

MARIA JOÃO FEIO
VERÓNICA FERREIRA
(EDS.)

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

RIOS DE PORTUGAL

COMUNIDADES,
PROCESSOS E ALTERAÇÕES

CAPÍTULO 2

HIDROLOGIA

João L.M.P. de Lima¹, M. Isabel P. de Lima² & Rui Rodrigues³

¹MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal, plima@dec.uc.pt

²MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal, iplima@uc.pt

³LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, rjrodrigues@lnec.pt

Resumo: Os rios são cursos de água doce que se desenvolvem à superfície da Terra, entre a sua nascente e a foz, onde desaguam, que pode ser o mar, outro rio ou até um lago. Há muitas décadas que os rios são estudados de forma sistemática, tentando compreender como interatuam com o clima, a litologia e a tectónica, qual o seu regime hidrológico, a sua variabilidade interanual e intra-anual. Os rios de Portugal não são exceção devido à sua importância geoestratégica, influenciando muito a atividade económica e social, e sendo um elemento essencial à sustentabilidade de ecossistemas e desenvolvimento da população. Neste capítulo são identificados de forma sumária os principais rios e bacias hidrográficas de Portugal, a sua importância e enquadramento, a influência do clima e antrópica, e a investigação sobre estes temas. Referem-se também aspetos como a monitorização fluvial,

a modelação de sistemas, as obras hidráulicas e as cheias fluviais e urbanas.

Palavras-chave: cheias, hidrologia de superfície, linhas de água, recursos hídricos, rede fluvial

1. Rios e ciclo da água

A Hidrologia, enquanto ciência da Terra que estuda a ocorrência, a distribuição, o movimento e as propriedades da água na atmosfera, na superfície e no subsolo¹⁻³, cruza-se com outras áreas do saber. Como resultado tem-se a expansão do conhecimento existente das diversas fases do ciclo da água, o que conduz à melhor percepção do que são os rios: locais onde se verifica a presença da água sob a forma de escoamento superficial, condicionado por diferentes fatores e elementos⁴.

A modelação do relevo é feita em grande medida pelos rios que transportam água, sedimentos e materiais dissolvidos das terras altas para as planícies, estuários e oceano Atlântico, como é o caso de Portugal. Por um lado, na génese dos escoamentos de superfície está o regime pluviométrico e climático local/regional e a contribuição das águas subterrâneas. Por outro, os vales criados pelos rios influenciam o clima, acolhem ecossistemas, propiciam condições de acessibilidade a águas superficiais e ao seu armazenamento, ao mesmo tempo que constituem um veículo e canais de transporte para o Homem e para animais, facilitando a sua mobilidade. Não se pode esquecer que, num dado instante, os rios resultam da integração de componentes físicas, químicas e biológicas através de várias escalas temporais e espaciais.

A unidade geomorfológica criada pelos cursos de água (naturais e artificiais) que se interligam entre si e que convergem e

desaguam num mesmo rio, contribuindo com as suas escorrências para o volume de água total na foz, é chamada bacia hidrográfica (Figura 2.1). Esse sistema de linhas de água forma uma rede de drenagem mais ou menos hierarquizada, constituída pelo curso de água principal e seus afluentes e subafluentes naturais (rede fluvial) e artificiais (p.ex., valetas, canais, coletores). Assim, uma bacia define-se para uma dada secção de uma linha de água ou de um canal e corresponde à área geográfica que capta a água da precipitação que escoo pela superfície do solo e atinge essa secção considerada. As características fisiográficas das bacias (p.ex., geometria, sistema de drenagem, relevo, geologia e solos, vegetação) determinam o seu comportamento hidrológico. Por exemplo, a disposição em planta dos cursos de água é uma característica importante que influencia a eficiência da drenagem – quanto mais eficiente for a drenagem, mais rapidamente se formará uma cheia na bacia e maior será a sua magnitude.

Um rio principal apresenta afluentes de diferentes ordens, condicionados pelas correspondentes sub-bacias. As linhas de água de cabeceira (baixa ordem) constituem a mais extensa interface, à superfície da Terra, entre o solo e a água, acolhendo a maioria dos habitats fluviais, a nível global. Assim, o conhecimento da hidrologia e ecologia das pequenas linhas de água é importante para a proteção dos ecossistemas aquáticos e acautelamento da segurança da água para o Homem.

2. Principais rios e bacias hidrográficas

Os principais rios e respetivas bacias hidrográficas de Portugal continental são, mais a norte, o Douro e o Mondego, o Tejo ao centro, e o Sado e o Guadiana, a sul (Figura 2.1a, 2.1b). Estes podem ser considerados os cinco rios mais importantes de Portugal, por terem maiores caudais; alguns dados sobre estes rios são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1.
Dados básicos sobre os cinco principais rios de Portugal continental.

Rio	Nascente	Foz	Comprimento	Principais afluentes da margem direita	Principais afluentes da margem esquerda
Douro	Espanha, Serra de Urbion, a 2000 m de altitude	Porto	970 km	Sabor, Tua, Corgo, Tâmega e Sousa	Côa, Távora, Varosa, Paiva e Arda
Mondego	Portugal, Serra da Estrela, a 1425 m de altitude	Figueira da Foz	229 km	Dão	Alva, Ceira e Arunca
Tejo	Espanha, Serra de Albarracim, a 1593 m de altitude	Lisboa	1100 km (maior rio da Península Ibérica)	Erges, Ponsul, Ocrea, Zêzere, Almonda e Alviela	Sever, Nisa, Sorraia e Almansor
Sado	Portugal, Serra da Vigia, a 230 m de altitude	Setúbal	175 km	Roxo, Figueira, Odivelas, Alcáçovas, São Martinho, Marateca e Xarrana	Campilhas
Guadiana	Espanha, Ciudad Real, nas Lagoas de Ruidera, a 1700 m de altitude	Vila Real de Santo António	829 km	Caia, Degebe, Cobres e Vascão	Ardila e Xança

Em Portugal, os grandes rios internacionais são o Tejo, o Douro e o Guadiana, que detêm, por ordem decrescente, as três maiores bacias hidrográficas em Portugal. A orientação predomi-

nante dos rios internacionais é de este para oeste (Figura 2.1a), nascendo todos em Espanha e desaguando no oceano Atlântico. O rio Tejo é o mais extenso da Península Ibérica, com 1100 km de comprimento.

Relativamente a rios totalmente desenvolvidos em território nacional, o Mondego é o mais longo e o Sado é o que apresenta maior bacia hidrográfica (7692 km²). Ao contrário da grande maioria dos rios portugueses, o rio Sado escoa no sentido sudoeste-noroeste.

As fronteiras interpostas nos rios – por exemplo transformando troços de linhas de água em fronteiras ou remetendo o posicionamento de jusante de um rio em transfronteiriço – apesar de artificiais, correspondem a efetivas formas de planeamento e gestão distintas, pelo que há que negociar a sua compatibilização em tratados internacionais. Entre Portugal e Espanha foram estabelecidos vários convénios ao longo do século XX que culminaram no estabelecimento de uma “Convenção sobre Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-espanholas”.

3. Clima e regime dos rios

Os regimes fluviais/hidrológicos dos rios portugueses exibem uma grande variabilidade, claramente visível ao longo das estações do ano (p.ex., caudal). Essa variabilidade é crescente de norte para sul, sendo influenciada pelas fortes assimetrias que se verificam no nosso país em termos climáticos, nomeadamente ao nível da distribuição temporal e espacial da precipitação. O clima de Portugal continental é do tipo C-Temperado (classificação de Köppen), caracterizado por um verão quente e seco, e uma época pluviosa de cerca de seis meses, em que se concentra cerca de 75% da pluviosidade anual, em

média. Os valores médios da pluviosidade anual e do escoamento superficial são 920 e 610 mm, respetivamente (Figura 2.1c).

Os principais rios em Portugal são perenes nos seus troços finais; contudo, uma percentagem significativa da rede de drenagem são linhas de água efémeras ou intermitentes que durante um período do ano e/ou nalgum troço estão secas. De acordo com Datry et al.⁵, no nosso planeta este tipo de linhas constitui aproximadamente 50% das redes hidrográficas. Alterações do ciclo da água em consequência das esperadas alterações climáticas, gestão de albufeiras, alterações do uso do solo (p.ex., fogos florestais em Portugal) e aumento da extração de água para uso humano (p.ex., rega) podem fazer aumentar a percentagem de linhas de água efémeras e intermitentes em Portugal. Urge estudar esta tendência porque as alterações das condições de escoamento dos rios, total ou parcialmente, têm potencial para afetar as condições bio-geo-químicas e a biodiversidade dos rios, com consequências ecológicas, económicas e sociais.

O caudal dos rios aumenta em várias ordens de grandeza do verão, em que os rios são alimentados principalmente pelos aquíferos, ao inverno, em que predomina o escoamento superficial e a resposta rápida das bacias aos eventos pluviosos. De novembro a abril, o período com maior pluviosidade, as condições antecedentes de humidade (elevada) do solo, muitas vezes de saturação, favorecem a ocorrência de cheias significativas. Essa sazonalidade é alterada por diversos usos, sendo o aproveitamento dos caudais e desníveis dos rios para gerar energia elétrica aquele menos consumptivo. Ao armazenar água a montante de barragens, no semestre húmido (diminuindo a magnitude média das cheias), e devolvê-la ao rio, no semestre seco (contribuindo para maiores caudais de estio) promove-se uma modificação do regime fluvial natural que não é afetado significativamente em termos de magnitude média do caudal médio anual, mas que apresenta menor sazonalidade.

4. Observar, caracterizar e modelar os rios

4.1. Monitorização da rede fluvial

Medir é o primeiro passo rumo ao conhecimento. A monitorização em linhas de água é feita com equipamento que permite efetuar, entre outros, o registo contínuo de níveis de água, velocidades de escoamento e caudais nos cursos de água. Neste domínio da instrumentação, testemunhou-se durante os últimos anos uma disseminação de soluções tecnológicas inovadoras, que têm permitido alternativas à medição hidrométrica convencional, com vantagens ao nível do ganho na resolução das observações, sua recolha automática, e transmissão a tempo real. No entanto, alguns procedimentos têm de ser mantidos, que passam por aspetos mais técnicos de confirmação da validade das condições de operação dos equipamentos e pela manutenção dos mesmos. A manutenção e operação da rede hidrométrica nacional está a cargo da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que é também a entidade que, a nível nacional, tem responsabilidade na conservação da rede fluvial e na gestão dos recursos hídricos.

4.2. Investigação hidrológica

Quando a UNESCO lançou, pela primeira vez, o programa *International Hydrological Decade* (1965–1974) incentivou fortemente a investigação dos processos hidrológicos à escala da bacia hidrográfica, a nível mundial. Foram instaladas em vários continentes pequenas bacias experimentais, bem instrumentalizadas, que possibilitaram a investigação de processos físicos, químicos e biológicos relevantes, que interagem de forma complexa. Isso traduziu-se, nas décadas subseqüentes, numa melhoria na modelação hidrológica.

Nas últimas décadas tem vindo a aumentar a investigação relacionada com aspetos de qualidade ecológica dos rios e de estudo dos escoamentos. Esta preocupação, nomeadamente a qualidade ecológica, foi em grande parte estimulada pelas diretivas da comunidade europeia. Hoje em dia, a investigação é alimentada pelas universidades e centros de investigação, laboratórios e organismos de estado, que têm mostrado uma dinâmica muito maior no estudo de aspetos relacionados com a qualidade das massas de água do que há umas décadas atrás.

Grande parte da investigação em hidráulica fluvial feita no passado tinha a ver com o estudo de soluções de funcionamento de obras hidráulicas previstas e dos seus impactos, maioritariamente a nível da retenção de sedimentos e alteração do transporte sólido. Nesse domínio o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) tornou-se uma referência a nível do estudo em modelos físicos reduzidos e, posteriormente, na sua conjugação com modelos matemáticos de descrição dos processos físicos envolvidos.

Presentemente, a abordagem holística introduzida pela Diretiva Quadro da Água (DQA)⁶, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água, faz uma leitura transversal e integradora dos diferentes estados e potenciais ecológicos das linhas de água (morfológico, físico-químico, biológico e quantitativo). Estados ecológicos são objetivos de qualidade prístinos recuperáveis em massas de água não modificadas ou com baixo índice de modificação antrópica. Potenciais ecológicos são objetivos de qualidade possíveis de recuperar quando, pelo grau de modificação antrópica efetuado sobre as massas de água, já não é possível recuperar o estado prístino. Esta diretiva impulsionou o cruzamento de várias equipas e domínios de especialização em diferentes centros de investigação e universidades para a diversificação do tipo e aprofundamento das análises possíveis de realizar na gestão e planeamento do uso da água.

4.3. Modelação hidrológica e hidráulica

A modelação hidrológica da ocorrência e distribuição da água (superficial e subterrânea) nas bacias hidrográficas, acoplada à modelação hidráulica dos escoamentos nos rios e aquíferos, constitui uma ferramenta importante para o estudo do comportamento da rede fluvial onde a monitorização desempenha um papel importante na formulação e validação de hipóteses. Destaca-se a contribuição dada pela modelação para a gestão da água e dos sistemas hídricos em situações relacionadas com eventos extremos, como as cheias e as secas, que, por terem recorrências pouco frequentes, obrigam a operações de simulação de vários cenários alternativos testados para um extenso período futuro (p.ex., décadas) com a manipulação de inúmeros dados ^{7,8}. Mas as aplicações são numerosas, por exemplo (i) o apoio no desenho e estabelecimento de sistemas de alerta inerentes à proteção dos meios hídricos e da saúde das populações, (ii) o dimensionamento de obras hidráulicas e a otimização dos sistemas de abastecimento de água para consumo humano, industrial ou agrícola, (iii) a conservação para outros fins como recreativos e de navegação e (iv) a verificação da suficiência e segurança das opções atuais de gestão da água face à evolução expectável das disponibilidades hídricas induzida pelas alterações climáticas.

É inegável que houve um avanço significativo dos modelos matemáticos, hidráulicos e hidrológicos que descrevem os processos nas bacias hidrográficas e os escoamentos e transportes associados nos rios (p.ex., poluentes, sedimentos). Contudo, para continuar a melhorar esses modelos há um consenso generalizado de que são necessários dados fiáveis, obtidos através de monitorização dos sistemas (p.ex., bacias hidrográficas), incluindo as suas redes hidrográficas, de modo a conseguir acompanhar as modificações nas respostas hidrológicas indu-

zidas por alterações do uso do solo, variabilidade climática e alterações climáticas.

4.4. Novas tecnologias

Hoje em dia é impensável estudar os rios sem ferramentas informáticas, sensores, bases de dados, etc. Mais, só com ciência e tecnologia é que se antevê uma gestão moderna dos recursos hídricos, a par do aumento da consciência social da importância da água pela população em geral. Na generalidade, tem havido progressos enormes, por exemplo, nos sistemas de gestão e processamento de dados, transmissão de informação, qualidade de sensores e automação. Há que referir ainda o salto quantitativo e qualitativo da informação obtida através de deteção remota com satélites e radares meteorológicos. Os recursos cartográficos, alguns gratuitos, pretendem ser igualmente uma base de apoio para uma variedade de atividades (p.ex., instituições de ensino, turismo, ambiente, proteção civil, ordenamento do território).

Similarmente a outras entidades, a APA mantém uma plataforma de informação *online*, conhecida como Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), que detém e disponibiliza para o público em geral muita informação útil sobre os rios portugueses. Sugere-se a consulta da página <http://snirh.pt/> onde existe um espaço “júnior” para as escolas que apresenta, muito a propósito, sínteses dos rios portugueses e seus principais afluentes, com acesso por *link* à rede de monitorização (Figura 2.2). Outro exemplo é a “*Google Earth* na Sala de Aula” que permite identificar os principais rios de Portugal continental, em formato de linhas, sobre os mapas do *Google Earth* e, recorrendo às ferramentas de busca deste *software*, pesquisar por nome de rio, as suas características básicas.



Figura 2.2. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), da responsabilidade da APA (fonte: <http://snirh.pt/>, em 29/6/2017).

5. Usos múltiplos dos rios e ações antrópicas

5.1. Obras hidráulicas

O recurso constituído pelos rios é incomensurável. Consoante o objetivo de exploração dos recursos hídricos disponíveis, privilegia-

-se determinado tipo de intervenção humana e respetivas obras e aproveitamentos hidráulicos, muitos dos quais têm por finalidade a captação ou armazenamento de água para satisfazer as necessidades de água de atividades económicas e outros usos.

Diversas obras nos rios traduzem-se em pressões antrópicas diferentes sobre as massas de água superficiais e, portanto, em diferentes impactos ambientais e socioeconómicos. Por exemplo, o represamento da água dos rios em albufeiras por barragens, permitindo produzir energia elétrica ou derivar água para a agricultura, introduzem modificações antrópicas diretamente no regime dos cursos de água, alterando a sucessão natural e quantidade dos escoamentos. A Figura 2.3 ilustra um conjunto de obras hidráulicas construídas nalguns dos principais rios de Portugal, como é o caso de barragens e açudes (p.ex., para regularização fluvial, produção de energia hidroelétrica, aprovisionamento de água para abastecimento público ou rega, criação de praias fluviais), tomadas de água para abastecimento de água à agricultura, comportas para navegabilidade dos rios, portos para transporte de pessoas e mercadorias, ancoradouros para desportos e atividades de lazer, por exemplo. Neste tipo de projetos e obras é, assim, necessário atender aos seus eventuais impactos antes da implementação das obras, havendo também oportunidade para consulta pública, de acordo com legislação em vigor⁹. Em muitos casos, as obras são essenciais para fazer face à variabilidade intra-anual (sazonalidade) e interanual dos escoamentos superficiais. Essa variabilidade, intrínseca ao próprio processo natural, traduz um comportamento dinâmico extremo, por vezes manifestado em episódios de cheias e inundações, e escassez de água para os mais diversos fins. Dependendo das condições locais, a fixação das populações junto às margens dos cursos de água tem claras vantagens, que são acompanhadas por desvantagens como o risco de catástrofes naturais, com implicações algumas vezes muito gravosas para os ecossistemas, a socio-economia e a integridade de vidas humanas.

A dinâmica dos sedimentos transportados com o escoamento líquido, denominado transporte sólido, é fortemente afetada pelo uso do solo, que conduz nalguns casos a graves problemas de erosão com elevada produção de sedimentos que atingem as linhas de água (naturais ou artificiais). Um exemplo de causa de forte incremento no transporte sólido é o fogo florestal que, diminui a capacidade de interceção do coberto vegetal aumentando o impacto erosivo da chuva diretamente no solo, dando origem a que mais sedimentos, em conjugação com cinzas, sejam arrastados das encostas ardidas para as massas de água (Figura 2.1d). A construção de barragens e açudes pode ter um efeito contrário no transporte sólido, pois estas estruturas podem diminuir significativamente a capacidade de transporte em linhas e massas de água (p.ex., reservatórios e albufeiras), provocando assoreamento, que conduz à elevação da sua cota do fundo. Por exemplo, no Mondego o assoreamento a montante do açude-ponte de Coimbra é apontado como uma das causas das cheias que inundam periodicamente o parque verde ribeirinho daquela cidade.



Figura 2.3. Exemplos de obras hidráulicas construídas nos principais rios em Portugal: a) barragem do Alqueva, no Guadiana, criando o maior lago artificial da Europa, com uma capacidade de pleno armazenamento de 4150 hm³ e uma área inundável de 250 km²; b) barragem do Fratel, no Tejo, após o grande incêndio florestal em Pedrogão Grande, em 2017; c) barragem da Aguieira, no Mondego, essencial ao cumprimento dos objetivos do projeto do Mondego, de fins múltiplos; d) açude a jusante da praia fluvial de Torres de Mondego, no rio Mondego; e) açude-ponte de Coimbra, no Mondego, e vista da tomada de água no canal condutor geral, para rega do Baixo Mondego; f) entrada do porto da Figueira da Foz, na foz do Mondego. Fotografias: a, <http://www.geografia7.com/os-rios-em-portugal.html>; b–f, João L.M.P. de Lima.

5.2. Navegabilidade dos rios

A transformação dos rios nacionais em vias fluviais, de comunicação, à semelhança das outras redes de transportes (estradas e caminhos-de-ferro), não é tarefa fácil dadas as várias ordens de condicionantes. O planeamento das intervenções hidráulicas a realizar e o respetivo aproveitamento económico neste domínio requer um reconhecimento prévio da realidade hidrológica. De facto, a navegabilidade dos rios em Portugal está fortemente limitada pelo relevo, variações de caudais (sazonais ou outras) e correspondentes profundidades de água nos rios, conduzindo a que a maior parte

dos seus troços não sejam navegáveis ou a navegabilidade não esteja garantida de forma regular, excetuando-se os casos em que está associada a importantes obras (barragens, eclusas).

5.3. Cheias

Os rios e as cheias estão profundamente interligados. As cheias são fenómenos naturais extremos com duração geralmente reduzida (de horas a alguns dias), provocados por eventos pluviosos de grande intensidade, que provocam o aumento do caudal dos cursos de água originando a inundação das margens e áreas lim trofes^{1-3,10}. Em Portugal, cheias foram a catástrofe natural mais mortífera do século XX¹¹.

O grau de suscetibilidade dos rios   ocorrência de cheias e a perigosidade das cheias, numa dada época do ano, são função das características fisiográficas da correspondente bacia hidrográfica ( rea, geometria, geologia, relevo, vegeta o, rede de drenagem e uso do solo) e das características climáticas (p.ex., precipita o, temperatura), podendo ser aumentados ou reduzidos por fatores antr picos¹²⁻¹⁴. Entre estes, destaca-se a ocupa o do solo da bacia e o grau de ocupa o das áreas inundáveis por equipamentos urbanos. Impõe-se, assim, a aquisi o de um melhor conhecimento do comportamento das águas superficiais nas áreas urbanas e da intera o destas com os sistemas de drenagem.

A altera o das condi es naturais, resultante da remo o da vegeta o a favor da constru o urbana, por exemplo, diminui o potencial de infiltra o da água no solo, e, conseqüentemente, a recarga dos aquíferos subterrâneos, ao mesmo tempo que aumenta o escoamento superficial afetando, desta forma, o comportamento hidrológico da rede hidrográfica. Superfícies impermeáveis, tais como telhados, ruas e estacionamento pavimentados, apresentam uma rugosidade hidráulica menor do que superfícies encontradas

em situações ditas “naturais” (solo nu, revestido com vegetação), aumentando a velocidade com que se processa o escoamento superficial e os transportes associados (p.ex., arrastamento de poluentes, erosão hídrica). A diminuição do tempo de resposta dos rios leva muitas vezes ao agravamento das cheias.

As cheias urbanas, associadas ao aglomerado urbano, ocorrem quando águas dos cursos de água ou dos sistemas de drenagem de águas pluviais extravasam das suas secções de escoamento e inundam áreas urbanas (p.ex., arruamentos, passeios, zonas habitacionais e comerciais, áreas industriais). As inundações podem também ser provocadas pelo mar, em zonas costeiras, o que inclui as marés altas que podem condicionar a desejada descarga dos sistemas de drenagem no mar, estuário ou troço de curso de água.

As cheias rápidas em meio urbano são particularmente relevantes; resultam de episódios de precipitação muito intensa e concentrada em poucos minutos ou horas, dependendo do tamanho da bacia correspondente. Em Portugal continental, estes eventos acontecem com maior frequência no Outono (p.ex., cheias na Área Metropolitana de Lisboa de 1945, 1967, 1983 e, mais recentemente, de 2008, cujas consequências humanas e materiais foram significativas, Figura 2.4).



Figura 2.4. Cheias de 1967 na Área Metropolitana de Lisboa (fonte: Diário de Lisboa).

O crescimento de áreas urbanas, testemunhado fundamentalmente nos últimos dois séculos, e a consequente impermeabilização

dos solos (p.ex., edificações, estradas), são geralmente acompanhados por modificações drásticas na paisagem e nas condições na periferia dos centros urbanos, incluindo as resultantes da crescente ocupação do solo com vias de acesso e todo o tipo de equipamentos. Do conjunto, resulta interferência nos processos envolvidos no ciclo hidrológico, com impacto no comportamento hidrológico de uma bacia e na suscetibilidade às cheias.

As alterações (tipicamente de aumento dos volumes escoados e antecipação do caudal de ponta de cheia) esperadas no escoamento superficial impõem a necessidade de a urbanização ser acompanhada pela implantação de novos sistemas de drenagem de águas pluviais ou pela reabilitação do sistema preexistente, de modo a fazer face às exigências a que está sujeito. Esta questão é pertinente pois, nas últimas décadas, têm ocorrido precipitações intensas que provocaram inundações severas, um pouco por todo o território continental português (Figura 2.5). A par disto, vários modelos climáticos projetam alterações no clima, esperando-se aumentos na frequência e intensidade destes eventos, causando transtornos e prejuízos às populações e aos ecossistemas.

As esperadas alterações na precipitação terão impactos no ciclo urbano da água (p.ex., quantidade de água interceptada, precipitada, infiltrada, escoada), sendo necessário incorporá-las no planeamento e gestão da água em áreas urbanas, especialmente no que diz respeito à conceção e gestão de sistemas de drenagem pluvial. Contudo, existe ainda incerteza sobre o efeito das alterações climáticas na precipitação, especialmente à escala local/regional.

Zonas de Risco de Inundação

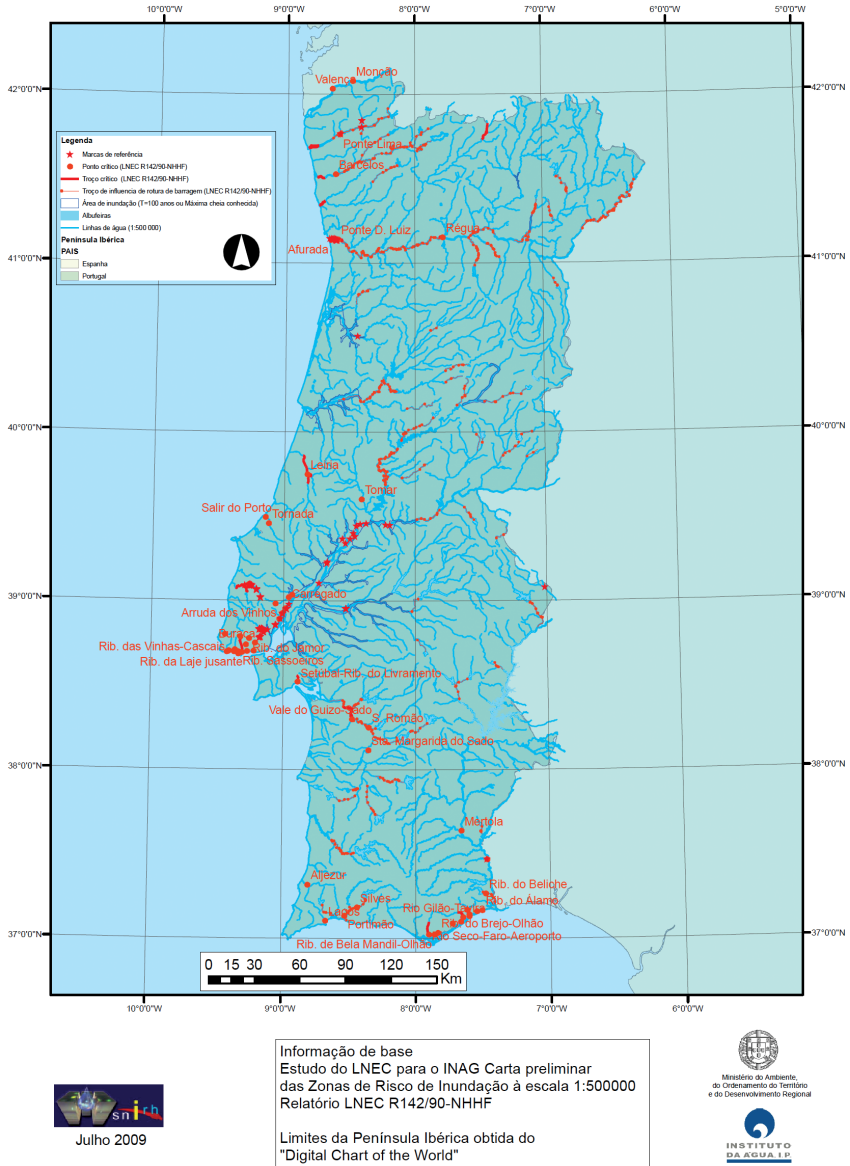


Figura 2.5. Zonas de Risco de Inundação identificadas com base em marcas de cheia e pontos críticos definidos em LNEC¹⁵ (fonte: Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH)).

6. Outras leituras

- Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos: <http://www.aprh.pt/>
- ERB Euro-Mediterranean Network of Experimental and Representative Basins: <http://erb-network.simdif.com/>
- Fernandes J.M. & Abreu M. 1990. *Os rios de Portugal*. Editora Gradiva. Portugal, Lisboa
- GoogleEarth na sala de aula: <http://www.mapasnasaladeaula.org/mapas-do-projeto/portugal/continental/RiosPrincipaisPTCont>
- Schumm S.A. 2005. *River variability and complexity*. Cambridge University Press. UK, Cambridge
- Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos: <http://snirh.pt>
- Veiga J.C. & Cabrita A. 1994. *Os mais belos rios de Portugal*. Edição Verbo, coleção Património, ISBN: 9789722215404
- Wohl E. 2010. *Mountain rivers revisited*. AGU – American Geophysical Union. USA, Washington

7. Referências bibliográficas

- ¹Lencastre A. & Franco F.M. 2006. *Lições de hidrologia*. 3ª ed. Universidade Nova de Lisboa. Portugal, Lisboa
- ²Hipólito J.R. & Vaz A.C. 2011. *Hidrologia e recursos hídricos*. Coleção: Ensino da Ciência e da Tecnologia, 41. Portugal, Lisboa
- ³Singh V.P. (ed.) 2016. *Handbook of applied hydrology*. 2nd Ed. McGrawHill Education – Europe. UK, London
- ⁴Gordon N.D., McMahon T.A., Finlayson B.L., Gippel C.J. & Nathan R.J. 2004. *Stream hydrology: An introduction for ecologist*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Ltd. UK, Chichester
- ⁵Datry T., Larned S.T. & Tockner K. 2014. Intermittent rivers: a challenge for freshwater ecology. *BioScience* 64: 229–235
- ⁶Comissão Europeia. 2000. Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um Quadro de Acção Comunitária no Domínio da Política da Água. *J. Oficial Com. Europeias* L327: 1–72
- ⁷Penning-Rowsell E.C. & Fordham M. (eds.) 1994. *Floods across Europe*. Middlesex University Press. UK, London
- ⁸Pereira L.S., Mexia J.T. & Pires C.A. (eds.) 2010. *Gestão do risco em secas: métodos, tecnologias e desafios*. Edições Colibri e CEER. Portugal, Lisboa
- ⁹Henriques A.G. 2016. *Barragens, sociedade e ambiente*. Coleção Água, Ciência e Sociedade e Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. Esfera do Caos Editores. Portugal, Lisboa

- ¹⁰Chow V.T., Maidment D.R. & Mays L.W. 1988. *Applied hydrology*. McGraw-Hill International Editions. Singapura
- ¹¹Ramos C. & Reis E. 2001. As cheias no Sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas. *Finisterra* XXXVI 71: 61–82
- ¹²Maidment D.R. (ed.) 1993. *Handbook of hydrology*. John Wiley & Sons, Inc. USA, New York
- ¹³Tucci C.E.M. 1998. *Modelos hidrológicos*. Universidade UFRGS e ABRH. Brasil, Porto Alegre
- ¹⁴de Lima J.L.M.P. (ed.) 2010. *Hidrologia urbana: conceitos básicos*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), Série Cursos Técnicos Nº 1. Portugal, Lisboa
- ¹⁵LNEC. 1990. *As cheias em Portugal. Caracterização das zonas de risco*. 1.º Relatório: Análise Preliminar – r142/90-nhhf. Portugal, Lisboa