



CATÁSTROFES NATURAIS

UMA ABORDAGEM GLOBAL

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

LUCIANO LOURENÇO
ANTÓNIO VIEIRA
(COORDS.)

RISCOS ASSOCIADOS À DIMINUIÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES RISKS ASSOCIATED WITH DECREASING RAINFALL

Adélia N. Nunes

Departamento de Geografia e Turismo
CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra, Portugal
ORCID: 0000-0001-8665-4459 adelia.nunes@fl.uc.pt

Sumário: A precipitação é um dos principais elementos do clima, afetando diretamente a disponibilidade de recursos hídricos. A sua variabilidade contribui para o aumento da suscetibilidade de um determinado território a fenómenos extremos, associados à falta (secas) ou ao excesso de precipitação (cheias). Neste trabalho analisam-se os riscos associados à diminuição da precipitação, dando particular ênfase às secas, numa perspetiva global, mas também em Portugal, uma vez que a sua manifestação é recorrente. Discutem-se, ainda, as tendências recentes observadas na precipitação e as projeções para o futuro. Por último, destacam-se algumas medidas de mitigação e estratégias de adaptação.

Palavras-chave: Riscos hidrológicos, diminuição da precipitação, secas, medidas de mitigação/adaptação.

Abstract: Rainfall is one of the main elements of the climate, affecting directly the water resources availability. This variability contributes to the increases susceptibility to extreme events, associated with the lack (dry) or excessive precipitation (flooding). In this paper,

risks associated with reduced rainfall were analyzed, with particular emphasis on drought, in a global perspective, but also in Portugal, since its occurrence is recurrent. Recent trends in precipitation and projections for the future were also discussed. Some mitigation and adaptation strategies are highlighted.

Keywords: Hydrological risks, decreasing rainfall, droughts, mitigation/adaptation measures.

Introdução

A precipitação é um dos elementos mais importantes do clima, afetando diretamente a disponibilidade de recursos hídricos (Randall *et al.*, 2007; IPCC, 2014). Nos últimos anos, há um consenso entre a comunidade científica relativamente à variabilidade e tendências da precipitação e aos seus efeitos sobre o ambiente durante o século XX (Karl e Knight, 1998; Folland e Karl, 2001; Zhang *et al.*, 2001). Assim, para a Europa, a tendência nos quantitativos de precipitação parece ser positiva no norte (Forland *et al.*, 1996; Schonwiese e Rapp, 1997) e negativa no sul (Schonwiese e Rapp, 1997). Estas mudanças no ciclo hidrológico podem desencadear diversos impactes e riscos (IPCC, 2014).

Em Portugal continental, a distribuição da precipitação revela uma forte variabilidade espacial e temporal, típica do clima temperado mediterrâneo, onde o nosso território se integra. Esta irregularidade da precipitação contribui para tornar a região mais suscetível a fenómenos extremos associados à falta (secas) ou ao excesso de precipitação (cheias e inundações).

No presente trabalho analisam-se os riscos associados à diminuição da precipitação, dando particular ênfase às secas, numa perspetiva global, mas também em Portugal, uma vez que a sua manifestação é recorrente. Analisam-se, ainda, as tendências recentes observadas na precipitação e as projeções para o futuro. Por último, destacam-se algumas medidas de mitigação e estratégias de adaptação.

Riscos e impactos do decréscimo da precipitação

Mudanças na quantidade e na distribuição intra-anual da precipitação podem desencadear importantes impactos ambientais, sociais e económicos. Com efeito, mudanças nos quantitativos anuais de precipitação e na sua distribuição mensal afetam a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, quer superficiais quer subterrâneos (de Luis *et al.*, 2011; López-Moreno *et al.*, 2009; Paredes *et al.*, 2006), os quais podem ter uma forte influência sobre o consumo de água e produção hidroelétrica (Paredes *et al.*, 2006). Variações na precipitação podem, de igual modo, limitar a produtividade dos ecossistemas naturais e antrópicos, afetar a ocorrência de incêndios florestais (Carvalho *et al.*, 2008), a erosão do solo (Nunes *et al.*, 2011; Nunes *et al.*, 2014; Michiels *et al.*, 1992; Prats *et al.*, 2013) e, em algumas regiões, intensificar os processos de degradação do solo e aumentar a suscetibilidade à desertificação (Nunes *et al.*, 2016).

Secas: a principal manifestação de riscos associados à diminuição da precipitação

Seca define-se como um desequilíbrio natural e temporário na disponibilidade de água, a qual se manifesta através de precipitação persistentemente abaixo da média, com frequência, duração e severidade incertas, cuja ocorrência é de difícil previsão (Pereira *et al.*, 2009), de que resulta uma diminuição na disponibilidade de recursos hídricos e capacidade de resposta dos ecossistemas, tanto naturais como antrópicos.

Contrariamente a outros desastres naturais, que geralmente atuam de forma rápida e com efeitos imediatos, os impactos resultantes da sua manifestação variam conforme a escala temporal e espacial. Por conseguinte, as secas podem assumir distintas tipologias, a que correspondem igualmente diferentes impactos (fig. 1): seca meteorológica, resultante do desvio da precipitação em relação ao

valor normal; seca agrícola, associada à falta de água causada pelo desequilíbrio entre a água disponível no solo, a necessidade das culturas e a transpiração das plantas; seca hidrológica, relacionada com a redução dos níveis médios de água nos reservatórios e com a depleção de água no solo. Este tipo de seca está normalmente desfasado da seca meteorológica e agrícola, pois é necessário um período de tempo mais longo para que as deficiências na precipitação se manifestem nas diversas componentes do sistema hidrológico. A seca socio-económica refere-se ao efeito conjunto dos impactes naturais e sociais que resultam da falta de água, devido ao desequilíbrio entre o fornecimento e a procura do recurso água, afetando diretamente as populações.

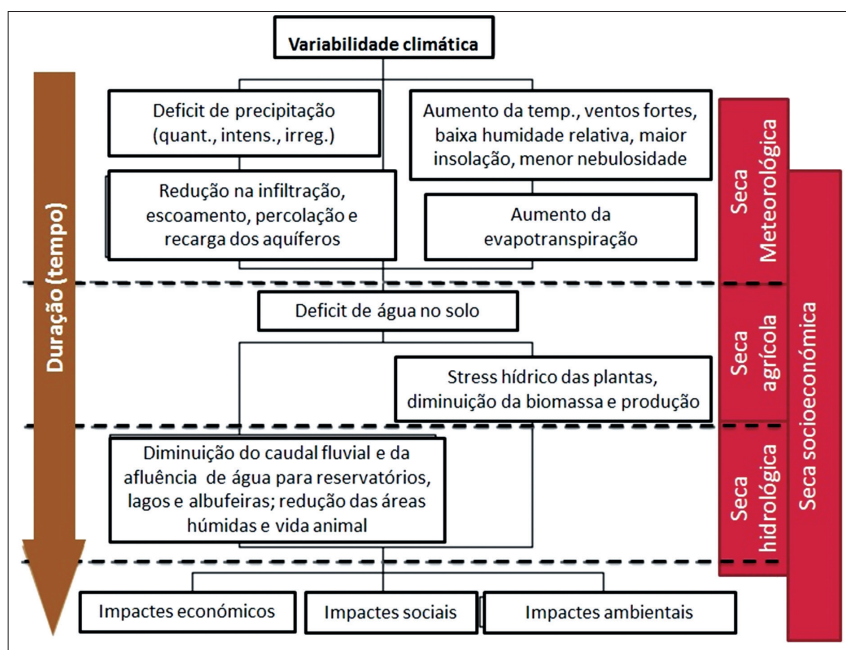


Fig. 1 - Sequência nos diferentes tipos de seca e alguns dos impactes para cada um dos tipos de seca (Fonte: Adaptado de “National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln, USA”).

Fig. 1 - Sequence in different types of drought and some of the impacts for each type of drought (Source: Adapted from National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln, USA).

Secas: um risco global com desigual incidência espacial e intensidade

As situações de seca constituem, assim, riscos naturais associados essencialmente à falta de precipitação, que se manifestam todos os anos em diversas regiões do mundo, embora com desigual incidência à escala global (fig. 2).

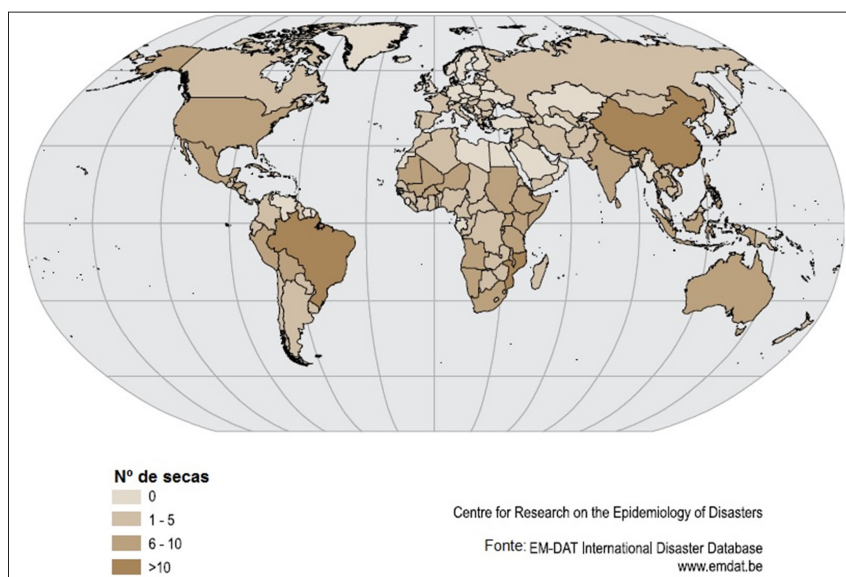


Fig. 2 - Número de secas registadas entre 1970 e 2008.

Fig. 2 - Number of droughts between 1970 and 2008.

No *International Emergency Disasters Database* (EM-DAT), no período de 1900 a 2015, são identificados cerca de 660 eventos de seca, os quais afetaram 2,21 bilhões de pessoas e 11 milhões de mortes no mundo (EM-DAT, 2015). Em relação às perdas económicas por episódios de seca neste período, nos Estados Unidos e México as perdas foram em torno de 8 bilhões de dólares, na China rondaram os 2,4 bilhões de dólares e no Brasil aproximadamente 11 bilhões de dólares (Stanke *et al.*, 2013). No período de 1970 e 2008, o Brasil e a China são os países que registaram o maior número de secas, a ultrapassar as 10 ocorrências.

De modo a estimar a possibilidade de ocorrência de uma seca, ou o seu grau de severidade, devem conhecer-se as condições climáticas. Neste contexto para uma determinada área, os dados meteorológicos mais importantes que se devem ter em conta são a precipitação, a temperatura do ar, a humidade do ar e o conteúdo de água no solo.

Os índices de seca constituem, assim, uma ferramenta fundamental para compreender os efeitos das secas e as suas características tais como, intensidade, duração ou severidade (Mishra e Singh, 2010). Alguns dos índices meteorológicos mais utilizados são os que se apresentam na sequência (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IPMA, 2016):

- *Decis: classificação de um determinado período de tempo quanto à precipitação de acordo com o intervalo inter-decil* (que se apresenta na TABELA I).

TABELA I - Classificação de um intervalo de tempo quanto à precipitação.

TABLE I - Classification of a time interval for precipitation.

Intervalo Inter-Decil	Designação Qualitativa
1	extremamente seco
2	muito seco
3,4	seco
5,6	normal
7,8	chuvoso
9	muito chuvoso
10	extremamente chuvoso

Fonte/Source: IPMA.

- *PDSI - Palmer Drought Severity Index ou Índice de Severidade das Secas de Palmer*: representa uma medida da intensidade da seca (chuva) e responde a condições do tempo que estiveram anormalmente secas ou anormalmente chuvosas. Deteta períodos de seca e classifica-os em termos de intensidade. A sua avaliação baseia-se no cálculo dos elementos do balanço hídrico, utilizando dados de temperatura média mensal, precipitação total mensal e conteúdo de água no solo (TABELA II);
- *SPI - Standardized Precipitation Index / Índice Normalizado da Precipitação*: o índice meteorológico de seca SPI permite quantificar o défice de precipitação em diferentes escalas temporais: 1, 2, 3, 6, 9, 12 ... meses, que refletem o im-

pacte da seca na disponibilidade das diferentes fontes de água. O cálculo do SPI para qualquer local é baseado em séries longas da precipitação (TABELA II).

TABELA II - Classificação para períodos secos e chuvosos segundo o *índice de Palmer* e o SPI.

TABLE II - Classification for dry and rainy periods according to Palmer index and SPI.

Classificação de Palmer		Classificação do SPI	
≥4.00	chuva extrema	≤ 2.00	chuva extrema
3.00 a 3.99	chuva severa	1.50 a 1.99	chuva severa
2.00 a 2.99	chuva moderada	1.00 a 1.49	chuva moderada
0.50 a 1.99	chuva fraca	0.49 a 0.49	normal
0.49 a 0.49	normal	- 1.00 a -1.49	seca moderada
-0.50 a -1.99	seca fraca	- 1.50 a -1.99	seca severa
- 2.00 a -2.99	seca moderada	≤ -2.00	seca extrema
- 3.00 a -3.99	seca severa		
≤- 4.00	seca extrema		

Fonte/Source: IPMA.

Os impactos resultantes deste fenómeno variam conforme a escala espacial, temporal, magnitude do tipo de evento, assim como da vulnerabilidade socio-ambiental, relacionada com as características da estrutura social e económica da sociedade afetada (Scandlyn *et al.*, 2010; Freitas *et al.*, 2014). Longos períodos de seca provocam graves prejuízos económicos, nomeadamente ao nível dos sectores agrícola, pecuário e recursos hídricos, originando muitas vezes o desenvolvimento e propagação de pragas e pestes, em particular nos países cujas economias se revelam mais débeis, devido à escassez de alimentos e consequente perda de um número muito significativo de vidas humanas.

Portugal: um país com secas frequentes

O problema das secas deve enquadrar-se em anomalias da circulação geral da atmosfera, a que correspondem flutuações do clima numa escala local ou regional (IPMA, 2016). Com efeito, a situação geográfica do território de Portugal Continen-

tal é favorável à ocorrência de episódios de seca, quase sempre associados a situações de bloqueio em que o anticiclone subtropical do Atlântico Norte se mantém numa posição que impede que as perturbações da frente polar atinjam a Península Ibérica.

A classificação das secas, desde localizada até generalizada (TABELA III), depois 1940, permite identificar 10 situações de seca generalizada, em que mais de 50% do território nacional se encontrou em seca severa ou extrema, de acordo com a classificação de Palmer, utilizada pelo IPMA, entidade responsável pela análise e monitorização destes fenómenos. De salientar que, após os anos 80, ocorreram 6 secas generalizadas (entre as 10 identificadas) e 2 muitíssimo extensas.

TABELA III - Secas em Portugal desde 1940.

TABLE III - Droughts in Portugal since 1940.

Localizada (<10% do território afetado)	1946/47; 1950/51; 1962/63; 1966/67; 1967/68
Extensa (10 a 20%)	1957/58
Muito extensa (20 a 30%)	1931/32; 1934/35; 1943/44; 1945/46; 1949/50; 1974/75; 1982/83; 1988/89
Muitíssimo extensa (30 a 50%)	1952/53; 1975/76
Generalizada (>50%)	1944/45; 1948/49; 1954/55; 1964/65; 1980/81; 1991/92; 1992/93; 1994/95; 2004/05; 2011/12

Fonte/Source: IPMA.

As secas de 2004/2005 e de 2011/12 constam entre as mais severas, assinando em termos quantitativos cerca de metade da precipitação média anual, comparativamente ao valor média para o período de 1971-2000 (TABELA IV).

TABELAIV - Precipitação mensal nos anos hidrológicos de 2004/05 e 2011/2012 comparativamente à normal para o período de 1971/2000.

TABLE IV - Monthly precipitation in the hydrological years 2004/05 and 2011/2012 compared to normal for the period 1971/2000.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Total
2004-05	164.4	21	44.2	7.2	19.7	56.4	32.1	32	6.8	383.9
2011-12	84.8	158.3	41.2	20.4	2.2	20.8	76.6	62.9	6	475
Normal 1971-2000	98.2	109.4	144	117.3	100.1	61.2	78.9	71.2	32.2	812.5

Fonte/Source: IPMA.

TABELA V - Evolução mensal da percentagem de território classificada em seca, de acordo com o Índice de Severidade das Secas de Palmer, nos anos hidrológicos de 2004/05 e 2011/2012.

TABLE V - Monthly evolution of the percentage of territory classified as under drought, according to the Palmer Drought Severity Index, in the hydrological years 2004/05 and 2011/2012.

Mês	31 janeiro		28/29 fev.		31 março		30 abril		31 maio		15 junho	
Ano	2005	2012	2005	2012	2005	2012	2005	2012	2005	2012	2005	2012
Chuva fraca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Seca fraca	0	13	0	0	26	0	15	0	4	6	2	3
Seca moderada	25	76	23	0	22	2	22	2	28	19	19	16
Seca severa	53	11	44	68	28	41	20	39	20	30	29	22
Seca extrema	22	0	33	32	24	57	43	59	48	44	50	59
Total (seca severa+extrema)	75	11	77	100	88	100	80	98	68	74	79	81

Fonte/Source: IPMA.

As percentagens de território continental afetado pela situação de seca meteorológica entre 31 de janeiro e 15 junho para 2004/05 e 2011/12 sintetizam-se na TABELA V. Em 15 de junho as duas situações de seca são praticamente idênticas, em termos de percentagem, sendo que a respectiva distribuição espacial apresentava uma configuração bastante semelhante, com os territórios localizados a sul do rio Tejo a assinalar uma mancha contínua em seca extrema (fig. 3). Aliás, o sul do país e as regiões do Interior Centro e Norte são as que assinalam maior risco de seca (ANPC, 2016).

O volume de água armazenado nas albufeiras das várias bacias hidrográficas mostra oscilações significativas, tanto em termos temporais como espaciais (fig. 4). Os valores mais baixos assinalaram-se nos meses de Setembro, quer de 2005 quer de 2011, embora em 2005 a descida no volume armazenado, em todas as bacias hidrográficas monitorizadas, tenha sido mais relevante.

Aliás, a escassez de água afetou, nesse ano, todos os setores de atividade e também os usos domésticos, sobretudo na estação de verão, período em que o acréscimo no consumo se faz sentir (turismo, agricultura, regresso dos emigrantes para férias). Assim, na segunda quinzena de Agosto mais de 1/3 dos municípios de Portugal tiveram necessidade de abastecimento suplementar de água ou tinham adotado medidas no sentido reduzir o seu consumo (fig. 5)

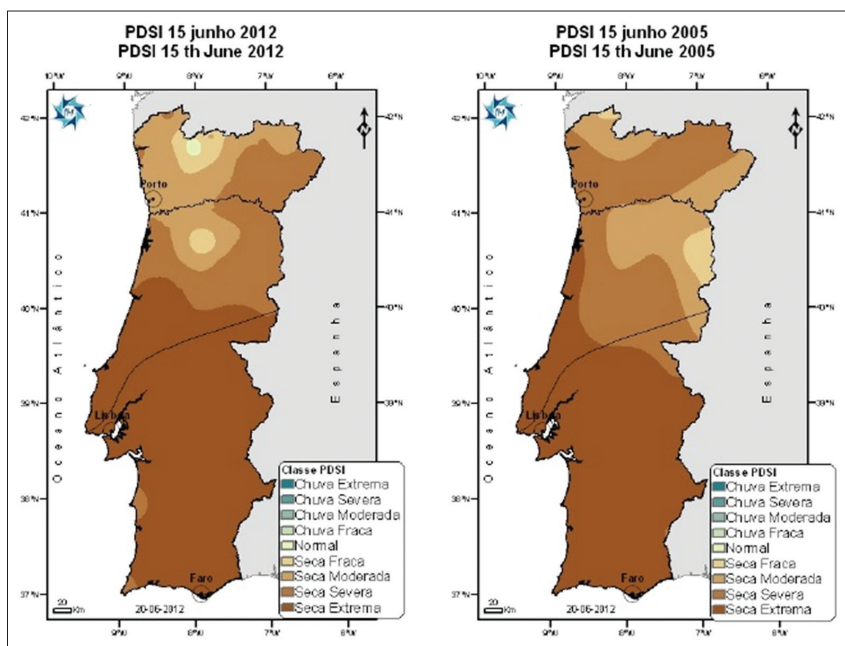


Fig. 3 - Distribuição espacial do índice de seca meteorológica PDSI em 15 de junho de 2012 e de 2005 (Fonte: Instituto de Meteorologia, Portugal).

Fig. 3 - Spatial distribution of the PDSI meteorological index on 15 June 15, 2012 and 2005 (Source: Institute of Meteorology, Portugal).

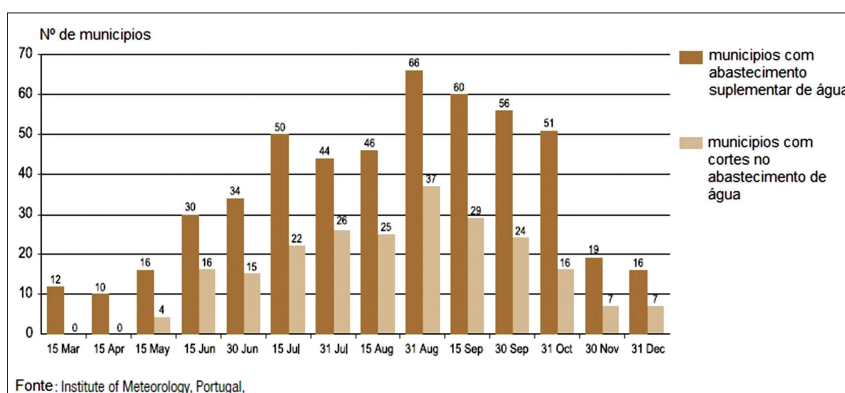


Fig. 5 - Evolução do número de municípios com abastecimento suplementar e com cortes no fornecimento de água, desde 15 de março a 31 de dezembro de 2005 (Fonte: Instituto de Meteorologia, Portugal).

Fig. 5 - Number of municipalities with additional supply and water supply cuts, from 15 March to 31 December 2005 (Source: Institute of Meteorology, Portugal).

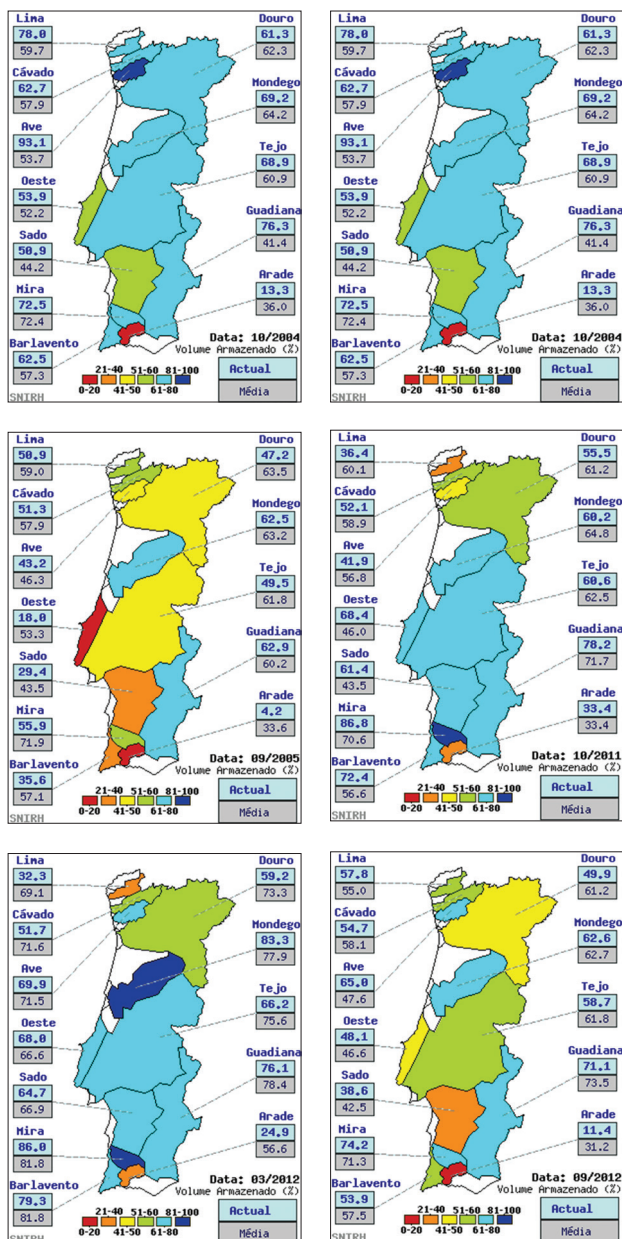


Fig. 4 - Evolução do volume de água armazenado (em %) em 2004/05 e 2011/12: outubro de 2004 e 2011; março e setembro de 2005 e 2012 (Fonte: Snirh, Agência Portuguesa do Ambiente).

Fig. 4 - Volume of stored water (%) in 2004/05 and 2011/12: October 2004 and 2011; March and September 2005 and 2012 (Source: Snirh, Agência Portuguesa do Ambiente).

Tendências da precipitação em Portugal continental no período 1960-2011 e projeções para o futuro

A análise de tendências, para as últimas 5 décadas (1960-2011), utilizando para o efeito o coeficiente de correlação de Spearman mostra uma tendência generalizada de decréscimo nos quantitativos anuais de precipitação em Portugal continental, tendo por base a análise de 42 estações distribuídas uniformemente a nível nacional (fig. 6). Essa tendência negativa foi mais pronunciada nas regiões centro e norte do país (Nunes *et al.*, 2015).

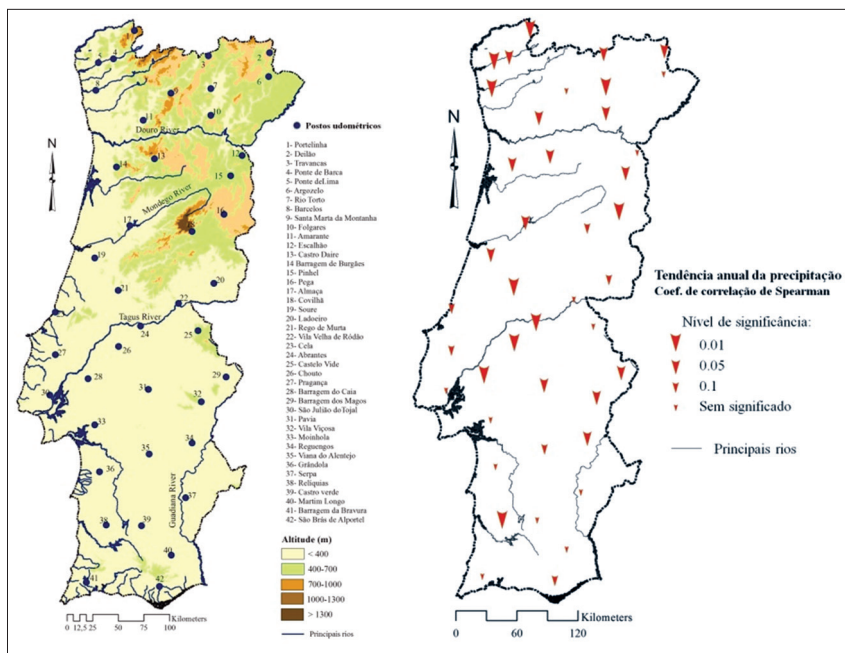


Fig. 6 - Localização dos postos udométricos e respectiva tendência para o período de 1960-2011, de acordo com o coeficiente de Spearman (Fonte: Nunes & Lourenço, 2015).

Fig. 6 - Location of rain gauge stations and trend for the period 1960-2011, according to the Spearman coefficient (Source: Nunes & Lourenço, 2015).

A aplicação do mesmo teste às séries mensais mostra que os meses de novembro, janeiro, fevereiro, março e junho apresentam tendências, predominantemente, negati-

vas, i.e. de diminuição na quantidade de precipitação. Pelo contrário, julho, agosto e outubro revelam tendências de acréscimo nos respectivos totais mensais. A prevalência de tendências negativas na precipitação afeta principalmente o período final do outono e praticamente todo o inverno, ou seja, o período mais chuvoso do ano.

Estes resultados coincidem com os de outros investigadores, que trabalham a nível regional, e confirmam uma diminuição da precipitação em toda a bacia do Mediterrâneo, particularmente durante a estação chuvosa (Buffoni *et al.*, 1998, 1999; Esteban-Parra *et al.*, 1998; Piervitali *et al.*, 1998; Kadioglu *et al.*, 1999; Xoplaki *et al.*, 2004; Paredes *et al.*, 2006; De Luis *et al.*, 2009; González-Hidalgo *et al.*, 2010; Philandras *et al.*, 2011).

TABELA VI - Tendência nos quantitativos mensais de precipitação (1960-2011), nos postos udométricos analisados (em %), de acordo com o coeficiente de correlação de Spearman.

TABLE VI - *Trend in the monthly rainfall amounts (1960-2011), in the rain gauge stations studied (%), according to Spearman correlation coefficient.*

	Tendência negativa				Tendência positiva			
	ss	0,1	0.05	0.01	ss	0,1	0.05	0.01
J	47.6	21.4	23.8		7.1			
F	19.0	28.6	40.5	9.5	2.4			
M	50.0	23.8	21.4	4.8				
A	52.4				45.2		2.4	
M	71.4		2.4		26.2			
J	40.5	11.9	38.1	7.1	2.4			
J	31.0				35.7	7.1	11.9	14.5
A	9.5				66.7	9.5	9.5	4.8
S	47.6	4.8	4.8	4.8	35.7		2.4	
O	14.3				85.7			
N	90.5	2.4			2.4		4.8	
D	64.3				35.7			

ss. sem significância estatística; Nível de significância: $\alpha=0.1$, $=0.05$ e $\alpha=0.01$

Fonte/Source: Nunes & Lourenço, 2015.

O estudo recente de Guerreiro *et al.* (2016), com o objetivo fornecer cenários futuros em termos de evolução dos quantitativos de precipitações, úteis e plausíveis para que possam ser posteriormente utilizados nas opções a adop-

tar na gestão dos recursos hídricos, testou e projectou a precipitação a partir do modelo CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5- RCP8.5, em <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>). Apesar dos resultados serem bastantes discrepantes, os cenários projetados para a precipitação média anual, para meados deste século, oscilam entre 10% e -40%, o que está de acordo com os estudos de Santos *et al.* (2002), para Portugal, e Brunet *et al.* (2009), para Espanha, assim como o estudo de Ekström *et al.* (2007) para o Tejo e Guadiana. Todavia, para a primavera (MAM) e para o Outono (SON), a maioria dos modelos mostram tendências negativas que atingem -6% por década no Douro e -7% por década no Tejo e no Guadiana. Estas projeções reforçam a probabilidade de alongamento da estação seca e, com isso, a intensificação do risco de secas e dos impactes delas decorrentes. Estes resultados podem traduzir-se numa diminuição do escoamento direto nos rios ibéricos e na retenção de água na parte espanhola das bacias hidrográficas transfronteiriças, acentuando ainda mais a diminuição esperada da disponibilidade de água no território Português.

Conclusão

Embora os riscos associados à variabilidade e decréscimo da precipitação não possam ser evitados, os seus impactes poderão ser minimizados através da adoção de medidas de mitigação e estratégias de adaptação.

As secas são processos aleatórios que representam uma quebra ou rutura no processo de abastecimento normal de água aos ecossistemas e às atividades humanas. A sua ocorrência imprevisível e as suas consequências requerem uma adequada gestão do risco. Este facto torna importante o desenvolvimento de ferramentas de previsão, incluindo as probabilísticas, que possam apoiar o alerta antecipado de seca com vista à implementação atempada das medidas de preparação e mitigação. Uma maior coordenação e integração das várias entidades que atuam no âmbito da gestão dos recursos hídricos será, igualmente, determinante na aplicação das medidas de prevenção e na minimização das consequências da sua manifestação.

No que toca à disponibilidade hídrica, é necessário promover a optimização dos consumos de água, sendo mais eficiente estimular a redução entre os maiores utilizadores: a agricultura e a indústria. A redução pode ser obtida através da alteração de culturas e práticas agrícolas, assim como através da otimização do uso da água nos processos industriais. Ao nível das “fontes” de água, considera-se necessário investir na optimização da gestão de albufeiras e adequação dos processos de licenciamento de usos da água no sentido de melhorar as garantias de disponibilidade, em contexto de seca. Igualmente importante será a capacidade de atuar ao nível dos processos erosivos dos solos, determinantes da qualidade da água e produtividade agrícola.

Os hábitos de consumo humano, apesar de mais difíceis de alterar, devem recen- trar-se ao nível da educação. Neste contexto, é importante educar para a preservação da água, enquanto recurso, e para a mitigação das consequências da manifestação dos riscos climático-hidrológicos e de poluição, quer através da adoção de medidas coletivas, quer individuais.

Referências bibliográficas

- ANPC - AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL (2016). *Avaliação Nacional de Risco*. Acedido a 7 de maio de 2016, em: <http://www.prociv.pt/RISCOSVULNERABILIDADES/Pages/AvaliacaoNacionaldeRisco.aspx>
- Brunet, M., Casado, M. J., Castro, M. D., Galán, P., López, J. A., Martín, J. M., Pastor, A., Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I., Torres, L. (2009). *Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España*. Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Acedido em 10 de Abril de 2016, em http://www.aemet.es/en/elclima/cambio_climat/escenarios
- Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (1998). Analysis of Italian monthly precipitation series. In R. Lemmela & N. Helenius (eds), *Proceedings of the 2nd International Conference on Climate and Water*, 1090-1098, Espoo, Finland.
- Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (1999). Precipitation in Italy from 1833 to 1996. *Theory of Applied Climatology*, 63, 33-40.
- Carvalho, A., Flannigan, M. D., Logan, K., Miranda, A. I., Borrego, C. (2008). Fire activity in Portugal and its relationship to weather and the Canadian fire weather index system. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 328-338.
- de Luis, M., Brunetti, M., Longares, L. A. (2011). Precipitation concentration changes in Spain 1946-2005. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 1259–1265.

- de Luis, M., González-Hidalgo, J. C., Longares, L. A., Stepánek, P. (2009). Seasonal precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in second half of 20th century. *Int. J. Climatol.*, 29, 1312–1323.
- Ekström, M., Hingray, B., Mezghani, A., Jones, P. D. (2007). Regional climate model data used within the SWURVE project 2: addressing uncertainty in regional climate model data for five European case study areas. *Hydrol Earth Syst Sci*, 11(3), 1085–1096.
- EM-DAT (INTERNATIONAL EMERGENCY DISASTERS DATABASE) (2016). *The International Disaster Database*. Center for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED. Acedido a 21 de maio de 2016 em <http://www.emdat.be/database>
- Esteban-Parra, M. J., Rodrigo, F. S., Castro-Diez, Y. (1998). Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880–1992. *Int. J. Climatol.*, 18, 1557–1574.
- Folland, C. K., Karl, T.R. (co-ord.) (2001). Observed climate variability and change. In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C. A. (eds). Cambridge University Press: Cambridge and New York; 99–181.
- Førland, E. J., van Engelen, A., Ashcroft, J., Dahlstro, m B., Demaree, G., Frich, P., Hanssen-Bauer, I., Heino, R., Jonsson, T., Miletus, M., Muller-Westermeier, G., Palsdottir, T., Tuomenvirta, H., Vedin, H. (1996). *Change in 'normal' precipitation in the North Atlantic region (2ND edn)*. DNMI Report 7/96 Klima.
- Freitas C. M. A., Carvalho, M. L., Ximenes, E. F., Arraes, E. F., Gomes, J. O. (2014). Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. *Cien Saude Colet*, 19(9), 3645-3656.
- González-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., de Luis, M. (2010). Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946–2005. *Climate Research*, 43, 215–228.
- Guerreiro, S., Kilsby, C.G., Fowler, H. (2016). Rainfall in Iberian transnational basins: a drier future for the Douro, Tagus and Guadiana? *Climatic Change*, 135 (3), 467–480.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press. (disponível em https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)
- IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) (2016). *Monitorização das secas*. Acedido a 10 de Maio de 2016 em <https://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/>
- Kadioğlu, M., Tulunay, Y., Borhan, Y. (1999). Variability of Turkish precipitation compared to El Niño events. *Geophys Res Lett*, 26, 1597-1600.
- Karl, T. R., R. W. Knight (1998). Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 79, 231 – 241.
- López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Gimeno, Nieto, L. R. (2009). Stability of the seasonal distribution of precipitation in the Mediterranean region: Observations since 1950 and projections for the 21st century. *Geophysical Research Letters*, 36, L10703.
- Michiels, P., Gabriels, D., Hartmann, R. (1992). Using the seasonal and temporal precipitation concentration index for characterizing monthly rainfall distribution in Spain. *Catena*, 19, 43-58.
- Mishra, A. K., Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *J. Hydrol.*, 391, 202-216.
- Nunes, A. & Lourenço, L. (2015). Precipitation variability in Portugal from 1960 to 2011. *Journal of Geographical Sciences*, 25(7), 784-800.
- Nunes, A., Lourenço, L., Vieira A., Bento-Gonçalves, A. (2016). Precipitation and erosivity in southern Portugal: seasonal variability and trends (1950-2008). *Land Degradation & Development*, 27(2), 211–222.
- Nunes, A. N., Almeida, A. C., Coelho, C. O. A. (2011). Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. *Applied Geography*, 31(2), 687–699.
- Paredes, D., Trigo, R. M., García-Herrera, R., Trigo, I. F. (2006). Understanding precipitation changes in Iberia in early spring: weather typing and storm-tracking approaches. *J. Hydrometeorol*, 7, 101-113.

- Pereira, L. S., Cordery, I., Iacovides, I. (2009). *Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges*. Springer, Dordrecht, 382 p.
- Philandras, C. M., Nastos, P. T., Kapsomenakis, J., Douvis, K. C., Tselioudis, G., Zerefos, C. S. (2011). Long term precipitation trends and variability within the Mediterranean region. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 3235-3250.
- Piervitali, E., Colacino, M., & Conte, M. (1998). *Rainfall over the central-western Mediterranean basin in the period 1951–1995. Part I: Precipitation trends*, Nuovo Cimento, C21, 331-344.
- Prats, S. A., Malvar, M. C., Vieira, D. C. S., Macdonald, L., Keizer, J. J. (2013). Effectiveness of hydro-mulching to reduce runoff and erosion in a recently burnt pine plantation in central Portugal. *Land Degradation & Development*, DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2236>.
- Randall, D. A., Wood, R. A., Bony, S., Colman, R., Fichefet, T., Fyfe, J., Kattsov, V., Pitman, A., Shukla, J., Srinivasan, J., Stouffer, R. J., Sumi, A., Taylor, K. E. (2007). Climate models and their evaluation. In: *Climate change 2007: The Physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S, et al. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Santos, F. D., Forbes, K., Moita, R. (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project*. Lisbon, Portugal: Gradiva
- Scandlyn, J., Simon, C. N., Thomas, D. S. K., Brett, J. (2010). Theoretical Framing of worldviews, values, and structural dimensions of disasters. In Phillips BD, Thomas DSK, Fothergill A, Blinn-Pike L, editors. *Social Vulnerability to disasters*. Cleveland: CRC Press Taylor & Francis Group; 27-49.
- Schoenwiese, C. D., Rapp, J. (1997). *Climate Trend Atlas of Europe Based on Observations 1891-1990*, Kluwer Acad. Publishers, Norwell, Massø, 228 p.
- Stanke, C., Kerac, M., Prudhomme, C., Medlock, J., Murray, V. (2013). *Health Effects of Drought: a Systematic Review of the evidence*. PLoS Curr; 5.
- Xoplaki, E., González-Rouco, J.F., Luterbacher, J., Wanner, H. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and predictability. *Climate Dynamics*: 63-78.
- Zhang, X., Hogg, W.D., Mekis, F. (2001). Spatial and temporal characteristics of heavy precipitation events over Canada. *Journal of Climate*, 14, 1923–1936.

(Página deixada propositadamente em branco)