

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS POR ACÇÃO FLUVIAL Aplicação ao Rio Séqua/Gilão na área urbana de Tavira

Jorge Manuel G. P., ISIDORO

Mestre, Universidade do Algarve, Campus da Penha – 8005 FARO, jsidoro@ualg.pt

Vera Lúcia S., ROCHETA

Licenciada, Universidade do Algarve, Campus da Penha – 8005 FARO, vrocheta@ualg.pt

Rui Miguel M., LANÇA

Mestre, Universidade do Algarve, Campus da Penha – 8005 FARO, rlanca@ualg.pt

RESUMO

A Universidade do Algarve realizou em 2008 um estudo para o Município de Tavira relativo à delimitação das áreas inundáveis causadas por extravasamento do rio que atravessa a cidade, Rio Séqua/Gilão, devido a precipitações intensas associadas a períodos de retorno de 10 e de 100 anos.

O estudo em causa dividiu-se basicamente em três etapas: a realização de um estudo hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Séqua/Gilão (221km²) com vista a determinação de caudais máximos de cheia, a realização de um estudo hidrodinâmico, no qual se efectuou a modelação numérica do troço de rio com aproximadamente 9.50km, considerando o efeito das diversas estruturas hidráulicas existentes no troço e do efeito de maré, e finalmente a identificação dos níveis atingidos pelo Rio para os caudais associados a períodos de retorno de 10 e 100 anos. Foram também analisados os resultados obtidos e identificadas soluções para minimizar o efeito das cheias na cidade de Tavira.

Particular atenção foi dada à aferição do modelo utilizado, através da comparação entre os níveis de cheia atingidos na cheia de 3 de Dezembro de 1989 (através de marcas de cheia, fotografias e vídeos) e os níveis de cheia modelados. Este exercício permitiu verificar que o modelo numérico apresenta resultados muito satisfatórios nas simulações efectuadas.

Foi também realizada uma simulação tendo em conta potenciais efeitos das alterações climáticas no que concerne à subida do nível médio do mar.

Pretende-se apresentar uma síntese das etapas que constituíram o estudo, dando particular incidência ao trabalho de aferição existente, bem como à elaboração dos mapas de delimitação de áreas inundáveis.

Palavras-Chave: Cheias fluviais, Alterações climáticas, Eventos extremos, Modelação hidrológica, Modelação hidrodinâmica

1 – INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Gerais

De acordo com a Lei 58/2000, DL 468/1971, DL89/87 e DL 364/98, os Municípios têm a obrigação de elaborar uma carta de zonas inundáveis para os aglomerados urbanos que tenham sido afectados por inundações desde o ano de 1967 inclusive e que ainda não se encontrem abrangidos por zonas adjacentes classificadas. Neste âmbito, a Universidade do Algarve elaborou para o Município de Tavira um conjunto de cartas de zonas inundáveis, das quais neste artigo se faz referência à produzida para a zona urbana de Tavira.

1.2 Metodologia

A metodologia para a elaboração desta carta de zonas inundáveis baseou-se inicialmente num conjunto de visitas ao local com vista a um melhor conhecimento do vale do Séqua/Gilão e da zona urbana da cidade de Tavira, e na recolha e concentração de elementos necessários à realização do estudo, nomeadamente: cartas militares, levantamentos topográficos, ortofotomapas, levantamentos batimétricos do leito do rio e da barra de Tavira e “Quatro Águas”, elementos de projecto com vista à definição da geometria de pilares e fundações das pontes existentes na área em causa (de montante para jusante: rodoviária na EN125, ferroviária, de São Tiago, romana, militar, dos Descobrimentos) e da geometria do açude existente a jusante da “ponte militar”.

A fase seguinte consistiu na identificação da bacia hidrográfica e respectivas sub-bacias, com base nas cartas militares à escala 1/25000 e na identificação do solo e respectiva ocupação com base na carta de solos de Portugal à escala 1/50000, na carta de uso do solo à escala 1/25000 e nos ortofotomapas da área em estudo. Com esta informação foi realizada, recorrendo ao *software* HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System*), a simulação hidrológica com vista à obtenção de caudais de cheia associados a períodos de retorno de 10 anos e de 100 anos. Conhecendo os caudais acima referidos, foi então efectuada, aplicando o *software* HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*), a simulação hidrodinâmica em regime variável do escoamento no leito do Séqua/Gilão, com consideração do efeito de obstrução das diversas estruturas, para os períodos de retorno em causa. No estudo hidrodinâmico foi incluído um cenário de subida do nível médio do mar, com vista à simulação dos possíveis efeitos das alterações climáticas.

Conhecendo as alturas máximas atingidas pela água, foram, para os períodos de retorno de 10 anos e 100 anos, delimitadas à escala 1/2500 as áreas inundáveis ao longo do domínio espacial em análise.

Através de um conjunto de registos históricos, de onde se destaca um filme amador que documenta a cheia ocorrida na noite de 3 para 4 de Dezembro de 1989, identificaram-se os níveis atingidos pela água em treze pontos da cidade, tendo sido efectuadas medições no local por forma a possibilitar a verificação dos resultados provenientes da simulação computacional.

Foi ainda definido um conjunto de possíveis medidas mitigadoras da acção de cheias

2 - MODELO HIDROLÓGICO

2.1 Caracterização da bacia hidrográfica

O Rio Séqua/Gilão na secção em estudo apresenta uma bacia hidrográfica com 226.84 km², com representação nas cartas militares do Instituto Geográfico do Exército n.590, n.598, n.599, n.607 e n.608.

Foram consideradas 4 sub-bacias hidrográficas que drenam para a secção. São estas as bacias de Alportel, Asseca, Fornalha e Séqua, identificadas na Figura 1. Como a área da bacia hidrográfica a

montante de uma determinada secção transversal da linha de água é função do posicionamento dessa mesma secção, foram consideradas quatro secções de referência para o cálculo dos caudais, às quais estão associadas as quatro sub-bacias hidrográficas.

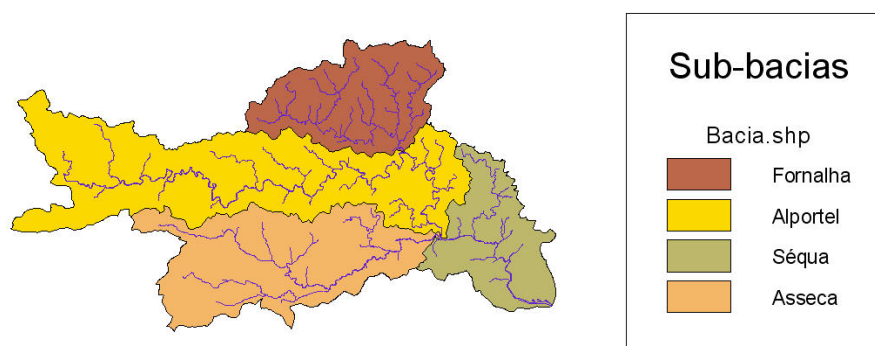


Figura 1 – Sub-bacias hidrográficas do Rio Séqua/Gilão na secção em estudo

O Quadro 1 apresenta em resumo os principais dados fisiográficos das diferentes sub-bacias hidrográficas.

	Sub-bacia			
	Alportel	Asseca	Fornalha	Séqua
Área (km ²)	93.12	61.35	40.06	32.31
Comprimento da linha de água (km)	49.07	19.77	15.06	14.25
Declividade equivalente constante (m/m)	0.0065	0.0094	0.0176	0.0059

Quadro 1 – Propriedades das sub-bacias hidrográficas

2.2 Tipos e usos do solo

De acordo com a Carta de Solos de Portugal, os solos da bacia hidrográfica apresentam distintas classificações, embora na maior parte da área correspondam a solos do tipo "Ex" (Litossolos dos climas de regime xérico, de xistos ou grauvaques), de acordo com a Classificação dos solos de Portugal (S.R.O.A.), (Cardoso, 1956). As propriedades dos solos foram obtidas por comparação com os dados de Koop (1989).

Segundo o método da Curva Número do *Soil Conservation Service* (SCS), os solos da bacia hidrográfica são pertencentes aos grupos hidrológicos "B", "C" e "D" (Lencastre, 1992), embora os últimos sejam os correspondentes à quase totalidade da bacia (Figura 2).

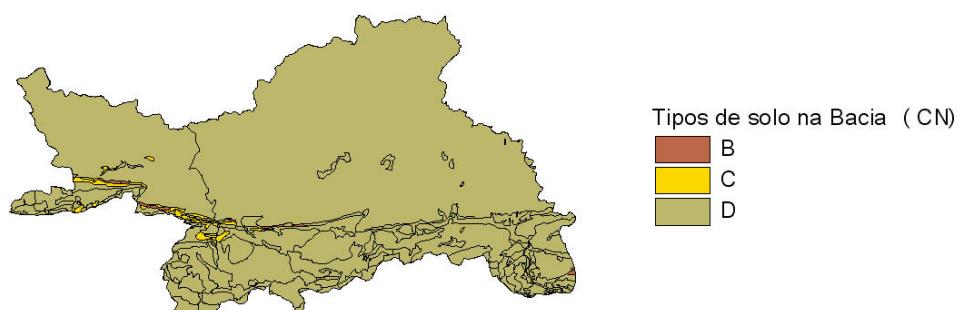


Figura 2 – Tipos de solo (CN) para a secção em estudo

Os solos da bacia hidrográfica não têm ocupação urbana significativa. Na Figura 3 observa-se um extracto carta *Corine Land Cover* para a área da bacia do Séqua/Gilão.

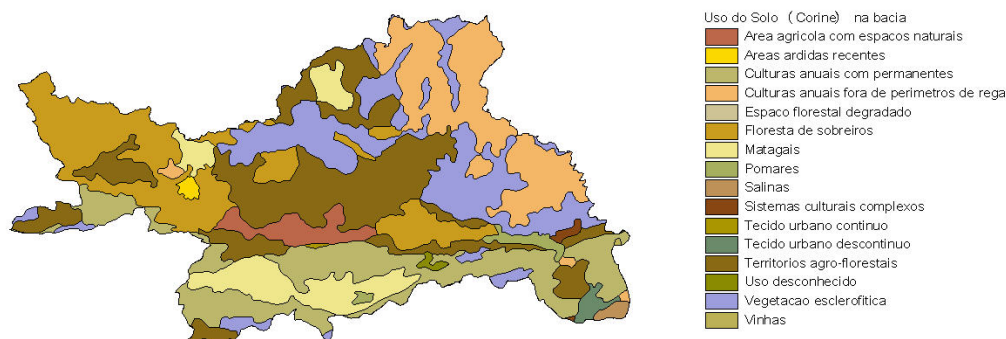


Figura 3 – Usos do solo para a secção em estudo

Para a classificação da Curva Número (CN) (Lencastre, 1992), foi intersectada a informação relativa ao tipo de solo com a do uso do solo. Os valores de CN resultam da análise dos solos e respectivos usos que em conjunto condicionam a relação entre a precipitação e a precipitação efectiva (a que contribui para o escoamento superficial), para condições de humidade do solo entre o ponto de emurchecimento e a capacidade de campo. Em cenários de cheia, as condições anteriores de teor de água do solo devem corresponder a solos com teor de água elevado, em condições de capacidade de campo ou superior, situação propícia à formação das maiores cheias. Na simulação hidrológica foram assim utilizados valores de CN III (Figura 4).

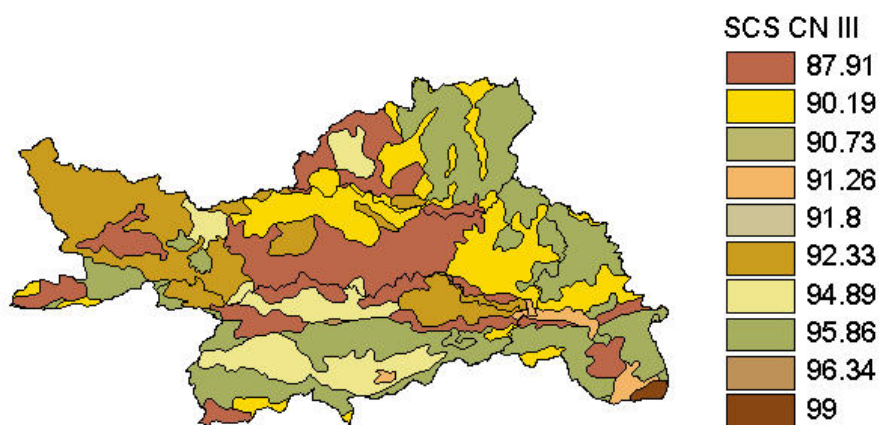


Figura 4 – Valores de CN III para a secção em estudo

2.3 Modelação hidrológica da bacia

O modelo hidrológico de simulação utilizado para determinar os caudais associados a diferentes períodos de retorno, foi o HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System*), do *U. S. Army Corps of Engineers*. Os dados da bacia hidrográfica foram inicialmente introduzidos no modelo em causa, diferenciando-se as quatro sub-bacias. Posteriormente efectuaram-se as ligações

topológicas entre as bacias (*catchements*), os troços (*reaches*), e a secção (*sink*). Este modelo é esquematizado na Figura 5.

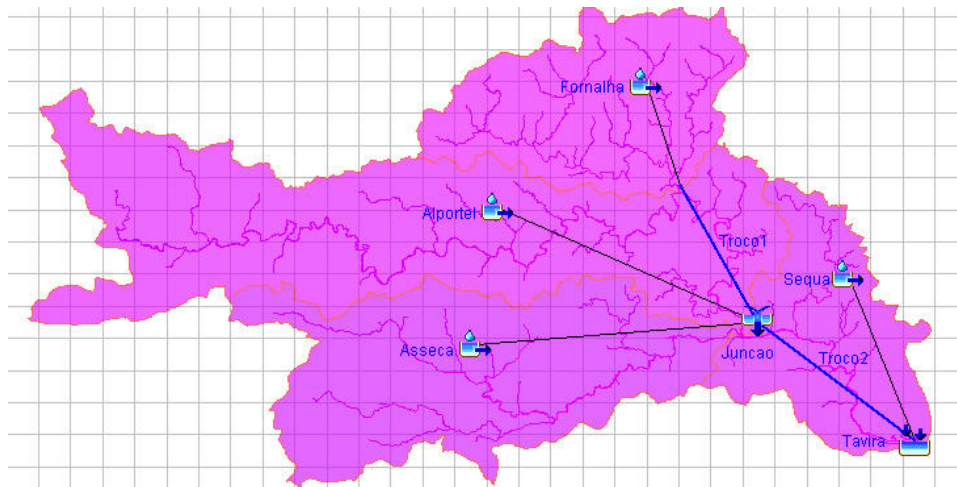


Figura 5 – Modelo conceptualizado das sub-bacias hidrográficas

Os tempos de concentração foram calculados através da fórmula de Kirpich (Lencastre, 1992). O *Lag-time* considerado é de 60% do tempo de concentração da bacia hidrográfica (Portela *et al.*, 2000). Esta informação é apresentada no Quadro 2.

	Sub-bacia			
	Alportel	Asseca	Fornalha	Séqua
Tempo de concentração (horas)	9.2	4.0	2.5	3.7
Tlag (horas)	5.5	2.4	1.5	2.2

Quadro 2 – Tempo de concentração e Tlag das sub-bacias hidrográficas

3.3.1. Valores de precipitação

O cálculo da precipitação para cada período de retorno foi executado com base nas equações de possibilidade udométrica (curvas IDF) publicadas no Decreto Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais). A bacia hidrográfica situa-se na região pluviométrica "A".

Para o cálculo dos hietogramas de projecto, foi aplicado o método *Alternating Block Method* preconizado em Chow (1988).

3.3.2. Hidrogramas resultantes

Após a execução do modelo computacional, obtiveram-se os hidrogramas para os períodos de retorno de 10 e 100 anos (Figuras 6 e 7). Os valores de pico obtidos são, respectivamente, de 520.6 m³/s e 928.0 m³/s.

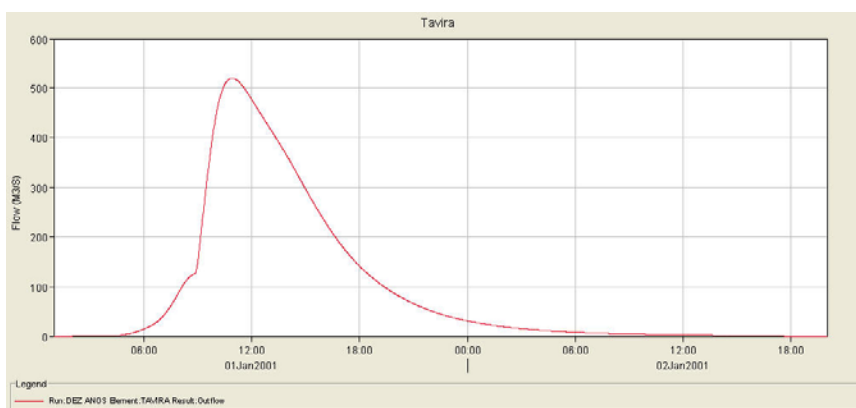


Figura 6 – Hidrograma de cheia para Tr = 10 anos

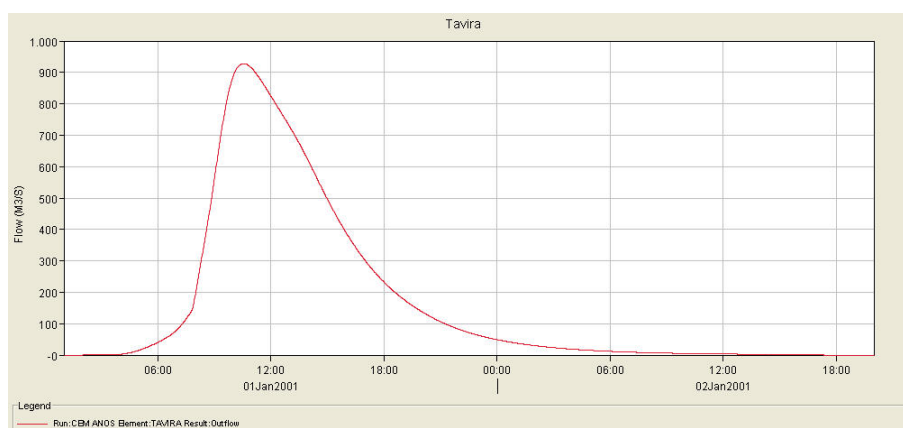


Figura 7 – Hidrograma de cheia para Tr = 100 anos

3 - MODELO HIDRODINÂMICO

O estudo hidrodinâmico visa simular a capacidade de vazão do leito do Rio Séqua/Gilão em toda a sua extensão e calcular as cotas atingidas pelas cheias associadas a precipitações com períodos de retorno de 10 anos e 100 anos, com consideração do efeito das alterações climáticas pela inclusão de um cenário adicional de subida do nível médio das águas do Mar.

3.1 Metodologia

Para simular o escoamento na linha de água e margens inundáveis utilizou-se o programa *HEC-RAS (Hydraulic Engineering Center – River Analysis System)* desenvolvido pelo *United States Army Corps of Engineers*.

Na simulação foram consideradas as seguintes hipóteses:

- O escoamento é unidireccional;
- O regime é variável;
- A linha de água é discretizada em secções transversais definidas nos locais onde existem alterações da geometria do leito ou proximidade de pontes;
- O material do fundo do leito foi classificado com base em observações no local e a rugosidade calculada por comparação com valores de referência, de acordo com Chow (1959).
- A definição geométrica das passagens hidráulicas das pontes foi definida através dos respectivos projectos e por medições realizadas no local;

- A definição geométrica das secções transversais foi obtida com base em levantamentos batimétricos e topográficos;
- A condição de fronteira de jusante é definida à saída da Barra de Tavira pelos níveis de maré identificados com intervalos constantes de uma hora. Foram utilizados, como dados de base, os registados na barra de Faro porque não existem registos dos níveis de maré na barra de Tavira. A série temporal utilizada compreende as marés mais vivas do ano;
- A condição de fronteira de montante é definida pelos hidrogramas de cheia calculados no estudo hidrológico;
- O cálculo dos níveis para todas as secções transversais é determinado pela resolução numérica da equação de conservação da massa e equação de conservação da quantidade de movimento em simultâneo, também conhecidas pelas Equações de Saint-Venant;
- Nas zonas urbanas com forte densidade de construção, foi considerado que a água sai do leito e retorna na mesma secção transversal. Para conseguir este efeito, a área e o perímetro molhado das secções transversais associadas a este tipo de ocupação são considerados na equação de conservação da massa, mas não na equação de conservação da quantidade de movimento;
- A perda de carga nas estruturas hidráulicas é calculada com base na equação de conservação da energia.

3.2 Condições de fronteira de jusante

Como condição de fronteira de jusante foram utilizados os níveis de maré no período onde ocorre a máxima preia-mar do ano, em 21 de Agosto.

O efeito das alterações climáticas foi considerado. Como cenário adoptou-se que o nível médio das águas do Mar subirá 0.49m nos próximos 100 anos (valor aconselhado pela ARH - Algarve) e que a situação de cheias está associada a uma situação meteorológica de baixas pressões atmosféricas. Esta situação provoca a sobre elevação das águas do Mar, com o valor adoptado de 0.42 m (valor aconselhado pela ARH - Algarve).

Devido à acção destes dois fenómenos, aos valores da série de dados obtidos pelo marégrafo da Barra de Faro, entre 20 e 22 de Agosto, foram adicionados 0.91m. Na Figura 8 são apresentados os níveis de maré referenciados ao nível médio das águas do mar no período onde ocorre a máxima preia-mar do ano, para a situação actual e para o cenário de subida do nível médio das águas do Mar com baixa pressão atmosférica.

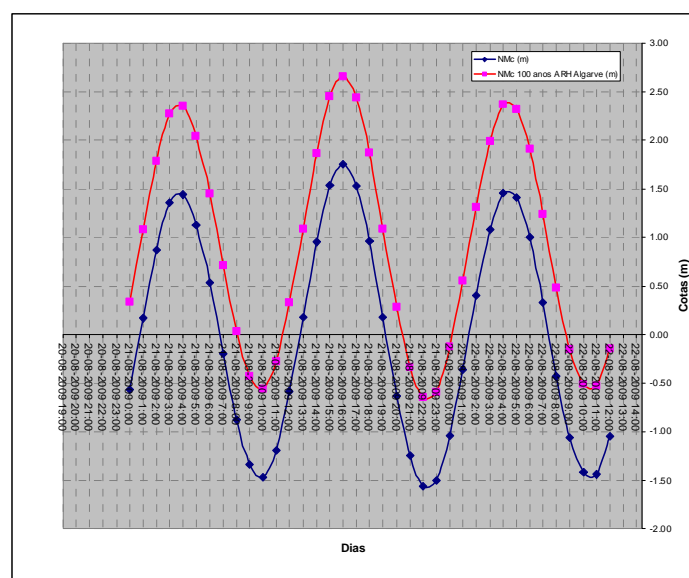


Figura 8 – Níveis de maré referenciados ao nível médio das águas do mar no período onde ocorre a máxima preia-mar do ano, para a situação actual e para o cenário de alteração climática.

Para obter os níveis máximos de cheia na cidade de Tavira, foi considerado para efeitos de simulação que o máximo de caudal na secção de montante ocorre uma hora antes do pico máximo da preia-mar na secção de jusante. Desta forma verifica-se que a onda de cheia que se propaga de montante para jusante se sobrepõe com a onda de maré que se propaga de jusante para montante na zona da cidade de Tavira.

Ao efectuar a simulação observou-se que em situação de cheia o efeito da condição de fronteira de jusante não se faz sentir para montante da Ponte Romana.

Na Figura 9 está representada a configuração da superfície livre do escoamento correspondente à sobreposição simultânea dos níveis máximos atingidos em cada secção transversal.

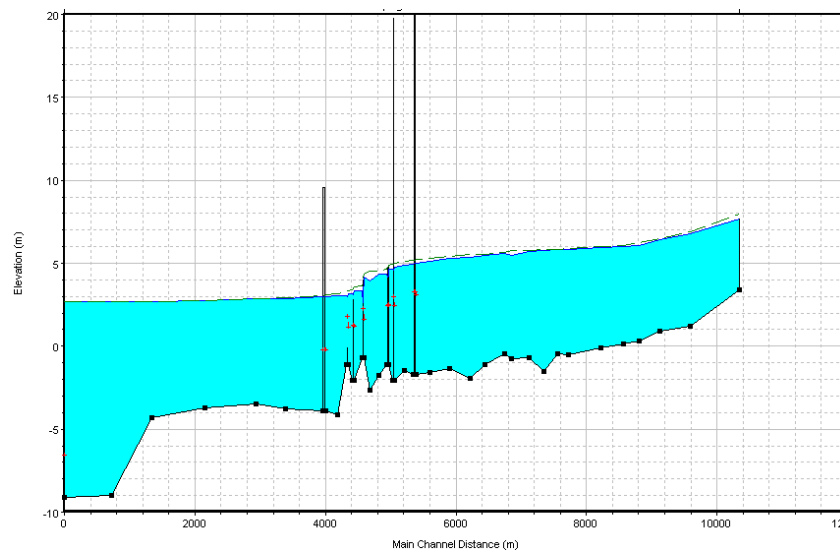


Figura 9 – Perfil Longitudinal para $T_r = 100$ anos (cenário de subida do nível médio das águas do Mar e baixa pressão atmosférica)

4 - DEFINIÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS

Para a definição das áreas inundáveis foi analisada a seguinte cartografia:

- Cartas militares à escala 1:25000;
- Levantamento topográfico da cidade de Tavira com curvas de nível de equidistância igual a 10m;
- Ortofotomapas com e sem informação altimétrica, respectivamente de 2000 e de 2005;
- Levantamento batimétrico do leito do Rio Séqua/Gilão elaborado pela TOPOARADE em 2002;
- Levantamento batimétrico na barra de Tavira, Quatro Águas e Rio Gilão realizado pelo Instituto Hidrográfico em 2002 e em 2008;

A intersecção de toda a informação cartográfica implicou a análise de cada um dos diferentes sistemas de referência e respectiva compatibilização pois os levantamentos batimétricos consideram o nível médio das águas do mar 2m abaixo do nível apresentado nas cartas militares e nos ortofotomapas. É ainda de referir que em batimetria as cotas aumentam em profundidade ao contrário do que é adoptado para as cotas topográficas.

Com esta cartografia como base, foram elaborados os mapas de áreas inundáveis onde consta a delimitação das mesmas para caudais de cheia associados a períodos de retorno de 10 anos e 100 anos para o cenário climático actual e ainda a análise dos mesmo caudais para o cenário de subida do

nível médio do mar. Nos mapas de áreas inundáveis são indicadas as cotas do terreno e a cota atingida pela cheia. Na Figura 10 apresenta-se uma vista geral dos referidos mapas.

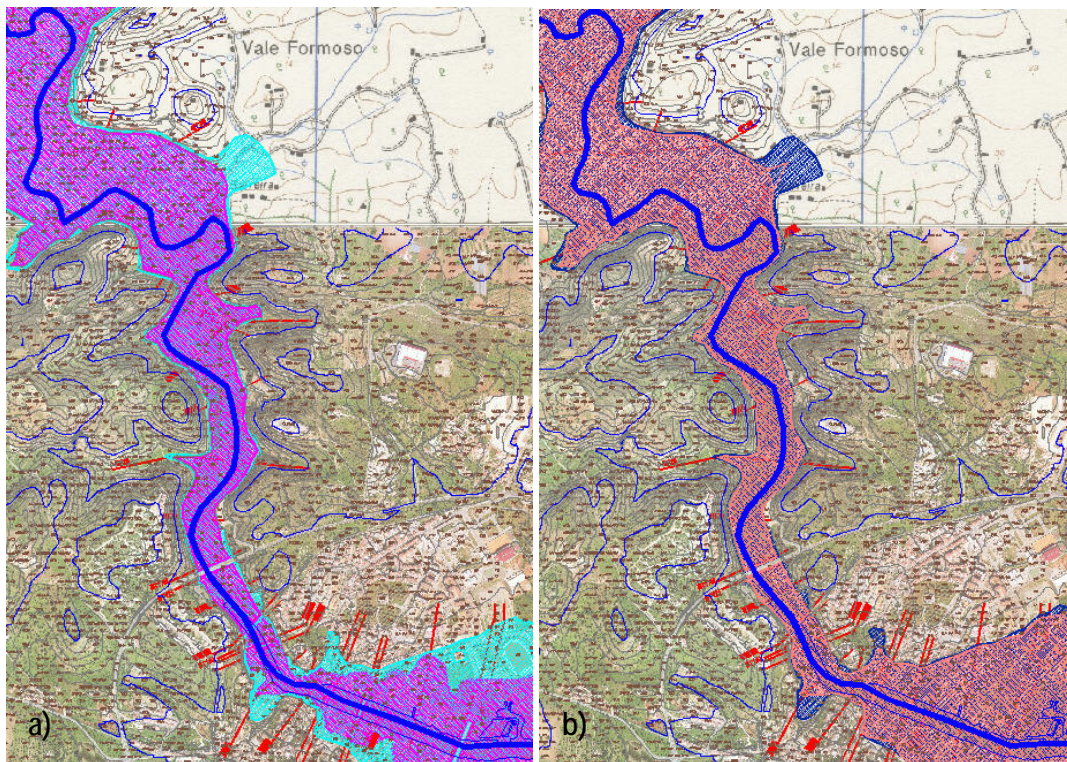


Figura 10 – Mapas de áreas inundáveis para caudais de cheia associados a períodos de retorno de 10 anos e 100 anos para: a) o nível médio do mar actual; b) nível médio do mar a 100 anos.

Para a delimitação das respectivas áreas foram analisadas em cada secção transversal as cotas do terreno e as cotas atingidas pelo nível da água. Desta foram determinados os pontos de referência para delimitação dos limites inundáveis contidos em cada uma das secções. Posteriormente foram unidos tendo em conta a topografia do terreno entre secções transversais. Após traçada a linha limite de cada uma das áreas efectuou-se a pesquisa por pontos de cota superior ao nível atingido pela água, conseqüentemente não inundáveis. As Figuras 11a) e 11b) mostram os níveis de água atingidos nas secções 19 e 20 para um TR=100 anos no cenário actual a partir dos quais se desenharam as áreas inundáveis em planta exemplificadas na Figura 12 pela linha azul. Nesta figura revelam-se ainda os limites de áreas inundáveis para os TR= 10 anos.

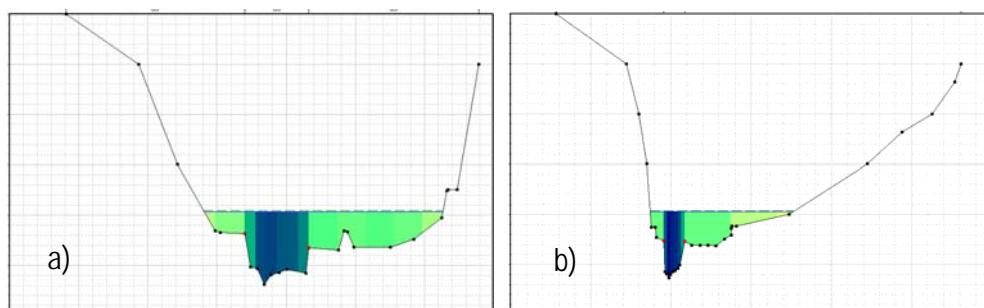


Figura 11 – Secções Transversais a) 19 e b) 20 para Tr = 100 anos (vista de montante para jusante).

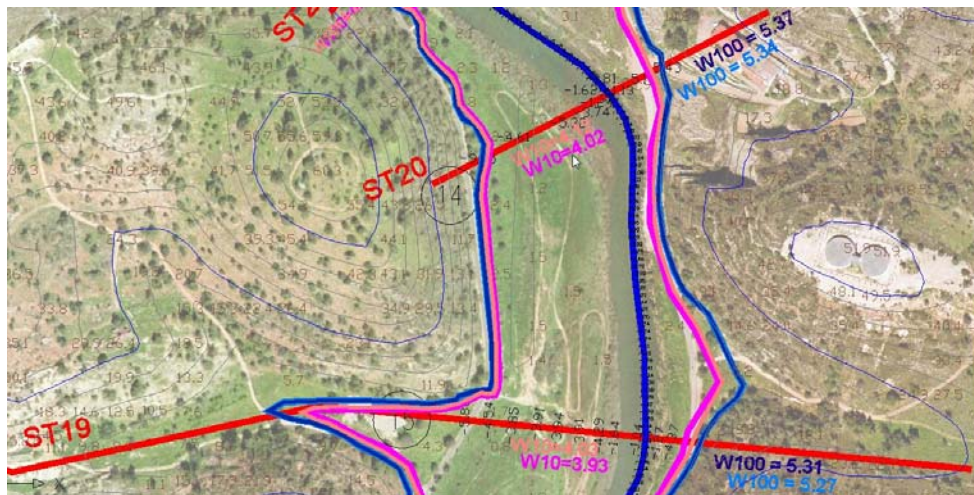


Figura 12 – Área inundável entre as secções transversais 19 e 20.

Tal como se pode verificar pela figura anterior, nesta zona os limites das áreas inundáveis são sensivelmente paralelos às curvas de nível, configuração que se mantém aproximadamente desde a secção mais a montante até à ponte romana (secção 11). A partir desta zona, pelo facto do leito não ter capacidade de vazão suficiente as áreas inundáveis aumentam e dado que as margens de inundaçào são planas os limites das áreas inundáveis para os diversos cenários tornam-se mais distintos, tal como se pode ver na Figura 13.

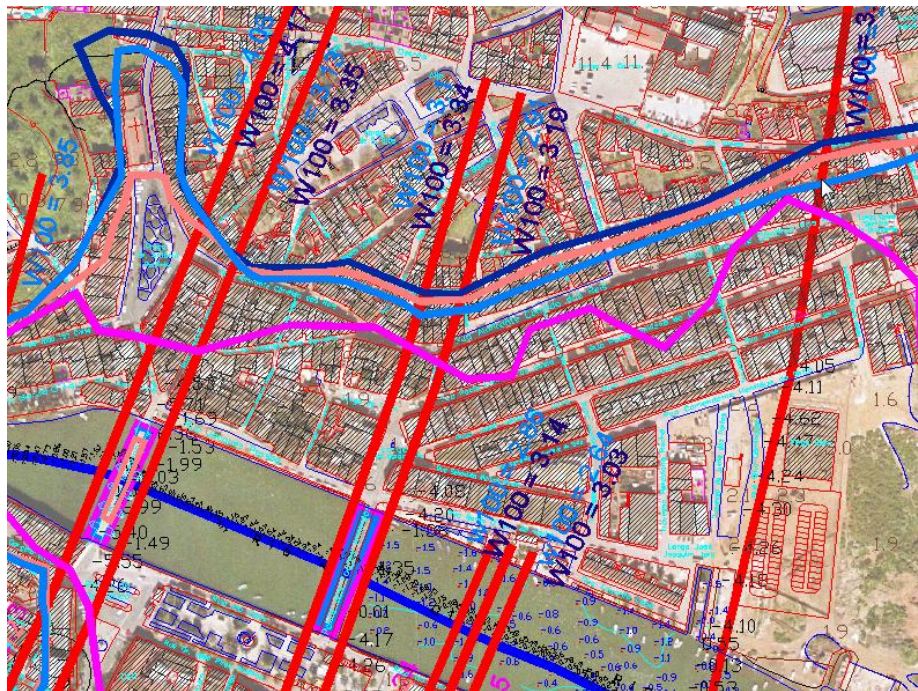


Figura 13 – Área inundável entre a secção transversal 10 (ponte romana) e a secção transversal 8 (a montante da ponte dos Descobrimentos)

Na modelação hidrodinâmica do Rio Séqua/Gilão foram consideradas as 6 pontes. No entanto, destas, a emblemática Ponte Romana da cidade é a maior causa das cheias que ocorrem nesta cidade. A diferença de níveis de cheia entre montante e jusante desta estrutura é de 0.93m. A

capacidade de vazão dos arcos desta ponte é claramente inferior à das outras estruturas e provoca a sobre elevação dos níveis a montante da mesma para uma cota de 4.06m, o que acentua o transbordar do Rio e a ocorrência de fortes correntes nas ruas que permitem a comunicação pelas margens das áreas inundadas a montante e a jusante desta estrutura. A montante da ponte localiza-se a ST12 e a ST13 correspondes às zonas onde o nível da cheia atingido sobre as margens é mais elevado devido não só à existência da ponte como também ao estreitamento do leito. A maior altura de água aqui atingida é de 2.26m. A montante da Ponte Romana os níveis de maré não influenciam a relação caudal / altura de escoamento

No que respeita ao cenário em que é contemplada a subida do nível médio das águas do mar constata-se que face ao cenário actual prevê-se um aumento das áreas inundáveis, aumento esse mais significativo a jusante da Ponte Romana, o que é expectável pois corresponde à área mais sujeita ao efeito da maré.

5 - REGISTOS HISTÓRICOS DA CHEIAS DE 1989

As cotas atingidas pelas cheias de 1989 foram identificadas através de registos históricos, nomeadamente vídeo, fotografia e marcas existentes na Cidade de Tavira. Os locais onde se procedeu a este levantamento estão assinalados na Figura 14 e no Quadro 3.

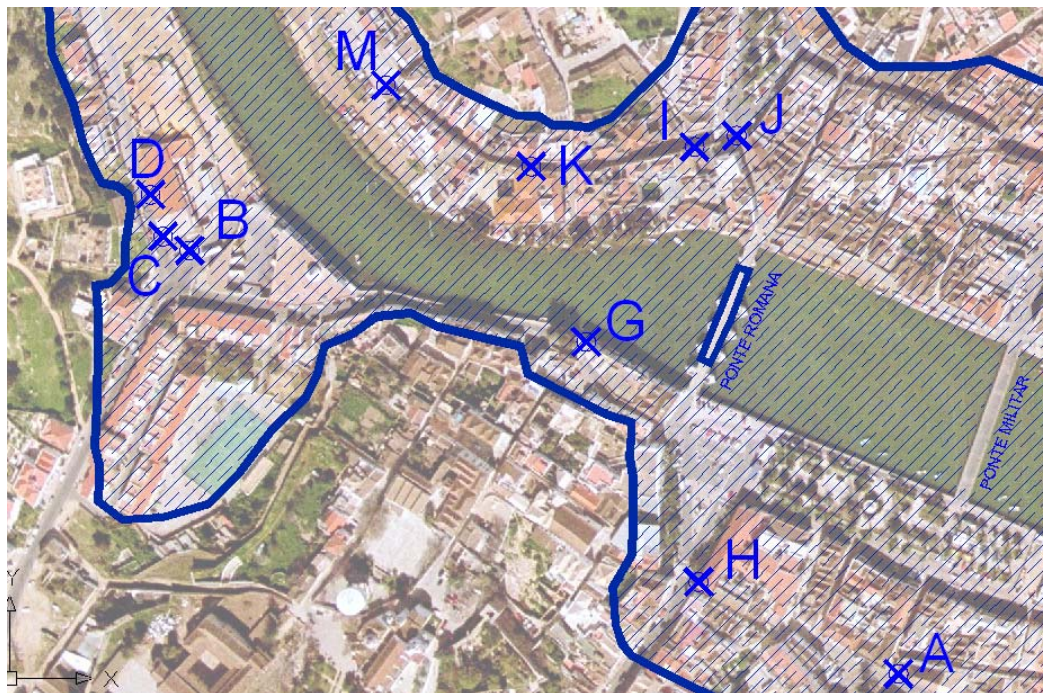


Figura 14 – Localização dos pontos onde foram identificados os níveis atingidos nas cheias de 1989

Ponto	Lâmina de água (registo) (m)	Nível de água (registo) (m)	Nível de água (simulação) (m)	Observações
A	0.5	2.5	2.9	A diferença de valores deve-se ao facto da modelação considerar o nível da máxima preia-mar, quando na hora da cheia de 1989 a maré estava enchente num ciclo de marés mortas.
C	2.1	4.4	4.3	Este local situa-se a montante da Ponte Romana pelo que o efeito de maré não se faz sentir na relação entre caudal/nível de cheia. Observa-se alguma proximidade entre os níveis registados e os modelados.
D	2.1	4.4	4.3	Este local situa-se a montante da Ponte Romana pelo que o efeito de maré não se faz sentir na relação entre caudal/nível de cheia. Observa-se alguma proximidade entre os níveis registados e os modelados.
H	0.5	2.7	3.1	A diferença de valores deve-se ao facto da modelação considerar o nível da máxima preia-mar, quando na hora da cheia de 1989 a maré estava enchente num ciclo de marés mortas.
I	1.1	3.5	3.7 (*)	O valor (*) corresponde a um ajuste que contempla o facto da modelação se referir a uma rua paralela ao rio na qual o nível de água difere deste
J				
K	2.0	4.1	4.1	Este local situa-se a montante da Ponte Romana pelo que o efeito de maré não se faz sentir na relação entre caudal/nível de cheia. Observa-se alguma proximidade entre os níveis registados e os modelados.
M	2.15	4.4	4.3	-

Quadro 3 – Caracterização dos níveis atingidos pela cheia de 1989

6 - CONCLUSÕES

Neste estudo procedeu-se à caracterização de toda a bacia hidrográfica do Rio Séqua/Gilão e do respectivo vale numa extensão de 10km a contar da barra. Calcularam-se os hidrogramas de cheia para períodos de retorno de 10 anos e 100 anos, níveis de maré num intervalo de tempo que inclui a máxima preia-mar do ano e foi efectuada a simulação dos níveis atingidos por esses mesmos caudais. Também foram incluídos cenários de subida do nível médio das águas do mar num horizonte de 100 anos e de variação do nível médio das águas do mar em função das oscilações da pressão atmosférica.

6.1. Caracterização da situação actual

Com base nos resultados obtidos e na sensibilidade adquirida durante o desenvolvimento do modelo de simulação do escoamento, foi possível identificar as seguintes situações:

- 1) Nas zonas adjacentes à barra de Tavira, o nível atingido é função do nível da maré;
- 2) Na zona estuarina, o leito do Rio é ladeado por terrenos baixos ocupados por salinas cuja cota de fundo é inferior ao nível da cheia;
- 3) A ponte militar cria um desnível de 0.19m entre os níveis imediatamente a montante e a jusante, e devido à sua geometria é muito propícia a acumular detritos, nomeadamente canas;
- 4) A ponte romana é a maior causa das cheias que ocorrem na cidade de Tavira. A diferença de níveis de cheia entre montante e jusante desta estrutura é de 0.93m. A cheia transborda para as ruas da cidade de Tavira a montante desta estrutura, atingindo a cota 4.06m. Isto corresponde a uma altura de água de 2.26m à entrada da Travessa da Fonte, enquanto a cota atingida na Praça da Republica é

de 3.13m, a que corresponde uma altura de água de 1.43m. É de salientar que o elevado gradiente de níveis existente entre montante e jusante da Ponte Romana faz com que a água que transborda a montante da Ponte, adquira velocidades elevadas quando percorre a Travessa da Fonte, Rua João Vaz Corte Real e Rua 5 de Outubro;

5) Entre a ponte romana e o centro coordenador de transportes, o nível da cheia atingido sobre as margens é mais elevado. As causas desta ocorrência são o estreitamento do leito e o regolfo causado pela ponte romana. O nível atingido pela cheia centenária corresponde à cota 3.85m, as cotas nas margens direita e esquerda são de 1.80m e 2.00m respectivamente. A estes valores correspondem respectivamente alturas de cheia de 2.05m e 1.85m;

6) Na extremidade Sul da intervenção no Parque Verde do Séqua – Zona A. O nível atingido pela cheia corresponde à cota 4.26m. As cotas da margem esquerda e direita são de 2.00m e de 2.25m. A estes valores correspondem alturas de água para a cheia centenária de 2.26m e 2.01m respectivamente. A zona do Parque Verde do Séqua – Zona A é claramente inundável;

Na margem esquerda existem as marcas atingidas pelas cheias de 1989.12.03 e 2000.12.22, a que corresponde uma altura de água de 2.15m e 0.80m respectivamente. Verifica-se que estes valores estão próximo dos resultados obtidos na simulação;

A conclusão final que se pode retirar das constatações anteriores é que a cheia de 1989 teve caudais e níveis próximos do que será de esperar de uma cheia centenária. A afirmação quanto aos níveis é passível de ser feita porque a montante da ponte romana os níveis de maré não influenciam a relação caudal / altura de escoamento.

6.2 Cenário de subida em 0.91m do nível médio das águas do mar

No que respeita à situação de cheia constata-se que face ao cenário actual as previsões de subida do nível médio das águas do mar levam a um aumento das áreas inundáveis, aumento esse mais significativo a jusante da ponte romana, o que é expectável pois corresponde à área mais sujeita ao efeito da maré. No Gráfico 1 estão representadas as alturas máximas modeladas de cheia, para a situação actual e para o cenário de alteração climática no Rio Séqua/Gilão. A montante da ponte romana, os níveis são dominados pelo regolfo causado por esta estrutura e independentes da subida do NMC.

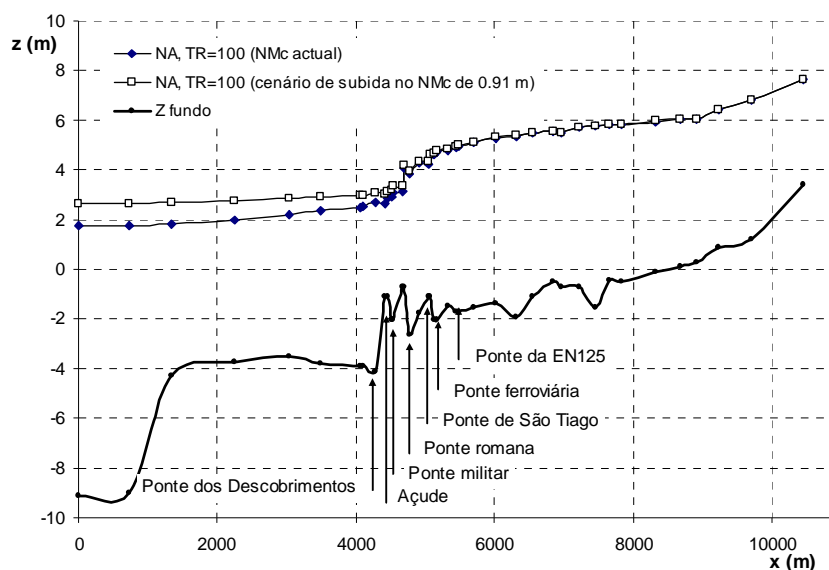


Gráfico 1 – Nível Máximo de Cheia (NMC actual e NMC + 0.91m) no Rio Séqua/Gilão

6.3 Medidas mitigadoras

Devido às características geológicas, morfológicas e ocupação do solo existente no vale do Séqua/Gilão não é fácil integrar medidas mitigadoras de cheias. As seguintes possíveis medidas apresentam desvantagens que invalidam a sua aplicação:

- 1) A remoção ou alteração da ponte romana é inaceitável do ponto de vista do seu valor patrimonial;
- 2) A criação de uma comporta de maré a jusante da cidade não iria contribuir para a redução das áreas inundáveis a montante da ponte romana;
- 3) A criação de uma barragem no Rio Séqua criaria uma albufeira que iria ocupar todas as margens de inundação e inutilizar solos agrícolas com alto valor.

A eventual intervenção no sentido de minimizar os efeitos das cheias deverá passar por um conjunto de pequenas barragens nas ribeiras das bacias hidrográficas a montante. Estas estruturas têm a capacidade de encaixar nas suas albufeiras uma parte do caudal "gerado" pela bacia hidrográfica e conseguem alterar a resposta a uma precipitação intensa. A alteração induzida no hidrograma de cheia caracteriza-se por reduzir o pico e aumentar a duração.

BIBLIOGRAFIA

Bates, B.; Kundzewicz, Z.; Wu, S.; Palutikof, J. - *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 2008.

Cardoso, J. - *Os solos de Portugal, sua classificação, caracterização e génese*. Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa, 1965.

Chow, V. T. - *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, 1959.

Chow, V. T.; Mays, L.; Maidment, D. - *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, 1988.

Koop, E.; Sobral, M.; Soares, T.; Woerner, M. - *Os Solos do Algarve e Suas Características*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação - DGHEA. Direcção Regional de Agricultura do Algarve, DRAA. Sociedade Alemã de Cooperação Técnica, Faro (Portugal), 1989.

Lencastre, A.; Franco, F. M. - "Lições de Hidrologia", Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia, 1992.

Maidment, D. - *Handbook of Hydrology*. McGraw Hill, 1993.

United States Department of Agriculture - *Urban hydrology for small watersheds*. Technical Release 55 (TR-55) (Second Edition ed.), Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division, 1986.