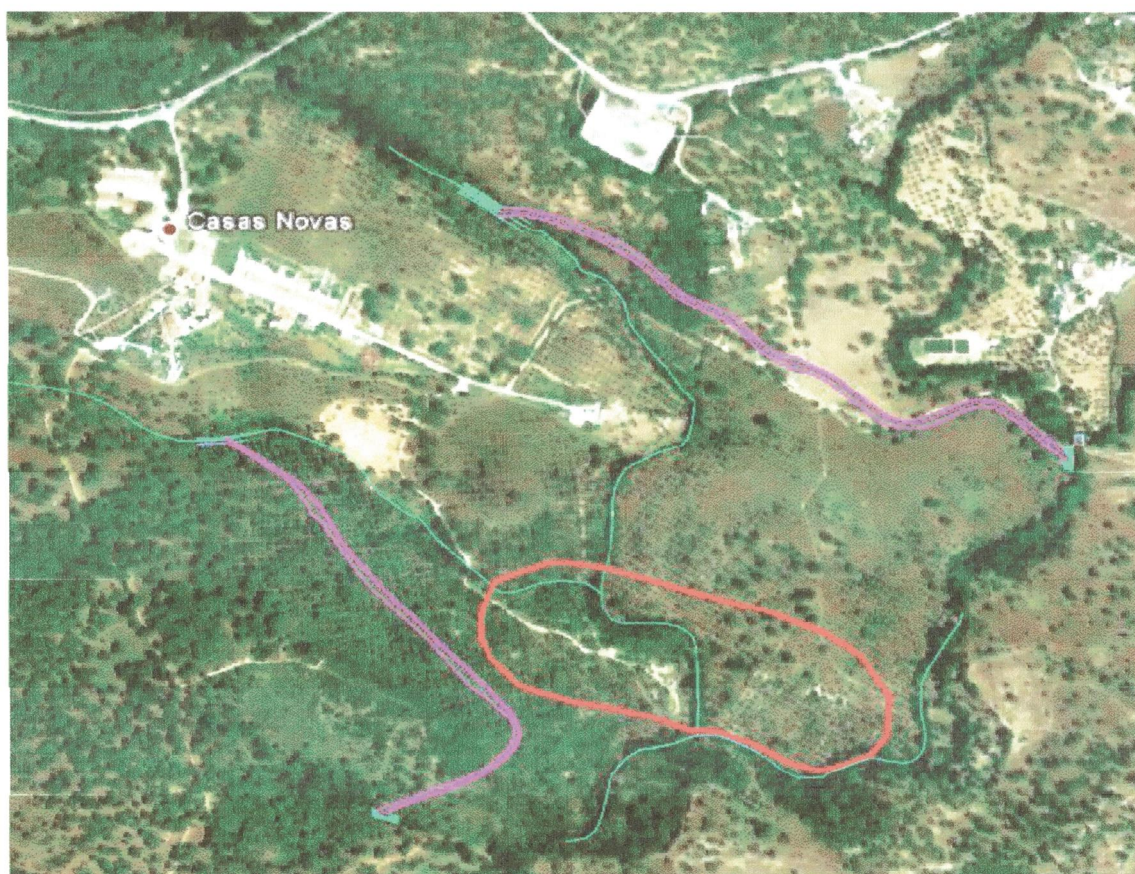




PROJECTO DE EXPLORAÇÃO MINEIRA DE BOA FÉ



DESVIO DAS LINHAS DE ÁGUA INTERCEPTADAS PELA CORTA DE CASAS NOVAS

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO.....	4
2 – ESTUDO HIDROLÓGICO.....	5
2.1 – Período de Retorno de Projecto.....	5
2.2 – Características das Bacias Hidrográficas.....	6
2.2.1 – Características Fisiográficas.....	7
2.3 – Precipitações.....	7
2.3.1 – Análise estatística às precipitações.....	8
2.4 – Cálculo de Caudais de Cheia.....	10
2.4.1 – Precipitação Medida e Precipitação de Projecto.....	12
3 – ESTUDO HIDRÁULICO. VALAS DE DESVIO DAS LINHAS DE ÁGUA.....	13
3.1 - Introdução.....	13
3.2 – Descrição Geral.....	13
3.2 – Pré – Dimensionamento.....	14
3.3 – Metodologia de cálculo.....	17
3.3.1 – Equações básicas de cálculo do perfil hidráulico.....	18
3.3.2 – Secções transversais para cálculo da capacidade de vazão.....	18
3.3.3 – Cálculo da energia cinética média do escoamento.....	19
3.3.4 – Perda de carga por contracção e expansão da secção transversal.....	19
3.3.5 – Limitações associadas ao programa de cálculo.....	19
3.4 – Dimensionamento e Verificação das Condições de Escoamento das Valas de Desvio.....	20
3.4.1 – Parâmetros geométricos considerados.....	20



3.4.2 – Modelo virtual do troço em estudo.....	23
3.4.3 – Resultados obtidos.....	25
4 – OPÇÕES DE PROJECTO DE MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INTERVENÇÃO	31
4.1 – Caracterização da situação de referência.....	31
4.2 – Acções de minimização dos impactos no ecossistema.....	32
4.2.1 – Opções de projecto implementadas.....	33

2 – ESTUDO HIDROLÓGICO

Para se efectuar o desvio da linha de água de Casas Novas, torna-se fundamental ter um conhecimento o mais próximo possível do caudal a desviar, uma vez que é este o factor limitante do dimensionamento da secção de transporte (vazão).

2.1 – Período de Retorno de Projecto

O caudal condicionante da secção de vazão, no desvio da linha de água, é o caudal máximo, isto é o caudal de cheia calculado para um determinado período de retorno, período este em que se pretende que a linha de água, na secção desviada, não transborde das margens artificiais a criar.

Considerando a natureza e finalidade da obra, em que o período de exploração mineira terá um horizonte de aproximadamente 6 anos (admite-se que após este horizonte a eventual exploração já não terá como centro a actual delimitação da “corta de Casas Novas”) procurou-se avaliar o caudal de cheia previsível para um período de retorno compatível com a actividade.

Sabendo que o risco de uma determinada cheia (de valor igual ou superior) ocorrer com a probabilidade P para o tempo de recorrência T , dentro da vida útil da obra (n anos) é dada pela expressão:

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

obtém-se a seguinte tabela probabilística para um tempo de vida útil da exploração mineira de $n=6$ anos: T

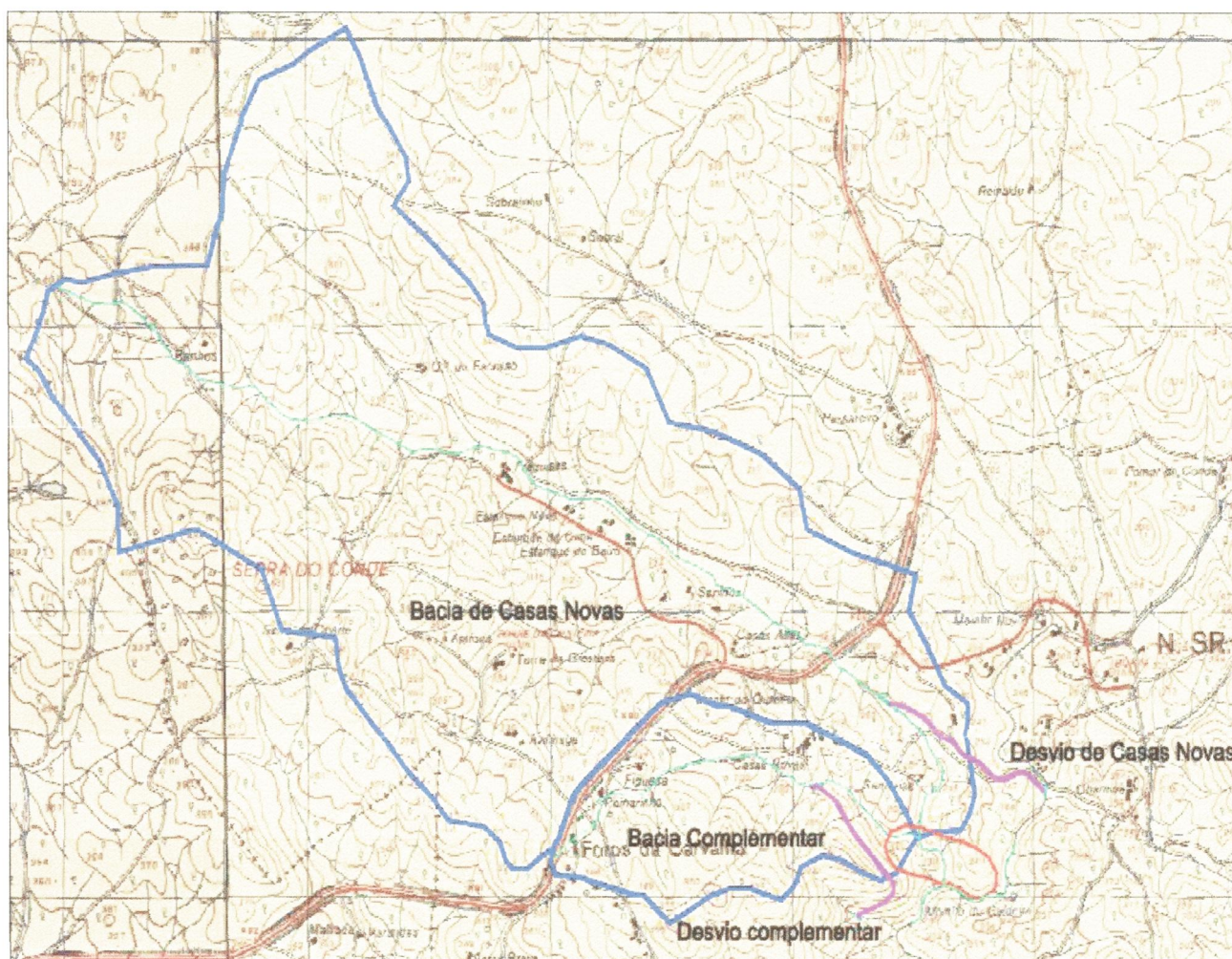
	$T=20$ anos	$T=50$ anos	$T=100$ anos
P	26,50%	11,40%	5,90%

Em função dos valores do quadro anterior, a equipa de projecto, considerando a natureza da obra, o factor económico em presença (custo de investimento, face ao prejuízo de uma paragem forçada de longa duração durante o tempo de vida útil da exploração) optou por considerar para dimensionamento o caudal de cheia resultante da consideração de um tempo de recorrência de

100 anos.

2.2 – Características das Bacias Hidrográficas

Tal como já foi referido em capítulos anteriores, foi necessário proceder aos desvio de duas linhas de água que eram interceptadas pela corta de Casas Novas. A cada uma das linhas de água corresponde uma bacia hidrográfica, identificadas na figura seguinte:



Bacias Hidrográficas

LEGENDA:

- Corta de Casas Novas
- Limite de Bacia Hidrográfica
- Linhas de Água
- Valas de Desvio de Linhas de Água

2.2.1 – Características Fisiográficas

Ambas as bacias hidrográficas definidas para o presente projecto, apresentam as seguintes características fisiográficas principais:

- Relevo pouco acidentado, com as cotas a variarem entre os 230 metros e 431 metros;
- A linha de água principal é a linha de água de Casas Novas. É definida também uma linha de água complementar. Ambas as linhas de água são afluentes da Ribeira de S. Brissos;
- A vegetação predominante na área das bacias hidrográficas é o montado alentejano, intercalado esporadicamente com plantações de olival ou áreas de pastagens.

Outras das características fisiográficas, mas que são de particular importância o cálculo dos caudais de cheia, são as seguintes:

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS		
	Bacia de Casas Novas	Bacia Complementar
Área	4 843 499 m ²	752 165 m ²
Perímetro	11 825 m	3 765 m
Comprimento de linha de água	4 543 m	1 761 m
Cota da nascente	400 m	350 m
Cota da secção de jusante	234 m	234 m
Cota mais elevada da bacia	431 m	350 m

2.3 – Precipitações

Num estudo hidrológico, outro dos dados fundamentais a estudar, é a precipitação, tendo como base as medições disponíveis e que sejam características para a área em estudo.

Assim para as bacias hidrográficas consideradas, a estação meteorológica, mais próxima e que abrange, pela sua área de influência, toda a área das bacias hidrográficas, é a estação de Santiago do Escoural, cujo os dados são os seguintes:

CODIGO	22H-0008
NOME	SANTIAGO DO ESCOURAL
ALTITUDE (m)	223
LATITUDE (°N)	41.54°
LONGITUDE (°W)	8.183
COORD_X (m)	193554.257
COORD_Y (m)	174218.533
ALTITUDE (m)	223
BACIA	6400
DISTRITO	ESCORAL
CONCELHO	MONTemoradouro
FREGUESIA	SANTIAGO DO ESCOURAL
ENTIDADE RESPONSÁVEL (AUTOMÁTICA)	INAG - IP
ENTIDADE RESPONSÁVEL (CONVENCIONAL)	COORD. ALENTEJO
TIPO ESTAÇÃO (AUTOMÁTICA)	GEODÉSIMICA
TIPO ESTAÇÃO (CONVENCIONAL)	GEODÉSIMICA
ENTRADA FUNCIONAMENTO (CONVENCIONAL)	21/11/1931
ENCERRAMENTO (CONVENCIONAL)	-
ENTRADA FUNCIONAMENTO (AUTOMÁTICA)	23/05/2001
ENCERRAMENTO (AUTOMÁTICA)	-
TELEMETRIA	NÃO
ESTADO	ACTIVA
ÍNDICE QUALIDADE*	14

De salientar que esta estação meteorológica, entrou em funcionamento em 1931, com funcionamento convencional e desde 2001 em funcionamento automático, estando ainda activa.

Esta estação meteorológica permitiu-nos ter um histórico de cerca de 80 anos, correspondendo a uma situação real, que servirá de validação das situações teóricas relacionadas com a determinação da precipitação, através das curvas IDF (Intensidade Duração e Frequência), sejam as curvas regulamentares ou as propostas pelos estudos do INAG (Instituto Nacional da Água).

2.3.1 – Análise estatística às precipitações

Considerando a estação meteorológica do INAG atrás mencionada é possível, no SNIRH

(Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos), obter a seguinte informação estatística, relativamente às precipitações, anuais, mensais, diárias, diárias máximas anuais e precipitações horárias, medidas naquela estação.

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
PARÂMETRO: Precipitação anual (mm)

PERÍODO: De 01/11/1931 a 11/02/2010

Estação	Código	n.º valores	mínimo	percentil 25%	média	mediana	percentil 75%	máximo
SANTIAGO DO ESCOURAL	22H/02UG	71	293,4	656,3	857,76	785,3	1041,45	1658,2

PARÂMETRO: Precipitação mensal (mm)

PERÍODO: De 01/11/1931 a 11/02/2010

Estação	Código	n.º valores	mínimo	percentil 25%	média	mediana	percentil 75%	máximo
SANTIAGO DO ESCOURAL	22H/02UG	909	0	9	70,99	44,8	102,2	525,2

PARÂMETRO: Precipitação diária (mm)

PERÍODO: De 01/11/1931 a 11/02/2010

Estação	Código	N.º Valores	mínimo	percentil 25%	média	mediana	percentil 75%	máximo
SANTIAGO DO ESCOURAL	22H/02UG	27777	0	0	2,33	0	0,1	122,6

PARÂMETRO: Precipitação diária máxima anual (mm)

PERÍODO: De 01/11/1931 a 11/02/2010

Estação	Código	n.º valores	mínimo	percentil 25%	média	mediana	percentil 75%	máximo
SANTIAGO DO ESCOURAL	22H/02UG	71	26,6	41,2	57,6	52,4	69,15	122,6

PARÂMETRO: Precipitação horária (mm)

PERÍODO: De 01/11/1931 a 11/02/2010

Estação	Código	N.º Valores	mínimo	percentil 25%	média	mediana	percentil 75%	máximo
SANTIAGO DO ESCOURAL	22H/02UG	67113	0	0	0,06	0	0	25,7

Dados obtidos através do site <http://snirh.pt> em 19/05/2011 11:12

Resumidamente, na área das bacias hidrográficas em estudo, obtêm-se os seguintes valores máximos:

- Precipitação horária máxima: 25,7mm
- Precipitação diária máxima: 122,6 mm
- Precipitação mensal máxima: 525,2mm
- Precipitação anual máxima: 1658,2mm

2.4 – Cálculo de Caudais de Cheia

Na determinação da precipitação de projecto, para os tempos de recorrência de 50 e 100 anos, adoptaram-se as curvas de regressão propostas por C. Brandão *et al*, DSRH, INAG, Lisboa (2001) para o posto udográfico de Évora (cemitério), enquanto que, para o tempo de recorrência de 20, se optou pelas curvas propostas no DR23/95.

Nos quadros seguintes, são apresentados os cálculos realizados para obtenção do caudal de cheia, recorrendo a diversos métodos cinemáticos e de uso corrente.

LINHA DE ÁGUA DE CASAS NOVAS									
CAUDAIS DE CHEIA DA LINHA DE ÁGUA									
DADOS DA BACIA HIDROGRÁFICA					TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA				
Comp. Linha de água (m)	4543				Fórmula de Ragan		Fórmula de Kirpich		
Cota da nascente (m)	400				$t_c = \frac{0.93 L^{0.4} R^{0.6}}{I^{0.5} S^{0.3}}$		$t_c = 0.0633 \frac{L^{0.77}}{I^{0.385}}$		
Cota da secção (m)	234				min	82,26714	h	0,7259	
Inclinação média linha de água (m/m)	0,04				h	1,37	min	43,56	
Área da bacia (m²)	4643489				Fórmula de S.C.S.		Fórmula de C.H.P.W.		
Perímetro da bacia (m)	11825				$t_c = \frac{0.42 L^{0.8}}{P^{0.7} S^{0.4}}$		$t_c = \left(0.871 \frac{L^{1.1}}{H} \right)^{0.31}$		
Cota máxima da bacia (m)	431				min	103,3798	h	0,712	
Altitude média (m)	332,5				h	1,72	min	42,75	
Coef. Escoamento	0,5								
Inten. Precipitação (l/(mm/h))	45,73								
N (1/K)	0,03								
P2 2anos 24 horas (mm)	121,95								
CAUDAIS DE CÁLCULO (Q=C.I.A)									
Curvas IDF do regulamento 20 anos, 50 e 100, precipitações intensas de C.Brandão INAG									
Período de retorno				Ragan	S.C.S.	Kirpich	CHPW	Q médio	
20	a	254,190	I (mm/h)	23,7	20,96	33,37	33,71		
	b	-0,536	Q (m³/s)	15,94	14,1	22,45	22,68	18,79	
50	a	533,360	I (mm/h)	32	27,66	48,01	48,58		
	b	-0,636	Q (m³/s)	21,52	18,61	32,3	32,68	26,28	
100	a	584,270	I (mm/h)	35,36	30,58	52,99	53,62		
	b	-0,636	Q (m³/s)	23,79	20,57	35,65	36,07	29,02	
Fórmula de Mockus									
P (precipitação, em metros, numa chuvada de duração $2.7t_c^{0.4} (1/2)$)			Q (m³/s)	Ragan	S.C.S.	Kirpich	CHPW	Q médio	
			I (mm/h)(100anos)	11,1	7,6	29,9	30,7	19,81	
			I efc(mm/h)	35,36	30,58	52,99	53,62		
				21,89	17,66	38,18	38,73		
Caudal adoptado									
26,7									
CN 94,3 (tabela A.Lencastre)									

LINHA DE ÁGUA COMPLEMENTAR									
CAUDAIS DE CHEIA DA LINHA DE ÁGUA									
DADOS DA BACIA HIDROGRÁFICA				TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA					
Comp. Linha de água (m)				Fórmula de Ragan			Fórmula de Kirpich		
Cota da nascente (m)				$t_c = \frac{0.93 L^{0.5} N^{0.6}}{I^{0.5} + 5^{0.3}}$			$t_c = 0.0633 \frac{L^{0.77}}{I^{0.385}}$		
Cota da seção (m)				min	30,74	h	0,51	h	0,26
Inclinação média linha de água (m/m)				h				min	16,73
Área da bacia (m²)				Fórmula de S.C.S.			Fórmula de C.H.P.W.		
Perímetro da bacia (m)				$t_c = \frac{0.421 N L^{0.77}}{(P^{0.77} + 5^{0.77})^{0.385}}$			$t_c = \left(0.871 \frac{L^{0.77}}{H} \right)^{0.385}$		
Cota máxima da bacia (m)				min	38,26	h	0,64	h	0,29
Altitude média (m)				h				min	17,54
Coef. Escoamento									
Inten. Precipitação (i)(mm/h)									
N (1/K)									
P2. 2anos 24 horas (mm)									
CAUDAIS DE CÁLCULO (Q=C.I.A)									
Curvas IDF do regulamento 20 anos, 50 e 100, precipitações intensas de C.Brandão (NAG)									
Período de retorno				Ragan	S.C.S.	Kirpich	CHPW	Q médio	
20	a	254,190	I (mm/h)	40,25	35,78	55,83	54,43		
	b	-0,538	Q (m³/s)	4,21	3,74	5,83	5,69	4,87	
50	a	533,360	I (mm/h)	59,96	52,14	88,38	85,76		
	b	-0,636	Q (m³/s)	6,26	5,45	9,23	8,96	7,48	
100	a	584,270	I (mm/h)	66,14	57,54	97,37	94,49		
	b	-0,636	Q (m³/s)	6,91	6,01	10,17	9,87	8,24	
Fórmula de Mockus									
P (precipitação, em metros, numa chuvada de duração 2*To*(1/2))			Q (m³/s)	Ragan	S.C.S.	Kirpich	CHPW	Q médio	
			I (mm/h)(100anos)	7,8	5,6	18,2	17,1	12,18	
			I efe(mm/h)	66,14	57,54	97,37	94,49		
				50,72	42,49	81,09	78,27		
				CN	94,3 (tabela A.Lencastre)				
$Q = \frac{208 \cdot P \cdot i}{t_c + 0,6 \cdot t_c}$									
$P = I_{efe} \cdot t_c = \frac{\left(I - \frac{5080}{CN} + 50,8 \right)^2}{\left(I - \frac{20320}{CN} - 203,2 \right)}$									

Na definição do caudal adoptado, não foi tida em conta a formulação proposta por Mockus, uma vez que esta não parece estar adequada a bacias ao sul do Tejo.

Outras metodologias poderiam ter sido adoptadas, como seja por exemplo o método para avaliação de caudais de cheia proposto por M.M.Portela, "Regionalização de caudais de cheia em Portugal continental", IST, Lisboa, proposto para bacias naturais quando existem insuficiência de dados hidrométricos na bacia, tal como caso presente, obtendo-se valores



aproximados.

Assim os caudais de cheia centenária adoptados de 26,7 m³/s e 7,7 m³/s, da linha de água de Casas Novas e da linha de água Complementar respectivamente, foram obtidos a partir da média aritmética dos caudais obtidos pelos métodos anteriormente apresentados, desprezando o maior valor.

2.4.1 – Precipitação Medida e Precipitação de Projecto

Fazendo agora uma análise aos valores estatísticos obtido no SNIRH, nomeadamente os seus valores máximos, e o valor da precipitação considerada no cálculo dos caudais de cheia, verifica-se que há uma correspondência muito próxima, nomeadamente, entre os valores máximos de precipitação diária, sendo de aproximadamente 122mm.

Deste modo, e tendo em conta o facto dos valores medidos resultarem de uma série de dados com 80 anos de medições, pode-se concluir que a metodologia adoptada para o cálculo dos caudais de cheia calculados está aproximada da realidade.

3 – ESTUDO HIDRÁULICO. VALAS DE DESVIO DAS LINHAS DE ÁGUA

3.1 - Introdução

A análise que a seguir se descreve, é efectuada para os caudais de projecto das linhas de água a desviar, 7,7 e 26,7 m³/s que, se presume ser o caudal de cheia no período de recorrência considerado como aceitável pelo estudo hidrológico anteriormente apresentado.

Na simulação realizada, e para o troço em questão, os caudais de 7,7 e 26,7 m³/s são considerados constantes e uniformes em todas as secções estudadas, sendo que o estudo apresentado considera que o caudal calculado para a secção final se verifica igualmente na secção inicial, resultando assim num dimensionamento conservativo da secção de escoamento.

O estudo apresentado foi efectuado a partir do programa de cálculo automático HEC-RAS 4.0 do Institute for Water Resources, USACE. A entrada de dados é realizada a partir de uma aplicação específica desenvolvida pela CORDALYS.

No ponto 3.3 é descrita a metodologia de cálculo empregue pelo programa, enquanto que no ponto 3.4 são apresentados os resultados do cálculo efectuado.

Finalmente, no ponto 3.4.3 são apresentadas as conclusões do estudo e as medidas mitigadoras complementares sugeridas para implementação nos troços das linhas de água em estudo.

3.2 – Descrição Geral

Serão executadas duas valas de desvio das linhas de água interceptadas pela corta de Casas Novas.

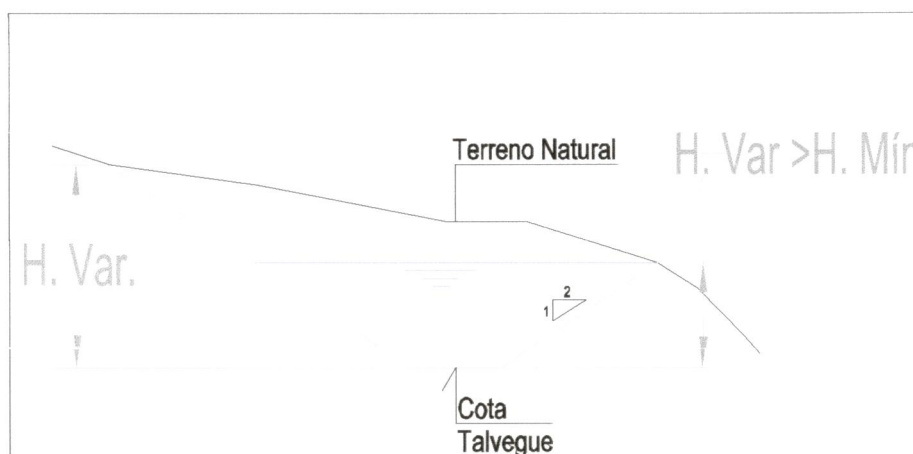
Os dois desvios das linhas de água serão materializados pela escavação de uma vala, trapezoidal, com as secções transversais mínimas indicadas nos pontos seguintes.

Esta vala não será revestida.

3.2 – Pré – Dimensionamento

Para o pré-dimensionamento, de modo conservativo, procurou-se executar uma vala com condições de drenagem de um caudal igual ao caudal de cheia das respectivas linhas de água desviadas.

De modo genérico a secção transversal da vala é a seguinte:



Corte Tipo das Valas de Desvio das linhas de água

Utilizando-se a formulação de Maning-Strikler,

$$Q = K \cdot S \cdot R^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)}$$

Em que:

K – é um coeficiente relacionado com a rugosidade do canal;

S – é a secção molhada;

R – é o raio hidráulico;

I – é a inclinação do canal

foi possível determinar as condições máxima de escoamento da vala, de acordo com os quadros

e figuras seguintes:

LINHA DE ÁGUA DE CASAS NOVAS

CÁLCULO DA VALA DE DESVIO DA LINHA DE ÁGUA

Caudal Q (m³/s)	Vala de desvio					Q Máximo (m³/s)	Verificação
	Lbase (m)	H (m)	Lsup (m)	Incl. (%)	K		
26,7	2,50	1,80	9,70	0,50	40,00	31,895	1,2
26,7	2,50	1,30	7,70	1,00	40,00	45,106	1,69

OK
OK

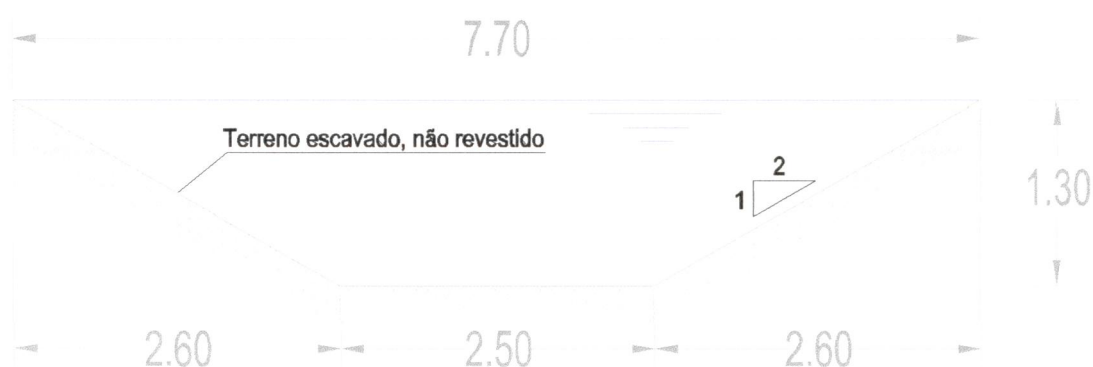
- Zonas com inclinação = 0,50%

Secção trapezoidal [B=2.5 x L=9.7 x H=1.8]



- Zonas com inclinação > 1.0%

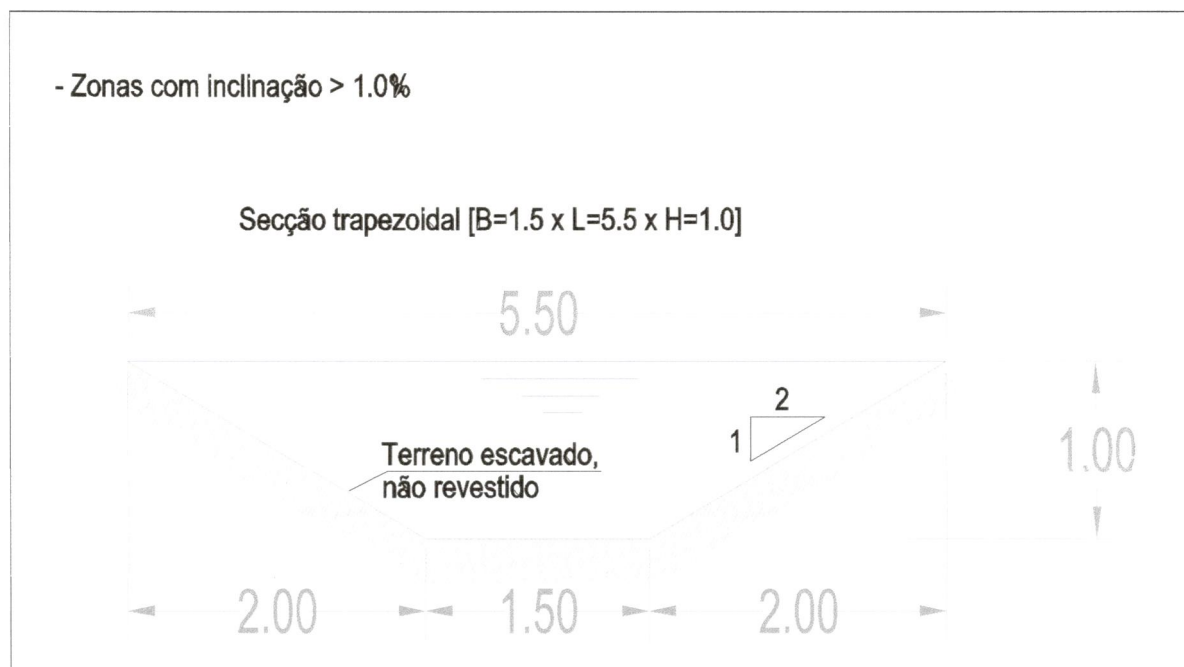
Secção trapezoidal [B=2.5 x L=7.7 x H=1.3]



LINHA DE ÁGUA COMPLEMENTAR

CÁLCULO DA VALA DE DESVIO DA LINHA DE ÁGUA

Caudal	Vala de desvio						Verificação
Q (m³/s)	Lbase (m)	H (m)	Lsup (m)	Incl. (%)	K	Q Máximo (m³/s)	
7.7	1.50	1.00	5.50	1.00	40.00	9.804	OK



3.3 – Metodologia de cálculo

O cálculo de escoamento foi efectuado a partir do programa de HEC-RAS 4.0 do IWR (Institute for Water Resources, USACE). O cálculo é efectuado considerando a existência de duas dimensões (altura e largura) para cada uma das secções, podendo o mesmo ser simulado em regime lento, rápido ou misto, consoante as condições de fronteira estabelecidas e opção expressa do utilizador.

O programa de cálculo requer a introdução de dados para cada uma das secções do troço em estudo, de modo a que se possam estabelecer inequivocamente as seguintes condições:

- equação que regula o cálculo do perfil hidráulico;
- secções transversais e respectivas subdivisões para cálculo da capacidade de vazão;
- coeficientes de Manning, compostos para as secções 'unitárias' e o canal principal;
- peso do coeficiente 'a' no cálculo da energia (velocidade);

- avaliação da perda de carga;
- perdas por contracção e expansão das secções transversais;
- validade da aplicação da equação do momento;

A explicação seguinte clarifica alguns dos conceitos para os pontos anteriormente mencionados

3.3.1 – Equações básicas de cálculo do perfil hidráulico

O cálculo do perfil hidráulico é efectuado a partir da equação da energia (Bernoulli), expressa da seguinte forma:

$$z_2 + y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = z_1 + y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

em que , z1 e z2 são as cotas do canal principal; g a aceleração; y1 e y2 são as alturas da água na secção transversal; V1 e V2 são as velocidades médias na secção transversal; he a perda de carga (energia); a1 e a2 são os coeficientes do “peso” da velocidade.

A perda de carga compreendida entre duas secções transversais é traduzida por perdas devida a atrito e perdas devido a contracção/expansão de secções. A expressão para o cálculo da perda de carga é a seguinte:

$$h_e = LS_f + C \left| a_2 \frac{V_2^2}{2g} - a_1 \frac{V_1^2}{2g} \right|$$

em que, L é o comprimento ponderado da linha de água, Sf é a inclinação média da linha de energia devida às perdas de atrito entre as duas secções e C é o coeficiente de perda de carga devido expansão ou contracção da secção.

3.3.2 – Secções transversais para cálculo da capacidade de vazão

A capacidade total de vazão e o coeficiente de velocidade para uma dada secção obriga a uma subdivisão da secção transversal em secções 'unitárias' para as quais a velocidade se pode considerar uniforme. Assim a capacidade de vazão de uma secção é calculada como sendo o somatório da capacidade 'unitária' de cada uma das respectivas subdivisões. Para cálculo das diferentes capacidades de vazão 'unitárias' adopta-se o modelo proposto por Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}}$$

sendo n o coeficiente de rugosidade de Manning para cada uma das subdivisões; A a área de escoamento de cada uma das subdivisões; R o raio hidráulico e S_f a inclinação média da linha de água entre as secções imediatamente a montante e jusante da secção considerada.

3.3.3 – Cálculo da energia cinética média do escoamento

O programa de cálculo permite apenas a determinação de uma superfície livre por secção e portanto, para essa secção apenas uma única energia cinética média pode ser considerada.

Como para cada uma das secções poderemos encontrar diferentes áreas 'unitárias' na secção transversal, é necessário, para o cálculo da energia cinética média, a obtenção do coeficiente 'a', a partir da equação seguinte:

$$a \frac{V^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g} + \dots}{Q_1 + Q_2 + \dots}$$

3.3.4 – Perda de carga por contracção e expansão da secção transversal

A perda de carga por contracção e expansão da secção transversal é calculada a partir da expressão

$$h_e = C \left| a_2 \frac{V_2^2}{2g} - a_1 \frac{V_1^2}{2g} \right|$$

Assumindo o programa que, existe uma contracção, sempre que a velocidade na secção de montante é inferior à da secção presente e uma expansão para o caso inverso.

3.3.5 – Limitações associadas ao programa de cálculo

Para a realização das operações inerentes ao cálculo, a versão do programa utilizado o programa assume as seguintes condições do escoamento:

- o caudal é estável para cada secção, podendo apenas variar entre secções (entradas de caudal ou descarregadores laterais)
- O escoamento é gradualmente variado, para a generalidade do percurso, exceptuando-se apenas as proximidade de estruturas com vazão conhecida

– As componentes da velocidade são apenas consideradas na direcção do escoamento, pelo que interferências no movimento causadas por movimentos, do fluido em outras direcções não são contabilizadas.

3.4 – Dimensionamento e Verificação das Condições de Escoamento das Valas de Desvio

Para o dimensionamento e verificação das condições finais de escoamento, nomeadamente as curvas de Regolfo das valas de desvio das linhas de água, recorreu-se a um software de cálculo automático, denominado HEC-RAS 4.0, anteriormente descrito.

Esta aplicação permite calcular diversas grandezas como velocidades médias, número de Froude, tensões tangenciais ao longo das margens, níveis de água, etc...

A concretização de simulações de escoamentos permanentes, gradualmente variados, obriga à introdução das características geométricas e físicas de várias secções, caudais e condições de fronteira na secção de controlo do escoamento.

Assim consideraram-se, 10 perfis transversais no curso do desvio da linha de água de Casas Novas e 15 no troço da linha de água Complementar. As secções transversais consideradas pretendem representar pontos singulares do desvio considerado, pelo que apresentam diferentes espaçamentos entre si. Os perfis transversais são os que se encontram nas peças desenhadas.

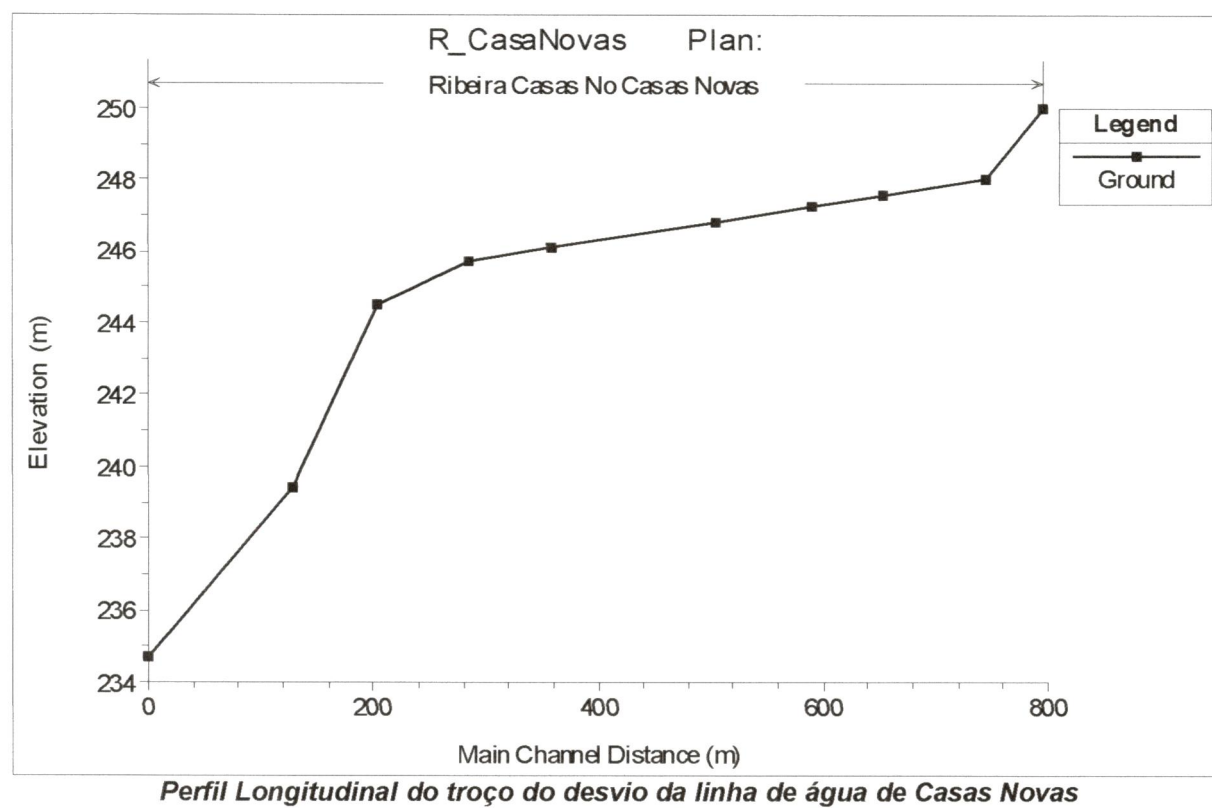
Nos parágrafos seguintes serão apresentados os parâmetros considerados no programa de cálculo bem como os resultados dos cálculos efectuados.

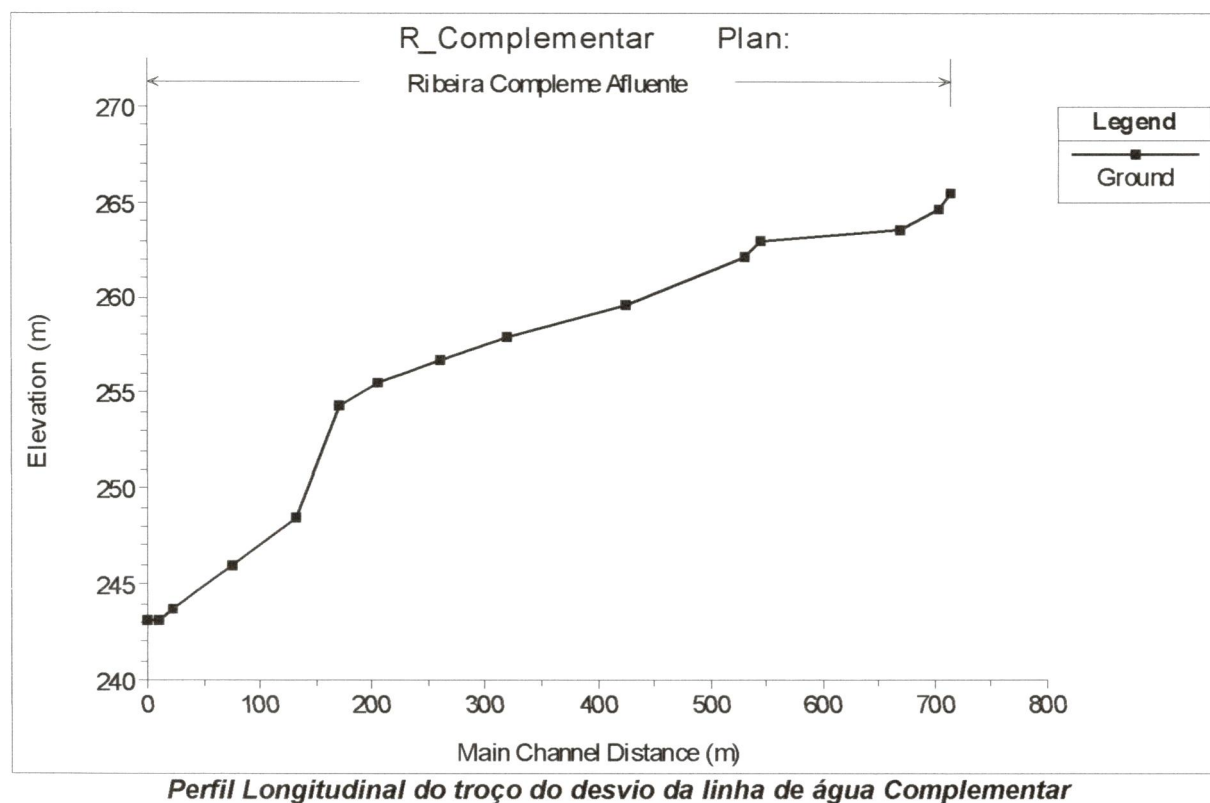
3.4.1 – Parâmetros geométricos considerados

Tendo em conta que estamos a estudar troços, das linhas de água, em estado natural e que secções variam ao longo do seu traçado, foram consideradas secções de referência, que correspondem em cada desvio, a mudanças de secção, mudanças de inclinação, curvas do traçados, etc.. de acordo com o quadro seguinte:

linha de água de Casas Novas		linha de água Complementar	
Perfil do Programa HEC-RAS (River Sta)	Perfil/Ponto das Peças desenhadas	Perfil do Programa HEC-RAS (River Sta)	Perfil/Ponto das Peças desenhadas
1	35	1	33'
2	30	2	33
3	25	3	32
4	21	4	31
5	12	5	27
6	8	6	23
8	6	7	19
9	1	8	15
10	0	9	13
		10	12
		11	11
		12	7
		13	6
		14	1
		15	0

Longitudinalmente, os troços dos desvios preconizados tem inclinação variável, de acordo com as figuras seguintes.

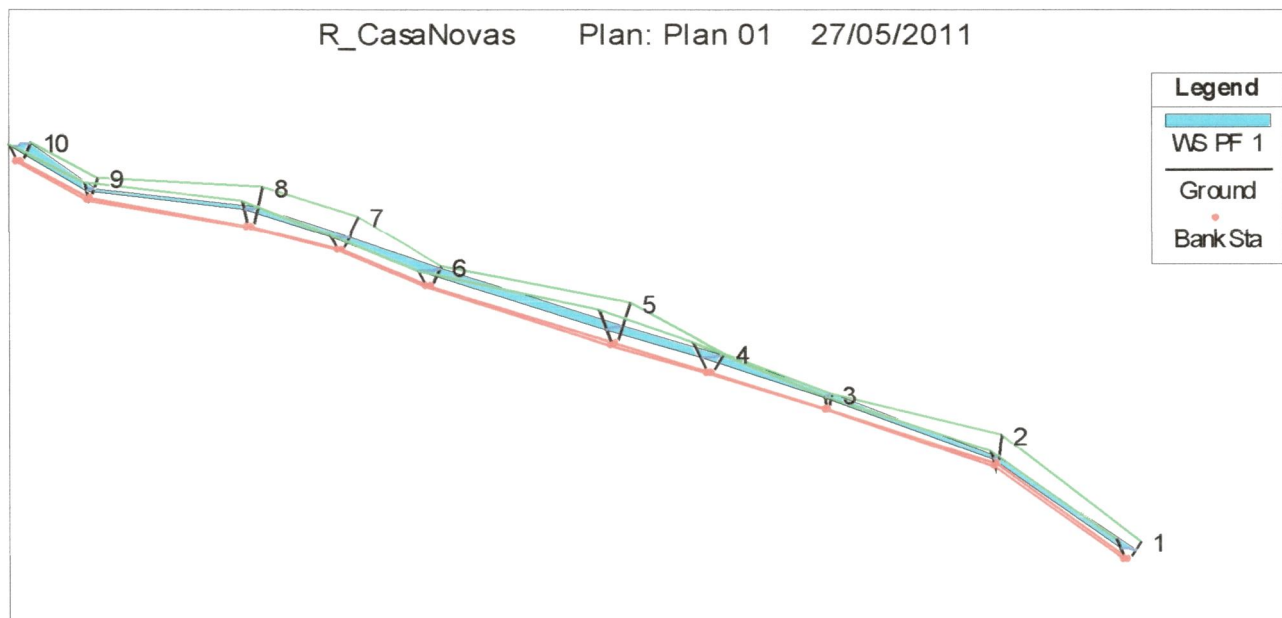




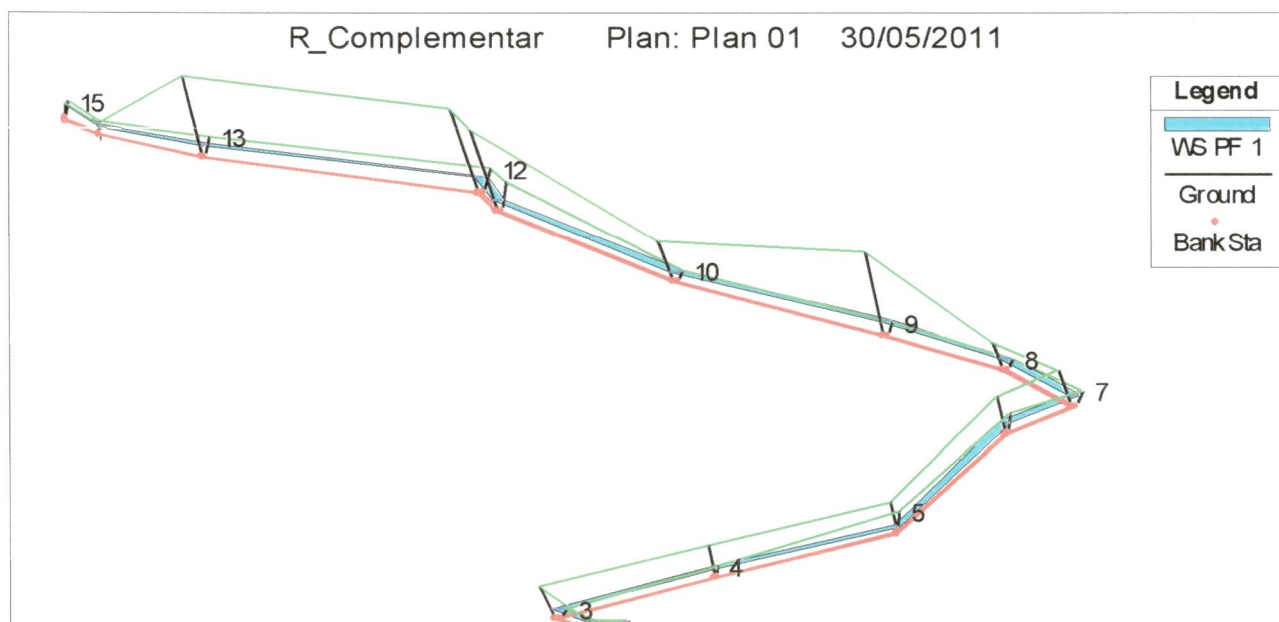
Nas peças desenhadas são, também apresentados, os perfil longitudinais dos desvios em estudo e as respectivas secções transversais. De notar que, nas figuras anteriores, a primeira secção corresponde à secção de jusante, enquanto que nas peças desenhadas essa denominação aparece invertida.

3.4.2 – Modelo virtual do troço em estudo

Os troços de linhas de água modelo utilizados no programa de cálculo foram os seguintes:



Modelo de escoamento para a linha de água de casas novas



Modelo de escoamento para a linha de água complementar

3.4.3 – Resultados obtidos

Nos cálculos efectuados foi considerada a metodologia de cálculo anteriormente apresentada.

$$Q = K \cdot S \cdot R^{(2/3)} \cdot I^{0,5}$$

A escolha de coeficientes de Manning ajustados torna-se crucial para uma comparação efectiva e o mais próximo possível da realidade:

	$n \text{ (m}^{1/3}/\text{s)}$
Margem esquerda	0,033 (vegetação rasteira)
Canal	0,025 (canal não revestido)
Margem direita	0,033 (vegetação rasteira)

As condições fronteira inicial e final foram consideradas ambas como estando em regime critico, sendo o cálculo efectuado, tendo em atenção, a existência de possíveis condições de escoamentos gradualmente variados e/ou transitórios.

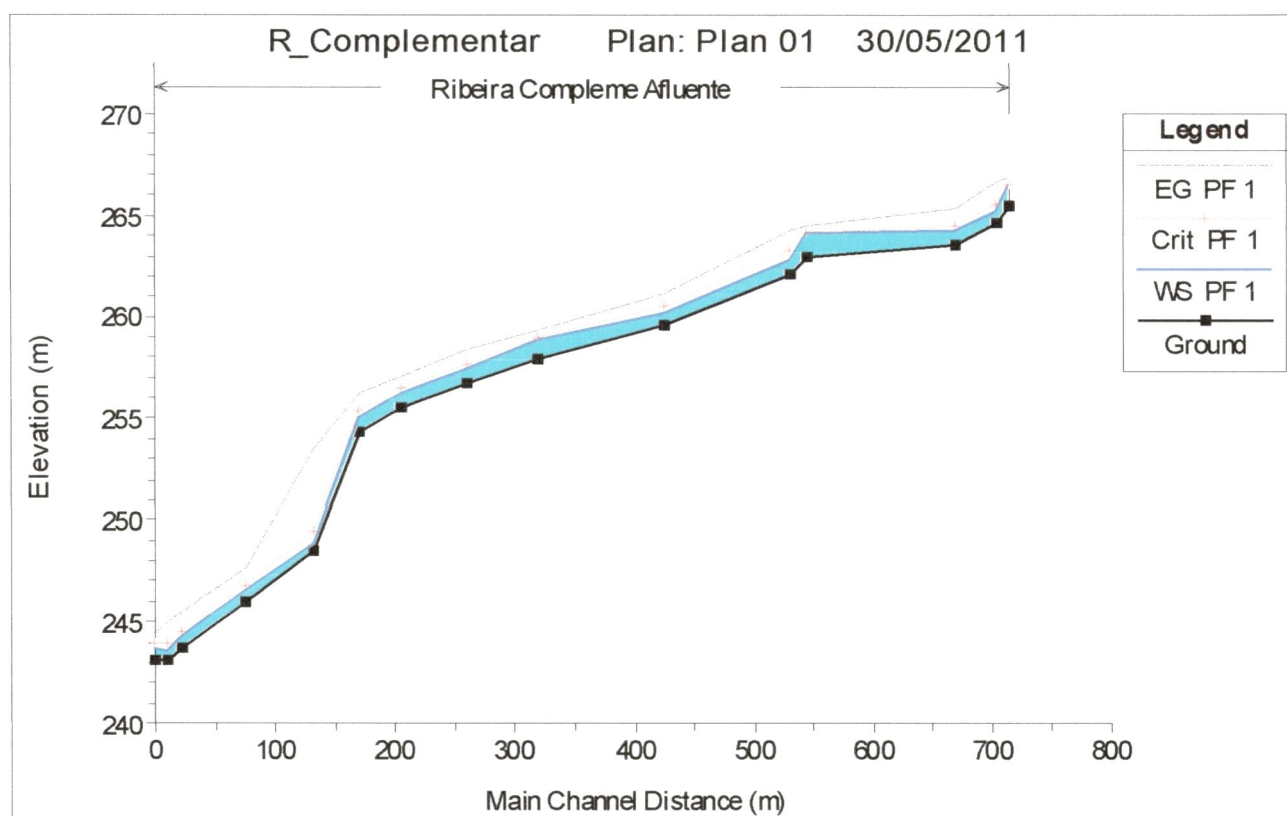
Resumo dos resultados obtidos para a linha de água Complementar

1. Quadro de cálculo

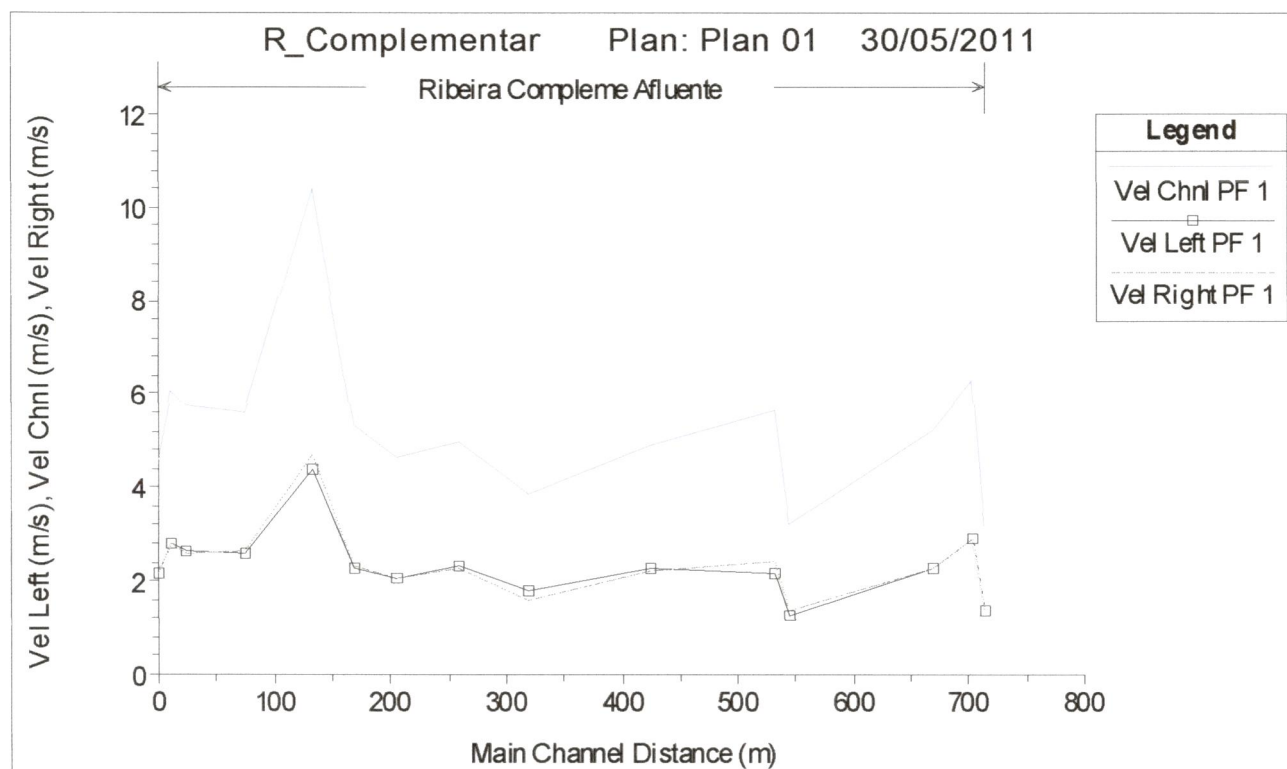
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Afluente	15	PF 1	7.70	265.50	266.55	266.55	266.92	0.00580	3.16	3.55	5.23	0.98
Afluente	14	PF 1	7.70	264.68	265.22	265.57	266.68	0.05629	6.27	1.72	4.91	2.73
Afluente	13	PF 1	7.70	263.50	264.22	264.55	265.29	0.02650	5.21	2.00	4.08	1.97
Afluente	12	PF 1	7.70	263.00	264.09	264.09	264.48	0.00568	3.20	3.45	4.81	0.98
Afluente	11	PF 1	7.70	262.15	262.87	263.27	264.23	0.03146	5.68	1.76	3.42	2.14
Afluente	10	PF 1	7.70	259.55	260.24	260.51	261.14	0.02479	4.92	2.21	4.90	1.89
Afluente	9	PF 1	7.70	257.95	258.84	258.97	259.39	0.01079	3.84	2.84	4.76	1.30
Afluente	8	PF 1	7.70	256.79	257.45	257.73	258.37	0.02691	4.99	2.19	5.08	1.96
Afluente	7	PF 1	7.70	255.50	256.27	256.54	257.11	0.01933	4.67	2.28	4.41	1.70
Afluente	6	PF 1	7.70	254.40	255.11	255.47	256.26	0.02808	5.35	1.93	3.91	2.02
Afluente	5	PF 1	7.70	248.45	248.85	249.48	253.56	0.23050	10.43	0.91	3.06	5.26
Afluente	4	PF 1	7.70	246.00	246.56	246.87	247.67	0.04290	5.61	1.99	5.63	2.40
Afluente	3	PF 1	7.70	243.66	244.25	244.59	245.49	0.04136	5.75	1.87	4.79	2.38

Afluente	2	PF 1	7.70	243.07	243.62	243.96	244.99	0.05161	6.09	1.78	4.98	2.62
Afluente	1	PF 1	7.70	243.07	243.74	243.96	244.48	0.02234	4.58	2.43	5.50	1.79

2. Perfil longitudinal



3. Variação de velocidade ao longo do perfil longitudinal



Do cálculo realizado, verifica-se que o canal na zona mais inclinada poderá apresentar possíveis erosões, uma vez que a velocidade em cheia estará compreendida entre aproximadamente 10m/s e 12 m/s.

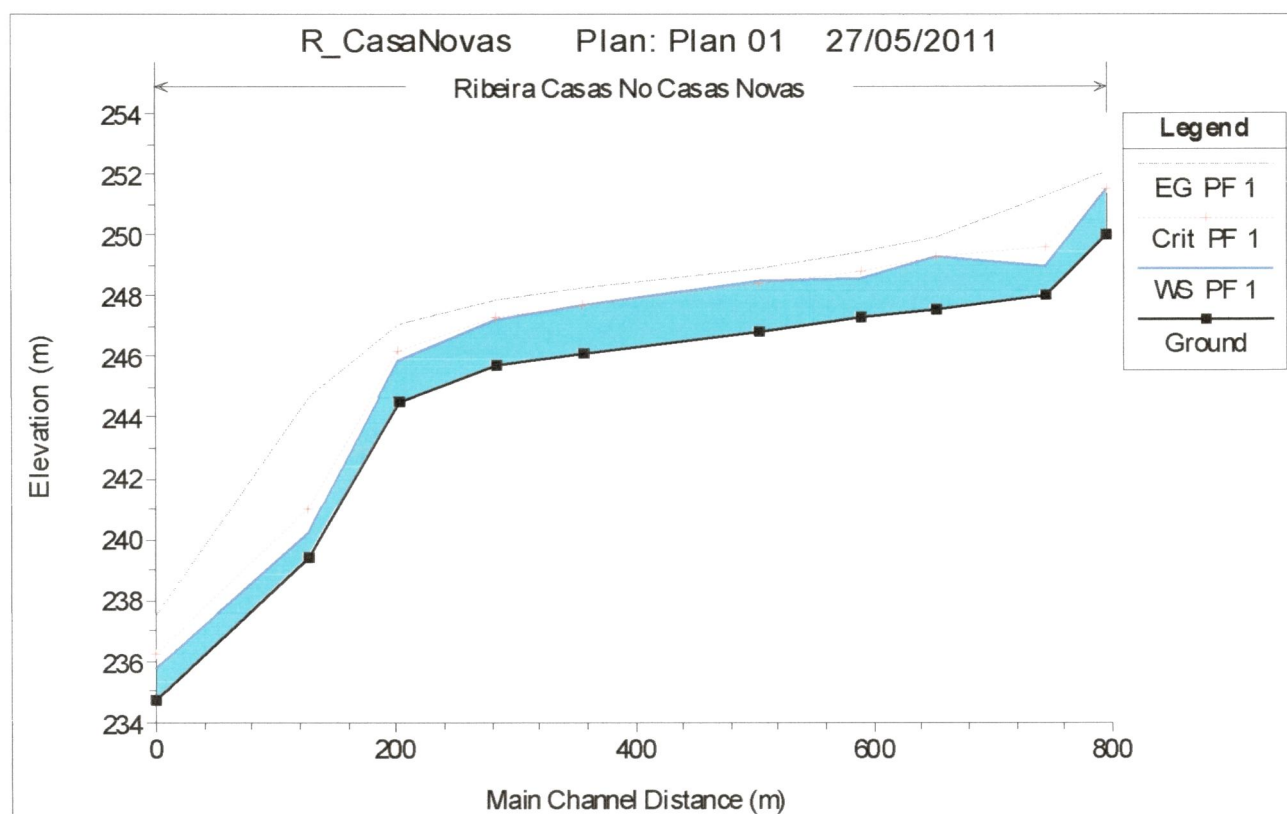
Considerando que, a ocorrência de cheia será sempre pontual e de muita curta duração, é opinião do projectista que a vala de desvio não deve ser revestida.

Resumo dos resultados obtidos para a linha de água de Casas Novas

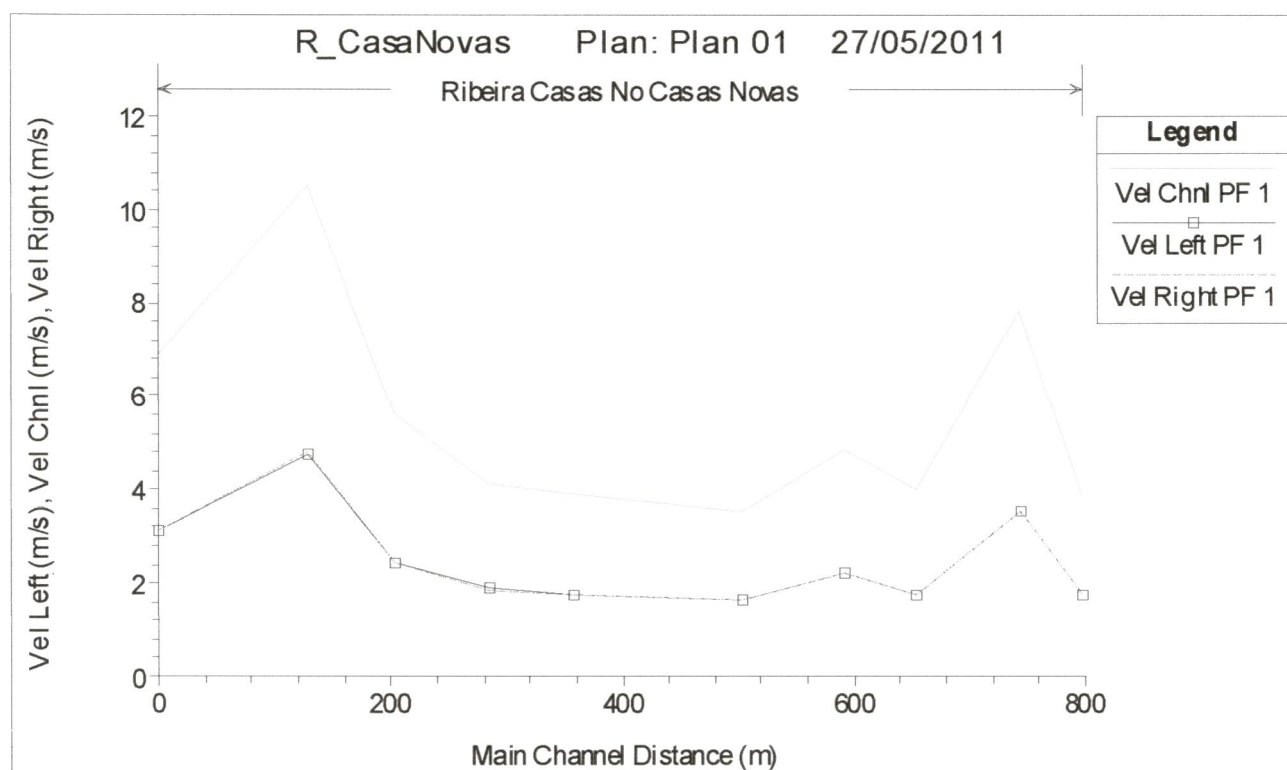
1. Quadro de cálculo

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Casas Novas	10	PF 1	26.70	250.00	251.57	251.57	252.06	0.00509	3.85	10.53	10.94	0.98
Casas Novas	9	PF 1	26.70	248.03	248.97	249.60	251.29	0.04155	7.80	4.70	7.55	2.57
Casas Novas	8	PF 1	26.70	247.58	249.32	249.32	249.91	0.00483	4.02	9.65	8.62	0.97
Casas Novas	7	PF 1	26.70	247.27	248.62	248.86	249.46	0.00989	4.86	8.02	9.37	1.34
Casas Novas	6	PF 1	26.70	246.83	248.49	248.40	248.90	0.00395	3.53	11.60	11.46	0.87
Casas Novas	5	PF 1	26.70	246.09	247.72	247.72	248.24	0.00498	3.90	10.22	10.07	0.98
Casas Novas	4	PF 1	26.70	245.74	247.26	247.33	247.84	0.00604	4.12	9.70	10.23	1.06
Casas Novas	3	PF 1	26.70	244.50	245.86	246.22	247.08	0.01294	5.59	6.59	7.18	1.53
Casas Novas	2	PF 1	26.70	239.43	240.18	241.00	244.66	0.10206	10.53	3.33	6.39	3.89
Casas Novas	1	PF 1	26.70	234.70	235.73	236.27	237.50	0.02842	6.88	5.43	8.05	2.16

2. Perfil longitudinal



3. Variação de velocidade ao longo do perfil longitudinal



Do cálculo realizado, verifica-se que o canal na zona mais inclinada poderá apresentar possíveis erosões, uma vez que a velocidade em cheia estará compreendida entre aproximadamente 8m/s e 10 m/s.

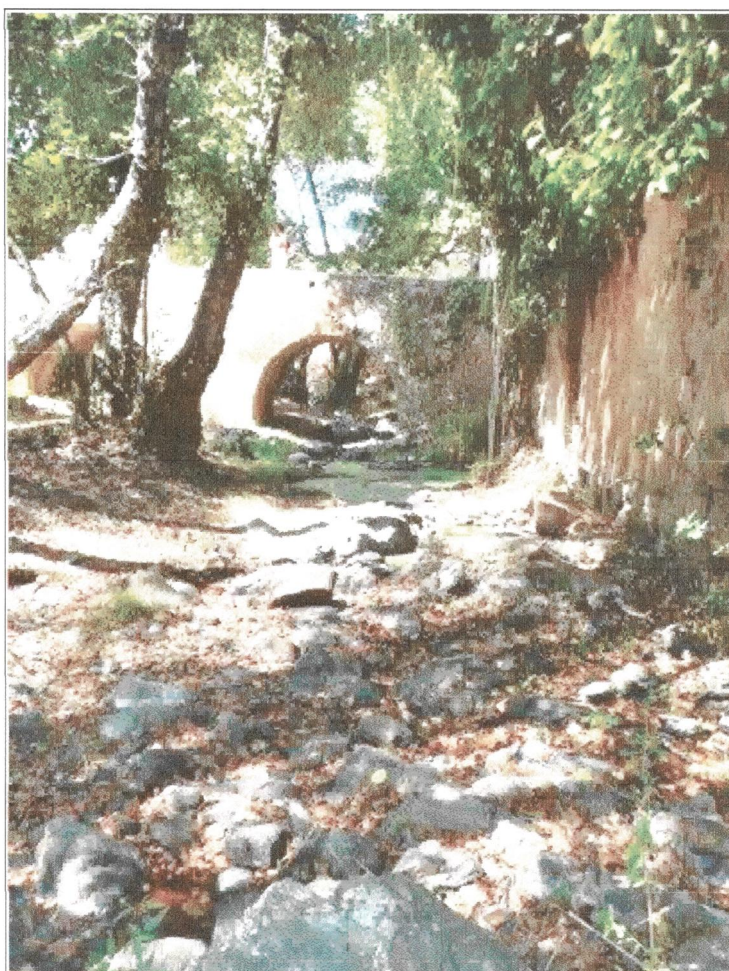
Considerando que a ocorrência de cheia será sempre pontual e de muita curta duração, é opinião do projectista que a vala de desvio não deve ser revestida.

4 – OPÇÕES DE PROJECTO DE MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INTERVENÇÃO

4.1 – Caracterização da situação de referência

À semelhança de toda a região alentejana, nomeadamente o Alto Alentejo, as linhas de água que, neste estudo são alvo de intervenção, caracterizam-se fundamentalmente por duas situações distintas:

- 1 – Caudais pequenos ou inexistentes na época de estiagem;
- 2 – Caudais abundantes na época de chuvas.



Situação Tipo de Ribeiras do Alentejo. Ribeira de S. Brissos junto à Nossa Senhora da Boa Fé

As linhas de água caracterizam-se por enormes variações sazonais de caudal. Aos grandes caudais do período chuvoso sucedem-se, no período seco, caudais nulos ou muito baixos.

O sistema hídrico apresenta-se como uma sucessão temporal de ambientes lóticos, (de águas correntes) e lênticos (de águas paradas), sendo estes frequentemente separados por importantes extensões de leito seco. Em anos mais secos, poucos lagos subsistem durante a estiagem, ficando a quase totalidade da rede hídrica completamente seca, o que sucede designadamente nos cursos de ordem mais baixa.

Em termos de flora, esta região, onde se enquadram as linhas de água em estudo, apresentam a seguinte vegetação:

- Matos;
- Murtas;
- Carrascos;
- Alecrim;
- Azinheira;
- Sobreiro

Para além de outras espécies herbáceas, que naturalmente surgem espontâneamente.

A este tipo de flora estão associadas diversas espécies de fauna, que delas se servem para seu habitat.

4.2 – Acções de minimização dos impactos no ecossistema

As características atrás enunciadas, das linhas de água na região alentejana, levantam algumas questões importantes que devem ser salvaguardadas na intervenção agora preconizada no desvio das linhas de água interceptadas pela corta de Casas Novas.

Algumas dessas questões são as seguintes:

1 - Minimizar a intervenção nos ecossistemas, mantendo ou criando um ecossistema em tudo semelhante ao existentes, nomeadamente ao nível do corredor ripário, que desempenha funções importantes na preservação do ecossistema:

- Provisão de alimento, abrigo e protecção da fauna ribeirinhas;
- Efeitos sobre a qualidade da águas superficiais;

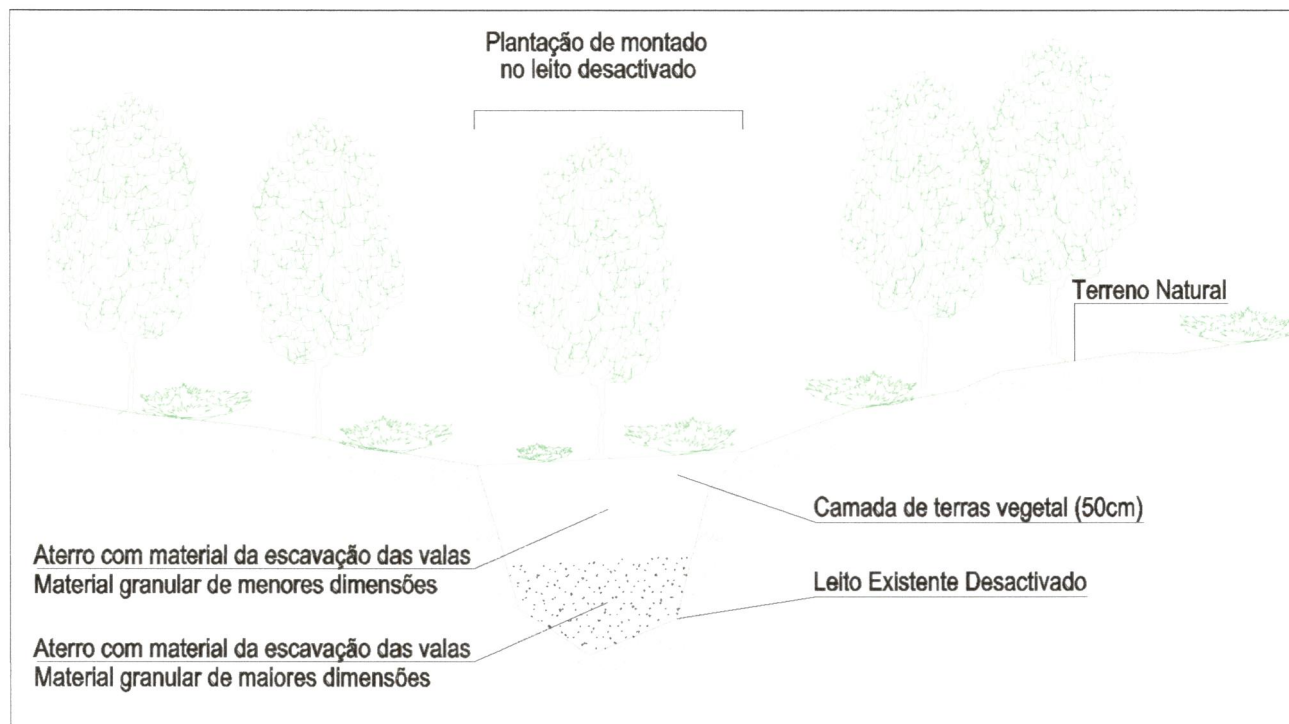
- Diminuição da luminosidade;
- Estruturação do Vale;
- Consolidação das margens e protecção contra a erosão;
- Em situações de cheia, diminui a velocidade da água fora das margens.

2 – Manutenção/ preservação do ecossistema existente, alvo de intervenção, por um período de tempo que possibilite a adaptação ao novo ecossistema. Recorde-se que o tempo de vida útil previsto para a exploração mineira é de 6 anos, situação que se pode considerar definitiva e irreversível que não permitirá no fim da exploração voltar à situação actual.

4.2.1 – Opções de projecto implementadas

A solução apresentada para desvio das linhas de água tem como base alguns pressupostos que, têm como principal objectivo minimizar os impactos ambientais negativos que uma intervenção deste tipo pode constituir para os ecossistemas existentes.

Assim nas linhas de água desactivadas, nos troços compreendidos entre o início do desvio das linhas de água e a área da corta de Casas Novas, ou seja, totalmente fora da área de implantação da corta, serão alvo de integração paisagística, de acordo com o pormenor desenhado que aqui se reproduz.



Pormenor tipo da desactivação de linhas de água existentes

Uma das opções principais é a recuperação do montado natural através da plantação de espécies existentes nos troços desactivados das linhas de água.

Sempre que possível as espécies que tenham que ser arrancadas nas áreas de execução das valas devem ser replantadas nos troços desactivados.

A solução projectada para as intervenções a efectuar na linha de água de Casas Novas e na linha de água Complementar, apresenta as seguintes opções de projecto, para a minimização dos impactos ambientais:

Acção/Opção de Projecto	Consequência mitigadora
- Executar os trabalhos na época de estiagem	- Fase menos rica em termos de fauna e flora, diminuindo assim os impactos
- Minimizar o derrube e arrancamento de flora existente.	- Manutenção do ecossistema existente
Prevê-se, nesta fase de projecto, o arranque de 400 a 425 espécimes com porte arbóreo, de diferentes espécies.	- Continuidade de espécies existentes no novo ecossistema criado

- Plantação de flora nos taludes exteriores e nas margens dos desvios da linha de água, recriando o ecossistema anteriormente existente. Replantação das espécies arrancadas	- Provisão de alimento, abrigo e protecção da fauna ribeirinhas - Efeitos sobre a qualidade da águas superficiais - Diminuição da luminosidade, controlando a qualidade da água e o crescimento excessivo de vegetação no leito - Estruturação do Vale - Consolidação das margens e protecção contra a erosão - Em situações de cheia diminui a velocidade da água fora das margens
- Aterro com material escavado nos desvios para desactivação das linhas de água "antigas", nos troços que não serão demolidos pela corta de Casas Novas	- Diminuição da quantidade de terras a depositar em depósito
- Plantação de flora nos troços de água desactivados. Replantação das espécies arrancadas	- Manutenção temporária dos ecossistemas - Diminuição dos efeitos de erosão no aterro fruto da existência de um ponto baixo do vale que naturalmente se mantém.
- Não impermeabilização do leito e das margens que o delimitam	- Possibilidade de regeneração de espécies de flora, que seriam impossíveis com a existência de um leito impermeável
- Execução das valas de desvio das linhas de água sempre em escavação	- Diminuição da erosão que em situações de aterro seria muito mais facilitada
- Secção transversal tipo das valas, pouco, encaixadas	- Menor velocidade de escoamento - Menor erosão das margens - Melhor estabilidade das margens - Melhor possibilidade de adaptação da fauna, não constituindo um barreira física que dificultasse a sua movimentação
- Execução de pendentes dos desvios, sempre em descida	- Manutenção da situação existente - Impossibilidade de criação de lagos ou zonas paradas que nas épocas de estiagem conduziram a uma degradação da qualidade da água

Porto, 29 de Julho de 2011

Luís Filipe Pinheiro Diogo
Luís Filipe Pinheiro Diogo
(Eng.º Civil)



PROJECTO DE EXPLORAÇÃO MINEIRA DE BOA FÉ

DESVIO DAS LINHAS DE ÁGUA INTERCEPTADAS PELA CORTA DE CASAS NOVAS

Peças Desenhadas

Número	Título	Nº Folhas	Escala
042011-PB-HID-01.0-00	Planta de localização - Bacias Hidrográficas	1	1/25000
042011-PB-HID-02.0-00	Planta de localização. Foto Aérea	1	1/5000
042011-PB-HID-03.0-00	Planta de implantação Geral	1	1/2000
042011-PB-HID-04.0-00	Desvio da Linha de Água de Casas Novas. Planta. Perfil Longitudinal	1	H=1/1000, V=1/100
042011-PB-HID-05.0-00	Desvio da Linha de Água Complementar. Planta. Perfil Longitudinal	1	H=1/1000, V=1/100
042011-PB-HID-06.0-00	Secções Transversais Tipo	1	1/50