

# ÁGUA EM PORTUGAL



**INSTITUTO  
DA ÁGUA**



# PRECIPITAÇÃO

A quantidade de precipitação que ocorre num determinado período (o dia, nos postos da rede nacional) é medida em recipientes designados por udómetros. Estes recipientes, quando equipados com dispositivos que permitam o registo contínuo da água acumulada, denominam-se *udógrafos* - Fig. 2.

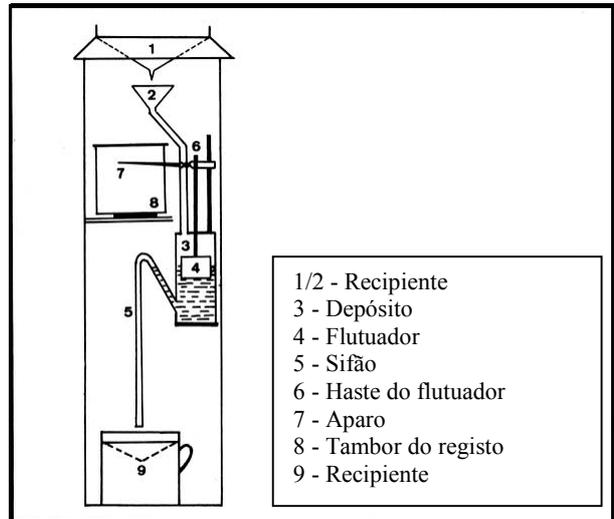


Fig. 2. Udógrafo

A precipitação num dado intervalo de tempo (hora, dia, mês, ano) é habitualmente expressa em milímetros de altura de água (líquida). Como o volume de água correspondente a 1 mm de altura na área de 1 m<sup>2</sup> é de um litro, a unidade litro por metro quadrado (l/m<sup>2</sup>) substitui, por vezes, o milímetro (mm).

A precipitação anual num local ou numa zona varia acentuadamente de ano para ano. No entanto, o respectivo valor médio num período superior a cerca de 30 anos é quase constante, independentemente da localização no tempo do período considerado.

A partir do conhecimento da precipitação anual média nos pontos em que se encontram instalados udómetros ou udógrafos, é possível traçar linhas ao longo das quais aquela grandeza toma valores constantes. Essas linhas designam-se por



Udógrafo - Esquema.

*isolinhas da precipitação anual média*, ou mais simplesmente, por *isoietas em ano médio*. Na Fig. 3 apresentam-se as isoietas em ano médio para o território português.

O volume anual médio da precipitação sobre o território continental é de cerca de  $89\,000 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (89 milhares de milhões de metros cúbicos). Atendendo a que o volume de  $893 \times 10^6$  m<sup>3</sup> equivale a 1 mm de altura uniforme de água sobre aquele território, a precipitação anual média expressa em altura de água é de cerca de 1000 mm.

Da análise das Fig. 1 e 3 pode apreciar-se a influência que o relevo exerce na distribuição espacial da precipitação sobre o território. A subida das massas de ar húmido provenientes do mar, provocada pelo relevo, origina, em regra, precipitação nas zonas elevadas. A humidade do ar é assim diminuída, pelo que zonas posteriormente atingidas pelas massas de ar recebem menor precipitação.

Do exame da carta de isoietas em ano médio incluída no *Atlas do Ambiente* e reproduzida com menos pormenor na Fig. 3 conclui-se que a região onde mais chove em Portugal Continental é a do Alto Minho, com valores da precipitação anual média superiores a 2800 mm. A zona do Marão-Alvão regista valores em ano médio superiores a 1600 mm e condiciona a precipitação a

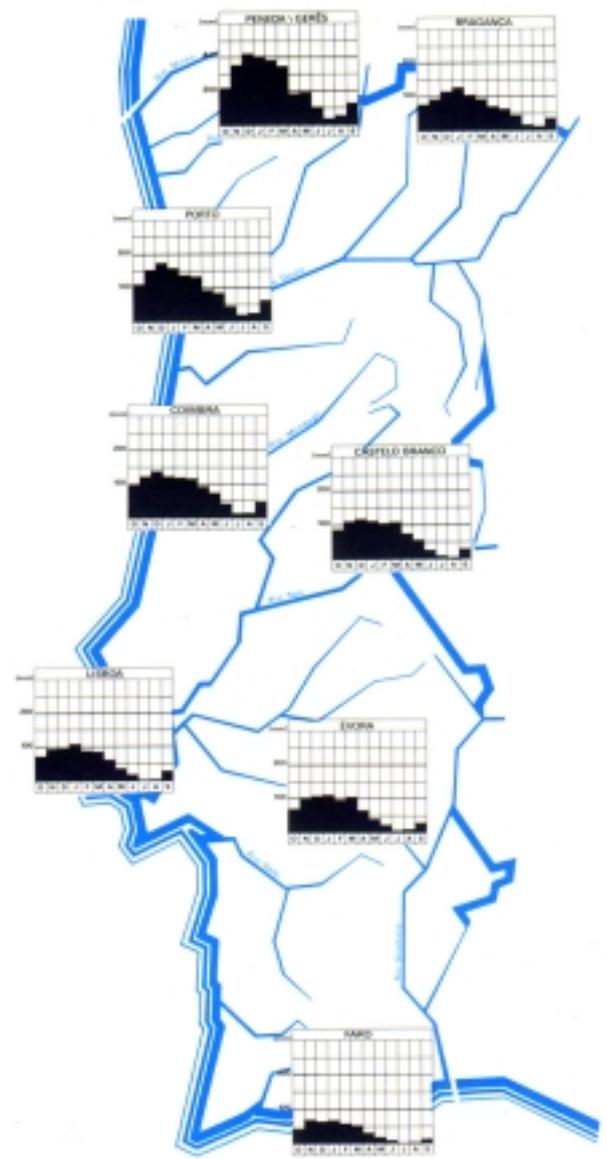
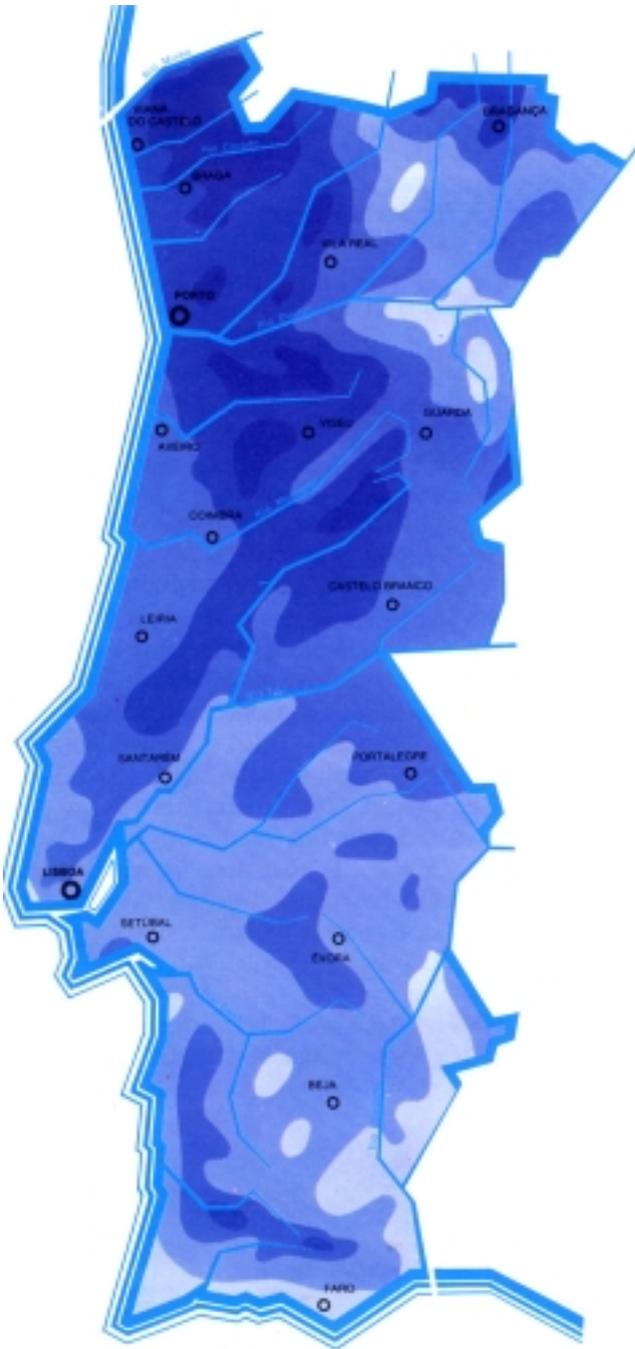
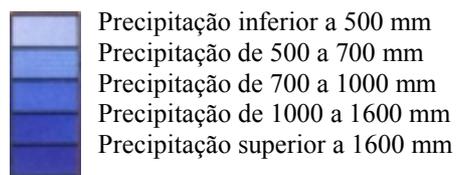


Fig. 4. Distribuição da precipitação mensal em ano médio.

Fig. 3. Carta de isoietas em ano médio.





leste, onde se verificam valores entre 1200 e 1400 mm nas terras altas e inferiores a 500 mm nas terras baixas.

Entre os rios Domo e Tejo situam-se duas zonas de relevo acentuado a que correspondem núcleos de precipitação elevada: Montemuro-Gralheira-Caramulo e Sintra-Montejunto-Candeeiros-Aire-Lousã-Estrela. Na serra da Estrela localiza-se um máximo de precipitação superior a 2400 mm em ano médio. Os mínimos de precipitação do vale do Douro, para leste da Régua e da região de Pinhel, são devidos à diminuição de humidade das massas de ar resultante dos efeitos orográficos anteriormente referidos.

A sul do Tejo, a precipitação em ano médio varia entre 800 e 1200 mm nas zonas montanhosas e entre 500 e 800 mm na península alentejana, descendo a 400 mm no litoral algarvio.

A precipitação num dado local varia de forma acentuada ao longo do ano, concentrando-se no semestre de Outubro a Março. Os maiores valores da precipitação correspondem, de modo geral, aos meses de Dezembro e Janeiro e os menores aos de Julho e Agosto - Fig. 4.

A distribuição da precipitação ao longo do ano pode ser caracterizada, entre outros elementos, pela frequência com que num determinado local ocorrem precipitações diárias superiores a um dado valor. Na Fig. 5 apresenta-se a carta de isolinhas do número médio de dias por ano com precipitação igual ou superior a 1 mm.

A precipitação em Portugal, além de se distribuir irregularmente no território, apresenta também grande variabilidade ao longo do ano e de ano para ano.

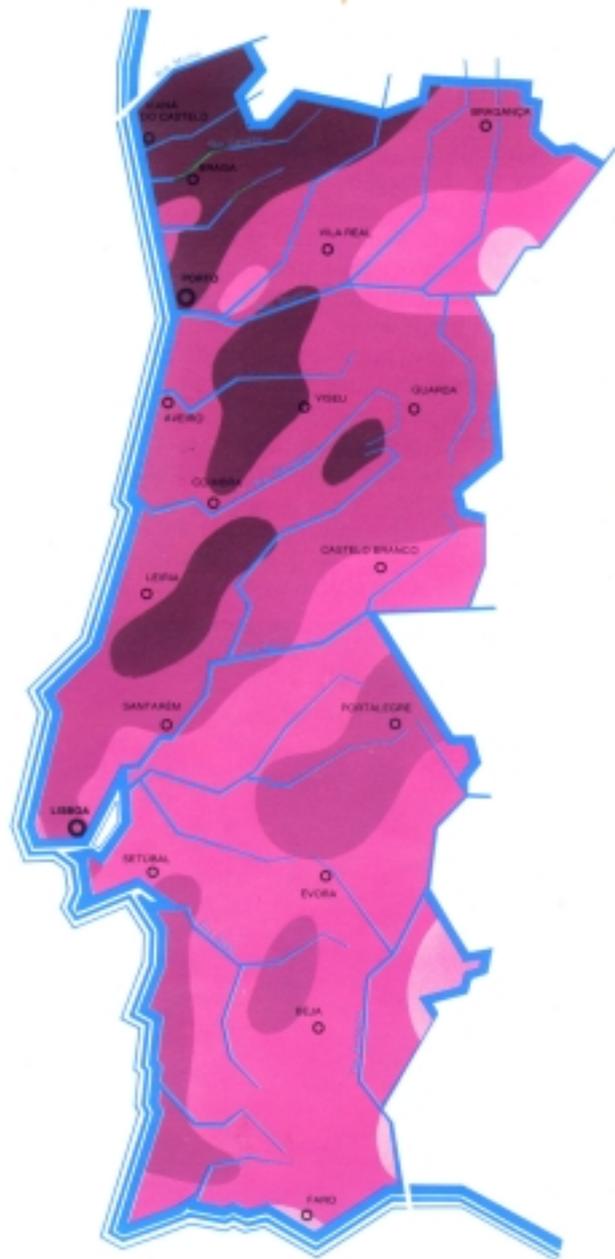
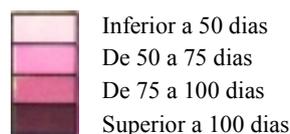


Fig. 5. Carta de isolinhas do número de dias anual médio com precipitação igual ou superior a 1 mm.



## ESCOAMENTO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO

Uma parte da água precipitada é devolvida para a atmosfera pelo processo da evapotranspiração e a restante ou dá lugar a escoamento superficial, que atinge directamente os cursos de água, ou vai alimentar os lençóis de água subterrâneos, originando o escoamento subterrâneo. Os lençóis de água subterrânea constituem-se no seio de formações geológicas permeáveis e designam-se por *aquíferos*. Estes ou cedem água aos cursos de água, à qual se junta, portanto, a parcela correspondente ao escoamento superficial, ou escoam directamente para o mar.

Sendo a precipitação expressa em milímetros de altura ou litros por metro quadrado e constituindo o escoamento uma parcela da precipitação, é habitual utilizar as mesmas unidades para o escoamento produzido pela precipitação incidente numa dada área, durante um determinado intervalo de tempo.

O volume de água que, num dado instante, atravessa uma dada secção de um curso de água, na unidade de tempo, designa-se por *caudal*.

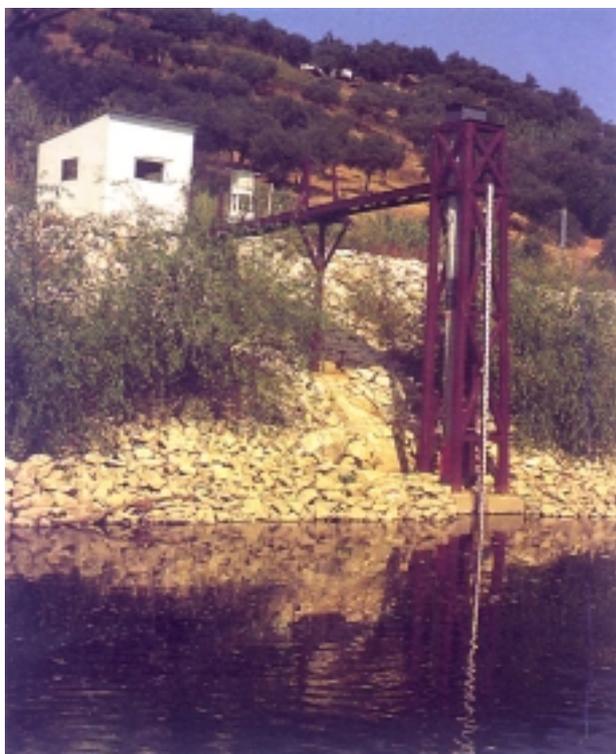
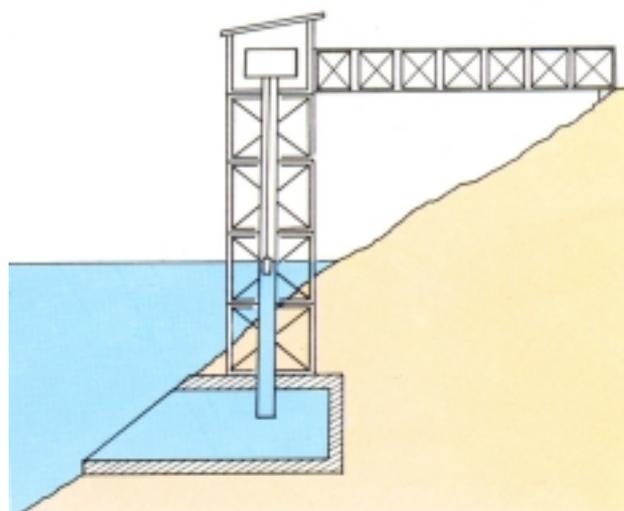


Fig. 6. Estação hidrométrica.

A medição directa do caudal em cursos de água é uma operação complexa, pelo que a sua avaliação contínua é realizada indirectamente por medição da cota da superfície da água. Esta cota é transformada em caudal por recurso a uma curva de vazão, que se estabelece a partir da medição directa de valores simultâneos do caudal e da cota da superfície livre da água. A medição desta última é realizada em estações hidrométricas - Fig. 6 - onde estão instalados aparelhos que registam o valor da cota da superfície livre ao longo do tempo - *limnígrafos*. Com base nesses registos e na curva de vazão, é possível calcular o caudal ao longo do tempo e obter valores do escoamento (volume escoado) num dado intervalo de tempo (dia, mês ou ano) e do correspondente caudal médio.

A avaliação do escoamento num curso de água que não disponha de estações hidrométricas pode ser realizada a partir da precipitação na respectiva bacia hidrográfica e de relações entre os escoamentos medidos em outros cursos de água e as precipitações que lhes deram origem, deduzidas com base em estudos hidrológicos.

É assim possível traçar, para todo o território, linhas que unem os pontos de igual valor do escoamento produzido por unidade de área (escoamento expresso em altura de água) duran-



Estação hidrométrica - Esquema.



te um determinado intervalo de tempo. Na Fig. 7 apresenta-se a carta de isolinhas do escoamento anual médio em Portugal.

O nosso País não pode ser considerado desfavorecido em recursos hídricos, como resulta da comparação dos valores anuais médios do escoamento em Portugal Continental, Espanha, Europa e América do Norte, como mostra o Quadro 1.

QUADRO 1

ESCOAMENTO ANUAL MÉDIO		
Território	Volume (milhões de m <sup>3</sup> )	Altura (mm)
Portugal Continental	33 000 (i)	370
	64 000 (ii)	—
Espanha	106 000	210
Europa	3 100 000	319
América do Norte	6 000 000	287

- (i) Compreende o escoamento respeitante à precipitação ocorrida em Portugal (exclui o escoamento proveniente de Espanha) e corresponde a um caudal contínuo de 1000 m<sup>3</sup>/s.
- (ii) Inclui o escoamento proveniente de Espanha.

Em consequência da variabilidade da precipitação ao longo do ano, os cursos de água portugueses apresentam um regime de escoamento de carácter torrencial, isto é, com caudais muito baixos ou nulos durante a estiagem e elevados nas épocas de maior precipitação. Os cursos de água portugueses situados em regiões de precipitação anual média inferior a 700 mm e não alimentados por aquíferos com alguma importância têm caudal nulo cerca de 120 dias por ano, em média.

A variabilidade do escoamento nos rios portugueses de ano para ano é também muito acentuada.

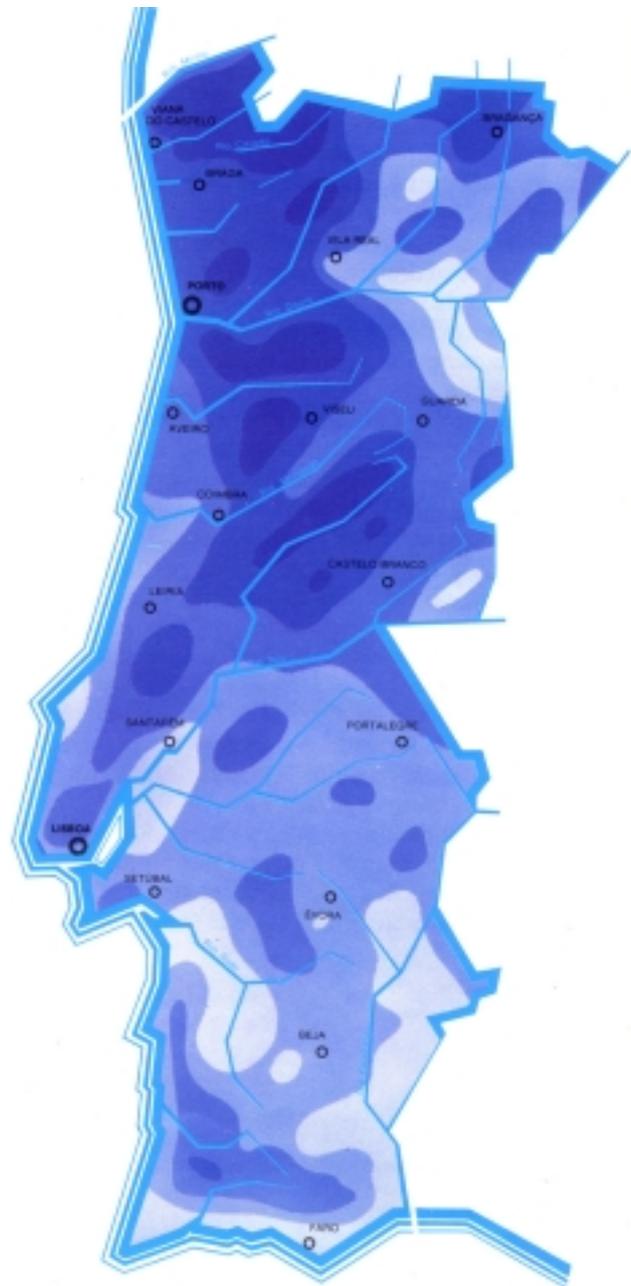
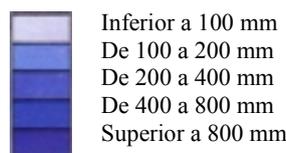


Fig. 7. Carta de isolinhas do escoamento anual médio.





## BACIAS HIDROGRÁFICAS

Designa-se por bacia hidrográfica de um curso de água numa dada secção a zona que contribui para o escoamento na secção considerada.

Quando se menciona a bacia hidrográfica de um curso de água sem se precisar a secção, subentende-se que se trata da bacia hidrográfica referente à secção terminal ou foz.

Os rios mais importantes que correm em Portugal - Minho, Douro, Tejo e Guadiana - têm bacias hidrográficas que se situam parcialmente em território espanhol. As bacias hidrográficas destes rios encontram-se representadas na Fig. 9, com indicação das áreas respectivas.

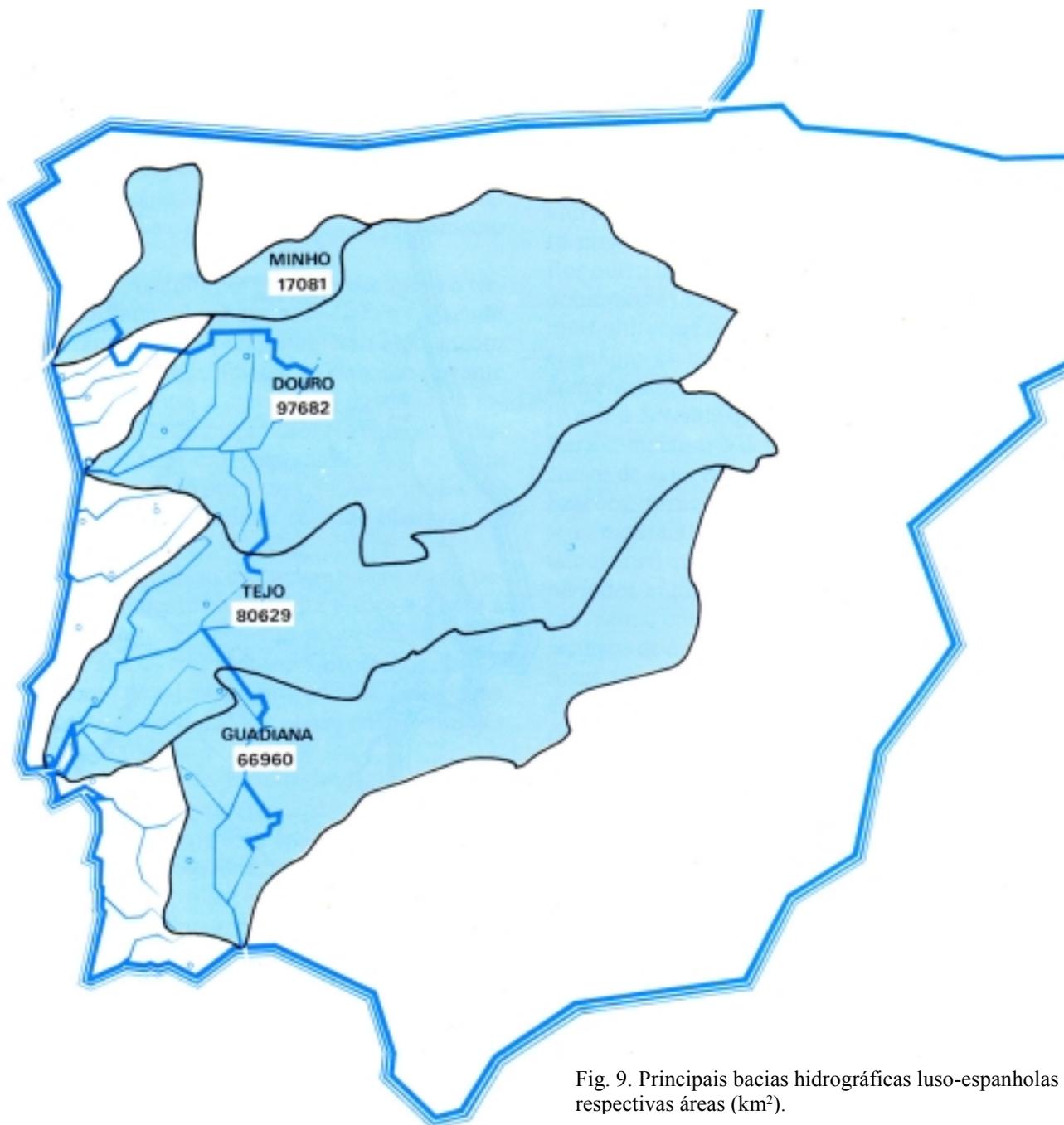


Fig. 9. Principais bacias hidrográficas luso-espanholas e respectivas áreas (km<sup>2</sup>).



As maiores bacias hidrográficas totalmente situadas em território português são as dos rios Sado (7696 km<sup>2</sup>), Mondego (6645 km<sup>2</sup>) e Vouga (2653 km<sup>2</sup>). Destes, o rio mais longo é o Mondego com cerca de 240 km de desenvolvimento.

Na Fig. 10 apresentam-se as principais bacias hidrográficas do território continental e as áreas respectivas.

Pode verificar-se que a área da parte portuguesa das bacias hidrográficas luso-espanholas (57 293 km<sup>2</sup>) representa cerca de 62% da área total do território continental português (89 300 km<sup>2</sup>) e que a área das três maiores bacias totalmente portuguesas representa cerca de 19% deste território.



Fig. 10. Principais bacias hidrográficas portuguesas e respectivas áreas (km<sup>2</sup>).

A água pode ser captada no ciclo hidrológico e, portanto, constitui um *recurso natural renovável*, susceptível de ser posto à disposição do Homem. Os *recursos hídricos potenciais* correspondem à quantidade máxima de água que é possível captar no ciclo hidrológico. Tais recursos, numa dada bacia hidrográfica de que não haja saída de água por via subterrânea, são traduzidos pelo escoamento anual médio na respectiva secção terminal.

Nas bacias hidrográficas de Portugal que não dispõem de estações hidrométricas, o escoamento anual médio (superficial e subterrâneo) produzido pela precipitação nelas incidente pode ser avaliado a partir da carta de isolinhas do escoamento anual médio.

Estima-se a precipitação anual média sobre o território continental em cerca de 1000 mm, sendo de 370 mm a parcela respeitante ao escoamento superficial e subterrâneo. A parcela restante (630 mm) constitui a água que é devolvida à atmosfera por evapotranspiração. No entanto, a distribuição espacial das disponibilidades de água varia significativamente em relação à média sobre o território, conforme se pode observar na Fig. 7.

Deve notar-se que ao escoamento produzido pela precipitação em Portugal há a somar ainda a contribuição do escoamento proveniente de Espanha. Para os rios Douro, Tejo e Guadiana o escoamento anual médio proveniente de Espanha é, respectivamente, 15 900, 10 250 e 5 050 milhões de metros cúbicos.

Os recursos hídricos tornam-se *disponíveis* por meio de obras que permitem adaptar as condições naturais de ocorrência da água em regime natural às exigências das utilizações. Esta adaptação respeita quer à distribuição da quantidade da água no espaço e no tempo quer à qualidade que apresenta.

Entre tais obras salientam-se:

- as captações, para extrair a água a ser utilizada;
- os reservatórios, para permitir o desfazamento no tempo entre a ocorrência e o fornecimento da água;

- as albufeiras, que são reservatórios criados nos rios, para transferir água das épocas húmidas para as épocas secas;
- os canais, condutas e estações de bombagem para transferir água de um local para outro;
- as estações de tratamento para melhorar a qualidade da água, a ser utilizada ou a ser restituída aos meios naturais após utilização.

Em Portugal, a precipitação concentra-se no semestre de Outubro a Março e varia muito significativamente de ano para ano. A variabilidade do escoamento tanto ao longo do ano como de ano para ano, excede a da precipitação, sendo tanto maior quanto mais seca for a região.

Por outro lado, as necessidades de água para uso doméstico e industrial tem uma distribuição muito mais uniforme do que o escoamento superficial, enquanto as necessidades de água para rega se concentram, de modo geral, no semestre seco do ano (Abril a Setembro).

Para compensar a deficiência do escoamento nos cursos de água em relação às necessidades das utilizações, torna-se indispensável dispor de reservas naturais (lagos e lagoas) ou artificiais (albufeiras) que armazenem a água em excesso nos períodos húmidos e a forneçam nos períodos secos. Sem o efeito regularizador das albufeiras, os recursos de águas superficiais disponíveis em Portugal seriam diminutos.

Em virtude de o escoamento anual ser uma grandeza de carácter aleatório, um pré-determinado volume de água a fornecer por uma albufeira, não pode ser assegurado com garantia absoluta. Com efeito, se a capacidade da albufeira tivesse sido fixada para assegurar plenamente o fornecimento desse volume de água, tendo em conta a ocorrência de um ano seco ou de um conjunto de anos secos, seria sempre possível admitir um ano mais seco ou um conjunto de anos mais desfavoráveis em que consequentemente se verificaria insuficiência de água.

Assim, o volume de água anual que uma determinada albufeira pode fornecer está associado ao *nível de garantia* do fornecimento, que se define



como a percentagem de anos em que tal volume pode ser posto por completo à disposição das utilizações.

Os níveis de garantia apresentam habitualmente valores compreendidos entre 80 e 99%.

Quanto mais elevados forem os níveis de garantia do fornecimento, maiores serão os volumes de armazenamento de água requeridos para as albufeiras, o que implica obras mais dispendiosas.

As principais barragens portuguesas constam do Quadro 2, conjuntamente com algumas das suas características e estão localizadas na Fig. 11. Os volumes das albufeiras destinados à regularização



Fig. 11. Localização das principais barragens portuguesas.

QUADRO 2

PRINCIPAIS BARRAGENS PORTUGUESAS E CARACTERÍSTICAS

BARRAGEM	Rio ou ribeira	Altura acima da fundação (m)	Finalidade	Volume útil da albufeira (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
AGUIEIRA	32 Mondego	89	H;R	304
ALFÂNDEGA DA FÉ	14 Alambiques	25	R;A	1,6
ALTO CÁVADO	4 Cávado	29	H	2,0
ALTO CEIRA	43 Ceira	36	H	0,4
ALTO LINDOSO	1 Lima	110	H	348
ALTO RABAGÃO	8 Rabagão	94	H	550
ALVITO	73 Odivelas	48,5	R	130
APARTADURA	59 Reveladas	46,5	R;A	7,0
ARADE	83 Arade	46	H;R	27
AZIBO	11 Azibo	56	R;A	47
BÉLICHE	84 Bêliche	54	R;A	44
BELVER	56 Tejo	21	H	—
BEMPOSTA	18 Douro	87	H	20
BOUÇÁ	50 Zêzere	65	H	49
BRAVURA	81 Odeleire	41	H;R	32
BURGA	13 Burga	28	R;A	1,1
BURGÃES	29 Caíma	30	R	0,3
CABRIL	49 Zêzere	136	H	600
CAIA	65 Caia	52	R;A	192
CAMPILHAS	77 Campilhas	36	R	27
CANIÇADA	5 Caniçada	76	H	144
CAPINHA	41 Poldras	18	A	0,3
CARRAPATELO	21 Douro	57	H	16
CASTELO DO BODE	53 Zêzere	115	H;A	900
COIMBRA, Açude de	35 Mondego	40	R	—
CORGAS	51 Isna	25	A	0,5
COVA DO VIRIATO	40 Cortes	25	H	—
COVÃO DE FERRO	39 Alfôrja	35	H	0,7
COVÃO DO MEIO	38 Nave	25	H	1,6
CRESTUMA-LEVER	19 Douro	60	H	22
DIVOR	67 Divor	21	R;A	12
ERMAL	10 Ave	49	H	21
FAGILDE	31 Dão	27	A	2,8
FONTE SERNE	76 Vale Diogo	17,5	R	3,6
FRATEL	55 Tejo	30	H	20
FREIGIL	22 Cabrum	17	H	0,1
FRONHAS	34 Alva	62	H;R	89
FUNCHO	82 Arade	49	R;A	43
FURADOURO, Açude do	63 Raia	17	R	0,3
GAMEIRO, Açude do	64 Raia	20	H;R	0,9
IDANHA	48 Ponsul	54	H;R	77
LAGOA COMPRIDA	37 Caniça	30	H	14
LUCIFECIT	68 Lucifecit	23	R	10
MARANHÃO	62 Seta	55	H;R	181
MARATECA	46 Ocreza	24	R;A	36
MEIMOA	42 Meimoa	56	R;A	29
MIRANDA	12 Douro	80	H	6,4
MONTARGIL	60 Sôr	48	H;R	143
MONTE NOVO	70 Degebe	30	R;A	9,8
MONTE DA ROCHA	78 Sado	55	R;A	100
ODIVELAS	74 Odivelas	55	R	70
PARADELA	3 Cávado	110	H	159
PAUL DE MAGOS	61 Magos	17	R	2,8
PEGO DO ALTAR	71 Sl.ª Catarina	63	H;R	94
PENHA GARCIA	47 Ponsul	21,5	R;A	1,0
PENIDE	9 Cávado	15	H	—
PICOTE	15 Douro	100	H	13
PISCO	45 São Vicente	23	R	1,3
POCINHO	26 Douro	49	H	11,5
POJO, Açude do	57 Nisa	18	H	4,6
PÓVOA	58 Nisa	28,5	H	22
PRACANA	54 Ocreza	65	H	102
RAIVA, Açude da	33 Mondego	34	H	13
RANHADOS	28 Torto	41	A	1,9
RÉGUA	24 Douro	42	H	13
RIO DA MULA	66 Mula	17	A	—
ROXO	75 Roxo	49	R	90
SALAMONDE	6 Cávado	75	H	57
SALGUEIRO	17 Salgueiro	25	R	1,7
SANTA CLARA	80 Mira	86	H;R	240
SANTA LUZIA	44 Unhais	76	H	50
SANTA MARIA DE AGUIAR	30 Seco	25	R;A	5,1
TAPADA GRANDE	79 Geraldo	18	R	—
TERRAGIDO	16 Corgo	15	H	—
TORRÃO	20 Tâmega	70	H	77
TOULICA	52 Toulica	14,5	R;A	1,6
VALE DO GAIO	72 Xarrama	51	H;R	63
VALE DE ROSSIM	36 Fervença	27	H	3,4
VALEIRA	25 Douro	48	H	12
VAROSA	23 Varosa	76	H	13
VENDA NOVA	7 Rabagão	97	H	95
VIGIA	69 Vale do Vasco	30	R;A	16
VILAR	27 Távora	58	H	98
VILARINHO DAS FURNAS	2 Homem	97	H	116



do caudal (volumes úteis) totalizam aproximadamente  $5\,000 \times 10^6 \text{ m}^3$ , correspondendo cerca de 70% desse valor à região a norte do rio Tejo.

A disponibilidade hídrica anual, com nível de garantia de 80%, excluindo o escoamento proveniente de Espanha, pode aproximadamente estimar-se, contando com a regularização promovida pelas actuais albufeiras, em 50% do escoamento anual médio.

A disponibilidade de água para as utilizações pode ser limitada pela sua qualidade. Como tal, prevê-se que os aspectos relacionados com a qualidade da água em Portugal sejam tratados noutra publicação desta série.

## Captação

A captação da água superficial está muito facilitada quando existem albufeiras. As obras de captação estão neste caso frequentemente incorporadas na barragem, podendo, porém, ser independentes desta - Fig. 12.

Para captar água num troço de um rio não abrangido por uma albufeira, é, por vezes, necessário construir obras de retenção de pequena altura, como os açudes, que criem condições para a captação, já que as alturas de escoamento no curso de água em condições naturais não são normalmente suficientes para assegurar.

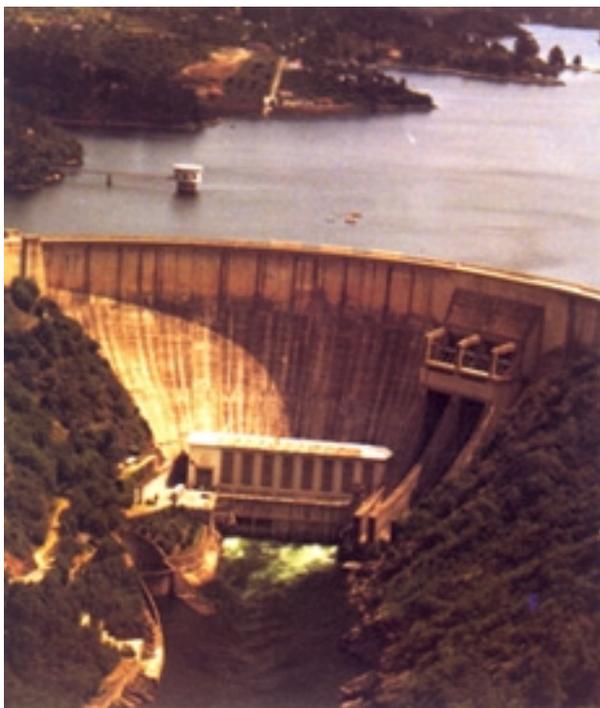


Fig. 12. Tomada de água na albufeira de Castelo de Bode para abastecimento de água a Lisboa

No caso da produção de energia hidroeléctrica, o caudal captado na albufeira é turbinado na central hidroeléctrica e, em seguida, restituído ao curso de água praticamente sem alteração da quantidade e da qualidade.

A captação de água subterrânea exige obras distintas das anteriormente referidas. É necessário atingir os aquíferos, mais frequentemente através

de poços e de furos, e proceder à elevação da água que a eles afluí, por meio de bombas. No caso de furos profundos, instala-se uma bomba hidráulica, acoplada a um motor eléctrico, no interior do furo - Fig. 13.

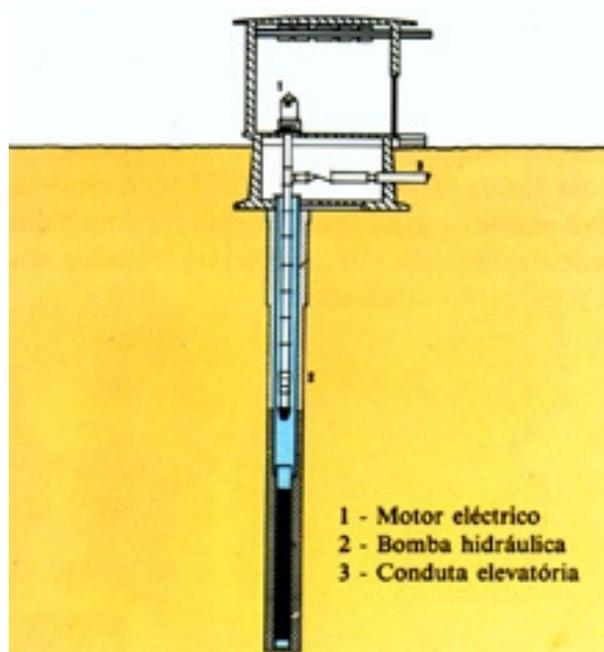


Fig. 13. Captação de água subterrânea

A captação por meio de poços com elevação da água por força humana ou tracção animal é um método de exploração de aquíferos ainda bastante disseminado no caso de extracção de pequenos volumes de água - Fig. 14.



Fig. 14. Nora do Algarve



## Transporte e armazenamento

Após ser captada, a água pode ser transportada para os locais onde é utilizada. A água captada em albufeiras é frequentemente utilizada para produzir energia eléctrica, podendo os caudais captados atingir valores da ordem de centenas de metros cúbicos por segundo.

Os sistemas de transporte de água poderão funcionar em pressão, circulando a água no interior de condutas com a secção totalmente preenchida, ou em superfície livre, quando o transporte é feito em condutas só parcialmente cheias ou em canais a céu aberto - Fig.15.



Fig. 15. Canal de rega do Baixo Mondego.

Os caudais captados para o abastecimento urbano ou para rega são habitualmente constantes durante o período de funcionamento da captação, enquanto as necessidades hídricas são variáveis ao longo do tempo. Há, pois, que proceder ao armazenamento do volume de água em excesso num determinado período, para o distribuir posteriormente, quando o caudal a utilizar exceder o caudal proveniente da captação.

Tal armazenamento é realizado em reservatórios, enterrados, ao nível do terreno ou elevados, localizados entre a captação e as utilizações.

A pressão da água na rede de distribuição é obtida por meio de reservatórios situados em locais a cotas suficientemente altas em relação à rede ou, se tal não for possível, por meio de reservatórios elevados acima do terreno.

## Tratamento e distribuição

A água utilizada deve obedecer a determinados padrões de qualidade, variáveis consoante a utilização, de modo a não pôr em causa a saúde pública ou a cumprir a função que lhe está destinada.

Se, à partida, a qualidade da água não satisfizer tais requisitos, há que prever sistemas de tratamento da água, de modo a melhorar as suas características - Fig. 16 . É normal que a água captada para utilização pública seja tratada, pelo menos de modo a assegurar a eliminação de microorganismos nocivos à saúde do Homem, o que frequentemente é obtido pela adição de cloro.

Tratamentos com outros objectivos poderão ser necessários, devendo ser definidos para cada caso.

A água subterrânea apresenta, em geral, melhor qualidade do que a água superficial.

Finalmente, existem os sistemas de distribuição que transportam a água aos locais de uso, que, no caso do abastecimento urbano, são edifícios, fábricas, jardins, bocas de incêndio e fontanários, entre outros.

Quando as utilizações prejudiquem a qualidade da água, pode ser necessário promover o seu tratamento antes de a restituir aos meios receptores.

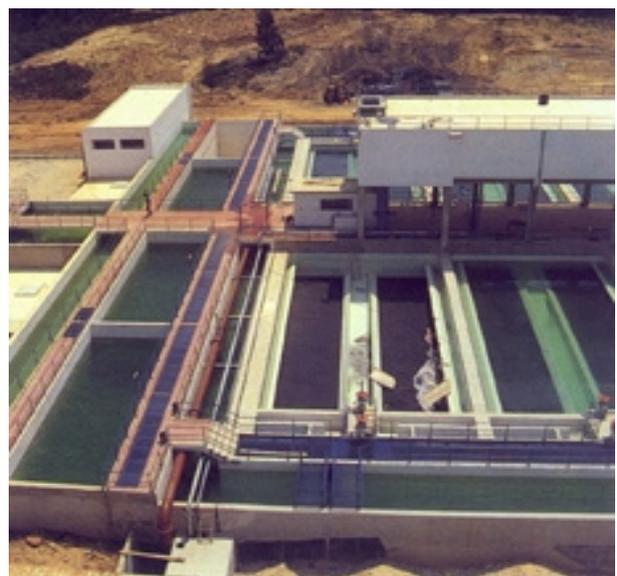


Fig. 16. Instalação de filtração da estação de tratamento de água de Asseiceira.

Precipitações muito intensas podem originar fortes escoamentos superficiais que, ao convergirem num determinado curso de água, ocasionam caudais elevados. A noção de cheia de um curso de água está associada a ocorrência de níveis de água e de caudais anormalmente altos.

As cheias provocam prejuízos cuja importância depende não só dos caudais, mas também do tipo de leito e da ocupação e utilização dos terrenos marginais.

Podem considerar-se duas situações distintas: a das planícies frequentemente inundáveis dos grandes e médios rios, ocupadas essencialmente por terrenos agrícolas, mas podendo incluir povoações, e a dos leitos de cheia de pequenos cursos de água, onde nalguns casos se tem indevidamente desenvolvido densa ocupação urbana e industrial, como nas áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto. Tais situa-



Fig. 17. Cheia de 1979 do rio Tejo na zona de Vila Franca de Xira.



Fig. 18. Cheia de 1979 do rio Tejo na zona de Vila Franca de Xira.

ções estão ilustradas nas Fig. 17 e 18 e referem-se, respectivamente, à inundaçãõ provocada pelo Tejo, na zona de Vila Franca de Xira, em 1979, e aos efeitos da cheia de 1983 da ribeira de Odivelas (Loures). Em ambas as situações os prejuízos causados pelas cheias podem ser substancialmente reduzidos, mediante a adopção de medidas adequadas.

No primeiro caso haveria que implementar medidas estruturais, entre as quais se incluem, por exemplo, a construção de albufeiras para reduzir os caudais de cheia a jusante e a construção de diques marginais de protecção.

Estão na primeira situação os campos marginais do Médio e do Baixo Tejo e dos seus afluentes e os do Baixo Mondego, onde se situam vastas áreas de solos agrícolas de muito boa qualidade.

Assim, desde há séculos, ali se têm realizado obras de defesa contra as inundações: protecção de margens, diques longitudinais para contenção dos caudais de cheias, diques transversais para orientação da corrente e abertura de novos leitos.

O leito do Baixo Mondego foi recentemente regularizado a jusante de Coimbra - Fig. 19 - e dispõe de diques longitudinais de protecção. A



Fig. 19. Leito regularizado do Baixo Mondego.



albufeira criada pela barragem da Agueira, a montante de Coimbra, amortecendo as cheias, permitiu diminuir o caudal de dimensionamento do leito regularizado. Além disso, retendo os sedimentos transportados pelo Mondego, possibilita que os sedimentos afluentes a jusante já sejam transportáveis pelo rio e se não depositem; evita-se, assim, a subida progressiva do leito do rio e dos próprios campos marginais, o que desde há séculos se vinha a verificar.

Para os casos dos leitos de cheia dos pequenos cursos de água, as medidas a tomar são essencialmente não estruturais e podem incluir o zonamento de áreas inundáveis onde a construção de edifícios e outras obras é proibida ou condicionada. Deve notar-se que a ocupação dos leitos de cheia dos pequenos cursos de água por construções é inconveniente não só pelos prejuízos por aquelas sofridos em caso de cheia, mas também porque a obstrução de parte da secção disponível para passagem dos caudais de cheia implica a subida do nível de água em relação às condições naturais, agravando os prejuízos resultantes.

A legislação portuguesa prevê a delimitação, caso a caso, das áreas inundáveis, que designa por *zonas adjacentes*, subdivididas em áreas de ocupação edificada proibida e áreas de ocupação edificada condicionada.

O caudal de dimensionamento das obras de protecção contra cheias ou de estruturas hidráulicas para evacuação das mesmas ou ainda para a delimitação de zonas inundáveis é definido, em geral, em termos de probabilidade.

O período de retorno a adoptar para o caudal de dimensionamento de uma determinada obra (número de anos que separa, em média, a ocorrência de caudais iguais ou superiores ao de dimensionamento) depende das características da mesma obra e da importância dos prejuízos que ocorrem em consequência de esse caudal ser excedido.

Assim, em geral, as estruturas de evacuação de cheias de grandes barragens são dimensionadas para caudais com períodos de retorno de 1000 anos ou maiores. Obras de protecção contra

cheias, por meio de diques longitudinais, são dimensionadas para caudais com períodos de retorno entre 20 e 100 anos, adoptando-se, em geral, este último valor para a delimitação das zonas marginais de construção condicionada.

Drenagem é a remoção de água, superficial ou subterrânea, para evitar que solos e bens sejam inundados ou que o nível freático atinja cotas prejudiciais às culturas.

Os sistemas de drenagem de águas superficiais das zonas urbanas baseiam-se predominantemente em condutas enterradas, que recebem a água de sarjetas e sumidouros, em geral, intercalados em valetas, e, assim não levantam condicionamentos à circulação. Nos terrenos agrícolas é mais frequente o uso de valas - Fig. 20.

Em zonas protegidas contra cheias por meio de diques longitudinais, o nível da água entre diques pode situar-se, durante as cheias, acima da superfície dos terrenos defendidos. Nestas situações, a remoção da água precipitada sobre aqueles terrenos implica o recurso à bombagem. O limite superior da zona saturada de água num solo agrícola não deve situar-se demasiado próximo da superfície. O teor de humidade na zona radicular deve ser tal que o solo possa conter o ar indispensável à respiração das raízes das plantas, à mineralização dos elementos nutrientes e à vida microbiana no solo. A drenagem, além de conseguir aquele objectivo, contribui ainda para o controlo da salinização ou da alcalinização dos

solos agrícolas, particularmente dos que estão sujeitos a rega, e facilita a execução dos trabalhos de campo e a movimentação da maquinaria agrícola.

A drenagem pode ser realizada mediante a abertura de valas, a colocação de drenos ou a construção de poços de onde se extrai a água afluyente.

Consegue-se, assim, baixar o nível de água nos aquíferos e criar condições adequadas ao desenvolvimento das culturas.

Os solos com problemas de drenagem perfazem cerca de 9% do território continental. No entanto, se for considerada em relação à área total de solo agrícola, a percentagem eleva-se para 19%.

Salienta-se que os solos com problemas de drenagem representam grande parte dos terrenos com maior aptidão agrícola.



Fig. 20. Vala de drenagem à esquerda da ribeira de Magos.

A erosão hídrica dos solos consiste no destacamento e posterior transporte de partículas do solo como resultado do impacto das gotas de chuva e do arrastamento promovido pelo escoamento superficial.

A quantidade de solo erodido numa dada área por efeito de uma chuvada depende do poder erosivo desta (resultante da sua intensidade e duração e das dimensões das gotas de chuva) e da erodibilidade do solo, influenciada pela textura, estrutura e permeabilidade do solo, declive e comprimento das encostas, uso do solo e protecção conferida pelo coberto vegetal.

Parte do solo erodido virá a depositar-se no terreno, em zonas de menor energia do escoamento, que correspondem geralmente a menores declives, pelo que só uma parcela do material erodido vai atingir os cursos de água. A esta parcela junta-se o material sólido resultante da erosão dos próprios leitos dos cursos de água, totalizando, assim, o caudal sólido por eles transportado.

Nos troços de menor declive dos cursos de água, que normalmente se desenvolvem em vales aluvionares, o escoamento pode sofrer diminuição da sua capacidade de transporte, dando lugar a que sedimente parte do material sólido proveniente de montante.

A sedimentação provoca normalmente perturbações na rede hidrográfica, traduzidas nomeadamente pela subida e alargamento dos leitos e por outras modificações da sua geometria, o que agrava as condições de passagem de cheias e de drenagem dos terrenos marginais.

A sedimentação nas albufeiras pode em alguns casos conduzir praticamente à retenção de todo o material sólido afluente. A acumulação progressiva de sedimentos ao longo da vida de uma albufeira diminui a capacidade disponível para a regularização e tem que ser tomada em conta no dimensionamento do volume da albufeira.

A redução da erosão hídrica para evitar os seus efeitos nefastos (perda de solos e assoreamento da rede hidrográfica, incluindo albufeiras e estuários) pode conseguir-se mediante adequada ocupação do solo e adopção de práticas agrícolas e silvícolas convenientes.

Estas medidas, para além de promoverem a conservação do solo, contribuem para a retenção e a infiltração da água e para atenuação das cheias.

O controlo do material sólido que atinge o curso de água e que nele é transportado também poderá ser efectuado por obras e medidas de correcção torrencial e por albufeiras.

Deve notar-se que os sedimentos que atingem o mar contribuem para a alimentação de areia que irá beneficiar a estabilidade das praias quando esta é posta em causa por transporte litoral predominante num sentido (norte-sul ao longo da costa ocidental portuguesa). Assim, a redução de sedimentos que os rios transportam



Fig. 21. Obras de protecção do litoral de Espinho.

para o mar, originada pela retenção em albufeiras ou pela extracção de areias, pode provocar a diminuição ou o desaparecimento de praias - Fig. 21.

São escassos os dados de observação da erosão hídrica e do transporte sólido nos rios portugueses, sendo a rede de estações de medição destes elementos de funcionamento relativamente recente.

Dispõe-se de valores do assoreamento anual médio medidos em algumas albufeiras, podendo admitir-se que o valor médio para Portugal é da ordem de  $300 \text{ m}^3$  por quilómetro quadrado de bacia hidrográfica e por ano.