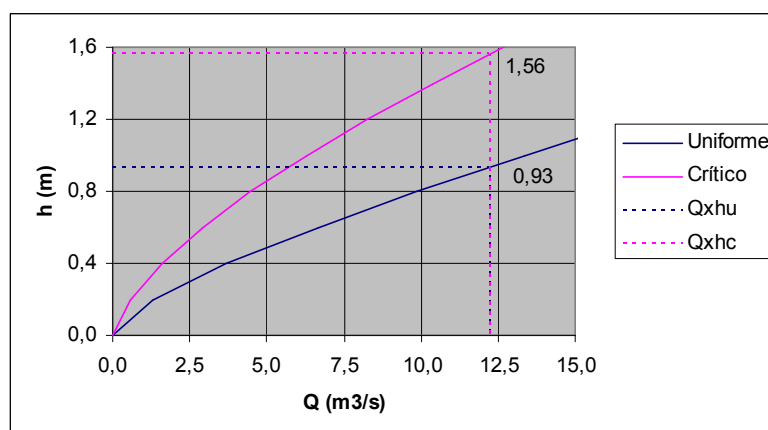


Fig. 11 – Características Hidráulicas do Troço Canalizado a Montante de G

Ainda ligada à Ribeira 1, existe a descarga da bacia de Retenção nº 2 (BR2). Em termos de caudais, os mesmos são os que se apresentam no Quadro IX, sendo que o caudal máximo de entrada será de $1,79 \text{ m}^3/\text{s}$ e o de saída não poderá ser superior a $1,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Assim, previu-se uma bacia de retenção com cerca de 500 m^2 e com um descarregador inferior constituído por um orifício de $0,6 \times 0,6 \text{ m}^2$, sendo que o descarregador superior – apenas de segurança – terá

2,0m de largo e só funcionará a partir de 1,50m, ou seja, acima da altura máxima atingida de 1,38m. Essa altura máxima (a que corresponde um volume máximo utilizado de 539 m³), foi obtida a partir da simulação com a curva de volumes acumulados apresentada na Fig.12.

Quadro IX – Caudais de Cálculo (Secção BR2)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m3/s)	Q80(m3/s)
2	202,72	-0,577	9	57,1	8,6	0,35	0,79
5	259,26	-0,562	9	75,4	11,3	0,54	1,07
10	290,68	-0,549	9	87,0	13,1	0,67	1,26
20	317,74	-0,538	9	97,4	14,6	0,79	1,42
50	349,54	-0,524	9	110,5	16,6	0,95	1,63
100	365,62	-0,508	9	119,7	18,0	1,06	1,79

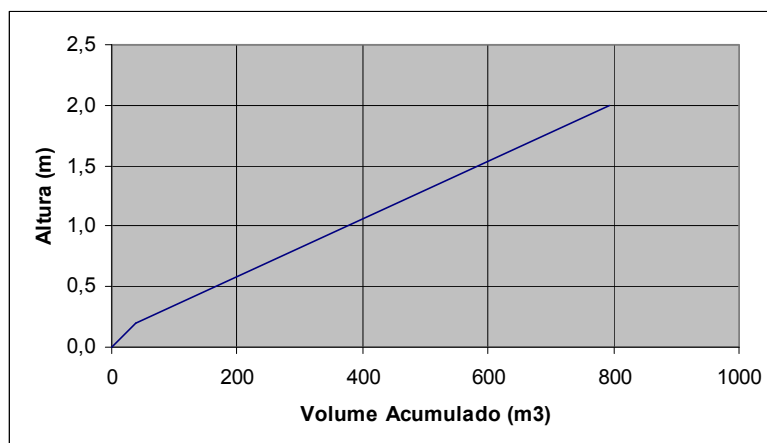


Fig. 12 – BR2 – Curva de Volumes Acumulados

Simulando a cheia verifica-se (ver Fig. 13) que se provocou um desfasamento de pico de cheia e que o caudal máximo efluente (0,99m³/s) é inferior ao caudal “natural” de 1,06m³/s cumprindo, assim, a bacia de retenção, a laminagem de caudais pretendida.

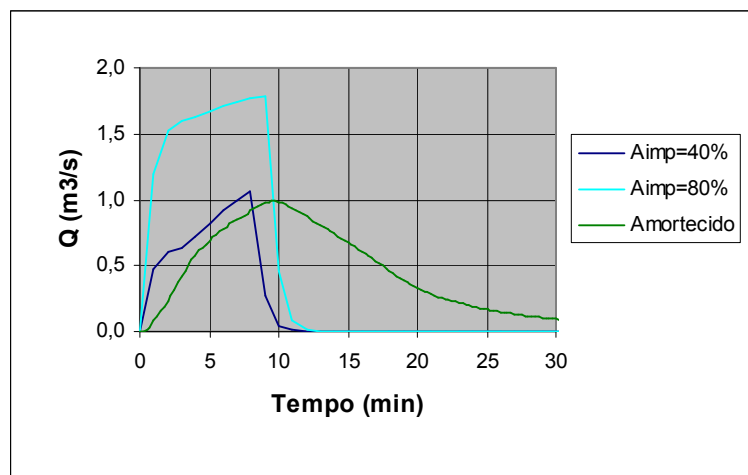


Fig. 13 – Hidrogramas de Cheia Centenária (Secção BR2)

É ainda de referir que a forma dos hidrogramas afluentes é consequência da diminuta área de bacia e consequente reduzido tempo de concentração.

4.2.3 Ribeira 2

Nesta ribeira ir-se-á apenas colocar um canal em todo semelhante ao de montante da Ribeira 1, já que os caudais, como se pode constatar pelos Quadro X e Fig.14 são praticamente iguais (7,14 versus 7,10 m³/s)

Quadro X – Caudais de Cálculo (Ribeira 2, Secção a Montante de C)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m³/s)	Q60(m³/s)
2	202,72	-0,577	17	39,5	11,2	1,98	2,71
5	259,26	-0,562	17	52,8	14,9	3,00	3,84
10	290,68	-0,549	17	61,4	17,4	3,75	4,65
20	317,74	-0,538	17	69,2	19,6	4,44	5,38
50	349,54	-0,524	17	79,2	22,4	5,35	6,33
100	365,62	-0,508	17	86,7	24,6	6,09	7,10

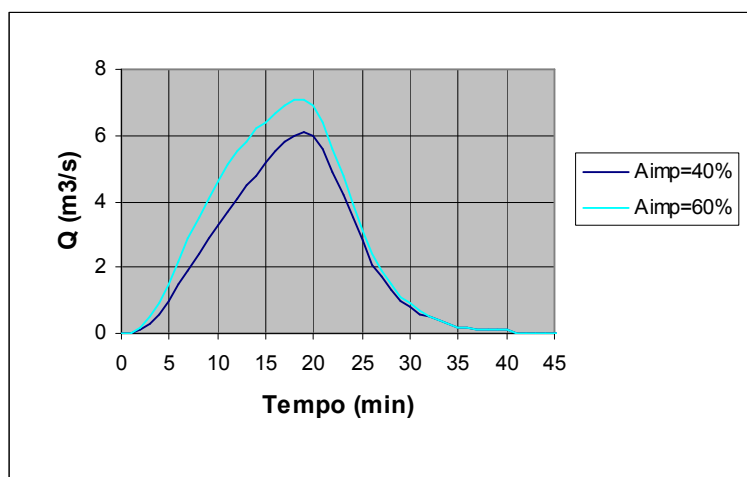


Fig. 14 – Hidrogramas de Cheia Centenária (Ribeira 2, Secção a Montante de C)

4.2.4 Ribeira 3

Antes de entrar na zona do Plano propriamente dita, a ribeira terá de passar inferiormente pela estrada existente. Por forma a calcular essa travessia, determinou-se o caudal nessa secção que, conforme se pode verificar pelo Quadro XI, é de 4,73 m³/s. Igualmente se apresentam na Fig.15 os hidrogramas de cheia.

Essa travessia inferior será em manilha de betão, diâmetro 1,20m e terá uma inclinação mínima de 1,5%, com as características hidráulicas apresentadas na Fig.16, que atesta do seu bom funcionamento.

Quadro XI - Caudais de Cálculo (Ribeira 3, Secção D)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m3/s)	Q60(m3/s)
2	202,72	-0,577	11	50,8	9,3	1,33	1,93
5	259,26	-0,562	11	67,4	12,4	1,97	2,70
10	290,68	-0,549	11	77,9	14,3	2,41	3,19
20	317,74	-0,538	11	87,5	16,0	2,82	3,66
50	349,54	-0,524	11	99,5	18,2	3,38	4,27
100	365,62	-0,508	11	108,1	19,8	3,81	4,73

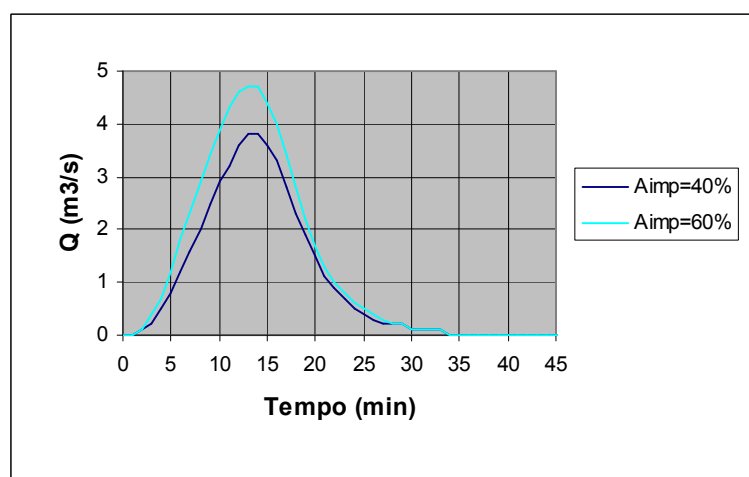


Fig. 15 – Hidrogramas de Cheia Centenária (Ribeira 3, Secção *D*)

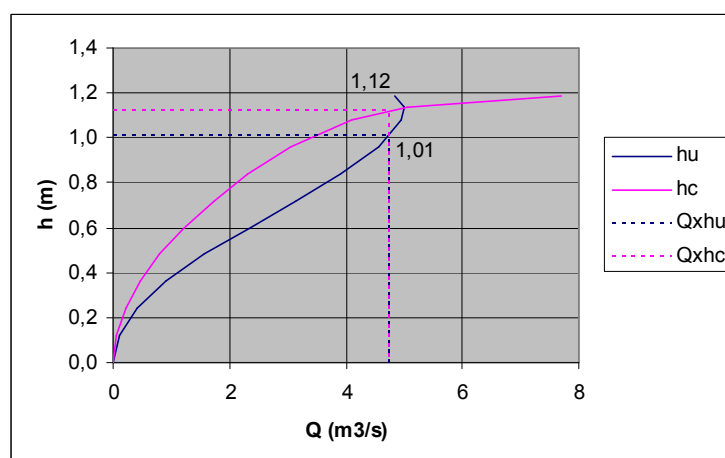


Fig. 16 – Características Hidráulicas da Travessia a Montante de *D*

A jusante desta travessia, previu-se um canal em superfície livre trapezoidal, com 1,00m de rasto, uma inclinação lateral de (H:V) 2:1 e uma altura máxima de 0,90m, a que corresponde uma largura superficial de 4,60m. As suas características hidráulicas são apresentadas na

Fig.17 em que, da mesma, se pode concluir que se estará em regime rápido, que se terá uma folga de cerca de 20cm e que, mais uma vez, também este canal comportará a altura crítica.

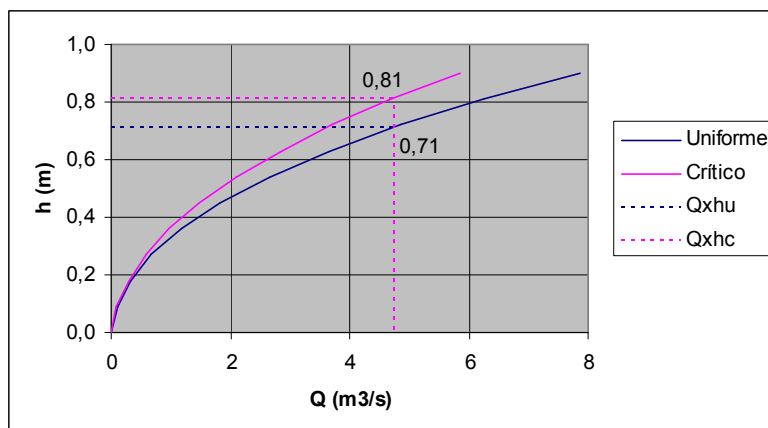


Fig. 17 – Características Hidráulicas do Troço D-E

Antes da confluência com a Ribeira 4 é feita a descarga da bacia de retenção nº 3 (BR3). Essa bacia, em termos de caudais afluentes, apresenta os que se ilustram no Quadro XII, sendo que o caudal máximo de entrada será de $1,87 \text{ m}^3/\text{s}$ e o de saída não poderá ser superior a $1,01 \text{ m}^3/\text{s}$. Assim, previu-se uma bacia de retenção com cerca de 500 m^2 e com um descarregador inferior constituído por um orifício de $0,70 \times 0,35 \text{ m}^2$, sendo que o descarregador superior tipo Bélanger, com 2m de largo, só funcionará a partir de 1,75m e até à altura máxima atingida de 1,87m. Esta altura (a que corresponde um volume máximo utilizado de 642 m^3) bem como todos os restantes valores de cálculo, foi obtida a partir da simulação com a curva de volumes acumulados, apresentada na Fig.18.

Quadro XII – Caudais de Cálculo (Secção BR3)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m³/s)	Q80(m³/s)
2	202,72	-0,577	10	53,7	8,9	0,36	0,84
5	259,26	-0,562	10	71,1	11,8	0,52	1,12
10	290,68	-0,549	10	82,1	13,7	0,64	1,32
20	317,74	-0,538	10	92,1	15,3	0,75	1,49
50	349,54	-0,524	10	104,6	17,4	0,90	1,71
100	365,62	-0,508	10	113,5	18,9	1,01	1,87

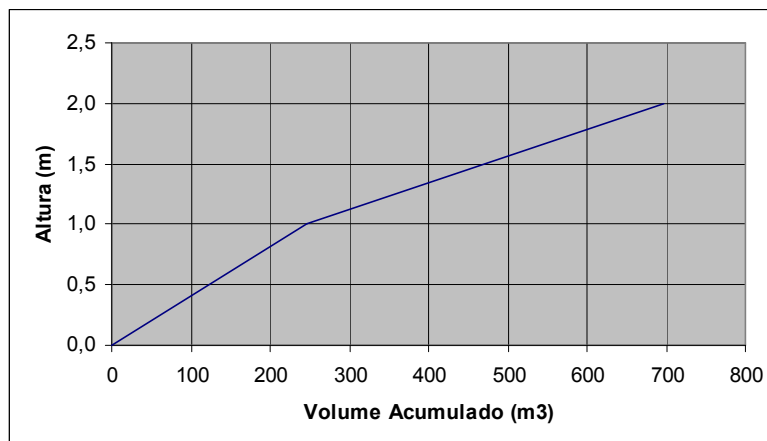


Fig. 18 – BR3 – Curva de Volumes Acumulados

Simulando a cheia verifica-se (ver Fig. 19) que se provocou um desfasamento de pico de cheia e que o caudal máximo efluente ($1,00\text{m}^3/\text{s}$) é inferior ao caudal “natural” de $1,01\text{m}^3/\text{s}$ cumprindo, assim, a bacia de retenção, a laminagem de caudais pretendida.

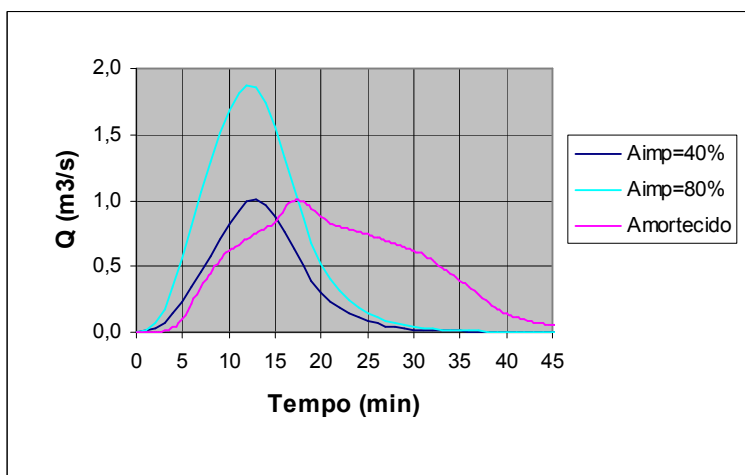


Fig. 19 – Hidrogramas de Cheia Centenária (Secção BR3)

Ainda no mesmo troço existe outra descarga que pode ser directa na linha de água, já que o acréscimo de impermeabilização (de 40 para 80%) não compensa a diminuição da bacia hidrográfica (de 0,035 para 0,020 km²), conforme se pode ver pelo Quadro XIII.

Quadro XIII – Caudais de Cálculo (Descarga Directa na Ribeira 3)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m3/s)	Q80(m3/s)
2	202,72	-0,577	8	61,1	8,1	0,27	0,28
5	259,26	-0,562	8	80,6	10,7	0,42	0,38
10	290,68	-0,549	8	92,8	12,4	0,52	0,44
20	317,74	-0,538	8	103,8	13,8	0,61	0,50
50	349,54	-0,524	8	117,6	15,7	0,74	0,58
100	365,62	-0,508	8	127,1	17,0	0,82	0,63

A jusante da confluência com a Ribeira 4, projectou-se um canal em superfície livre trapezoidal, com 1,00m de rasto, uma inclinação lateral de (H:V) 2:1 e uma altura máxima de 1,25m, a que corresponde uma largura superficial de 6,00m. As suas características hidráulicas são apresentadas na Fig.20 em que, da mesma, se pode concluir que se estará em regime rápido, que se terá uma folga de cerca de 25cm e que, mais uma vez, também este canal comportará a altura crítica.

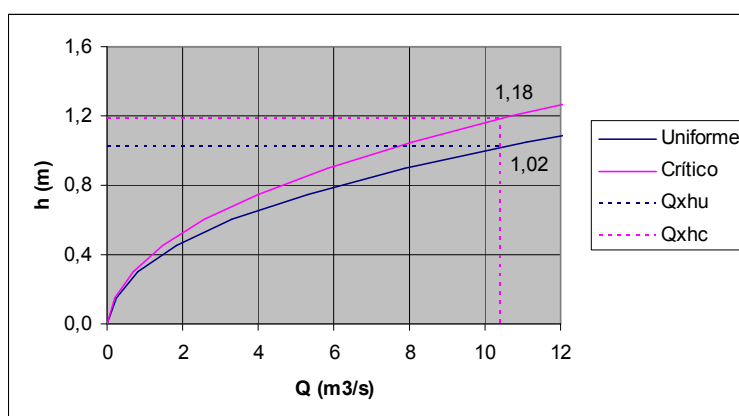


Fig. 20 – Características Hidráulicas do Troço em Superfície Livre em E-G

Imediatamente antes da confluência com a Ribeira 1 existe, actualmente, um troço em muito mau estado de conservação e com capacidade insuficiente. Assim, propõe-se a sua reabilitação com uma secção de $1,70 \times 1,70 \text{ m}^2$, cujas características hidráulicas se apresentam na Fig.21.

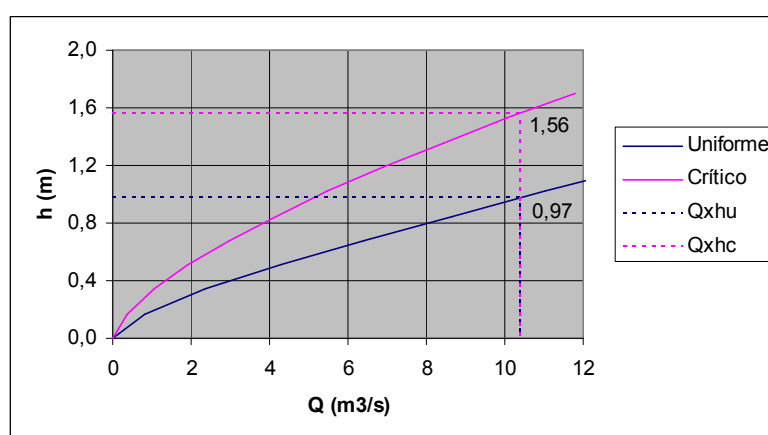


Fig. 21 – Características Hidráulicas do Troço Coberto em *E-G* a montante de *G*

4.2.5 Ribeira 4

Na ribeira 4 existe uma zona de descarga que foi acompanhada e aprovada pelo INAG (ofício 235/99/PCCRL de 99/04/22, processo DAS/DUDH/556/16165) que receberá agora um insignificante contributo de uma zona existente com algumas moradias, e cujo acréscimo de caudal, evidentemente, foi desprezado.

4.2.6 Bacia de Retenção nº 4 (BR4)

Na zona Este do Plano, criou-se uma última bacia de retenção, cujo caudais afluentes são apresentados no Quadro XIV, sendo que o caudal máximo de entrada será de $1,89 \text{ m}^3/\text{s}$ e o de saída não poderá ser superior a $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$. Assim, previu-se uma bacia de retenção com

cerca de 450m^2 e com um descarregador inferior constituído por um orifício de $0,50 \times 0,45\text{m}^2$, sendo que o descarregador superior tipo Bélanger, com 2m de largo, só funcionará, por segurança, a partir de 1,80m, já que a altura máxima atingida será de 1,78m. Esta altura (a que corresponde um volume máximo utilizado de 575m^3) bem como todos os restantes valores de cálculo, foi obtida a partir da simulação com a curva de volumes acumulados apresentada na Fig.22.

Quadro XIV – Caudais de Cálculo (Secção BR4)

T(anos)	a	b	tc(min)	i(mm/h)	Pt(mm)	Q40(m3/s)	Q80(m3/s)
2	202,72	-0,577	8	61,1	8,1	0,28	0,83
5	259,26	-0,562	8	80,6	10,7	0,41	1,13
10	290,68	-0,549	8	92,8	12,4	0,50	1,33
20	317,74	-0,538	8	103,8	13,8	0,59	1,50
50	349,54	-0,524	8	117,6	15,7	0,70	1,73
100	365,62	-0,508	8	127,1	17,0	0,78	1,89

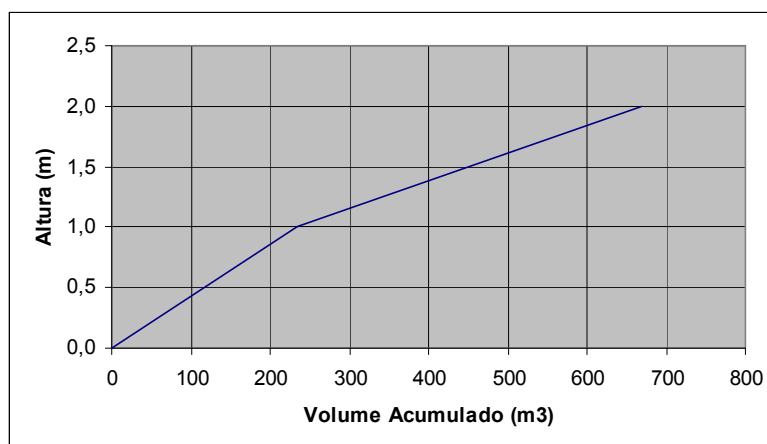


Fig. 22 – BR4 – Curva de Volumes Acumulados

Simulando a cheia verifica-se (ver Fig. 23) que se provocou um desfasamento de pico de cheia e que o caudal máximo efluente ($0,75 \text{ m}^3/\text{s}$) é inferior ao caudal “natural” de $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$ cumprindo, assim, a bacia de retenção, a laminagem de caudais pretendida.

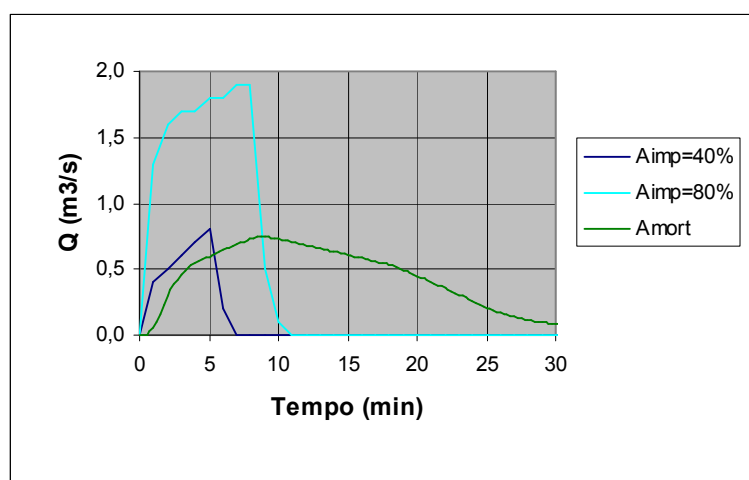


Fig. 23 – Hidrogramas de Cheia Centenária (Secção BR4)

4.2.7 Descarga Sudeste

Finalmente, refira-se também que existe uma outra descarga (na zona SE) que não foi tratada em termos de amortecimento, pois a situação existente fica praticamente inalterada, já que o acréscimo é de, apenas, a drenagem pluvial de um troço de estrada, não criando o Plano mais nenhuma ocupação adicional.

5. CONCLUSÕES

O presente projecto, ainda em fase de Plano e, consequentemente, ainda susceptível de alterações que, no entanto, não se prevêem significativas já que se tentou aqui ser o mais rigoroso possível, teve por objectivo criar um conjunto de soluções físicas que não só

respondessem à necessidade de um bom funcionamento hidráulico das linhas de água internas e confinantes com a área do Plano como, igualmente, permitissem um conveniente enquadramento ambiental e paisagístico – o que foi tratado em tomo separado.

Assim, julga-se com este projecto ter dado um contributo para a melhoria de toda a zona envolvida no Plano e, igualmente, ter cumprido os legítimos objectivos de todas as Entidades envolvidas neste processo, desde a Câmara Municipal de Cascais até ao INAG e à CCDR de Lisboa e Vale do Tejo.

Lisboa, Dezembro de 2007



O Técnico

(Engº Rui Silva Santos, Msc em Hidráulica e Recursos Hídricos)



ANEXO 1

VALORES DO NÚMERO DE ESCOAMENTO (“CURVE NUMBER”)

Tabela 1 - Valores do número de escoamento para regiões urbanas e sub-urbanas

Utilização ou Cobertura do Solo	Tipo de Solo			
	A	B	C	D
Zonas Cultivadas: Sem medidas de conservação do solo	72	81	88	91
Com medidas de conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou Baldios: Em más condições	68	79	86	89
Em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou Zonas Florestais: Cobertura má, sem “Mulch”	45	66	77	83
Boa cobertura	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golf, Cemitérios, etc.				
Boas condições: Relva cobrindo mais de 75% da área	39	61	74	80
Condições razoáveis: Relva cobrindo de 50 a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios (85% de área impermeável)	89	92	94	95
Zonas industriais (72% de área impermeável)	81	88	91	93
Zonas Residenciais:				
Áreas médias dos lotes Porcentagem média impermeável				
<500 m ² 65%	77	85	90	92
1000 m ² 38%	61	75	83	87
1300 m ² 30%	57	72	81	86
2000 m ² 25%	54	70	80	85
4000 m ² 20%	51	68	79	84
Parques de Estacionamento, telhados, viadutos, etc.	98	98	98	98
Arruamentos e Estradas:				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Gravilha	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

Tabela 2 – Valores do número de escoamento para regiões rurais

Utilização ou Cobertura do Solo	Condições de Superfície	Tipo de Solo			
		A	B	C	D
Solo Lavrado		77	86	91	94
Cultura arvenses	Segundo o maior declive	64	76	84	88
	Segundo as curvas de nível	62	74	82	85
	Segundo as curvas de nível e em terraços	60	72	79	82
Rotações de Cultura	Segundo o maior declive	62	75	83	87
	Segundo as curvas de nível	60	72	81	84
	Segundo as curvas de nível e em terraços	57	70	78	82
Pastagens	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Boa	39	61	74	80
	Pobre, segundo as curvas de nível	47	67	81	88
	Normal, segundo as curvas de nível	25	59	75	83
	Boa, segundo as curvas de nível	6	35	70	79
Prado permanente	normal	30	58	71	78
Zonas sociais rurais	normal	59	74	82	86
Estradas	Pavimento permeável	72	82	87	89
	Pavimento impermeável	74	84	90	92
Florestas	Muito abertas ou de baixa transpiração	56	75	86	91
	Abertas ou de baixa transpiração	46	68	78	84
	Normal	36	60	70	76
	Densas ou de alta transpiração	26	52	62	69
	Muito densas ou de alta transpiração	15	44	54	61
Superfície impermeável		100	100	100	100

Nestes quadros os solos considerados são de quatro grupos hidrológicos distintos (LNEC, 1975):

TIPO A – Solos dando origem a baixo escoamento direto ou que apresentam permeabilidade bastante elevada. Inclui areias profundas com muito pouco limo ou argila e também “loess” profundo muito permeável.

TIPO B – Solos menos permeáveis do que os de Tipo A. Inclui fundamentalmente solos arenosos menos profundos que os de Tipo A e “loess” menos profundo e menos agregado que o do Tipo A. Estes solos apresentam, no entanto, permeabilidade superior à média.

TIPO C – Solos originando escoamentos diretos superiores à média e superiores aos originados pelos tipos anteriores. Inclui solos pouco profundos e solos com quantidades apreciadas de argila, se bem que menos que os solos do Tipo D.

TIPO D – Solos contendo argilas expansivas e alguns solos pouco profundos com sub-horizontes quase impermeáveis que originam elevados escoamentos diretos.