

Volume IV - Diagnóstico

Parte 3 - Situações Extremas

1 Secas

1.1 Introdução

A seca pode ser genericamente definida como a “ocorrência de um défice significativo nas disponibilidades de água durante um período de tempo suficientemente longo e abrangendo uma área suficientemente extensa” (CUNHA, 1985)¹.

A região onde se insere a bacia do Guadiana é uma das regiões de Portugal em que as secas ocorrem com maior gravidade, sendo responsáveis por largos prejuízos. Daí a importância fundamental da caracterização e previsão das secas, tanto a curto prazo como a longo prazo. A caracterização a curto prazo, permite gerir as disponibilidades hídricas para satisfazer parte das necessidades de água com o menor prejuízo económico e social. A longo prazo, permite dimensionar as infra-estruturas de armazenamento necessárias à satisfação das necessidades com o nível de garantia definido.

No âmbito do presente trabalho procedeu-se à caracterização da distribuição espacial e temporal das secas na parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Guadiana, utilizando os dados da precipitação anual para o período de 1931/32 a 1996/97 tratados no âmbito da Caracterização Climática.

Uma das metodologias utilizadas, descrita em detalhe no Anexo 11, Parte 1, baseou-se no impacto das secas na produtividade agrícola da bacia, possibilitando a classificação da intensidade das secas em função da quebra de produção de culturas de sequeiro. De facto, face às grandes necessidades de água da agricultura relativamente aos outros utilizadores, pode

¹ CUNHA, L.V. 1985 - Mitigation of Drought Impacts - Int Water Resources Ass., Proceedings of the 5th World Congress on Water Resources, Brussels, 1985, p821-830

considerar-se que a sua satisfação ou não num dado ano é um indicador fiável da ocorrência ou não de uma seca.

Uma vez que actualmente a capacidade de armazenamento na bacia é reduzida, pode admitir-se que os recursos utilizáveis na agricultura são essencialmente a água do solo. Deste modo, com base no modelo de balanço hídrico desenvolvido no âmbito da caracterização dos Recursos Hídricos Superficiais analisou-se para o trigo de sequeiro no período de referência de 1941 a 1991, a baixa de rendimento verificada quando não são satisfeitas as necessidades de água das culturas. A diminuição relativa de rendimento dará indicação dos anos de seca e dos locais mais atingidos pela seca. Adicionalmente, obtém-se também um zonamento sumário das zonas da bacia com maior e menor potencial para a produção de culturas de sequeiro.

A par com a caracterização das secas, procedeu-se a uma análise da existência ou não de tendência climática na região. Essa análise teve por base a série de precipitações anuais ponderadas na bacia no período de 1931/32 a 1996/97 e consistiu numa análise estatística, recorrendo a testes de tendência e à análise dos coeficientes de autocorrelação de várias ordens das séries referidas. Além desta abordagem, para dois postos pluviométricos localizados próximo dos limites da bacia do Guadiana, para os quais foi possível obter através do SNIRH as precipitações diárias no período de 1931/32 a 1995/96, efectuou-se uma análise de frequência dos acontecimentos pluviosos intensos.

1.2 Seca Agrícola (Sequeiro)

Sendo as necessidades de água para a agricultura na bacia as mais significativas e podendo considerar-se que actualmente a produção agrícola se faz fundamentalmente em regime de sequeiro, fomos tentados a quantificar o efeito da carência das chuvas na quebra de rendimento de uma cultura de sequeiro típica da bacia, e deste modo avaliar prejuízos causados pelas secas e frequência e distribuição de zonas de risco de seca na bacia. A cultura seleccionada foi o trigo de sequeiro, cujas necessidades em água não diferem significativamente da cultura do prado de sequeiro.

O modelo utilizado na simulação da produtividade das culturas em regime de sequeiro resultou de uma adaptação do modelo desenvolvido para estimativa do balanço hídrico da bacia, o qual é descrito em detalhe no Anexo Temático 3. No modelo a bacia é dividida, em termos

espaciais, num grande número de pequenos elementos de área, de forma quadrangular, com 500 m de lado. O número total de elementos de área na totalidade da bacia é de aproximadamente 46 000.

Como resultado das actividades anteriores, dispõe-se, para cada um destes elementos de área, de séries estimadas de valores mensais da precipitação e da evapotranspiração de referência (calculada pelo método de Penman-Monteith), para o período de 50 anos compreendido entre os anos hidrológicos de 1941/42 e 1990/91.

Com estes valores de precipitação e evapotranspiração de referência, é possível proceder a um balanço hídrico do solo, tendo em conta a existência de um qualquer tipo de cultura, desde que sejam conhecidas as características do solo (profundidade, capacidade de campo) e da cultura (fases de crescimento, profundidade das raízes, reserva facilmente utilizável, coeficientes da variação da produção com o défice hídrico).

No que se refere às características do solo, admitiu-se ser preferível considerar um mesmo solo, com características médias adaptadas à região. Deste modo, os resultados obtidos dependerão apenas da *variabilidade climática* e não de um conjunto mais complexo de factores, que, embora fornecendo resultados eventualmente mais realistas, dificultaria a análise do resultados e a sua comparação com os resultantes da metodologia anteriormente utilizada. Considerou-se portanto um solo idêntico em toda a bacia, com 1,10 m de profundidade e uma capacidade de campo homogénea, igual a 100 mm/m.

Para cada um dos elementos de área e para um solo com estas características, procedeu-se a um balanço hídrico diário no período de 50 anos compreendido entre os anos hidrológicos de 1941/42 e 1990/91. O balanço hídrico é efectuado tendo em conta a precipitação, a humidade no solo e a sua distribuição vertical, a evapotranspiração potencial, a profundidade das raízes das plantas bem como a capacidade da planta em extrair água do solo.

Para cada ciclo anual e para cada elemento de área é mantido um registo das necessidades de água acumuladas (ETmtot), bem como das quantidades totais de água efectivamente fornecidas à planta (ETatot). A produção num dado ano depende das características da cultura considerada, da quantidade de água requerida pela planta (Etm), da quantidade de água efectivamente utilizada (Eta) e, igualmente, do modo como os eventuais défices se distribuem ao longo do período cultural.

Os efeitos de um eventual défice hídrico são diferentes conforme a altura do ciclo vegetativo em que ocorram, isto é um dado défice pode ter efeitos graves ou negligenciáveis conforme se

verifiquem numa ou noutra data. Por exemplo, no caso do trigo, os défices hídricos são críticos durante o período inicial, na fase de formação da espiga e duas semanas antes da polinização. Noutras fases do ciclo do trigo, eventuais défices terão efeitos reduzidos sobre a produtividade.

Em cada período cultural, l , o rendimento da planta em relação ao rendimento máximo teórico (numa situação sem défice) é dado por:

$$Y_{a_l} = 1 - k_{y_l} (1 - ET_{atot_l}/ET_{mtot_l})$$

Sendo considerados k períodos culturais, o rendimento global final será dado por:

$$Y_a = \prod Y_{a_j}$$

A definição do valores de k_{y_j} para diferentes períodos do ciclo vegetativo da planta é complexa, sendo difícil de encontrar valores consistentes na bibliografia consultada. Por este motivo, e embora tendo consciência das limitações desta abordagem, considerou-se para a estimativa da produção de trigo de sequeiro um valor de k_y ($k_y=1,05$), aplicável à totalidade do ciclo vegetativo.

Nestas condições, a produção em cada época foi calculada com recurso à expressão:

$$Y_a = 1 - 1,05 (1 - ET_{atot}/ET_{mtot})$$

Em que Y_a é o rendimento real da cultura, em relação com o rendimento máximo teórico (se tivessem sido integralmente satisfeitas as necessidades de água da cultura).

O processo descrito é repetido para todos os anos em estudo, no mesmo elemento de área, sendo de seguida repetido para todos os elementos.

Conforme se referiu anteriormente, o modelo utiliza alguns parâmetros que dependem da cultura considerada. Estes parâmetros são os seguintes: profundidade das raízes (HR), reserva facilmente utilizável (RUF) e coeficiente cultural (k_c).

Para o caso em estudo (trigo de sequeiro), foram considerados os seguintes parâmetros.

Data	Profundidade raízes (m)	Reserva facilmente utilizável	Coeficiente cultural
15 Novembro	0.10	0.65	0.73
31 Janeiro	0.50	0.65	0.73
20 Março	0.85	0.40	1.05
10 Abril	1.10	0.40	1.05
15 Maio	1.10	0.60	1.05
10 Junho	1.10	0.70	0.30

1.2.1 Análise dos Resultados

A interpretação dos resultados obtidos com o modelo descrito anteriormente pressupôs a selecção de um valor para a percentagem da produção máxima teórica abaixo do qual se considera estar em presença de uma situação de seca, ou seja, o limiar de seca. Para este valor crítico adoptou-se 33% da produção máxima teórica.

Tendo por base o valor crítico de 33%, considerou-se uma classificação das secas em função da área da bacia abrangida pela seca. Seca generalizada, quando mais de 75% da área da bacia tem produção inferior ao limiar de seca; seca extensa, quando a área em seca atinge 25 a 75% da área da bacia e seca local, quando é atingida uma área da bacia inferior a 25%.

Na tabela adiante consta um resumo da análise das produções efectivas de trigo de sequeiro em função da produção máxima teórica na bacia do Guadiana.

No período de 50 anos em análise verificaram-se portanto 5 secas generalizadas a toda a bacia nos anos hidrológicos de 1944/45, 1957/58, 1964/65, 1976/77 e 1981/82, ou seja, a frequência de ocorrência de seca global na bacia é de 1 vez em cada 10 anos. Nestes anos a percentagem da produção máxima teórica na bacia variou em média entre 14 e 27%, verificando-se a menor produção em 1944/45.

Das 5 secas generalizadas que ocorreram, a de 1964/65 distribuiu-se homogeneamente na bacia, apresentando as restantes 4 secas generalizadas zonas especialmente afectadas por seca de maior gravidade; as zonas de Mértola, Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Sto António foram gravemente atingidas nos 4 anos hidrológicos de seca referidos, a zona de Castro Verde/Almodôvar foram gravemente atingidas em 3 anos, as zonas de Campo Maior e Elvas em 2 anos e as zonas de Arroches, Alandroal, Mourão e Vidigueira foram mais atingidas em um ano.

No período em análise verificaram-se 11 secas extensas que ocorreram nos anos hidrológicos de 1943/44, 1948/49, 1952/53, 1965/66, 1966/68, 1969/70, 1971/72, 1972/73, 1980/81, 1982/83 e 1986/87, tendo a percentagem da produção máxima teórica variado em média na bacia entre 30,4 e 39,6%. Situações pontuais de seca foram detectadas em 14 anos hidrológicos.

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados da análise das secas por zona da bacia.

Frequência de ocorrência das secas por zona

Zonas da bacia	Secas por Zona	
	Nº de ocorrências	Período de retorno (anos)
Portalegre	4	13
Arroches	7	7
Campo Maior	9	6
Elvas	9	6
Borba- Vila Viçosa	6	8
Alandroal	11	5
Redondo	9	6
Évora	8	6
Reguengos de Mousaraz	8	6
Mourão	9	6
Portel	7	7
Vidigueira	9	6
Moura	12	4
Cuba	9	6
Barrancos	5	10
Beja	11	5
Serpa	16	3
Castro Verde	19	3
Mértola	18	3
Almodôvar	13	4
Alcoutim	20	3
C. Marim-V. R. Sto António	18	3

Do exame da tabela anterior verifica-se que no período em análise as secas ocorreram em Portalegre 1 vez em cada 13 anos, em Barrancos 1 vez em cada 10 anos, em Borba e Vila Viçosa 1 vez em cada 8 anos, em Arroches e Portel 1 vez em cada 7 anos, em Campo Maior, Elvas, Redondo, Évora, Reguengos, Mourão, Vidigueira e Cuba 1 vez em cada 6 anos, Alandroal e Beja 1 vez em cada 5 anos, Moura e Almodôvar 1 vez em cada 4 anos e em Serpa, Castro Verde, Mértola, Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Sto António 1 vez em cada 3 anos. Assim, na bacia as zonas de maior risco de seca, nas quais se verificam situações de seca com uma frequência de 1 vez em cada 3 a 5 anos situam-se nas zonas de Alandroal, Moura e do paralelo a sul de Beja (excluindo a serra algarvia).

A uma análise para cada ano do período de 1941/42 a 1990/91 da relação da percentagem da produção máxima teórica para o trigo de sequeiro verificada em média na bacia com a

precipitação anual ponderada na bacia e com a precipitação ponderada na bacia dos meses de Março, Abril e Maio mostra que, para as culturas de sequeiro, a produção depende fundamentalmente da precipitação que ocorre nos 3 meses de Março a Maio, sendo esta precipitação um bom indicador da produção em regime de sequeiro do ano, pelo que a sua análise pode permitir estabelecer a severidade da seca agrícola. Com base neste indicador, ocorrerá uma seca para a cultura de trigo de sequeiro abrangendo uma área da bacia superior a 25% quando a precipitação ponderada na bacia nos três meses for inferior a 110 mm.

1.3 Seca Agrícola (Regadio)

Conforme se referiu no capítulo anterior, a produção agrícola actual da bacia corresponde fundamentalmente a culturas em regime de sequeiro, pelo que se procedeu a uma análise das secas a partir dos efeitos da carência da humidade do solo na quebra de rendimento do trigo de sequeiro, considerada uma cultura típica da bacia.

No entanto, dadas as restrições impostas pela imprevisibilidade do clima da bacia, tem-se observado uma crescente utilização dos recursos hídricos de superfície quer para rega quer para abastecimento público, a qual sem dúvida aumentará em importância num futuro próximo.

Nestas condições, procedeu-se igualmente a uma caracterização da situação em termos de recursos superficiais, recorrendo aos resultados disponibilizados no âmbito do Anexo Temático 3 - Recursos hídricos superficiais.

Com base nos resultados disponibilizados pelo modelo hidrológico desenvolvido (séries de valores mensais de escoamento em regime natural em cada um dos pequenos elementos de área em que foi subdividida a bacia), procedeu-se a uma análise preliminar das secas hidrológicas. Para efeitos da utilização da água a partir de armazenamento e avaliação dos riscos de seca correspondentes, considerou-se adequado utilizar como variável o escoamento anual, tendo-se definido a ocorrência de uma situação de seca num dado ano e elemento de área, quando o escoamento anual é inferior ou igual a 55 mm, que corresponde ao quantil 20% da série de escoamentos anuais ponderados na totalidade da bacia. Com base neste indicador, foram avaliadas a frequência e a distribuição na bacia dos anos de seca no período de anos hidrológicos em análise, de 1941/42 a 1990/91.

1.4 Risco de Seca

A partir dos resultados obtidos em termos da análise das secas com base na agricultura de sequeiro e com base no escoamento anual elaboraram-se cartas de risco de seca na bacia do Guadiana.

Nestas cartas de risco de seca foram consideradas 3 classes de risco: baixo, médio e elevado, correspondentes, respectivamente, aos seguintes intervalos de anos de seca: inferior ou igual a 7 anos de seca, maior que 7 e inferior ou igual a 14 e maior que 14 anos de seca, determinado em cada elemento de área para o período de 50 anos em análise.

Nas Figuras IV.P3-01.01 e IV.P3-01.02 apresentam-se, respectivamente, a carta de risco de seca de sequeiro e a carta de risco de seca de escoamento.

1.4.1 Análise dos resultados

O exame da carta de risco de seca de sequeiro, mostra que no período em análise o risco de seca elevado, com ocorrência de seca pelo menos 1 vez em cada 3 anos, verifica-se nos concelhos de Serpa e Moura (pontualmente), Castro Verde, Mértola, Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Sto António; o risco de seca médio, com ocorrência de seca 1 vez em cada 4 a 6 anos, observa-se em Campo Maior, Redondo, Vidigueira, Cuba, Alandroal, Beja, Moura, Almodôvar e parte dos concelhos de Arronches (parte central), Elvas (parte leste) e Évora (parte sul); risco de seca baixo, com ocorrência de seca 1 vez em cada 7 anos ou mais, observa-se em Portalegre, restante parte de Arronches, Elvas e Évora, Borba, Vila Viçosa, Reguengos de Monsaraz, Mourão, Portel, Barrancos, Loulé e Tavira.

A carta de risco de seca do escoamento mostra genericamente os locais com mais ou menos água na bacia. O risco de seca elevado, com ocorrência de seca pelo menos 1 vez em cada 3 anos, verifica-se nos concelhos de Campo Maior e Elvas (parte), Reguengos de Monsaraz (parte norte), Évora (parte sul), Barrancos (parte nordeste), Moura, Cuba, Beja, Serpa (parte oeste), Mértola e Alcoutim (parte norte); o risco de seca médio, com ocorrência de seca 1 vez em cada 4 a 6 anos, observa-se em Arronches, restante parte de Campo Maior e Elvas, Redondo, Alandroal, Évora (parte norte), Portel, Reguengos de Monsaraz (parte sul), Vidigueira, Serpa (parte leste), Alcoutim (parte sul) e Castro Verde; risco de seca baixo, com ocorrência de seca 1 vez em cada

7 anos ou mais, observa-se em Portalegre, Borba, Vila Viçosa, zona de limite entre os concelhos de Redondo e Alandroal, pontualmente em Portel, Almodôvar, Loulé, Tavira, Castro Marim e Vila Real de Sto António.

Comparando as duas cartas de risco de seca, verifica-se que existem zonas críticas comuns, com elevado risco de seca, em Moura, Serpa, Mértola e Alcoutim.

1.5 Avaliação da tendência climática da bacia

A crescente pressão sobre o ambiente do planeta, resultante de uma exploração cada vez mais acelerada dos seus recursos, tem tido os resultados conhecidos em termos de poluição do ar e da água, desflorestação, extinção de numerosas espécies de plantas e animais, etc.

No entanto, para lá destas consequências já conhecidas, uma outra tem sido sugerida, cada vez com maior insistência: a possibilidade de alterações climáticas à escala planetária.

Diversos estudos sugerem que o aumento da concentração atmosférica dos gases que influenciam o efeito de estufa (nomeadamente o dióxido de carbono resultante da queima de combustíveis fósseis) poderão vir a originar um aumento significativo da temperatura média do planeta. Considerando o efeito combinado do aumento da concentração dos gases do efeito de estufa e do aerossóis, pequenas partículas líquidas ou sólidas, como os sulfatos, libertadas na atmosfera pelas grandes áreas industriais, modelos climáticos sofisticados, sugerem aumentos médios de temperatura de até 2°C em 2100: este aquecimento não será uniforme, variando de local para local, sendo geralmente mais acentuado nas zonas de latitudes mais elevadas.

No actual estado dos conhecimentos, não existe uma total concordância sobre o efeito destes aumentos de temperatura nas restantes variáveis climáticas (nomeadamente a precipitação, a evapotranspiração e os escoamentos); no entanto, os modelos mais recentes sugerem que o aquecimento global dará origem a invernos mais quentes e húmidos e a verões ligeiramente mais quentes e secos nas regiões situadas entre as médias e elevadas latitudes no hemisfério norte, sendo expectável nessas regiões um aumento global da precipitação média anual.

Relativamente aos fenómenos extremos, alguns autores¹, baseados na análise de séries de precipitação observadas nos EUA, prevêm o aumento da concentração das precipitações num

¹ Thomas, R.Karl, Neville Nicholls, Jonathan Gregory (members of IPCC), in Scientific American, May 1997

menor número de eventos de maior intensidade; Actualmente, por exemplo, 10% da precipitação anual corresponde a eventos com intensidade superior a 50 mm em 24 horas, quando no início do século esta proporção era inferior a 8%.

Este facto poderá conduzir a uma diminuição dos teores médios de humidade no solo, uma vez que precipitações mais concentradas propiciarão menores infiltrações.

As menores recargas, ligadas a um aumento da evapotranspiração provocada pelo aumento de temperatura poderá afectar as culturas (de sequeiro) e os recursos hídricos subterrâneos. No entanto, esta redução da infiltração potenciará os escoamentos, podendo-se prever um aumento dos recursos superficiais, que, convenientemente regularizados em albufeiras, poderão contrabalançar os efeitos negativos destas alterações.

Os mesmos modelos anteriormente referidos prevêem um aumento significativo na severidade das secas; no entanto, as análises de frequência e severidade das secas sugerem que, pelo menos numa fase inicial, outros factores poderão sobrepor-se. Por exemplo, nos Estados Unidos e na ex-U.R.S.S, tem-se verificado nas últimas décadas um aumento da nebulosidade (presumivelmente causado pelo aumento da evaporação) que provocou uma significativa redução das perdas por evapotranspiração. Na Rússia ocidental verificou-se mesmo um aumento da humidade do solo.

Em conclusão, embora não seja actualmente fácil provar que existem alterações no regime das precipitações pela observação das séries históricas, assim como, através dos resultados dos modelos climáticos, que nem sempre são concordantes, considera-se de grande importância a investigação em Alterações Climáticas para o Planeamento de Recursos Hídricos; com efeito, o projecto e a construção dos grandes aproveitamentos de recursos hídricos têm uma duração considerável (normalmente superior a 10 anos) e a vida útil destes sistemas é em regra de 50 a 100 anos, pelo que se torna necessário ter em conta os eventuais efeitos das alterações climáticas.

Os modelos climáticos actuais parecem indicar que no caso de Portugal o aquecimento global não provocará redução nos valores de precipitações anuais, ocorrendo antes um aumento, principalmente devido a precipitações intensas. No caso da bacia do Guadiana, é previsível o aumento da evapotranspiração e redução da humidade do solo. No entanto observar-se-á um aumento das reservas de águas superficiais o que permitirá equilibrar a situação nos novos regadios nomeadamente a partir de Alqueva.

Neste plano foi realizada uma análise da existência ou não de tendência climática na região, que teve por base a série de precipitações anuais ponderadas na bacia no período de 1931/32 a

1996/97 e consistiu fundamentalmente na análise estatística recorrendo a testes de tendência e à análise dos coeficientes de autocorrelação de várias ordens da série referida. Para dois postos pluviométricos localizados próximo dos limites da bacia do Guadiana, para os quais foi possível obter através do SNIRH as precipitações diárias no período de 1931/32 a 1995/96, efectuou-se uma análise de frequência dos acontecimentos pluviosos intensos.

1.5.1 Precipitações anuais ponderadas na bacia

Para avaliar a existência de eventual alteração no padrão das precipitações anuais da bacia do Guadiana foi considerada a Série Global definida nos estudos climáticos (Anexo Temático 1 - Parte 3). Esta série representa as características médias das precipitações anuais na bacia no período de 66 anos de 1931/32 a 1996/97 de 30 a 38 postos pluviométricos com as séries de registos mais longas, com observações em pelo menos 55 anos.

Para detectar a existência de tendência na série de precipitações anuais efectuaram-se alguns testes estatísticos não paramétricos habitualmente utilizados para analisar a aleatoriedade e homogeneidade de séries temporais, por forma a detectar alterações da média, da variância (teste da ordenação e teste de Mann-Whitney) e a existência de persistência no tempo (teste da autocorrelação) dos valores da série.

Em resultado da aplicação dos testes verifica-se que para o nível de confiança 95% não é rejeitada a hipótese da série ser homogénea, ou seja, da homogeneidade da média e da variância da série, nem é rejeitada a hipótese de aleatoriedade ou da inexistência de persistência no tempo na série.

Para além da aplicação dos testes efectuou-se uma análise gráfica da série histórica e de 10 séries obtidas aleatoriamente a partir da série histórica. Na tabela adiante encontram-se a série histórica e as séries geradas e em figura adiante faz-se a sua representação gráfica. Do exame desta figura constata-se que a série histórica não se diferencia das séries aleatórias, pela análise da recta de regressão com o tempo, apresentando em geral coeficiente de determinação inferior.

A análise dos correlogramas até à 5ª ordem da série histórica não mostra qualquer tendência evidenciando a homogeneidade da série das precipitações anuais.

1.5.2 Precipitações intensas

Relativamente aos fenómenos extremos, foi realizada uma análise de duas séries de precipitações diárias, uma correspondente ao posto pluviométrico de Aldeia de Palheiros (28H/01) e outra correspondente ao posto pluviométrico de Relíquias (27G/01). Para estas duas séries efectuou-se uma análise de frequência de fenómenos extremos, semelhante à análise referida anteriormente que foi efectuada para os EUA, de modo a detectar o eventual aumento da concentração das precipitações num menor número de eventos de maior intensidade. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela seguinte.

Fenómenos Extremos - Análise de Frequência da Precipitação Diária

Posto Pluviométrico de Aldeia de Palheiros (28H/01)

Período de Análise	Precipitação média anual (mm)	Precipitação média por dia de chuva >1mm (mm)	Frequência da precipitação diária por limiar de precipitação			
			<10 mm (%)	³ 30 mm (%)	⁴ 40 mm (%)	⁵ 50 mm (%)
1931/32 - 1955/56	624	9.16	32.7	20.2	11.2	6.4
1956/57 - 1965/66	655	8.00	34.8	16.5	5.0	0.9
1966/67 - 1975/76	575	7.34	35.9	11.7	4.2	1.9
1976/77 - 1985/86	624	7.96	34.6	19.6	11.7	7.5
1986/87 - 1995/96	615	7.38	30.7	15.2	6.2	4.8
1956/57 - 1995/96	617	7.66	34.0	15.8	6.8	3.8

Posto Pluviométrico de Aldeia de Relíquias (27G/01)

Período de Análise	Precipitação média anual (mm)	Precipitação média por dia de chuva >1mm (mm)	Frequência da precipitação diária por limiar de precipitação			
			<10 mm (%)	³ 30 mm (%)	⁴ 40 mm (%)	⁵ 50 mm (%)
1931/32 - 1955/56	725	9.11	29.4	18.6	9.5	6.4
1956/57 - 1965/66	789	10.40	23.1	19.6	10.8	9.0
1966/67 - 1975/76	623	8.94	31.5	24.1	10.4	5.5
1976/77 - 1985/86	678	8.29	32.3	19.6	8.6	7.3
1986/87 - 1995/96	621	7.33	35.9	12.0	3.8	1.7
1956/57 - 1995/96	678	8.68	30.6	18.8	8.4	5.9

Do exame da tabela anterior constata-se que para as duas séries de precipitações diárias no período de anos hidrológicos de 1931/32 a 1995/96, a precipitação média por chuvada tem vindo a diminuir ao contrário do que seria de esperar. Assim, considerando o limiar de 40 mm como o indicador da análise de tendência, por representar eventos extremos traduzidos numa percentagem com uma algum peso na precipitação anual, verifica-se que, no período inicial de

1931/32 a 1955/56, a percentagem anual da precipitação correspondente a dias com precipitação maior ou igual a 40 mm era de 11,2 % e 9,5 %, respectivamente para Aldeia de Palheiros e Relíquias, diminuindo em ambos os casos no período seguinte para 6,8 % e 8,4 %, ao contrário do que se previa.

Outro indicador, por exemplo, a quantidade média de precipitação por dia de chuva com mais de 1mm, mostra igualmente que existe menos precipitação por evento quando se passa do período inicial para o período final. Comparando em Aldeia de Palheiros e Relíquias os valores obtidos em cada uma das décadas do período final, verifica-se que a precipitação por dia de chuva tem tendência global para diminuir, não se notando portanto a concentração da precipitação que se temia estar a ocorrer.

1.5.3 Conclusões

A análise dos dados disponíveis não permite evidenciar qualquer tendência de evolução da precipitação com o tempo, quer ao nível dos valores anuais quer da sua distribuição, quer ainda das características dos episódios individuais de precipitação.

Pode portanto afirmar-se não ser detectável qualquer alteração sensível no regime pluviométrico prevalente sobre a bacia do Guadiana.

2 Cheias

2.1 Introdução

O diagnóstico das cheias na bacia do Guadiana, tem por base a avaliação dos caudais de cheia para vários períodos de retorno e a identificação dos locais sujeitos periodicamente a inundações. A apresentação detalhada dos resultados da análise de cheias é feita no Anexo Temático 11- Situações hidrológicas extremas.

Neste Volume é feita a caracterização das principais cheias históricas identificadas na bacia do Guadiana, através da caracterização da distribuição espacial e temporal da precipitação e dos caudais e a descrição dos eventos meteorológicos que estiveram na génese dessas cheias. Com

base na informação recolhida na imprensa e em artigos de opinião são identificadas as principais áreas e locais sujeitos a inundações.

É feito um resumo das previsões estatísticas de precipitações extremas para várias durações, bem como dos caudais máximos de cheia para os períodos de retorno considerados. O diagnóstico das cheias termina, com a identificação de zonas e locais, potencialmente sujeitas a risco de inundações por cheias provocadas por eventos naturais e pela rotura de barragens.

2.2 Caracterização das cheias históricas identificadas

2.2.1 Caracterização genérica

A maior cheia no rio Guadiana, que se tem conhecimento, ocorreu em 7 de Dezembro de 1876. Esta cheia inundou as zonas baixas das vilas de Mértola, Alcoutim, Castro Marim e da actual cidade de Vila Real de Santo António, tendo sido completamente destruída a povoação de Pomarão. Entre Mértola e Vila Real de Santo António morreram várias pessoas e os prejuízos foram muitos elevados, como se pode comprovar pelo amplo processo de recolha de fundos para apoio à população mais prejudicada e necessitada. Existem várias marcas de cheia, que testemunham os níveis atingidos, sendo de referir as marcas de cheias no edifício da Câmara Municipal de Mértola e na igreja matriz de Alcoutim.

Para além da identificação desta cheia, existem registos hidrométricos de várias outras cheias ocorridas na bacia do Guadiana a partir de 1930. Na Tabela IV.P3-02.01 apresentam-se as características das cinco maiores cheias registadas para cada uma das 11 principais estações hidrométricas da bacia do Guadiana.

Destas cheias, a maior cheia registada no rio Guadiana ocorreu em Março de 1947, com caudal máximo em Ponte Mourão de 10 300 m³/s e de 8 100 m³/s em Pulo do Lobo. A cheia de Novembro de 1997 teve um caudal máximo em Ponte Mourão e Pulo do Lobo respectivamente de 3 500 e 7 200 m³/s.

Nestes dois casos pode-se verificar as características bem diferentes das cheias, a primeira gerada em Espanha, sem influência das poucas infra-estruturas de armazenamento existentes à época, sendo o caudal de ponta amortecido entre Ponte Mourão e Pulo do Lobo. Na segunda cheia, os caudais entrados na fronteira são bastante reduzidos. O caudal passa de 3 500 m³/s em

Ponte Mourão para 7 200 m³/s em Pulo do Lobo, demonstrando a importante contribuição das sub-bacias portuguesas na formação da cheia ao longo do rio Guadiana.

Para estas cheias foi feita a análise dos valores de precipitação e caudais registados, bem como a identificação dos locais sujeitos a inundações .

2.2.2 Precipitações máximas

Para cada cheia registada, apresenta-se na Tabela IV.P3-02.02, o valor da precipitação diária máxima registada nas estações udométricas, bem como o respectivo dia de ocorrência.

Como se pode observar os maiores valores de precipitação diária ocorreram na cheia de Novembro de 1997, onde se registaram no dia 6 em várias estações valores de precipitação diária superiores a 100 mm, para uma precipitação máxima diária em Trindade de 140 mm. As cheias de Janeiro de 1969 e Dezembro de 1989 também registaram valores superiores a 100 mm, com concentração da precipitação na serra algarvia. Em Mercador registou-se no dia 10 de Janeiro de 1969 a precipitação de 151,3 mm e de 130,2 mm em 4 de Dezembro de 1989.

Nas Figuras IV.P3-02.01 e IV.P3-02.0.2 apresentam-se para a bacia do Guadiana as isolinhas de precipitação acumulada no dia e nos dois dias mais pluviosos para cada as duas maiores cheias seleccionadas (Março de 1947 e Novembro de 1997).

Para sistematizar a informação relativa à distribuição na bacia da precipitação diária máxima registada, num dia e em dois dias nos eventos seleccionados e simultaneamente avaliar a magnitude de cada cheia apresenta-se na tabela seguinte os valores ponderados da precipitação, bem como o maior valor pontual da precipitação diária registado em cada evento.

Designação da cheia seleccionada	Precipitação máxima registada (mm)		
	Ponderada na bacia		Máxima pontual
	Diária	48 horas	
Cheia 1 - Março de 1947	29	56	87
Cheia 2 - Fevereiro de 1963	32	45	84
Cheia 3 - Janeiro de 1969	29	50	151
Cheia 4 - Dezembro de 1989	25	41	130
Cheia 5 - Novembro de 1997	68	93	140

2.2.3 Caudais de ponta

Na Tabela IV.P3-02.03 apresenta-se para cada cheia seleccionada e para o período de cheia considerado, os valores máximos das alturas hidrométricas e dos caudais de ponta de cheia em cada estação hidrométrica, bem como o dia e hora de ocorrência desses valores.

Nas Figuras IV.P3-03.01 e IV.P3-02.04 apresentam-se para as duas cheias referidas anteriormente, os hidrogramas de caudais registados.

Na tabela seguinte apresenta-se um resumo dos caudais de ponta registados, para cada uma das cheias consideradas.

Estação hidrométrica	Área Bacia (km ²)	Caudal de ponta máximo registado (m ³ /s)				
		Cheia 1 Mar.47	Cheia 2 Fev.63	Cheia 3 Jan.69	Cheia 4 Dez.89	Cheia 5 Nov.97
Rio Guadiana em Ponte Mourão	51922	10290	3700	950	2750	3480
Rio Guadiana em Pulo do Lobo	60883	8127	6500	2800	4340	7240
Ribeira de Terges em Entradas	52	-	-	-	25	-
Ribeira de Terges em Albernoa	177	-	-	-	256	-
Rib. de Cobres em Monte da Ponte	707	-	480	490	346	-
Rio Ardila em Ardila	3634	-	1795	1450	1334	2407
Rio Vascão em Vascão	428	-	194	324	-	-
Rib. Odeleite em Monte dos Fortes	288	-	128	583	133	-

2.2.4 Caracterização meteorológica

As cheias que se registaram no Guadiana estão associadas normalmente à ocorrência de várias superfícies frontais, combinando massas de ar polar com massas de ar tropical. Na serra algarvia, as precipitações mais intensas são provocadas pela combinação de superfícies frontais, com influência da orografia e de processos convectivos, como foram os casos das cheias de Janeiro de 1969, Novembro de 1988 e Novembro e Dezembro de 1989.

Devido ao seu impacte na bacia do Guadiana, a Cheia 5 - Novembro de 1997 é analisada em maior detalhe. Segundo o IM, as precipitações ocorridas neste período correspondem a uma sequência excepcional de situações meteorológicas, sem paralelo na história dos registos meteorológicos do nosso País.

No dia 5 de Novembro de 1997, a região Sul da bacia do Guadiana esteve sob o efeito duma massa de ar tropical marítimo, que muito rapidamente passou a ar subtropical e finalmente a ar polar modificado. A junção destes dois sistemas (Superfície frontal fria polar e Superfície frontal fria subtropical), foi acompanhada por um cavamento generalizado do campo de pressão em toda a península, com particular incidência na depressão que de sudoeste a nordeste atravessou o território português de Sagres a Elvas e de que resultou a elevada precipitação registada no Alentejo e na Estremadura Espanhola. Situações como estas, podem ser comparadas a furacões de fraca ou moderada actividade e são mais típicas de regiões de latitudes médias do Atlântico e Pacífico. Estas situações acontecem no Outono e no Inverno, quando ocorrem fortes contrastes térmicos entre massa de ar sobre o Oceano, com a temperatura da água à superfície relativamente elevada.

2.2.5 Principais locais afectados por inundações

Na sequência de informações recolhidas localmente e de notícias na imprensa nacional e regional localizam-se na Figura IV.P3-02.05 as principais localidades que sofreram efeitos das cheias históricas registadas.

As áreas atingidas pelas cheias podem-se dividir em áreas localizadas junto ao rio Guadiana e áreas pontuais dispersas ao longo da bacia.

No vale do Guadiana as principais áreas de inundações localizam-se a jusante de Mértola e constituem as zonas baixas do Guadiana, designadamente em Mértola, Pomarão, Laranjeiros, Guerreiros do Rio e Foz de Odeleite. Existem igualmente algumas pequenas áreas edificadas em Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António que podem sofrer o efeito das cheias. A montante de Mértola apenas alguns montes e casas isoladas poderão ser identificadas como áreas de risco. É de referir que após a construção da barragem de Alqueva, o vale do rio Guadiana deverá ser ainda menos afectado pelas cheias.

Nas sub-bacias hidrográficas do Guadiana inventariaram-se diversas áreas urbanas, como áreas de risco de inundações por cheias. Muitas destas inundações foram provocadas pela realização de obras de canalização de ribeiras, inadequadas ao regime torrencial dessas linhas de água. Na Tabela IV.P3-02.04 apresentam-se as principais localidades que sofreram prejuízos,

com destaque para Odeleite, Beliche e Azinhal no nordeste algarvio e Albernoa, Sobral da Adiça, Quintos, Cabeça Gorda, Baleizão, Pisões no interior do Alentejo.

2.3 Caracterização das precipitações extremas na bacia

2.3.1 Introdução

A análise das precipitações extremas é efectuada de modo detalhado no Anexo Temático 1 - Análise Biofísica (Parte 3 - Caracterização climática). Neste capítulo apresentam-se apenas os resultados obtidos nesse trabalho, designadamente as curvas IDF's fornecidas pelo INAG e completadas com outras curvas calculadas pelo Consórcio.

2.3.2 Curvas IDF's

As curvas Intensidade - Duração - Frequência (IDF's) calculadas para a bacia do Guadiana apresentam-se na tabela seguinte.

Estação udográfica	Parâmetros	Curva IDF ($I_{(mm/h)}=at_{(min)}^b$) para os períodos de retorno t				
		10	50	100	500	1000
22J/02 - Évora Cemitério (fornec. INAG)	a	-	533.36	584.27	702.32	752.99
	b	-	-0.638	-0.636	-0.632	-0.631
30J/02 - Catraia (fornec. INAG)	a	-	600.34	745.79	1226.80	1521.34
	b	-	-0.595	-0.600	-0.611	-0.616
31J/01-S. Brás de Alportel (fornec. INAG)	a	-	570.33	708.99	1174.97	1458.66
	b	-	-0.576	-0.577	-0.580	-0.581
30M/01 - Figueirais (fornec. INAG)	a	-	749.83	1008.21	1982.22	2659.5
	b	-	-0.592	-0.598	-0.610	-0.616
18M/01 - Portalegre (calc. Consórcio)	a	514.4	774.3	886.9	1151.3	1266.2
	b	-0.69	-0.717	-0.726	-0.74	-0.744
20O/01 - Elvas (calc. Consórcio)	a	590.8	932.1	1079.8	1425.6	1575.6
	b	-0.769	-0.799	-0.807	-0.821	-0.825
25J/01 - Évora (calc. Consórcio)	a	908.7	1446.8	1699.5	2269.8	2527.2
	b	-0.815	-0.859	-0.873	-0.897	-0.905
25J/02 - Beja (calc. Consórcio)	a	614.3	890.2	1008.8	1285.4	1405.2
	b	-0.756	-0.777	-0.784	-0.795	-0.798
25O/05 - Contenda (calc. Consórcio)	a	564.9	821.3	932.0	1190.9	1303.2
	b	-0.763	-0.789	-0.796	-0.809	-0.814

Estação udográfica	Parâmetros	Curva IDF ($I_{(mm/h)}=at_{(min)}^b$) para os períodos de retorno t				
		10	50	100	500	1000
27L/03 - Mértola (calc. Consórcio)	a	392.2	485.3	525.5	619.4	660.1
	b	-0.637	0.618	-0.613	-0.604	-0.601
30M/02 - V R Sto. António (calc. Consórcio)	a	621.2	884.2	995.5	1252.9	1363.6
	b	-0.698	-0.703	-0.705	-0.707	-0.708

As IDFs são expressas pelo parâmetro a e b e permitem calcular a intensidade de precipitação em (mm/hora) para a duração t em minutos e para os diversos períodos de retorno.

É de referir que a curva IDF estabelecida pelo INAG para Figueirais calculada valores de precipitação para períodos de retorno mais elevados, extremamente elevados.

2.3.3 Distribuição da precipitação diária máxima anual

Com base nos resultados da análise estatística apresenta-se nas Figuras IV.P3-02.06 e IV.P3-02.07 a distribuição pontual da precipitação diária máxima anual, para o seu valor médio e para o período de retorno de 100 anos.

Como se pode observar a distribuição da precipitação máxima diária na bacia do Guadiana é bastante regular, com excepção da serra algarvia, onde apresenta valores mais elevados, tanto no que se refere aos seus valores médios, como para diversos períodos de retorno.

O valor médio de precipitação diária máxima anual varia entre 40 e 50 mm, apresentando na serra algarvia valores acima de 60 mm. Para períodos de retorno de 1000 anos os valores de precipitação diária variam entre 100 e 150 mm, mas na serra algarvia esse valor é superior a 200 mm, atingindo o valor mais elevado em Corujos com 256 mm.

2.4 Caracterização dos caudais de cheia

2.4.1 Introdução

Após a análise preliminar das cheias históricas registadas e tendo em conta a contínua construção de barragens em território espanhol, conclui-se que as cheias na bacia no rio Guadiana, se dividem em dois tipos:

- Cheias no rio Guadiana, provocadas por precipitações intensas abrangendo grandes áreas da bacia hidrográfica e maior predominância em Espanha;
- Cheias nas sub-bacias portuguesas do rio Guadiana, provocadas por precipitações de grande intensidade, curta duração e localização pontual, afectando pequenas áreas e sub-bacias;

Para as cheias em que os caudais vindos de Espanha são determinantes, decidiu-se concentrar a atenção na determinação dos tempos de propagação de cheias ao longo do troço principal do rio Guadiana, pois o volume de armazenamento nas albufeiras espanholas e na barragem de Alqueva virão reduzir e atenuar a dimensão das cheias a jusante.

Neste sentido, concentrou-se a atenção do estudo das cheias, na avaliação das cheias que possam ocorrer nas sub-bacias do Guadiana. Estas cheias são caracterizadas por ocorrência muito rápida e grande intensidade de precipitações, afectando pequenas bacias hidrográficas, como foi em certa medida, a cheia de Novembro de 1997 na zona sul da bacia portuguesa do Guadiana, e as cheias de Novembro de 1988 e Dezembro de 1989 nas bacias de Beliche e Odeleite.

2.4.2 Qualidade dos dados de base

Os principais erros no cálculo dos caudais de cheia são devidos ao mau estabelecimento das curvas de vazão, muitas das vezes apoiada com poucas medições de caudal em cheia. Neste sentido analisaram-se em detalhe as curvas de vazão em uso nas estações hidrométricas da bacia do Guadiana, para tentar detectar e corrigir os erros mais grosseiros, estudo que se apresentou no Anexo Temático 11. Com base neste estudo, foram recalculados, após a definição de uma nova curva de vazão válida apenas para caudais de cheia, os caudais máximos anuais nas estações hidrométricas de rio Guadiana em Ponte Mourão, no rio Ardila em Ardila, Ribeira de Cobres em Monte da Ponte, Ribeira de Vascão em Vascão e Ribeira de Odeleite em Odeleite. Para outras estações existe consciência, que as curvas de vazão não são adequadas para calcular os caudais elevados, no entanto não existem caudais medidos para apoiar a definição de uma nova curva de vazão. Estão neste caso, as estações de Rio Terges em Entradas, Rio Degebe em Amieira. Esta situação constitui um grave condicionante à avaliação dos caudais de cheia a partir dos registos nas estações hidrométricas.

2.4.3 Caudais de cheia no rio Guadiana

Face à intensa construção ao longo dos anos de diversas infra-estruturas de armazenamento, tanto em Portugal como em Espanha e que afectaram, de modo marcante o regime de caudais a jusante dessas infra-estruturas, foi feita a análise da evolução da construção das principais barragens na bacia, cujas principais características se apresentam na Tabela IV.P3-02.05 e que se localizam na Figura IV.P3-02.08.

Na Figura IV.P3-02.09 apresenta-se a evolução da capacidade de armazenamento na bacia do rio Guadiana ao longo dos anos para a secção de entrada do rio Guadiana em Portugal.

Como se pode observar antes de 1956, as barragens construídas na bacia do Guadiana em Espanha são de pequena e média dimensão, não influenciando de modo significativo o regime de caudais de cheia. A primeira barragem com significativa capacidade de armazenamento a ser construída na bacia do Guadiana foi a barragem de Cijara. A construção desta barragem, com uma capacidade de armazenamento de 1 670 hm³ e início de funcionamento em 1956, permite considerar este ano, como data de início da alteração do regime de caudais de cheia.

Após a construção desta barragem, diversas outras barragens de média dimensão entraram em funcionamento no Guadiana até 1965, atingindo-se nesta data a capacidade de armazenamento de cerca de 3 000 hm³. Na década de 80 foram construídas várias outras barragens, culminando em 1989 com a construção da barragem Serena (capacidade de 3230 hm³). Com as barragens construídas na década de 90, atingiu-se em 1998, uma capacidade de armazenamento total na bacia de cerca de 9 000 hm³. Em Portugal foi construída em 1967 a barragem do Caia, com 203 hm³, que influencia igualmente todo troço português do rio Guadiana e que está igualmente incluído a evolução da capacidade de armazenamento apresentado na Figura IV.P3-02.09. As restantes barragens portuguesas, bem como a barragem do Chança não foram consideradas na análise.

Considerando todas as barragens de média e grande dimensão existentes na totalidade da bacia hidrográfica do rio Guadiana teremos um volume total de armazenamento de cerca de 9 500 hm³. A barragem de Alqueva está prevista ter uma capacidade de armazenamento de 4150 hm³, passando a ser a barragem com maior capacidade de armazenamento na bacia do Guadiana, seguida pela barragem de Serena com 3230 hm³.

Com base no indicado anteriormente, efectuou-se a partição das séries de caudais existentes em duas sub-séries, respectivamente para caudais registados até 1964/65 e a partir desta data. Para permitir comparar estas duas séries apresenta-se no quadro seguintes as respectivas médias e desvios padrões.

Parâmetros estatísticos	Ponte Mourão		Pulo do Lobo	
	série P1 (antes 1965)	série P2 (após 1965)	série P1 (antes 1965)	série P2 (após 1965)
Média	2440	1485	3206	2249
Desvio padrão	2504	1555	2294	1962

A previsão estatística dos caudais de cheia foi obtida pela aplicação da Lei de Extremos tipo 1, especificada pelo método dos Momentos Ponderados de Probabilidade.

As previsões dos caudais instantâneos máximos anuais para os períodos de retorno de 5, 10, 50, 100, 500 e 1000 anos, correspondem a uma situação próxima da situação natural (Série P1), e para a situação actual (Série P2) e foram obtidas para as estações de Ponte Mourão e Pulo do Lobo localizadas no rio Guadiana. Os valores obtidos apresentam-se na tabela seguinte.

Série de registos	Área Bacia (km ²)	Média (m ³ /s)	Previsão de caudais para períodos de retorno				
			10 (m ³ /s)	50 (m ³ /s)	100 (m ³ /s)	500 (m ³ /s)	1000 (m ³ /s)
Guadiana em Ponte Mourão (antes de 1965)	51922	2440	5592	8704	10019	13059	14366
Guadiana em Pulo do Lobo (antes de 1965)	60883	3206	6391	9535	10865	13936	15257
Guadiana em Ponte Mourão (após 1965)	51992	1485	3538	5564	6421	8400	9251
Guadiana em Pulo do Lobo (após 1965)	60883	2249	4905	7527	8636	11197	12298

Nas Figuras IV.P3-02.10 e IV.P3-02.11 apresentam-se graficamente a relação de previsões de caudais com áreas de drenagem das estações, para os períodos de retorno de 10, 100 e 1000 anos e as séries correspondentes às situações antes e após 1965.

Os resultados obtidos permitem concluir, que para a situação próxima do regime natural, teríamos em média, caudais máximos anuais em Ponte Mourão e em Pulo do Lobo, respectivamente de 2440 m³/s e 3206 m³/s e que para o período de retorno de 100 anos, caudais de 10 000 m³/s e 10 800 m³/s respectivamente.

Para a situação actual, as médias dos caudais máximos anuais em Ponte Mourão e em Pulo do Lobo, são respectivamente de 1485 m³/s e 3249 m³/s e para o período de retorno de 100 anos os caudais seriam de 6 400 m³/s e 8 600 m³/s respectivamente.

Após a construção da barragem de Alqueva, os caudais de cheia serão significativamente amortecidos, sendo bastante menor a probabilidade de ocorrência de inundações nas zonas marginais do rio Guadiana.

2.4.4 Caudais de cheia nas sub-bacias do Guadiana

No que se refere às previsões de caudais de cheias que possam ocorrer com determinadas probabilidades nas sub-bacias do rio Guadiana, foi efectuada a análise da distribuição de frequência de caudais instantâneos máximos anuais, para as estações localizadas nas sub-bacias do rio Guadiana. Esta análise permitiu verificar, que existe uma certa homogeneidade nos caudais obtidos nas diversas estações hidrométricas, face à área de drenagem de cada uma, com excepção da estação de Monte dos Fortes em Odeleite.

Na tabela seguinte apresentam-se as médias das séries de caudais instantâneos máximos anuais e a previsão de caudais máximos anuais para os períodos de retorno de 10, 50, 100, 500 e 1000 anos para cada uma das estações existentes nos afluentes do rio Guadiana e com base na Lei Generalizada de Extremos.

Série de registos	Área (km ²)	Média (m ³ /s)	Previsão de caudais para os períodos de retorno				
			10 (m ³ /s)	50 (m ³ /s)	100 (m ³ /s)	500 (m ³ /s)	1000 (m ³ /s)
Ribeira de Terges em Entradas	52	30	63	100	117	158	177
Ribeira de Terges em Albernoa	177	74	164	276	330	470	538
Rib. Odeleite em Monte dos Fortes	288	236	471	783	937	1358	1570
Rio Vascão em Vascão	428	203	389	537	592	706	749
Rib. de Cobres em Monte da Ponte	707	254	484	711	807	1029	1124
Rio Ardila em Ardila	3634	635	1333	2020	2309	2977	3263
Rib. Odeleite em Monte dos Fortes	288	236	471	783	937	1358	1570

Para estimar os caudais de cheia em pontos estratégicos da bacia do Guadiana, relacionou-se as áreas das respectivas bacias de drenagem das estações hidrométricas, com os caudais

máximos estimados para os diversos períodos de retorno. No quadro seguinte apresenta-se os caudais específicos por unidade de área, para as estações hidrométricas em análise.

Série de registos	Área (km ²)	Média (m ³ /s.km ²)	Previsão de caudais específicos para os períodos de retorno				
			10 (m ³ /s.km ²)	50 (m ³ /s.km ²)	100 (m ³ /s.km ²)	500 (m ³ /s.km ²)	1000 (m ³ /s.km ²)
Ribeira de Terges em Entradas	52	0.575	1.212	1.923	2.250	3.038	3.404
Ribeira de Terges em Albernoa	177	0.419	0.927	1.559	1.864	2.655	3.040
Rio Vascão em Vascão	428	0.475	0.909	1.255	1.383	1.650	1.750
Rib. Cobres em Monte da Ponte	707	0.359	0.685	1.006	1.141	1.455	1.590
Rio Ardila em Ardila	3634	0.175	0.367	0.556	0.635	0.819	0.898
Rib. Odeleite em Monte dos Fortes	288	0.820	1.635	2.719	3.253	4.715	5.451

Como se pode observar os caudais específicos variam inversamente com a área, com excepção dos caudais estimados para a ribeira de Odeleite em Monte dos Fortes, que apresenta valores de caudal específico claramente destacados em relação à dimensão da sua área, permitindo concluir, em conjugação com o já detectado na distribuição das precipitações máximas, que a região da serra algarvio, possui características hidrológicas distintas do resto da bacia do Guadiana. O rio Ardila destaca-se igualmente por possuir uma área de bacia muito superior às restantes e por se localizar maioritariamente em território espanhol, neste sentido, decidiu-se não considerar estas duas estações na análise para a definição de uma expressão para os cálculos dos caudais de cheia.

A relação entre as previsões estatísticas dos caudais nas restantes estações para vários períodos de retorno (ribeira de Terges em Entradas e Albernoa, Rio Vascão em Vascão e rio Cobres em Monte da Ponte) e as áreas das bacias é apresentada na Figura IV.P3-02.12, conjuntamente com os valores registados nas cheias históricas de Janeiro de 1969 e Dezembro de 1989.

Para estabelecer um procedimento de cálculo dos caudais de cheia em secções estratégicas, foi definida uma relação do tipo: $Q_t = a \text{ Área}^b$, onde Q_t é o caudal estimado para o período de retorno T , numa bacia de área A .

No quadro seguinte apresentam-se os parâmetros a e b para os períodos de retorno de 10, 50, 100, 500 e 1000 anos.

Designação do parâmetro	Valores dos parâmetros para os períodos de retorno				
	10	50	100	500	1000
-a-	2.582	5.125	6.557	10.639	12.904
-b-	0.8088	0.7606	0.7411	0.7014	0.6841

A expressão apresentada, especificada pelos parâmetros a e b, apresentados neste quadro, permite a determinação dos caudais de cheia na bacia portuguesa do rio Guadiana, para sub-bacias com áreas compreendidas entre 50 e 1000 km². Retira-se da aplicação desta expressão, a região da serra algarvia, para Sul da bacia do rio Vascão, que apresentam caudais específicos muito superiores, devido às características hidrológicas particulares da serra algarvia.

É de referir no entanto, a pouca representatividade espacial das estações hidrométricas utilizadas no cálculo, pois todas as estações se localizam na zona C, ou seja no troço da bacia do Guadiana entre as bacias do rio Degebe e Ardila e a ribeira de Odeleite e Foupana. Podendo-se concluir que cerca de metade da bacia do Guadiana não possui registos hidrométricos nas sub-bacias. Neste sentido, a aplicação desta expressão à região norte da bacia do Guadiana deverá ser feita com as necessárias limitações.

2.5 Áreas e locais sujeitos a inundações

2.5.1 Introdução

A definição de áreas de inundação, de acordo com o especificado para a elaboração dos planos, não é objecto do presente trabalho, pois a topografia de base utilizada (escala 1:25 000) não é adequada para um trabalho de pormenor, como é a definição de áreas de inundação em zonas urbanas. Neste sentido, a definição de áreas de inundação foi baseada apenas na inventariação dos locais e localidades sujeitas a inundações históricas, segundo os registos recolhidos nas entidades inquiridas e de notícias da imprensa regional e local.

2.5.2 Principais áreas de risco

Os locais e localidades potencialmente sujeitas a inundações, localizam-se na Figura IV.P3-02.13. A definição de áreas de inundações por rotura de barragens será efectuada, para os casos em que já existem estudos realizados. Está nesse caso, a rotura da barragem de Alqueva, efectuada no âmbito dos Estudos de Impacte Ambiental. Na Figura IV.P3-02.14 apresentam-se as áreas de inundações provocadas pela rotura de barragem de Alqueva. Como se pode observar o efeito da rotura de barragem faz-se sentir nos maiores aglomerados a jusante da barragem, nomeadamente em Alcoutim e Vila Real de Santo António. As zonas baixas do vale do Guadiana são igualmente inundadas pela onda da rotura da barragem, não afectando no entanto áreas construídas.

2.6 Síntese

2.6.1 Introdução

As cheias não assumem uma importância predominante na bacia do Guadiana, quando comparadas com as cheias que ocorrem noutras bacias hidrográficas portuguesas ou com outros eventos socio-hidrometeorológicos que ocorrem na bacia, como são as secas, a erosão e a desertificação.

Esta situação é devido fundamentalmente às características do vale do Guadiana, bastante encaixado e com os aglomerados populacionais localizados fora dos leitos de cheia, denotando genericamente uma ocupação ordenada das zonas adjacentes das linhas de água.

No entanto, como se verificou no ocorrido na cheia de Novembro de 1997, as cheias podem provocar prejuízos elevados, com a inundações e destruição de habitações e infra-estruturas urbanas, rodoviárias e hidráulicas e o arrastamento e perda de parte do solo arável. Para atenuar os seus efeitos, as cheias devem ser caracterizadas, de modo a estabelecer um conjunto de medidas e acções que permitam o seu controle.

Segundo os caudais de cheia registados, as marcas de cheias existentes e as características da génese das cheias históricas, as cheias na bacia do Guadiana podem dividir-se em dois tipos:

- Cheias no rio Guadiana, provocadas por precipitações intensas abrangendo grandes áreas da bacia hidrográfica e afectando em particular o vale do rio Guadiana;
- Cheias nas sub-bacias do Guadiana, cheias pontuais afectando pequenas bacias hidrográficas, que são provocadas por precipitações de grande intensidade e curta duração.

2.6.2 Cheias no rio Guadiana

Das cheias registadas no rio Guadiana, a cheia com caudal de ponta mais elevado ocorreu em Março de 1947, com caudal de ponta em Ponte Mourão de 10 290 m³/s e 8130 m³/s em Pulo do Lobo. A cheia de Novembro de 1997 teve caudais máximos em Ponte Mourão e Pulo do Lobo respectivamente de 3500 e 7240 m³/s. Nestes casos podem-se verificar as características bem diferentes das cheias ocorridas, a primeira gerada em Espanha, com um regime de caudais de cheia próximo do regime natural, devido às poucas infra-estruturas de armazenamento construídas a montante, a segunda provocada por precipitação concentrada em território nacional, que provocou graves prejuízos em pequenas bacias hidrográficas do Guadiana e contribuindo para o elevado incremento do caudal entre Ponte Mourão e Pulo do Lobo.

Para além das cheias registadas, a maior cheia histórica de que há notícia, ocorreu em 1876 e é testemunhada por diversas marcas de cheia existentes nas principais vilas ribeirinhas, designadamente em Mértola, Alcoutim e Vila Real de Santo António.

Dos registos de cheias, das notícias da imprensa nacional e regional e das características morfológicas da bacia do Guadiana, identificaram-se diversas localidades que sofreram o efeito das cheias, que genericamente se localizam nas zonas baixas do Guadiana, designadamente em Mértola, Pomarão, Laranjeiros, Guerreiros do Rio e Foz de Odeleite, Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António. A montante de Mértola apenas alguns montes e casas isoladas poderão ser identificadas como áreas de risco. É de referir igualmente os diversos problemas ocorridos no troço navegável do rio, com a perda e destruição de embarcações que estavam ancorados no rio.

Para determinar os caudais de cheia previstos no rio Guadiana, para determinadas probabilidades de ocorrência, foi realizada a análise da distribuição de frequência de caudais instantâneos máximos anuais para as estações localizadas no rio Guadiana. Esta análise permitiu verificar, que face à intensa construção de barragens em Espanha, as séries de caudais se

deveriam dividir em duas sub-séries, respectivamente para caudais ocorridos até 1964/65 e a partir de 1965/66.

Neste contexto foram obtidos os caudais máximos anuais para diversos períodos de retorno, para estas situações correspondendo à situação próxima do estado natural e à situação presente e cujos valores se apresentam na tabela seguinte.

Série de registos	Área Bacia (km ²)	Média (m ³ /s)	Previsão de caudais para períodos de retorno				
			10 (m ³ /s)	50 (m ³ /s)	100 (m ³ /s)	500 (m ³ /s)	1000 (m ³ /s)
Guadiana em Ponte Mourão (antes de 1965)	51922	2440	5592	8704	10019	13059	14366
Guadiana em Pulo do Lobo (antes de 1965)	60883	3206	6391	9535	10865	13936	15257
Guadiana em Ponte Mourão (após 1965)	51992	1485	3538	5564	6421	8400	9251
Guadiana em Pulo do Lobo (após 1965)	60883	2249	4905	7527	8636	11197	12298

Os resultados obtidos permitem concluir, que para a situação próxima da natural, teríamos em média, caudais máximos anuais em Ponte Mourão e em Pulo do Lobo, respectivamente de 2440 m³/s e 3200 m³/s e que para o período de retorno de 100 anos, de 10 000 m³/s e 10 800 m³/s respectivamente.

Para a situação presente, as médias dos caudais máximos anuais em Ponte Mourão e em Pulo do Lobo, são respectivamente de 1485 m³/s e 2250 m³/s e para o período de retorno de 100 anos, de 6 400 m³/s e 8 600 m³/s respectivamente.

Após a construção da barragem de Alqueva, os caudais de cheia serão amortecidos, sendo bastante menor a probabilidade de ocorrência de cheias nas zonas marginais do Guadiana.

As principais medidas a propor para maior controle das cheias no rio Guadiana consistem em:

- Montar um Sistema de Avisos de Cheia, em ligação com as autoridades espanholas, que permita em tempo útil avisar as populações ribeirinhas a jusante, em particular as entidades envolvidas na navegabilidade do rio Guadiana;
- Controlar e condicionar o regime de exploração da barragem de Alqueva, tendo em conta as cheias a jusante;
- Definir áreas ribeirinhas sujeitas a inundação, condicionando a sua utilização;
- Estabelecer cartas de risco de inundação para as localidades identificadas como mais sujeitas a cheias frequentes e propor medidas estruturais e não estruturais para controle das cheias.

2.6.3 Cheias nas sub-bacias do Guadiana

Tendo em conta as recentes cheias de Dezembro de 1989 e Novembro de 1997, que provocaram a inundação e destruição de habitações e de outras infra-estruturas e o arrastamento e perda de parte do solo arável em diversas sub-bacias do rio Guadiana, foram identificadas as seguintes principais localidades que sofreram efeito das cheias: Odeleite, Beliche e Azinhal no nordeste algarvio e Albernoa, Sobral da Adiça, Quintos, Cabeça Gorda, Baleizão, Pisões no interior do Alentejo.

Para permitir avaliar os caudais de cheias que possam ocorrer com determinadas probabilidades nas sub-bacias do rio Guadiana, foi efectuada a análise da distribuição de frequência de caudais instantâneos máximos anuais, para as estações localizadas nos afluentes do rio Guadiana. Esta análise permitiu verificar que existe uma certa homogeneidade nos caudais obtidos nas diversas estações hidrométricas, face à área de drenagem de cada uma, com excepção da estação de Monte dos Fortes em Odeleite.

Na tabela seguinte apresentam-se as médias das séries de caudais instantâneos máximos anuais e as previsões para diversos períodos de retorno e para cada uma das estações existentes nos afluentes do rio Guadiana.

Série de registos	Área (km ²)	Média (m ³ /s)	Previsão de caudais para os períodos de retorno				
			10 (m ³ /s)	50 (m ³ /s)	100 (m ³ /s)	500 (m ³ /s)	1000 (m ³ /s)
Ribeira de Terges em Entradas	52	30	63	100	117	158	177
Ribeira de Terges em Albernoa	177	74	164	276	330	470	538
Rib. de Cobres em Monte da Ponte 1	707	254	484	711	807	1029	1124
Rio Ardila em Ardila 1	3634	635	1333	2020	2309	2977	3263
Rio Vascão em Vascão 1	428	203	389	537	592	706	749
Rib. Odeleite em Monte dos Fortes	288	236	471	783	937	1358	1570

Para procurar apoiar a compreensão da geração de caudais de cheia nas sub-bacias do Guadiana, relacionou-se as áreas com os caudais de cheia estimados, áreas com caudais específicos por unidade de área. Na Figura IV.P3-02.12 apresentam-se graficamente a relação entre áreas de drenagem e os caudais para os períodos de retorno de 10, 100 e 1000 anos e os valores registados nas cheias históricas de Janeiro de 1969 e Dezembro de 1989. No quadro

seguinte apresenta-se os caudais específicos por unidade de área, obtidos para as várias estações hidrométricas.

Série de registos	Área (km ²)	Média (m ³ /s.km ²)	Previsão de caudais específicos para os períodos de retorno				
			10 (m ³ /s.km ²)	50 (m ³ /s.km ²)	100 (m ³ /s.km ²)	500 (m ³ /s.km ²)	1000 (m ³ /s.km ²)
Ribeira de Terges em Entradas	52	0.575	1.212	1.923	2.250	3.038	3.404
Ribeira de Terges em Albernoa	177	0.419	0.927	1.559	1.864	2.655	3.040
Rib. Cobres em Monte da Ponte 1	707	0.359	0.685	1.006	1.141	1.455	1.590
Rio Ardila em Ardila 1	3634	0.175	0.367	0.556	0.635	0.819	0.898
Rio Vascão em Vascão 1	428	0.475	0.909	1.255	1.383	1.650	1.750
Rib.Odeleite em Monte dos Fortes	288	0.820	1.635	2.719	3.253	4.715	5.451

Como se pode observar os caudais específicos variam inversamente com a área, com excepção dos caudais estimados para a ribeira de Odeleite em Monte dos Fortes, que apresenta valores de caudal específico claramente destacados em relação à dimensão da sua área, permitindo concluir, em conjugação com o já detectado na distribuição das precipitações máximas, que a região da serra algarvio, possui características hidrológicas distintas do resto da bacia do Guadiana. O rio Ardila destaca-se igualmente por possuir uma área de bacia muito superior às restantes e por se localizar maioritariamente em território espanhol, neste sentido, decidiu-se não considerar estas duas estações na análise para a definição de uma expressão para os cálculos dos caudais de cheia.

A relação entre as previsões estatísticas dos caudais nas restantes estações para vários períodos de retorno (ribeira de Terges em Entradas e Albernoa, Rio Vascão em Vascão e rio Cobres em Monte da Ponte) e as áreas das bacias é apresentada na Figura IV.P3-02.12, conjuntamente com os valores registados nas cheias históricas de Janeiro de 1969 e Dezembro de 1989.

Para estabelecer um procedimento de cálculo dos caudais de cheia em secções estratégicas, foi definida uma relação do tipo: $Q_t = a \text{ Área}^b$, onde Q_t é o caudal estimado para o período de retorno T, numa bacia de área A.

No quadro seguinte apresentam-se os parâmetros a e b para os períodos de retorno de 10, 50, 100, 500 e 1000 anos.

Designação do parâmetro	Valores dos parâmetros para os períodos de retorno				
	10	50	100	500	1000
-a-	2.582	5.125	6.557	10.639	12.904
-b-	0.8088	0.7606	0.7411	0.7014	0.6841

A expressão apresentada, especificada pelos parâmetros a e b, apresentados neste quadro, permite a determinação dos caudais de cheia na bacia portuguesa do rio Guadiana, para sub-bacias com áreas compreendidas entre 50 e 1000 km². Retira-se da aplicação desta expressão, a região da serra algarvia (a sul da bacia do rio Vascão) que apresentam caudais específicos muito superiores ao da restante parte da bacia do Guadiana, devido às características hidrológicas particulares da serra algarvia.

É de referir no entanto, a pouca representatividade espacial das estações hidrométricas utilizadas no cálculo, pois todas as estações se localizam na zona C, ou seja no troço da bacia do Guadiana entre as bacias do rio Degebe e Ardila e a ribeira de Odeleite e Foupana. Podendo-se concluir que cerca de metade da bacia do Guadiana não possui registos hidrométricas nas sub-bacias.

2.6.4 Locais em risco de inundação

Os locais em risco de inundação que se localizam na Figura IV.P3-02.13, foram identificados, com base nos registos históricos dos locais afectados por cheias e inundações. Entre estes locais, são de referir as áreas de inundação no vale do Guadiana, a jusante de Mértola, designadamente em Mértola, Pomarão, Laranjeiros, Guerreiros do Rio e Foz de Odeleite. Existem igualmente algumas pequenas áreas edificadas em Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António. A montante de Mértola apenas alguns montes e casas isoladas poderão ser identificadas como áreas de risco. É de referir que após a construção da barragem de Alqueva, o vale do rio Guadiana deverá ser ainda menos afectado por inundações.

Nas sub-bacias hidrográficas do Guadiana inventariaram-se diversas áreas urbanas como áreas de risco de inundação por cheias, tendo em conta, o ocorrido nas recentes cheias de Novembro de 1997. Muitas destas inundações foram provocadas pela realização de obras de canalização das ribeiras inadequadas ao regime torrencial dessas linhas de água, entre as quais se

destacam Odeleite, Beliche e Azinhal no nordeste algarvio e Albernoa, Sobral da Adiça, Quintos, Cabeça Gorda, Baleizão, Pisões no interior do Alentejo.

3 Poluição accidental

3.1 Introdução

A poluição accidental pode estar associada a acidentes no transporte rodoviário, de substâncias perigosas, por um lado, e a descargas localizadas de águas residuais, urbanas ou industriais, por outro.

3.2 Acidentes no Transporte Rodoviário

Tendo em conta a ocupação da bacia, os maiores riscos por acidente que possam afectar a rede hidrográfica estão associados a:

- Tráfego de camiões transportando substâncias perigosas;
- Rotura de zonas de depósito dos estéreis de minas, em exploração ou abandonadas.

Em relação a acidentes do primeiro tipo, tendo em conta a rede viária que atravessa a bacia portuguesa do rio Guadiana, constata-se o trecho onde o tráfego de camiões é mais intenso e, onde, conseqüentemente, é maior a probabilidade de ocorrência de um acidente com derrame de substâncias perigosas, é o correspondente ao IP7 no troço até Badajoz (Figura IV.P3-03.01).

Nesse troço, à excepção da zona entre Elvas e Badajoz, que atravessa o rio Caia, não há linhas de água de grande expressão.

Quer isto dizer que o maior risco de ocorrência de um acidente associado ao transporte de substâncias perigosas se localiza nas sub-bacias A5, que integra a do rio Caia, e A6.

Nas restantes estradas da rede viária, o tráfego além de menos intenso não é associado a transportes de grandes cargas e onde, conseqüentemente, o risco será menor.

3.3 Riscos Associados a Descargas Localizadas

3.3.1 Riscos de Âmbito Local

Estes riscos derivam, essencialmente, da descarga directa de águas residuais altamente poluídas resultantes de actividades não contínuas /pontuais ou dos produtos de lavagens ou ainda da ruptura/descarga não prevista de produtos armazenados altamente poluentes (os quais podem ser as respectivas águas residuais ou mesmo produtos que utilizam na sua laboração normal), se estes volumes são de média dimensão.

São exemplos destas ocorrências a descarga directa na linha de água dos produtos das lavagens de cubas ou dos lagares de uma adega ou da descarga do conteúdo de uma “lagoa” de tratamento das águas residuais de uma pecuária e, com menor probabilidade, a ocorrência de avaria nas ETAR’s.

Estes acontecimentos, que não é possível quantificar nem prever, são susceptíveis de causar efeitos visíveis na linha de água respectiva (originando certamente a morte de parte significativa da fauna aquática aí presente).

As entidades capazes de produzir este tipo de acontecimentos são numerosas e diversificadas, e tal como já referido foram tipificadas e listadas no Anexo 6 – Parte 3, pelo que não se apresenta neste âmbito a sua inventariação/localização.

Contudo e no sentido de dar uma percepção dos pontos de maior densidade destas entidades apresenta-se na Figura IV. P3-03.02 um mapa com a sua localização.

Pela sua análise verifica-se que é nos afluentes de montante da margem direita que se localiza o maior numero destas entidades.

Esta figura permite ainda, com base na informação constante do Anexo Temático 6, identificar, no caso da ocorrência de um acidente, a fonte ou fontes poluidoras, a natureza da carga poluente que pode ocorrer, e daí estabelecerem-se as medidas mais convenientes com vista ao combate às consequências do acidente.

Pela sua especificidade deu-se especial atenção aos efluentes provenientes de:

- Indústrias cujos efluentes se localizam próximo de albufeiras;
- Indústrias com elevada carga de poluição de origem orgânica (CBO5 e CQO);

- ETAR's localizadas próximo de captações/tomadas de água para consumo urbano e, em particular, a montante da albufeira.

No estabelecimento deste critério teve-se em conta a possibilidade de ocorrência de acidentes nos sistemas de tratamento resultantes ou de avarias nos seus elementos do processo ou de falhas na alimentação de energia.

Dentre as actividades com elevadas cargas de poluição de origem orgânica existentes no troço português da bacia hidrográfica do rio Guadiana, destacam-se:

- A PORTUCEL RECICLA (B7) com 95% da carga anual em CBO5;
- Os lagares de azeite e, em particular, os localizados na cabeceira do Caia;
- As suiniculturas e, em especial, as existentes nas bacias hidrográficas do Lucefit e do Odearça.

Em relação a acidentes resultantes da rotura de obras que se destinam a reter os rejeitados do processo extractivo associado à exploração mineira, destacam-se, pela sua importância, as seguintes explorações, em actividade ou desactivadas:

- Barragem de Cerro do Lobo para retenção dos rejeitados da mina da SOMINCOR;
- Barragens A e B das minas de São Domingos em cujo reservatório são lançadas águas relativamente poluídas provenientes deste conjunto mineiro e onde se encontram armazenados sedimentos que, se colocados em suspensão, podem confinar a poluição da água a jusante e a albufeira da barragem do Chança.

Na Figura IV.P3-03.03 apresenta-se a localização destas obras e das zonas que poderão ser afectadas no caso de acidente por rotura.

3.3.2 Riscos de Âmbito Regional

As actividades fortuitas ou não programadas susceptíveis de ter impacto a nível regional, tendo em consideração as características das instalações existentes na bacia, só poderão ser causadas pela “ruptura” dos sistemas de armazenamento de produtos utilizados na sua actividade fabril ou pela rotura ou galgamento das lagoas/barragens de armazenamento das águas residuais de instalações industriais de dimensão significativa.

As entidades com volumes de substancias armazenadas capazes de provocar este tipo de incidentes são relativamente poucas e de acordo com os dados actualmente disponíveis são, os já

referidos em 3.3.1: SOMINCOR – armazenamento de produtos e lagoas de rejeitados e PORTUCEL-RECICLA – armazenamento de produtos e lagoas de tratamento de esgotos; Minas de S. Domingos – ruptura das barragens A e B, onde é lançada a água relativamente poluída proveniente deste conjunto mineiro e onde há um conjunto de sedimentos depositados que, se colocados em suspensão, são capazes de poluir as linhas de água a jusante e a albufeira do Chança.

Na Figura IV.P3-03.04 apresenta-se a sua localização.

Os “blooms” algares que ocorreram no Guadiana têm sido motivados em grande parte pelas Cianofíceas produtoras de neurotóxicas e hepatotoxinas capazes de provocar bloqueios respiratórios, colapsos cardiovasculares, hemorragias internas em peixes e mamíferos.

Estas Cianofíceas, para além de produzirem uma acentuada desoxigenação em profundidade e elevados níveis de amónia no rio, produzem ainda compostos com uma geosmina que provocam cheiros e gosto desagradáveis na água, tornando-os não potáveis.

3.4 Síntese

Tendo em conta a ocupação da bacia, os maiores riscos de acidente que possam afectar a rede hidrográfica estão associadas a:

- Tráfego de camiões transportando substâncias perigosas, com eventualidade de maior incidência na IP7, que atravessa a bacia na zona de Borba e Badajoz;
- Rotura de zonas de depósito de rejeitados e dos estéreis das minas, em exploração ou abandonadas, situação a ter em conta na barragem de Cerro do Lobo, da mina da SOMINCOR, nas barragens das minas de São Domingos e no armazenamento de produtos e nas lagoas de tratamento de esgotos da PORTUCEL, em Mourão.

As empresas industriais tratando substâncias perigosas podem ser um risco importante nas de âmbito meramente local, dada a sua reduzida dimensão fabril específica, na área geográfica da bacia; das 7 dezenas de indústrias referenciadas, a quase totalidade distribui-se regularmente desde Portalegre a Beja e Serpa.

Também as próprias descargas de águas residuais urbanas ou industriais são um factor de risco face à possibilidade de ocorrência de acidentes nos sistemas de tratamento por avaria no processo ou por falha na alimentação de energia; neste âmbito, assumem particular relevância a

fábrica da PORTUCEL, em Mourão, e os lagares de azeite (especialmente os de Cabeceira do Caia) e as suiniculturas (especialmente as do Lucefecit e de Odearça).

4 Sobreexploração de aquíferos

4.1 Considerações gerais

Dado que o tema da sobreexploração de aquíferos constitui frequentemente uma preocupação das entidades encarregadas da gestão da água e do público em geral, torna-se necessário fazer algumas considerações sobre o que se entende por sobreexploração de aquíferos no presente contexto dos planos de bacia.

De modo geral, podemos dizer que existe sobreexploração quando os recursos hídricos subterrâneos são explorados de forma contínua acima dos recursos médios renováveis ou quando dessa exploração resultam consequências indesejáveis, sejam económicas, ecológicas, legais, ou outras. Isto significa que o diagnóstico de uma situação de sobreexploração ou é feito quando, em resultado das extracções, são ultrapassadas determinadas imposições de gestão, por exemplo a drenagem de uma zona húmida, a diminuição do escoamento de base além de dado limiar, etc., ou encontra-se intimamente ligado ao conceito de recursos subterrâneos renováveis. Dada a dificuldade em estimar estes últimos, a sobreexploração pode ser diagnosticada através de certos indicadores como sejam, evolução dos níveis piezométricos, evolução dos caudais de nascentes e do escoamento de base, mudanças no comportamento de zonas húmidas, mudanças na qualidade induzidas pelo abaixamento dos níveis, etc.

No entanto, esse diagnóstico é complexo devendo ser tidos em conta variadíssimos factores que o podem falsear.

Por exemplo, a diminuição dos caudais das nascentes ou do escoamento de base não é indicação de sobreexploração, dado que, como foi referido nas considerações gerais sobre avaliação de recursos hídricos subterrâneos, a exploração destes implica uma diminuição da descarga natural (captura) podendo em última análise implicar a cessação total daquela. A manutenção das descargas naturais constitui uma opção de gestão devendo ser condicionada por constrangimentos de ordem ambiental (manutenção de caudais ecológicos, manutenção de zonas húmidas), económica, legal, etc. Assim, o aproveitamento total, ou parcial, dessas descargas

naturais, através da captação de águas subterrâneas, deverá estar sujeito aos referidos constrangimentos, não sendo a diminuição do caudal, até aos valores impostos, uma indicação de sobreexploração.

A evolução dos níveis piezométricos constitui porventura o melhor indicador de sobreexploração. No entanto, na análise da sua evolução, com o objectivo de diagnosticar uma situação de sobreexploração, devem ser tidos em conta alguns aspectos. Em primeiro lugar deve ser tido em conta que se existir um aumento das extracções haverá concomitantemente uma diminuição dos níveis, como resposta dinâmica do sistema, sem que tal implique necessariamente uma situação de sobreexploração. Esta pode ser indicada por uma descida geral dos níveis, em termos médios, sem ser acompanhada de aumento das extracções. Não deverão ser confundidas variações de período curto, por exemplo numa situação de seca, com uma verdadeira tendência generalizada. Esta só poderá ser detectada dispondo-se de uma série suficientemente longa de observações. No entanto, deve-se ter em conta que aquíferos muito extensos, poderão ser caracterizados por uma inércia elevada, pelo que a adaptação a mudanças no padrão de exploração faz-se através de um período de regime transitório, que poderá ser muito longo, dependendo da distância dos pólos de extracção às zonas de recarga, da condutividade hidráulica, etc. Esse período, em que se verificam descidas dos níveis piezométricos, pode ter uma duração de dezenas ou mesmo centenas de anos, mesmo numa situação em que as extracções não ultrapassem os recursos renováveis.

Da análise da evolução dos níveis piezométricos, restringida apenas à parte norte da Bacia por não se dispor de informação para as outras áreas, não se detectou nenhum indício de sobreexploração permanente, pois os níveis não mostram nenhuma tendência de período longo, antes pelo contrário, os níveis máximos são sempre alcançados em anos hidrológicos com precipitação normal.

Isto não significa que não se verifiquem carências de abastecimento a partir das águas subterrâneas. Essas carências são devidas à fraca capacidade da maior parte dos reservatórios subterrâneos do Alentejo, nomeadamente os que têm por suporte rochas cristalinas não carbonatadas (rochas ácidas, básicas e metassedimentares). Nestes casos, dá-se o que se pode considerar como uma sobreexploração temporária, nalguns casos de nível sazonal.

4.2 Análise de indicadores de sobre-exploração

Presentemente só se dispõe de registos de níveis piezométricos para a parte norte da Bacia, tendo os dados sido disponibilizados pela DRA de Portalegre que é a entidade que tem gerido a rede de medições. Os pontos onde se têm efectuado medições de nível estão localizados em vários tipos de formações, mas regista-se uma incidência maior sobre os aquíferos carbonatados, nomeadamente os sistemas aquíferos de Estremoz e de Elvas. Os outros tipos de litologias cobertos são os xistos, granitos, gabros e depósitos cenozóicos .

Distribuição por sistemas das captações com dados de piezometria

SA/Litologias captados	SA de Elvas	SA de Estremoz	Outros aquíferos em calcários	Xistos	Granitos	Gabros	Depósitos cenozóicos
Nº de captações	6	4	3	9	1	1	1

Os dados de piezometria referem-se ao período compreendido entre meados das décadas 80 e 90. Este período de observação adapta-se bem à análise da sobreploração, uma vez que abrange vários períodos de seca, entre os anos 1993 e 1995. Permite analisar o comportamento dos aquíferos em condições normais e a sua resposta à situação de *stress* representada por um período de seca, e, por fim, a sua recuperação após aquele ter terminado.

De modo geral, observa-se uma estabilidade dos níveis piezométricos durante o período pré-seca, sendo a variação interanual da ordem dos 2-3 metros (ver tabela da variação sazonal dos NHE por grupos aquíferos, Gráficos e tabela da variação sazonal dos níveis hidroestáticos, variando este valor para cada sistema aquífero). Este valor varia para cada sistema aquífero, sendo o sistema de Estremoz-Cano que apresenta uma maior variação.

Variação sazonal dos NHE por grupos aquíferos.

	percentil 0,25	percentil 0,75	Mediana
SA Estremoz	3,2	3,7	3,4
SA Elvas	1,8	4,5	2,5
SA Elvas*	1,6	2,5	2
Xistos	1,1	2,7	2,3

* não foi considerado o registo 413DPTLG-17 indicado em 4.3.6

A partir dos anos 1990-1991, no início da época seca, e até o Outono 1995, regista-se em todos os pontos de água de todas as litologias uma queda dos níveis piezométricos, que varia entre 1 e 4 metros, em função do sistema aquífero considerado (ver tabela seguinte). Observa-se também neste caso valores maiores para o sistema aquífero de Estremoz-Cano.

Variação dos NHE entre o período pré-seca e o período de seca.

SA Estremoz	INV.	VER.	SA Elvas	INV.	VER.	Xistos	INV.	VER.
mediana	-3,8	-4,6	Mediana	-1,0	-1,6	Mediana	-3,8	-2,3
percentil0,25	-4,5	-4,6	Percentil0,25	-2,0	-2,3	Percentil0,25	-5,0	-5,2
percentil0,75	-2,4	-4,0	Percentil0,75	-0,4	-0,5	Percentil0,75	-2,0	-1,4

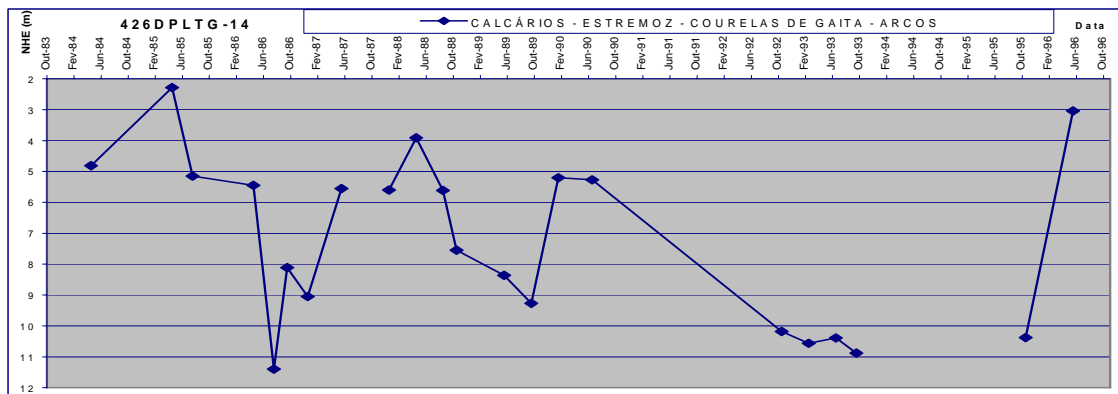
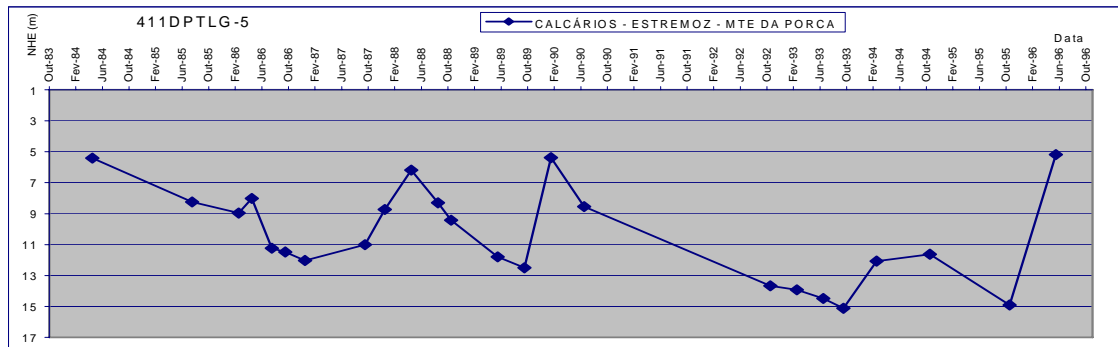
A tabela apresenta a diferença entre as medianas dos NHE do período pré-seca e pós-seca, para cada ponto de água.

A partir do Outono de 1995, quando terminou o período de seca, nota-se em todos os pontos observados uma subida dos níveis piezométricos até aos valores normais verificados antes o período de seca (ver Gráficos no capítulo seguinte). Isto traduz a rápida recuperação dos aquíferos, sendo explicada a baixa dos níveis piezométricos como uma falta/ausência de recarga durante a seca e não como um fenómeno de sobreexploração.

4.3 Evolução dos níveis piezométricos

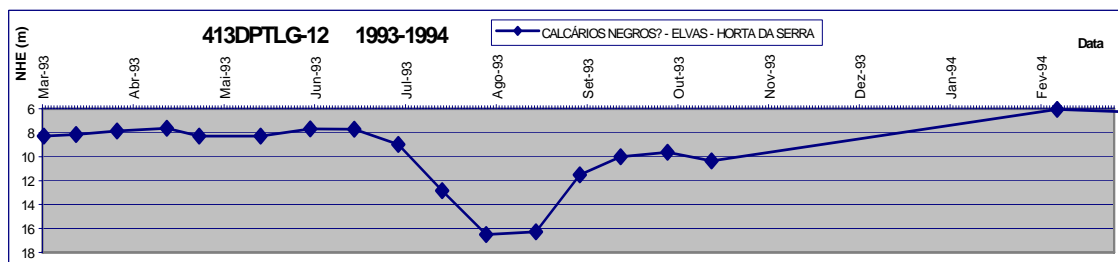
4.3.1 SA de Estremoz

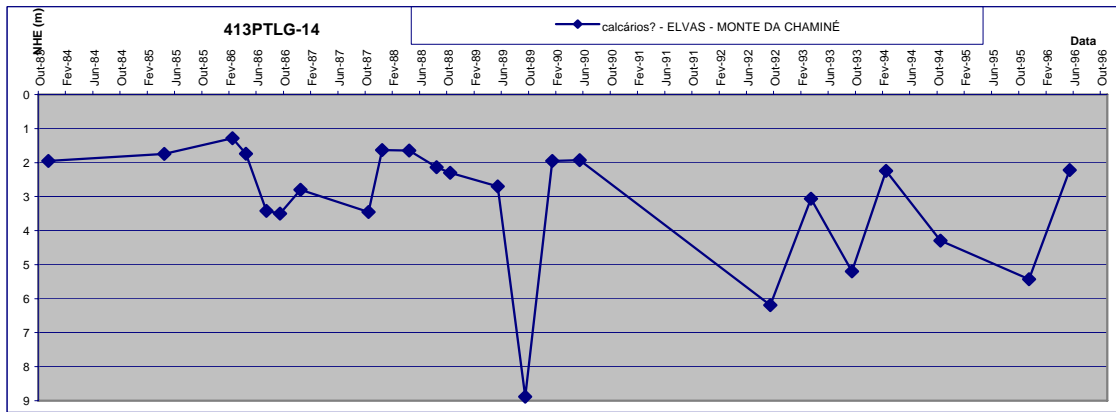
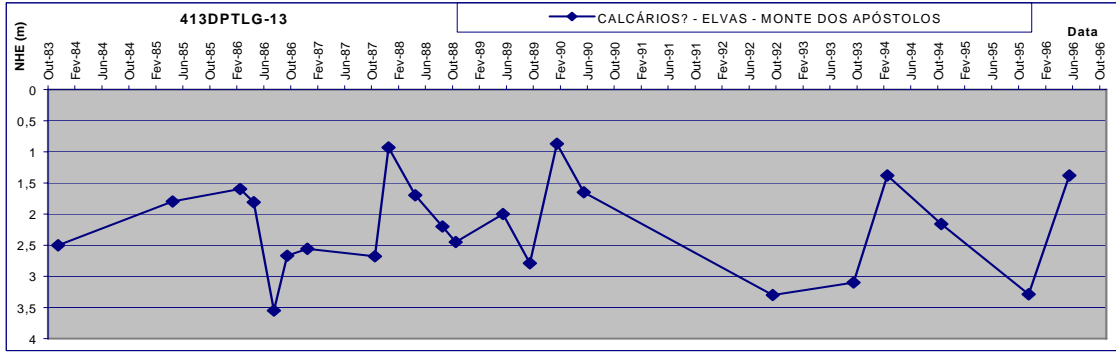
Neste sistema aquífero foram observados 4 pontos de água com comportamentos similares (Anexo Temático 4), cuja evolução de níveis piezométricos é genericamente dada pela evolução de dois deles.



4.3.2 SA de Elvas

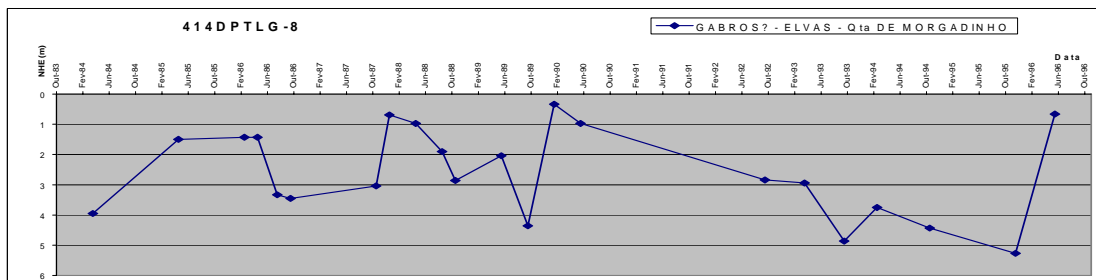
Foram observados 5 pontos de água, com evoluções de níveis claramente distintos, como indicam os gráficos de três deles:





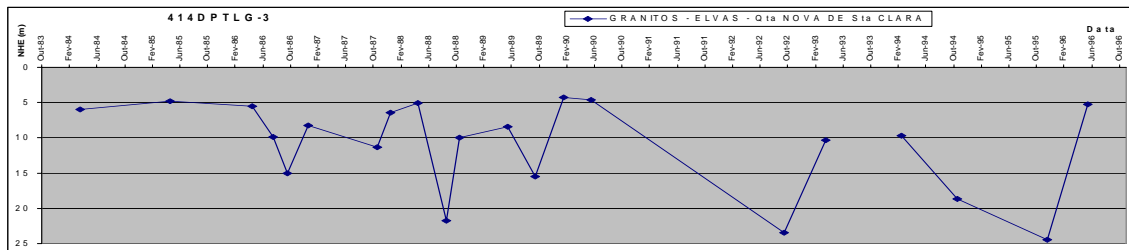
4.3.3 Gabros

Só se dispôs de um ponto de água para observação dos níveis piezométricos:



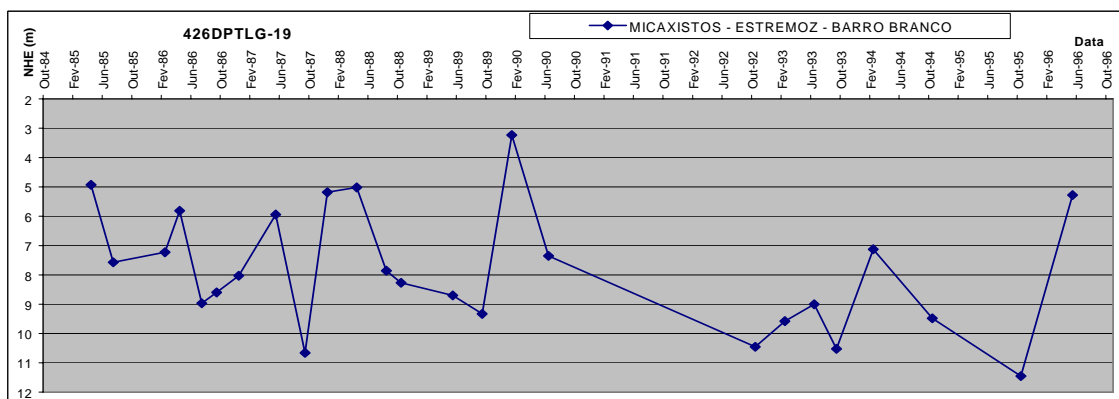
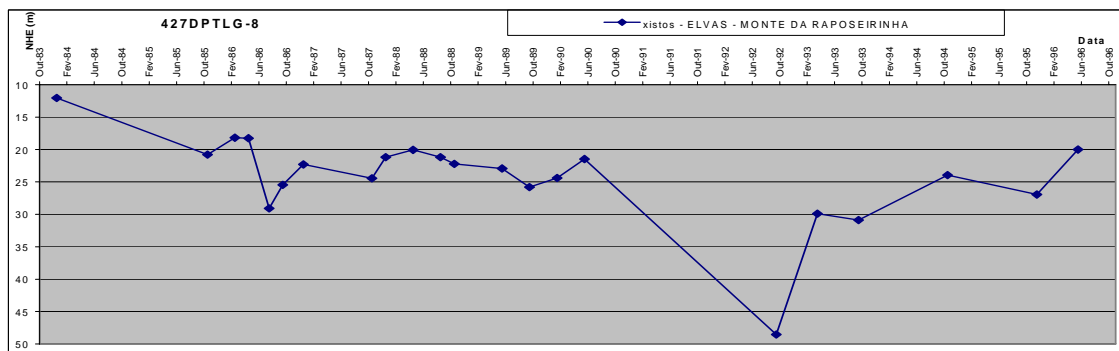
4.3.4 Granitos

Só se dispôs dum ponto de água para observação dos níveis piezométricos:



4.3.5 Xistos

Dispôs-se de 6 pontos de água, com dois tipos de evolução distintos como o demonstram os gráficos seguintes:



4.3.6 Variação sazonal dos níveis hidroestáticos

Variação sazonal dos níveis hidroestáticos

		1985		1986		1987		1988		1989		1990		1993		1994		1995		Mediana
		NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	NHE min	NHE máx.	
SA Estremoz	411DPTLG-5			8,0	12,0	6,5	9,2							14,0	15,0			11,0	15,0	3,6
				4,0		3,2							1,0				4,0			
	411DPTLG-1			5,0	8,0			5,0	8,0	6,0	11,0			11,0	16,5	6,5	9,0			3,0
				3,0				3,0		5,0				5,5		2,5				
426DPTLG-14	2,0	5,0					4,0	7,5											3,3	
	3,0						3,5													
426DPTLG-10	2,0	6,0	3,0	8,0			3,0	7,0							7,0	9,0	1,0	12,0	4,0	
	4,0		5,0				4,0							2,0		11,0				
SA Elvas	413DPTLG-17							9,0	18,0										9,0	
								9,0												
	413DPTLG-12			5,0	8,0			4,0	7,0	6,5	9,0							8,0	11,0	3,0
				3,0				3,0		2,5								3,0		
413DPTLG-13			1,5	3,5			1,0	2,5	2,0	2,8					1,4	2,2			1,2	
			2,0				1,5		0,8					0,8						
413DPTLG-14			1,3	3,5			1,8	2,3					3,0	5,0	2,0	4,0			2,0	
			2,2				0,5						2,0		2,0					
Xistos	427DPTLG-8			18,0	30,0			20,0	22,5	22,5	25,5			30,0	31,0				2,8	
				12,0				2,5		3,0				1,0						
	411DPTLG-2			2,0	4,5			2,0	9,0					7,0	9,0				2,5	
				2,5				7,0						2,0						
	428DPTLG-4			4,0	5,5			3,0	4,5					7,0	10,0	7,5	10,3			2,1
				1,5				1,5						3,0		2,8				
426DPTLG-19			6,0	9,0	6,0	10,8	5,0	8,3			3,0	7,5	9,0	10,5	6,0	9,5			3,4	
			3,0		4,8		3,3				4,5		1,5		3,5					
427DPTLG-10					2,8	2,9	3,5	4,3	2,8	3,0									0,3	
					0,2		0,8		0,3											
427DPTLG-1			2,0	3,0			2,0	2,8	2,3	3,0			2,7	3,5	0,5	2,5			0,8	
			1,0				0,8		0,8				0,8		2,0					

Todos os dados da tabela anterior encontram-se expressos em metros (profundidade) e para cada ano e cada ponto de água são dados o valor de NHE mínimo, o valor de NHE máximo e a diferença entre eles (**negrito**).

**Diferença entre as medianas dos NHE do período pre-seca e pos-seca,
 para cada ponto de água.**

Aquífero	Furo		Diferença pré-seca/pós-seca	
SA Estremoz	411-DPTLG5	Inverno	-5,3	
		Verão		-4,4
	411-DPTLG1	Inverno	-3,8	
		Verão		-4,8
	426-DPTLG14	Inverno		
		Verão		
426-DPTLG10	Inverno	-1,0		
	Verão		-3,5	
SA Elvas	413-DPTLG17	Inverno		
		Verão		
	413-DPTLG12	Inverno	-3,0	
		Verão		-3,0
	413-DPTLG13	Inverno	0,1	
		Verão		0,6
413-DPTLG14	Inverno	-1,0		
	Verão		-1,6	
Xistos	427-DPTLG8	Inverno	-10,0	
		Verão		-5,5
	411-DPTLG2	Inverno	-5,0	
		Verão		-2,3
	428-DPTLG4	Inverno	-3,8	
		Verão		-5,2
	426-DPTLG19	Inverno	-2,0	
		Verão		-1,4
	427-DPTLG10	Inverno		
		Verão		
427-DPTLG1	Inverno	0,4		
	Verão		0,0	

Os valores estão todos expressos em metros e em profundidade.

4.4 Síntese

4.4.1 Identificação de aquíferos sobreexplorados

De acordo com os critérios que foram adoptados na definição de sobreexploração de aquíferos, não se identifica nenhum aquífero que se enquadre dentro desses critérios, pelo que se considera não haver nenhum aquífero sobreexplorado.

4.4.2 Avaliação dos impactes resultantes do abaixamento dos níveis piezométricos

Tal como foi referido acima, não se conhece nenhum caso de tendência permanente para um abaixamento dos níveis. O que se regista são flutuações interanuais, ou flutuações mais prolongadas relacionadas com a alternância de ciclos de seca e ciclos de precipitação mais elevada. Nestas condições, apenas nos aquíferos cársicos poderão ocorrer fenómenos de subsidência causados directa ou indirectamente por aquelas flutuações. No entanto, o carácter aleatório desse tipo de fenómeno, relacionado com formas activas de endocarso, torna muito difícil fazer qualquer previsão da localização ou tempo de ocorrência.

5 Síntese

5.1 Secas

A análise dos dados disponíveis não permite evidenciar qualquer tendência de evolução da precipitação com o tempo, quer ao nível dos valores anuais quer da sua distribuição, quer ainda das características dos episódios individuais de precipitação.

Pode portanto afirmar-se não ser detectável qualquer alteração sensível no regime pluviométrico prevalecente sobre a bacia do Guadiana.

5.2 Cheias

As cheias não assumem uma importância predominante na bacia do Guadiana, quando comparadas com as cheias que ocorrem noutras bacias hidrográficas portuguesas ou com outros eventos socio-hidrometeorológicos que ocorrem na bacia, como são as secas, a erosão e a desertificação.

Esta situação é devido fundamentalmente às características do vale do Guadiana, bastante encaixado e com os aglomerados populacionais localizados fora dos leitos de cheia, denotando genericamente uma ocupação ordenada das zonas adjacentes das linhas de água.

No entanto, como se verificou no ocorrido na cheia de Novembro de 1997, as cheias podem provocar prejuízos elevados, com a inundação e destruição de habitações e infra-estruturas urbanas, rodoviárias e hidráulicas e o arrastamento e perda de parte do solo arável. Para atenuar os seus efeitos, as cheias devem ser caracterizadas, de modo a estabelecer um conjunto de medidas e acções que permitam o seu controle.

Segundo os caudais de cheia registados, as marcas de cheias existentes e as características da génese das cheias históricas, as cheias na bacia do Guadiana podem dividir-se em dois tipos:

- Cheias no rio Guadiana, provocadas por precipitações intensas abrangendo grandes áreas da bacia hidrográfica e afectando em particular o vale do rio Guadiana;
- Cheias nas sub-bacias do Guadiana, cheias pontuais afectando pequenas bacias hidrográficas, que são provocadas por precipitações de grande intensidade e curta duração.

a) Cheias no rio Guadiana

Das cheias registadas no rio Guadiana, a cheia com caudal de ponta mais elevado ocorreu em Março de 1947, com caudal de ponta em Ponte Mourão de 10 290 m³/s e 8130 m³/s em Pulo do Lobo. A cheia de Novembro de 1997 teve caudais máximos em Ponte Mourão e Pulo do Lobo respectivamente de 3500 e 7240 m³/s. Nestes casos podem-se verificar as características bem diferentes das cheias ocorridas, a primeira gerada em Espanha, com um regime de caudais de cheia próximo do regime natural, devido às poucas infra-estruturas de armazenamento construídas a montante, a segunda provocada por precipitação concentrada em território nacional, que provocou graves prejuízos em pequenas bacias hidrográficas do Guadiana e contribuindo para o elevado incremento do caudal entre Ponte Mourão e Pulo do Lobo.

Para além das cheias registadas, a maior cheia histórica de que há notícia, ocorreu em 1876 e é testemunhada por diversas marcas de cheia existentes nas principais vilas ribeirinhas, designadamente em Mértola, Alcoutim e Vila Real de Santo António.

Dos registos de cheias, das notícias da imprensa nacional e regional e das características morfológicas da bacia do Guadiana, identificaram-se diversas localidades que sofreram o efeito das cheias, que genericamente se localizam nas zonas baixas do Guadiana, designadamente em Mértola, Pomarão, Laranjeiros, Guerreiros do Rio e Foz de Odeleite, Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António. A montante de Mértola apenas alguns montes e casas isoladas poderão ser identificadas como áreas de risco. É de referir igualmente os diversos problemas ocorridos no troço navegável do rio, com a perda e destruição de embarcações que estavam ancorados no rio.

Para determinar os caudais de cheia previstos no rio Guadiana, para determinadas probabilidades de ocorrência, foi realizada a análise da distribuição de frequência de caudais instantâneos máximos anuais para as estações localizadas no rio Guadiana. Esta análise permitiu verificar, que face à intensa construção de barragens em Espanha, as séries de caudais se deveriam dividir em duas sub-séries, respectivamente para caudais ocorridos até 1964/65 e a partir de 1965/66.

Neste contexto foram obtidos os caudais máximos anuais para diversos períodos de retorno, para estas situações correspondendo à situação próxima do estado natural e à situação presente e cujos valores se apresentam na tabela seguinte.

Série de registos	Área Bacia (km ²)	Média (m ³ /s)	Previsão de caudais para períodos de retorno				
			10 (m ³ /s)	50 (m ³ /s)	100 (m ³ /s)	500 (m ³ /s)	1000 (m ³ /s)
Guadiana em Ponte Mourão (antes de 1965)	51922	2440	5592	8704	10019	13059	14366
Guadiana em Pulo do Lobo (antes de 1965)	60883	3206	6391	9535	10865	13936	15257
Guadiana em Ponte Mourão (após 1965)	51992	1485	3538	5564	6421	8400	9251
Guadiana em Pulo do Lobo (após 1965)	60883	2249	4905	7527	8636	11197	12298

Os resultados obtidos permitem concluir, que para a situação próxima da natural, teríamos em média, caudais máximos anuais em Ponte Mourão e em Pulo do Lobo, respectivamente de 2440 m³/s e 3200 m³/s e que para o período de retorno de 100 anos, de 10 000 m³/s e 10 800 m³/s respectivamente.

Para a situação presente, as médias dos caudais máximos anuais em Ponte Mourão e em Pulo do Lobo, são respectivamente de 1485 m³/s e 2250 m³/s e para o período de retorno de 100 anos, de 6 400 m³/s e 8 600 m³/s respectivamente.

Após a construção da barragem de Alqueva, os caudais de cheia serão amortecidos, sendo bastante menor a probabilidade de ocorrência de cheias nas zonas marginais do Guadiana.

As principais medidas a propor para maior controle das cheias no rio Guadiana consistem em:

- Montar um Sistema de Avisos de Cheia, em ligação com as autoridades espanholas, que permita em tempo útil avisar as populações ribeirinhas a jusante, em particular as entidades envolvidas na navegabilidade do rio Guadiana;
- Controlar e condicionar o regime de exploração da barragem de Alqueva, tendo em conta as cheias a jusante;
- Definir áreas ribeirinhas sujeitas a inundação, condicionando a sua utilização;
- Estabelecer cartas de risco de inundação para as localidades identificadas como mais sujeitas a cheias frequentes e propor medidas estruturais e não estruturais para controle das cheias.

b) Cheias nas sub-bacias do Guadiana

Tendo em conta as recentes cheias de Dezembro de 1989 e Novembro de 1997, que provocaram a inundação e destruição de habitações e de outras infra-estruturas e o arrastamento e perda de parte do solo arável em diversas sub-bacias do rio Guadiana, foram identificadas as seguintes principais localidades que sofreram efeito das cheias: Odeleite, Beliche e Azinhal no nordeste algarvio e Albernoa, Sobral da Adiça, Quintos, Cabeça Gorda, Baleizão, Pisões no interior do Alentejo.

Para permitir avaliar os caudais de cheias que possam ocorrer com determinadas probabilidades nas sub-bacias do rio Guadiana, foi efectuada a análise da distribuição de frequência de caudais instantâneos máximos anuais, para as estações localizadas nos afluentes do rio Guadiana. Esta análise permitiu verificar que existe uma certa homogeneidade nos caudais obtidos nas diversas estações hidrométricas, face à área de drenagem de cada uma, com excepção da estação de Monte dos Fortes em Odeleite.

Na tabela seguinte apresentam-se as médias das séries de caudais instantâneos máximos anuais e as previsões para diversos períodos de retorno e para cada uma das estações existentes nos afluentes do rio Guadiana.

Série de registos	Área (km ²)	Média (m ³ /s)	Previsão de caudais para os períodos de retorno				
			10 (m ³ /s)	50 (m ³ /s)	100 (m ³ /s)	500 (m ³ /s)	1000 (m ³ /s)
Ribeira de Terges em Entradas	52	30	63	100	117	158	177
Ribeira de Terges em Albernoa	177	74	164	276	330	470	538
Rib. de Cobres em Monte da Ponte 1	707	254	484	711	807	1029	1124
Rio Ardila em Ardila 1	3634	635	1333	2020	2309	2977	3263
Rio Vascão em Vascão 1	428	203	389	537	592	706	749
Rib. Odeleite em Monte dos Fortes	288	236	471	783	937	1358	1570

Para procurar apoiar a compreensão da geração de caudais de cheia nas sub-bacias do Guadiana, relacionou-se as áreas com os caudais de cheia estimados, áreas com caudais específicos por unidade de área. Na Figura IVP3-0.12 apresentam-se graficamente a relação entre áreas de drenagem e os caudais para os períodos de retorno de 10, 100 e 1000 anos e os valores registados nas cheias históricas de Janeiro de 1969 e Dezembro de 1989. No quadro seguinte apresenta-se os caudais específicos por unidade de área, obtidos para as várias estações hidrométricas.

Série de registos	Área (km ²)	Média (m ³ /s.km ²)	Previsão de caudais específicos para os períodos de retorno				
			10 (m ³ /s.km ²)	50 (m ³ /s.km ²)	100 (m ³ /s.km ²)	500 (m ³ /s.km ²)	1000 (m ³ /s.km ²)
Ribeira de Terges em Entradas	52	0.575	1.212	1.923	2.250	3.038	3.404
Ribeira de Terges em Albernoa	177	0.419	0.927	1.559	1.864	2.655	3.040
Rib. Cobres em Monte da Ponte 1	707	0.359	0.685	1.006	1.141	1.455	1.590
Rio Ardila em Ardila 1	3634	0.175	0.367	0.556	0.635	0.819	0.898
Rio Vascão em Vascão 1	428	0.475	0.909	1.255	1.383	1.650	1.750
Rib. Odeleite em Monte dos Fortes	288	0.820	1.635	2.719	3.253	4.715	5.451

Como se pode observar os caudais específicos variam inversamente com a área, com excepção dos caudais estimados para a ribeira de Odeleite em Monte dos Fortes, que apresenta valores de caudal específico claramente destacados em relação à dimensão da sua área, permitindo concluir, em conjugação com o já detectado na distribuição das precipitações máximas, que a região da serra algarvio, possui características hidrológicas distintas do resto da bacia do Guadiana. O rio Ardila destaca-se igualmente por possuir uma área de bacia muito superior às restantes e por se localizar maioritariamente em território espanhol, neste sentido,

decidiu-se não considerar estas duas estações na análise para a definição de uma expressão para os cálculos dos caudais de cheia.

A relação entre as previsões estatísticas dos caudais nas restantes estações para vários períodos de retorno (ribeira de Terres em Entradas e Albernoa, Rio Vascão em Vascão e rio Cobres em Monte da Ponte) e as áreas das bacias é apresentada na Figura IV.P3-02.12, conjuntamente com os valores registados nas cheias históricas de Janeiro de 1969 e Dezembro de 1989.

Para estabelecer um procedimento de cálculo dos caudais de cheia em secções estratégicas, foi definida uma relação do tipo: $Q_t = a \text{ Área}^b$, onde Q_t é o caudal estimado para o período de retorno T , numa bacia de área A .

No quadro seguinte apresentam-se os parâmetros a e b para os períodos de retorno de 10, 50, 100, 500 e 1000 anos.

Designação do parâmetro	Valores dos parâmetros para os períodos de retorno				
	10	50	100	500	1000
-a-	2.582	5.125	6.557	10.639	12.904
-b-	0.8088	0.7606	0.7411	0.7014	0.6841

A expressão apresentada, especificada pelos parâmetros a e b , apresentados neste quadro, permite a determinação dos caudais de cheia na bacia portuguesa do rio Guadiana, para sub-bacias com áreas compreendidas entre 50 e 1000 km². Retira-se da aplicação desta expressão, a região da serra algarvia (a sul da bacia do rio Vascão) que apresentam caudais específicos muito superiores ao da restante parte da bacia do Guadiana, devido às características hidrológicas particulares da serra algarvia.

É de referir no entanto, a pouca representatividade espacial das estações hidrométricas utilizadas no cálculo, pois todas as estações se localizam na zona C, ou seja no troço da bacia do Guadiana entre as bacias do rio Degebe e Ardila e a ribeira de Odeleite e Foupana. Podendo-se concluir que cerca de metade da bacia do Guadiana não possui registos hidrométricos nas sub-bacias.

c) Locais em risco de inundação

Os locais em risco de inundação que se localizam na Figura IV.P3-02.13, foram identificados, com base nos registos históricos dos locais afectados por cheias e inundações. Entre estes locais,

são de referir as áreas de inundação no vale do Guadiana, a jusante de Mértola, designadamente em Mértola, Pomarão, Laranjeiros, Guerreiros do Rio e Foz de Odeleite. Existem igualmente algumas pequenas áreas edificadas em Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António. A montante de Mértola apenas alguns montes e casas isoladas poderão ser identificadas como áreas de risco. É de referir que após a construção da barragem de Alqueva, o vale do rio Guadiana deverá ser ainda menos afectado por inundações.

Nas sub-bacias hidrográficas do Guadiana inventariaram-se diversas áreas urbanas como áreas de risco de inundação por cheias, tendo em conta, o ocorrido nas recentes cheias de Novembro de 1997. Muitas destas inundações foram provocadas pela realização de obras de canalização das ribeiras inadequadas ao regime torrencial dessas linhas de água, entre as quais se destacam Odeleite, Beliche e Azinhal no nordeste algarvio e Albernoa, Sobral da Adiça, Quintos, Cabeça Gorda, Baleizão, Pisões no interior do Alentejo.

5.3 Poluição Acidental

Tendo em conta a ocupação da bacia, os maiores riscos de acidente que possam afectar a rede hidrográfica estão associadas a:

- Tráfego de camiões transportando substâncias perigosas, com eventualidade de maior incidência na IP7, que atravessa a bacia na zona de Borba e Badajoz;
- Rotura de zonas de depósito de rejeitados e dos estéreis das minas, em exploração ou abandonadas, situação a ter em conta na barragem de Cerro do Lobo, da mina da SOMINCOR, nas barragens das minas de São Domingos e no armazenamento de produtos e nas lagoas de tratamento de esgotos da PORTUCEL, em Mourão.

As empresas industriais tratando substâncias perigosas podem ser um risco importante nas de âmbito meramente local, dada a sua reduzida dimensão fabril específica, na área geográfica da bacia; das 7 dezenas de indústrias referenciadas, a quase totalidade distribui-se regularmente desde Portalegre a Beja e Serpa.

Também as próprias descargas de águas residuais urbanas ou industriais são um factor de risco face à possibilidade de ocorrência de acidentes nos sistemas de tratamento por avaria no processo ou por falha na alimentação de energia; neste âmbito, assumem particular relevância a

fábrica da PORTUCEL, em Mourão, e os lagares de azeite (especialmente os de Cabeceira do Caia) e as suiniculturas (especialmente as do Lucefecit e de Odearça).

5.4 Sobre-exploração de aquíferos

a) Identificação de aquíferos sobreexplorados

De acordo com os critérios que foram adoptados na definição de sobreexploração de aquíferos, não se identifica nenhum aquífero que se enquadre dentro desses critérios, pelo que se considera não haver nenhum aquífero sobreexplorado.

b) Avaliação dos impactes resultantes do abaixamento dos níveis piezométricos

Tal como foi referido acima, não se conhece nenhum caso de tendência permanente para um abaixamento dos níveis. O que se regista são flutuações interanuais, ou flutuações mais prolongadas relacionadas com a alternância de ciclos de seca e ciclos de precipitação mais elevada. Nestas condições, apenas nos aquíferos cársicos poderão ocorrer fenómenos de subsidência causados directa ou indirectamente por aquelas flutuações. No entanto, o carácter aleatório desse tipo de fenómeno, relacionado com formas activas de endocarso, torna muito difícil fazer qualquer previsão da localização ou tempo de ocorrência

Índice do Documento

1 Secas.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Seca Agrícola (Sequeiro).....	2
1.2.1 Análise dos Resultados.....	5
1.3 Seca Agrícola (Regadio).....	7
1.4 Risco de Seca.....	8
1.4.1 Análise dos resultados.....	8
1.5 Avaliação da tendência climática da bacia.....	9
1.5.1 Precipitações anuais ponderadas na bacia.....	11
1.5.2 Precipitações intensas.....	12
1.5.3 Conclusões.....	13
2 Cheias.....	13
2.1 Introdução.....	13
2.2 Caracterização das cheias históricas identificadas.....	14
2.2.1 Caracterização genérica.....	14
2.2.2 Precipitações máximas.....	15
2.2.3 Caudais de ponta.....	16
2.2.4 Caracterização meteorológica.....	16
2.2.5 Principais locais afectados por inundações.....	17
2.3 Caracterização das precipitações extremas na bacia.....	18
2.3.1 Introdução.....	18
2.3.2 Curvas IDFs.....	18
2.3.3 Distribuição da precipitação diária máxima anual.....	19
2.4 Caracterização dos caudais de cheia.....	19
2.4.1 Introdução.....	19
2.4.2 Qualidade dos dados de base.....	20
2.4.3 Caudais de cheia no rio Guadiana.....	21
2.4.4 Caudais de cheia nas sub-bacias do Guadiana.....	23

2.5 Áreas e locais sujeitos a inundações.....	25
2.5.1 Introdução.....	25
2.5.2 Principais áreas de risco	26
2.6 Síntese.....	26
2.6.1 Introdução.....	26
2.6.2 Cheias no rio Guadiana	27
2.6.3 Cheias nas sub-bacias do Guadiana.....	29
2.6.4 Locais em risco de inundação.....	31
3 Poluição accidental	32
3.1 Introdução.....	32
3.2 Acidentes no Transporte Rodoviário.....	32
3.3 Riscos Associados a Descargas Localizadas	33
3.3.1 Riscos de Âmbito Local	33
3.3.2 Riscos de Âmbito Regional	34
3.4 Síntese.....	35
4 Sobreexploração de aquíferos	36
4.1 Considerações gerais	36
4.2 Análise de indicadores de sobre-exploração	38
4.3 Evolução dos níveis piezométricos	39
4.3.1 SA de Estremoz	39
4.3.2 SA de Elvas	40
4.3.3 Gabros.....	41
4.3.4 Granitos	41
4.3.5 Xistos.....	42
4.3.6 Variação sazonal dos níveis hidroestáticos	43
4.4 Síntese.....	45
4.4.1 Identificação de aquíferos sobrexplorados	45
4.4.2 Avaliação dos impactes resultantes do abaixamento dos níveis piezométricos	45
5 Síntese	45
5.1 Secas	45
5.2 Cheias	46
5.3 Poluição Accidental.....	51

5.4 Sobre-exploração de aquíferos52

Índice de Tabelas

- IV.P3-02.01 - As cinco maiores cheias históricas registadas na bacia do rio Guadiana em cada estação hidrométrica
- IV.P3-02.02 - Valores máximos da precipitação diária para as cheias seleccionadas (observação às 9 horas)
- IV.P3-02.03 - Alturas hidrométricas e caudais máximos registados nas cheias seleccionadas
- IV.P3-02.04 - Principais localidades atingidas pelas cheias históricas
- IV.P3-02.05 - Principais barragens existentes na bacia do Guadiana

Índice de Figuras

- IV.P3-01.01 – Riscos de Seca (Sequeiro)
- IV.P3-01.02 – Riscos de Seca (Escoamento)
- IV.P3-02.01 - Distribuição espacial da precipitação na Cheia 1 (Mar. 47)
- IV.P3-02.02 - Distribuição espacial da precipitação na Cheia 5 (Nov. 97)
- IV.P3-02.03 - Distribuição espacial dos hidrogramas de caudais da Cheia 1 (Mar. 47)
- IV.P3-02.04 - Distribuição espacial dos hidrogramas de caudais da Cheia 5 (Nov. 97)
- IV.P3-02.05 - Principais localidades afectadas pelas cheias históricas
- IV.P3-02.06 - Distribuição da Precipitação pontual diária máxima anual média
- IV.P3-02.07 - Distribuição da Precipitação pontual diária máxima anual com período de retorno de 100 anos
- IV.P3-02.08 - Localização das principais barragens existentes na bacia do Guadiana
- IV.P3-02.09 - Evolução da capacidade de armazenamento na bacia do Guadiana
- IV.P3-02.10 - Caudais de cheia no rio Guadiana. Situação antes de 1965
- IV.P3-02.11 - Caudais de cheia no rio Guadiana. Situação após 1965
- IV.P3-02.12 - Caudais de cheia nas sub-bacias do rio Guadiana
- IV.P3-02.13 - Locais com potencial risco de inundação
- IV.P3-02.14 - Áreas em risco de inundação por rotura da barragem de Alqueva
- IV.P3-03.01 - Rede Viária. Troços com mais risco de derrame de substâncias perigosas
- IV.P3-03.02 - Localização das fontes poluidoras com carga biológica e de nutrientes
- IV.P3-03.03 - Localização das zonas de extracção de mineral
- IV.P3-03.04 - Principais fontes de poluição ambiental de âmbito regional