

CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS SITUAÇÕES DE SECA HISTÓRICAS EM PORTUGAL CONTINENTAL - A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE INDICADORES

Characterization of Historical Drought situations in mainland Portugal - The importance of indicators use

EDUARDO VIVAS ⁽¹⁾ & RODRIGO MAIA ⁽²⁾

⁽¹⁾ Investigador e Aluno de Doutoramento, FEUP,
Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200- 465 Porto, evivas@fe.up.pt

⁽²⁾ Professor Associado, FEUP,
Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200- 465 Porto, rmaia@fe.up.pt

Resumo

Uma seca constitui um fenómeno natural complexo, cuja ocorrência ou frequência não é possível prever com suficiente antecipação, devido à dependência das condições meteorológicas. Nesse sentido, deve-se promover a capacidade de preparação e prevenção para este tipo de situações. Como apresentam efeitos menos visíveis e imediatos que outros fenómenos, acabam por não ter o devido destaque ao nível dos processos de decisão ou de alerta da sociedade em geral. Não obstante, de acordo com dados da Comissão Europeia, as situações de seca afectaram a generalidade dos países europeus, com prejuízos avaliados em cerca de 100 mil milhões de euros, nos últimos 30 anos.

O presente trabalho apresenta uma caracterização das principais situações de Seca em Portugal Continental, nos últimos 30 anos, através da análise combinada de dois índices: a percentagem da Precipitação Normal (NP) e o *Standardized Precipitation Index* (SPI). Procurou-se ainda estabelecer uma correlação entre os resultados dos índices e os registos históricos de impactos, apontando novos desenvolvimentos para a gestão e previsão de situações de Seca.

Palavras-chave: Gestão, Alerta, SPI, NP, Impactos.

Abstract

Droughts are a complex phenomenon which occurrence or frequency is not possible to be foreseen with sufficient anticipation, due to its dependence on meteorological conditions. Therefore, the capacity to prepare and prevent this kind of situations shall be promoted. Traditionally droughts do not have the necessary attention at decision making level or alert of the society, since droughts' effects are less visible and immediate than other phenomenon. Nevertheless, following European Commission's data, drought situations affected the generality of European Countries, with losses evaluated around 100.000 million euros, in the last 30 years.

The present article presents a characterization of historical drought situations in mainland Portugal, through the combined analysis of two indexes: the Normal Precipitation (NP) and the Standardized Precipitation Index (SPI). Moreover a possible correlation between the results of drought indexes and the existent historical record of impacts was analyzed, to point out new developments for drought situations' management and alert.

Keywords: Management, Alert, SPI, NP, Impacts.

1. Introdução

Os fenómenos de seca correspondem a situações em que ocorre uma anomalia transitória das condições normais de precipitação, para uma dada região, num certo período de tempo, podendo resultar num fenómeno extremo (NDMC, 2006).

Em função deste deficit de precipitação verifica-se uma evolução da complexidade e gravidade dos impactos verificados a diferentes níveis, de acordo com a Figura 1.

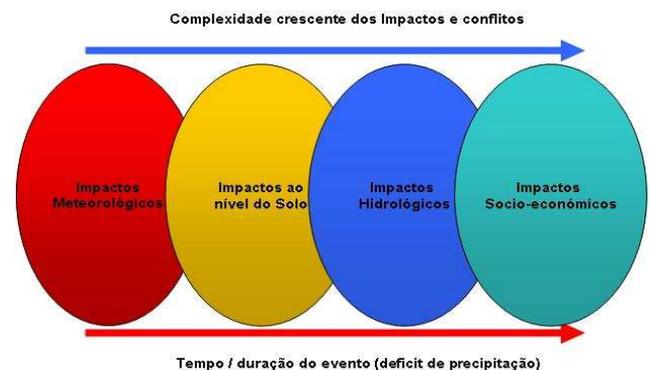


Figura 1. Evolução dos impactos de seca de acordo com a duração do evento (adaptado de Wilhite, 2005).

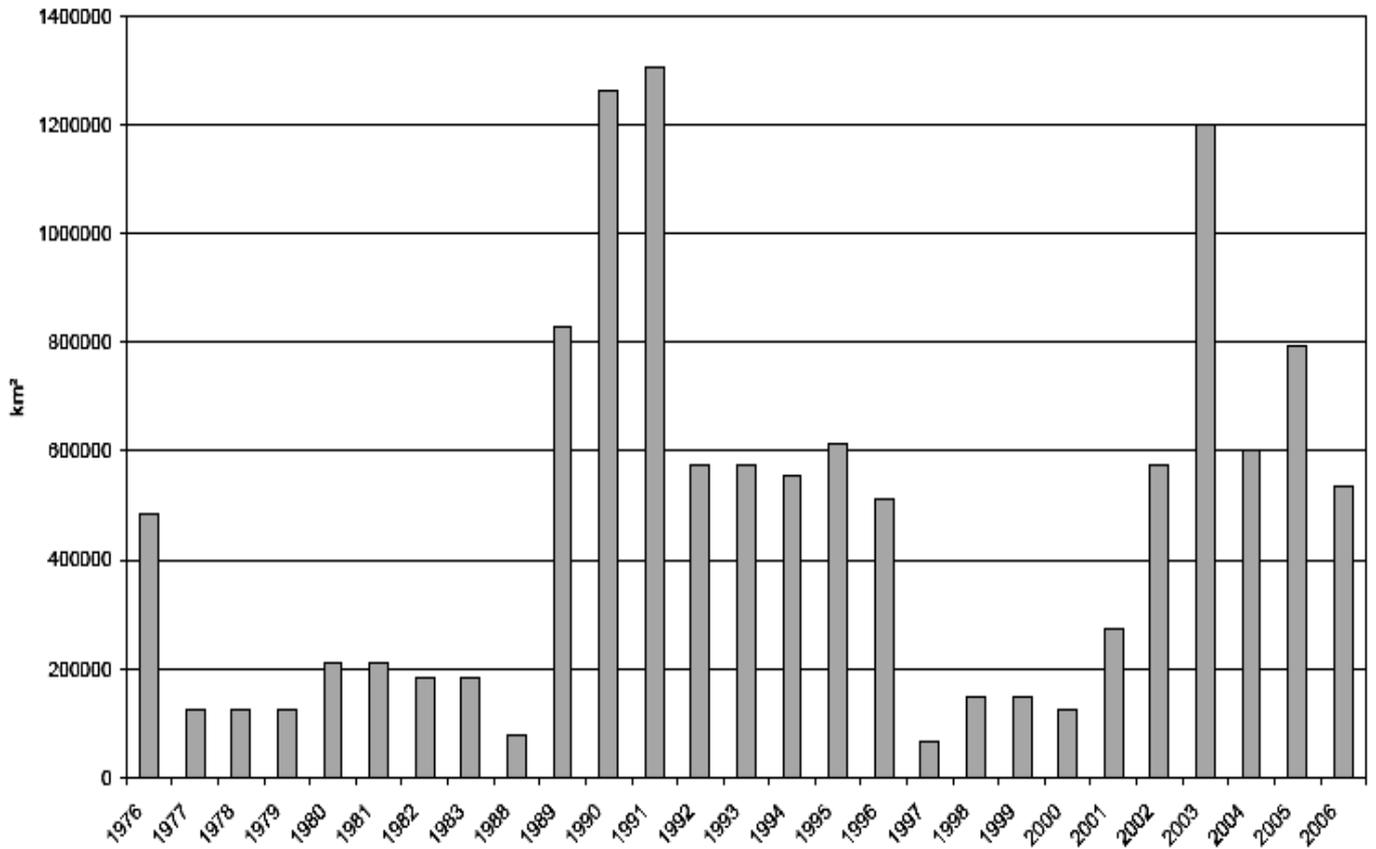


Figura 2. Área afectada na UE por situações de Seca nos últimos 30 anos (DG Env EC, 2007).

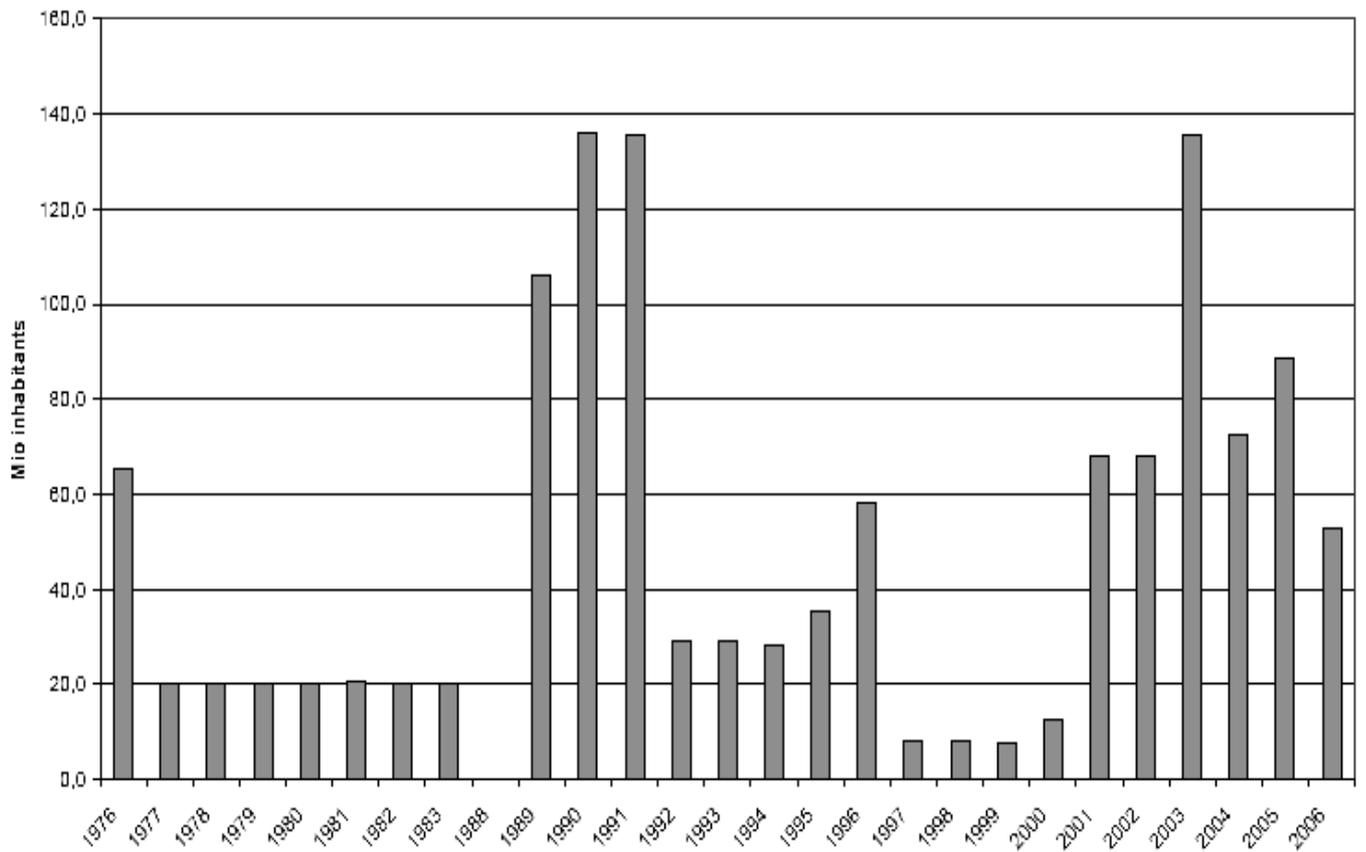


Figura 3. População afectada na UE por situações de Seca nos últimos 30 anos (DG Env EC, 2007).

Se os impactos iniciais se verificam meramente ao nível meteorológico (diminuição das condições de humidade no ar), rapidamente a afectação se estende aos solos (redução do teor de humidade do solo) e ao nível hidrológico (abaixamento dos níveis de água nos leitos dos rios e consequente diminuição dos volumes armazenados em albufeiras e das infiltrações para recarga das águas subterrâneas).

Por último, se o deficit de precipitação permanecer, reduzindo as disponibilidades existentes, de modo a começarem a ser afectadas as diferentes utilizações e actividades humanas, resultarão os chamados impactos socioeconómicos.

2. Importância das Secas ao Nível Europeu

O fenómeno das Secas assume cada vez maior importância em locais onde a utilização do recurso água é mais intensiva, como é o caso dos países Europeus, onde este tipo de situações tem provocado impactos consideráveis.

De facto, este tipo de fenómenos surge bastante destacado nas principais preocupações ao nível do desenvolvimento científico e das políticas de gestão de recursos hídricos, tendo, inclusive, dado origem a um grupo de trabalho específico ao nível da UE para avaliação da importância, efeitos e possíveis desenvolvimentos na capacidade de mitigação e prevenção dos efeitos decorrentes de situações de Seca e Escassez de Água.

Assim, segundo os dados de uma avaliação recente efectuada ao nível da UE por este grupo de trabalho (DG-Env EC, 2007), verifica-se a regular ocorrência de situações de Seca de forma regular, na Europa, nos últimos 30 anos, tendo os eventos mais severos afectado mais de 800.000 km² (37% do território Europeu) e cerca de 100 milhões de habitantes (1/5 da população Europeia), como se pode verificar nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

Nesse mesmo estudo conclui-se ainda que a grande maioria dos países da UE é afectada por situações de seca (incluindo os países nórdicos), embora os países mais regularmente afectados sejam Itália, Portugal, Chipre, Espanha e França.

Assim, dependendo das características de cada Estado-Membro, os impactos de Seca na UE podem significar:

- Dificuldades no abastecimento público (necessidade de redução de consumos e até abastecimento de populações por autotanques);
- Prejuízos ao nível da indústria e agricultura;
- Diminuição na produção de energia;
- Distúrbios em matéria de navegação e transporte.

Quanto ao impacto global médio das secas na EU, verifica-se que, entre 1991 – 2006, este foi o dobro do correspondente ao período homólogo de 1976 – 1990 e que as estimativas de perdas económicas globais, nestes últimos 30 anos, foram de cerca de 100 mil milhões de euros.

3. Situação em Portugal Continental

3.1. Características Gerais do Clima

As características gerais do clima em Portugal continental, possuem uma variabilidade natural importante ao nível da distribuição dos volumes de precipitação (tanto espacial como temporal). Assim, apesar de a precipitação anual rondar a média europeia (P anual média de 800 a 1000 mm/ano), tal como se pode comprovar na Figura 4, a variabilidade entre diferentes anos assume também uma elevada importância na distribuição dos recursos disponíveis.

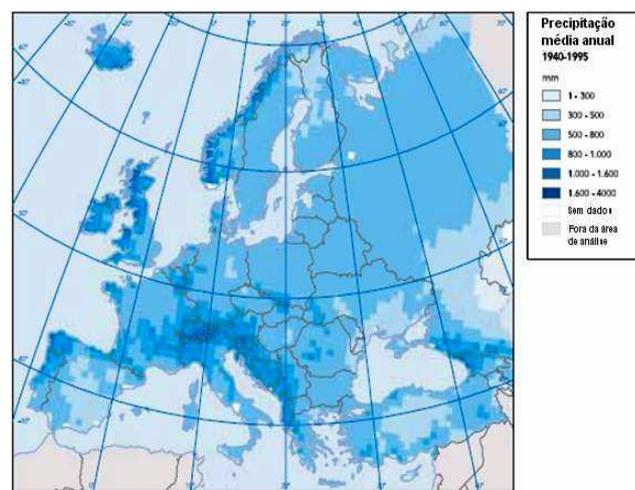


Figura 4. Precipitação anual média na União Europeia (EEA Report, 2003).

Além disso, a distribuição espacial no país é também bastante heterogénea, verificando-se que as bacias situadas mais a Sul acabam por ter valores de precipitação anual bastante inferiores aos das regiões do Norte do País, Figura 5.

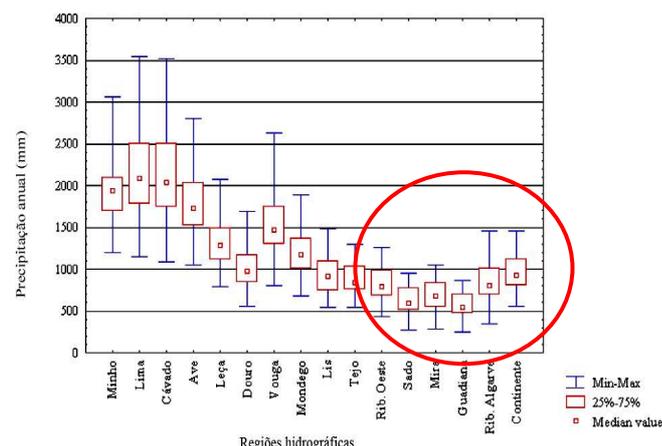


Figura 5. Precipitação anual média nas principais bacias hidrográficas Portuguesas (INAG, 2001).

Não obstante, as variações intra-aneais são igualmente significativas, verificando-se uma considerável diferença dos níveis de precipitação no semestre seco por comparação com o semestre húmido. Se a isso juntarmos as perdas por evapotranspiração, resultam valores de escoamento consideravelmente reduzidos na época de Verão, condicionando bastante as disponibilidades naturais existentes.

Esta inter-relação surge representada na Figura 6 para Portugal Continental, pelas curvas de Evapotranspiração real (EVR) e de Escoamento (ESC), podendo ainda verificar-se o valor bastante elevado das perdas potenciais, em especial no semestre seco, representado pela curva de Evapotranspiração Potencial (EVP). De facto, em algumas bacias o escoamento médio no semestre Seco é inferior a 10% do escoamento médio anual sendo, de uma forma geral, inferior a 20-25% para esta época do ano.

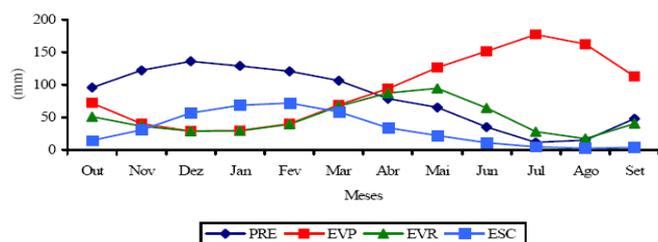


Figura 6. Precipitação média (PRE), EVP e EVR médias e escoamento médio (mm) para Portugal Continental (INAG, 2001).

Às características de variabilidade natural do clima em Portugal Continental acresce ainda alguma regularidade na ocorrência de situações de seca, o que evidencia a necessidade de uma melhor gestão e previsão/prevenção deste fenómeno.

3.2. Utilização de Indicadores/Índices

De forma a melhorar a gestão e a previsão de situações de seca, deverá recorrer-se à utilização de indicadores/índices. Um indicador/índice corresponde a um valor que permite agregar/representar um elevado volume de informação, assumindo um papel fundamental pelo auxílio na simplificação dos processos de Tomada de Decisão.

No caso específico das secas, um indicador/índice serve de base para avaliação da duração, severidade e distribuição espacial de um dado evento. Possibilitam ainda uma maior "standardização" para comparação de diferentes eventos de seca entre regiões distintas.

Convém distinguir que um indicador corresponde ao valor de uma variável (ex. precipitação, caudal, teor de humidade do solo, estado da vegetação, etc.) enquanto um índice resulta da compilação de dados de uma ou mais variáveis (ex. *Standardized Precipitation Index*, Percentagem da Precipitação Normal, Índice de Palmer, etc.).

No caso concreto da avaliação de situações de seca para os últimos 30 anos foram utilizados como indicadores principais, no âmbito do presente trabalho, a Percentagem da Precipitação Normal (NP) e o *Standardized Precipitation Index* (SPI). A NP é um dos índices mais simples e básicos (Hayes, 1997), tendo por base apenas os valores de precipitação. O seu cálculo é efectuado por comparação do valor de precipitação em análise (P_i), com a média dos últimos 30 anos (\bar{P}_{30}) (de acordo com a presente análise), ou seja,

$$NP = \frac{P_i}{\bar{P}_{30}} \quad [1]$$

Este índice poderá ser calculado tanto numa base mensal, ou grupo de meses, como numa base anual, sendo que a percentagem referente à Normal corresponderá, em qualquer dos casos, a 1.

Por sua vez, o SPI (Mckee *et al.*, 1993) tem como objectivo quantificar o défice de precipitação para diferentes escalas temporais, tendo por base a probabilidade de ocorrência de um determinado registo de precipitação. O SPI, para uma dada região, pode ser entendido como o número de "desvios-padrão" que um determinado valor de precipitação apresenta face à média histórica correspondente.

O cálculo do SPI, para qualquer localização, baseia-se nos registos históricos de precipitação, aos quais é aplicada uma distribuição probabilística (distribuição Gamma). Por sua vez, a série resultante é transformada na distribuição normal para que os valores do SPI, para a região e período de análise, correspondam a uma distribuição de média 0 e desvio padrão igual a 1.

Uma vez que o SPI é normalizado, tanto os climas mais secos, como os mais húmidos podem ser representados por este índice. Com base nestes dois índices, foi efectuado um estudo com base anual (precipitação anual acumulada no final do ano hidrológico), para cada uma das bacias hidrográficas de Portugal Continental (valores de precipitação ponderados para cada bacia), focando os últimos 30 anos.

Deste estudo resultaram os quadros seguintes (Quadro 1, com a classificação segundo o índice NP e Quadro 2, com a classificação segundo o índice SPI) que permitem classificar o tipo de ano hidrológico em cada uma das bacias hidrográficas portuguesas.

Em relação à classificação adoptada para ambos os índices, é de referir que teve por base os valores considerados num estudo efectuado em conjunto com o INAG - Instituto da Água, IP (INAG, 2007), relativo à contribuição portuguesa para a elaboração do *Second Interim Report* referente ao *In-depth assessment of Water Scarcity and Droughts* (DG Env EC, 2007).

Analisando ambos os quadros verifica-se que, de uma forma geral, os resultados são próximos e similares para a maioria das bacias hidrográficas portuguesas.

Quanto aos principais eventos de seca ocorridos em Portugal continental nos últimos 30 anos, verifica-se que existe uma compatibilidade de resultados entre os dois índices, identificando-se a ocorrência de uma situação de seca entre 1980 e 1983, outra entre 1990 e 1994 e uma última, mais recente, entre 2002 e 2006. Nestes períodos verifica-se que os anos mais gravosos, a nível nacional, i.e., em que foram mais severamente afectadas as principais bacias hidrográficas no País foram, no primeiro caso, 1980 e 1982, 1990 e 1994 no segundo e 2003, 2004 e 2005, na situação mais recente.

Quadro 1. Classificação dos anos hidrológicos de 1976 a 2006 com base no índice NP para as principais bacias hidrográficas de Portugal Continental.

	Minho	Lima	Cávado	Ave	Leça	Douro	Vouga	Mondego	Lis	Rib. Oeste	Tejo	Sado	Mira	Guadiana	Rib. Algarve
1976	0,86	0,89	0,88	0,93	1,01	0,89	0,92	0,82	1,12	1,14	1,03	1,04	1,10	1,10	1,27
1977	1,24	1,30	1,26	1,32	1,39	1,25	1,33	1,22	1,28	1,12	1,23	1,23	1,02	1,15	1,43
1978	1,22	1,28	1,34	1,39	1,52	1,26	1,28	1,09	1,32	1,32	1,27	1,21	1,18	1,03	1,03
1979	1,20	1,25	1,28	1,39	1,45	1,25	1,28	1,18	1,38	1,29	1,25	1,30	1,41	1,12	1,25
1980	0,71	0,71	0,71	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,71	0,71	0,71
1981	0,92	0,93	1,01	1,00	0,97	0,76	0,74	0,71	0,80	0,76	0,74	0,71	0,77	0,73	0,72
1982	0,74	0,73	0,80	0,84	0,83	0,76	0,74	0,71	0,80	0,76	0,74	0,71	0,77	0,73	0,72
1983	0,86	0,92	0,95	0,97	0,92	1,06	1,00	0,95	0,88	0,89	1,04	0,94	0,89	0,94	0,97
1984	1,07	1,09	1,18	1,20	1,23	1,15	1,13	0,97	1,02	0,89	0,97	0,89	0,96	0,83	0,72
1985	1,06	1,04	1,05	1,04	1,03	1,04	1,06	1,18	1,15	1,09	1,12	0,81	0,89	0,92	0,93
1986	1,02	1,01	0,96	0,93	0,98	0,84	0,91	0,94	0,97	0,77	0,77	0,89	0,94	0,80	0,81
1987	1,20	1,20	1,12	1,11	1,13	1,03	1,04	1,06	1,12	1,14	1,17	1,28	1,07	1,22	1,60
1988	0,95	0,93	0,94	0,96	0,96	0,98	1,00	1,04	0,96	0,98	1,00	0,95	1,04	0,92	1,21
1989	0,95	0,95	0,93	0,95	0,87	1,06	0,90	0,98	1,01	1,44	1,34	1,50	1,50	1,82	2,03
1990	0,73	0,73	0,70	0,76	0,76	0,78	0,83	0,88	0,97	0,97	0,84	0,87	0,77	0,88	0,91
1991	0,96	0,94	0,93	0,87	0,89	0,80	0,87	0,85	0,91	0,85	0,75	0,80	0,77	0,73	0,87
1992	0,93	0,76	0,72	0,72	0,73	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
1993	0,82	0,84	0,89	0,89	0,85	1,00	0,98	1,08	1,08	1,04	1,02	0,97	0,84	0,93	0,97
1994	1,05	1,06	1,11	1,06	1,07	0,97	1,01	0,99	0,88	0,73	0,85	0,78	0,73	0,73	0,83
1995	1,11	1,08	1,12	1,08	1,07	1,08	1,12	1,04	0,98	0,89	0,93	1,05	0,84	0,93	1,01
1996	1,15	1,15	1,19	1,24	1,21	1,24	1,25	1,47	1,40	1,42	1,45	1,50	1,54	1,61	1,77
1997	1,21	1,23	1,27	1,29	1,28	1,24	1,26	1,38	1,41	1,37	1,33	1,37	1,41	1,43	1,48
1998	0,84	0,85	0,90	0,82	0,81	0,80	0,84	0,84	0,76	0,71	0,69	0,52	0,54	0,71	0,65
1999	0,84	0,89	0,97	0,98	0,96	1,03	1,01	0,99	0,94	0,90	0,91	0,96	0,90	0,86	0,82
2000	1,09	1,14	1,20	1,25	1,31	1,37	1,25	1,37	1,25	1,22	1,21	1,14	0,90	1,21	1,13
2001	1,03	1,08	1,24	1,24	1,34	1,47	1,14	1,16	1,00	0,97	1,05	0,87	0,77	1,08	1,10
2002	0,66	0,66	0,63	0,62	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
2003	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
2004	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
2005	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
2006	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66

Classificação adoptada para definição das classes de severidade de seca (NP)

	Húmido	NP > 1,10
	Normal	0,9 < NP ≤ 1,10
	Seca suave a moderada	0,7 < NP ≤ 0,90
	Seca severa a extrema	NP < 0,70

Quadro 2. Classificação dos anos hidrológicos de 1976 a 2006 com base no índice SPI para as principais bacias hidrográficas de Portugal Continental.

	Minho	Lima	Cávado	Ave	Leça	Douro	Vouga	Mondego	Lis	Rib. Oeste	Tejo	Sado	Mira	Guadiana	Rib. Algarve
1976	-0,49	-0,39	-0,44	-0,21	0,12	-0,35	-0,19	-0,69	0,54	0,61	0,19	0,22	0,42	0,46	0,94
1977	0,96	1,22	1,1	1,27	1,4	1	1,12	0,89	1,09	0,55	0,94	0,93	0,17	0,63	1,38
1978	0,9	1,16	1,36	1,48	1,79	1,01	0,96	0,44	1,21	1,24	1,09	0,89	0,69	0,19	0,19
1979	0,84	1,05	1,15	1,49	1,6	0,97	0,97	0,76	1,41	1,15	1,01	1,19	1,4	0,54	0,88
1980	-1,45	-1,32	-1,38	-1,4	-1,03	-1,22	-1,04	-1,07	-1,17	-1,16	-1,22	-1,17	-1,68	-1,07	-0,67
1981	-0,23	0,03	0,11	0,07	-0,04	-0,22	-0,22	-0,22	-0,16	-0,73	-0,5	-0,69	-0,59	-1,07	-1,22
1982	-0,39	-0,91	-0,84	-0,6	-0,58	-0,93	-0,97	-0,97	-0,97	-0,77	-0,90	-0,98	-0,98	-1,07	-0,95
1983	-0,48	-0,27	-0,14	-0,05	-0,23	0,31	0,1	-0,11	-0,39	-0,37	0,22	-0,15	-0,32	-0,13	0
1984	0,37	0,46	0,8	0,85	0,89	0,64	0,51	-0,05	0,15	-0,38	-0,05	-0,39	-0,05	-0,62	-0,96
1985	0,34	0,26	0,28	0,26	0,19	0,24	0,28	0,75	0,63	0,44	0,54	-0,74	-0,32	-0,22	-0,13
1986	0,17	0,12	-0,1	-0,19	0,01	-0,58	-0,22	-0,17	-0,02	-0,91	-0,93	-0,36	-0,14	-0,74	-0,59
1987	0,82	0,86	0,57	0,51	0,57	0,21	0,22	0,32	0,53	0,62	0,73	1,13	0,35	0,89	1,82
1988	-0,1	-0,21	-0,16	-0,07	-0,08	-0,01	0,1	0,24	-0,09	-0,01	0,08	-0,12	0,23	-0,22	0,76
1989	-0,11	-0,15	-0,23	-0,13	-0,42	0,29	-0,26	0,02	0,13	1,64	1,33	1,84	1,65	2,63	2,81
1990	-1,48	-1,39	-1,39	-1,06	-0,81	-0,65	-0,51	-0,42	-0,03	-0,06	-0,61	-0,46	-0,79	-0,4	-0,22
1991	-0,08	-0,19	-0,21	-0,46	-0,36	-0,76	-0,36	-0,53	-0,26	0,54	0,02	0,8	-0,78	-0,46	-0,36
1992	-1,27	-1,35	-1,31	-1,16	-1,02	-1,29	-1,07	-1,07	-1,07	-1,07	-1,07	-1,07	-1,07	-1,07	-1,07
1993	-0,67	-0,65	-0,4	-0,39	-0,53	0,1	0,04	0,39	0,38	0,23	0,14	-0,03	-0,5	-0,17	-0,01
1994	0,28	0,4	0,52	0,33	0,34	-0,02	0,14	0,04	-0,41	-0,51	-0,53	-0,86	-1,21	-1,07	-1,02
1995	0,51	0,41	0,57	0,4	0,35	0,4	0,48	0,24	0,02	-0,38	-0,2	0,29	-0,52	-0,17	0,12
1996	0,65	0,68	0,82	0,98	0,83	0,93	0,87	1,73	1,49	1,58	1,66	1,85	1,75	2,07	2,21
1997	0,85	0,97	1,11	1,16	1,06	0,96	0,91	1,43	1,5	1,44	1,28	1,41	1,4	1,55	1,51
1998	-0,61	-0,59	-0,37	-0,69	-0,67	-0,77	-0,48	-0,58	-0,92	-1,22	-1,34	-2,31	-1,88	-1,13	-1,24
1999	-0,57	-0,41	-0,03	0	-0,06	0,21	0,12	0,06	-0,14	-0,32	-0,31	-0,06	-0,27	-0,48	-0,55
2000	0,42	0,62	0,86	1,01	1,15	1,37	0,89	1,4	0,98	0,93	0,87	0,63	-0,26	0,84	0,51
2001	0,2	0,41	1,02	0,99	1,24	1,67	0,56	0,88	0,1	-0,06	0,26	-0,49	-0,79	0,4	0,43
2002	-1,88	-1,8	-0,66	-0,27	-0,48	-0,75	-1,29	-1,11	-1,11	-0,73	-0,41	-0,76	-0,11	-0,01	0,01
2003	-1,85	-1,8	-0,66	-0,27	-0,48	-0,75	-1,29	-1,11	-1,11	-0,73	-0,41	-0,76	-0,11	-0,01	0,01
2004	-1,85	-1,8	-0,66	-0,27	-0,48	-0,75	-1,29	-1,11	-1,11	-0,73	-0,41	-0,76	-0,11	-0,01	0,01
2005	-1,85	-1,8	-0,66	-0,27	-0,48	-0,75	-1,29	-1,11	-1,11	-0,73	-0,41	-0,76	-0,11	-0,01	0,01
2006	-1,85	-1,8	-0,66	-0,27	-0,48	-0,75	-1,29	-1,11	-1,11	-0,73	-0,41	-0,76	-0,11	-0,01	0,01

Classificação adoptada para definição das classes de severidade de seca (SPI)

	Húmido	SPI > 0,50
	Normal	-0,50 < SPI ≤ 0,50
	Seca suave a moderada	-1,00 < SPI ≤ -0,50
	Seca severa a extrema	SPI < -1,00

Em termos relativos, pela caracterização efectuada, com base unicamente nos valores de precipitação, verifica-se que o evento de seca mais gravoso, ou de maior severidade, foi o mais recente, que, em algumas bacias hidrográficas, se estendeu de 2002 a 2006.

Do ponto de vista meteorológico, os outros dois principais eventos de seca, anteriormente referidos, podem ser classificados como tendo sido de idêntico grau de severidade de seca. Analisando mais em detalhe cada um dos eventos, foram identificadas as bacias hidrográficas mais atingidas. O critério seguido foi a verificação de pelo menos 1 ano de seca extrema e 2 de, seca severa num período de 4 anos. Assim, para a situação de seca ocorrida entre 1980 e 1983, verifica-se que, segundo ambos os índices avaliados, as bacias mais afectadas (de Norte para Sul) foram (Figura 8): Minho, Mondego, Ribeiros do Oeste, Tejo, Guadiana e Ribeiros do Algarve.

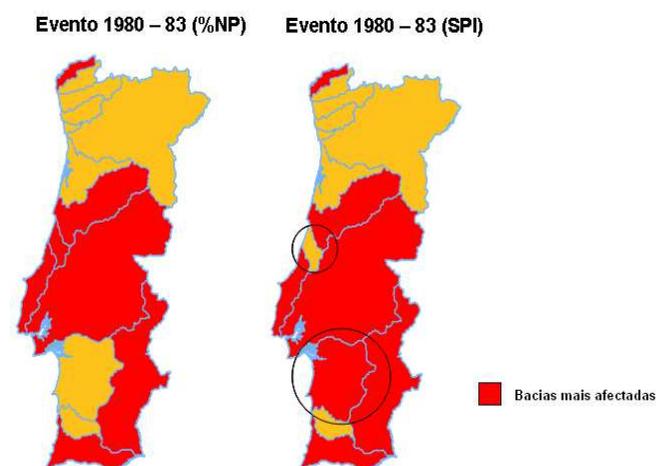


Figura 8. Principais Bacias Hidrográficas afectadas no evento de seca ocorrido entre 1980 e 1983.

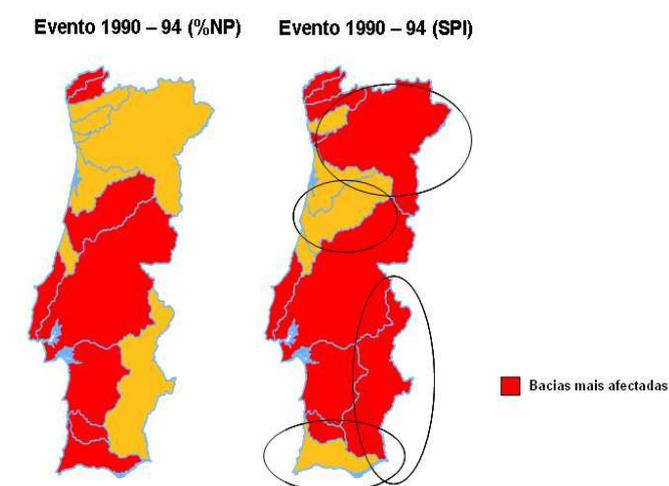


Figura 9. Principais Bacias Hidrográficas afectadas no evento de seca ocorrido entre 1990 e 1994.

Atendendo ao critério de classificação estabelecido, as diferenças comparativas entre os índices considerados foram bastante reduzidas para este evento, reportando-se apenas à bacia do Lis (seca mais gravosa segundo a NP) e com a bacia do Sado (seca mais gravosa segundo o SPI).

Para a situação de seca ocorrida entre 1990 e 1994 as bacias mais afectadas segundo ambos os índices foram (Figura 9): Minho, Lima, Ribeiros do Oeste, Tejo, Sado e Mira. Neste período já se verificaram maiores diferenças entre os dois índices, nomeadamente nas bacias do Mondego e Ribeiros do Algarve (seca mais gravosa segundo a NP) e também nas bacias do Cávado, Douro, e Guadiana (seca mais gravosa segundo o SPI). Para o evento de seca mais recente, ocorrido entre 2002 e 2006, todas as bacias hidrográficas de Portugal Continental foram seriamente afectadas do ponto de vista meteorológico, segundo o critério adoptado, não havendo diferenças sensíveis entre os resultados dos dois índices, Figura 10. Refira-se que as diferenças verificadas entre alguns resultados da classificação para os dois índices podem dever-se a uma série de factores, entre os quais se podem destacar desde logo a própria diferença na definição e cálculo dos mesmos (a NP resume-se a uma comparação dos valores de precipitação com a média respectiva, enquanto o SPI corresponde a um índice normalizado) e também a diferença na definição dos valores limite para as diferentes escalas de severidade em cada índice. Todavia, como indicadores de quais as bacias mais afectadas do ponto de vista meteorológico, para o estabelecimento de uma comparação com a verificação de registos de impactos de seca, pode considerar-se que a avaliação de ambos os índices constitui uma boa base de partida.

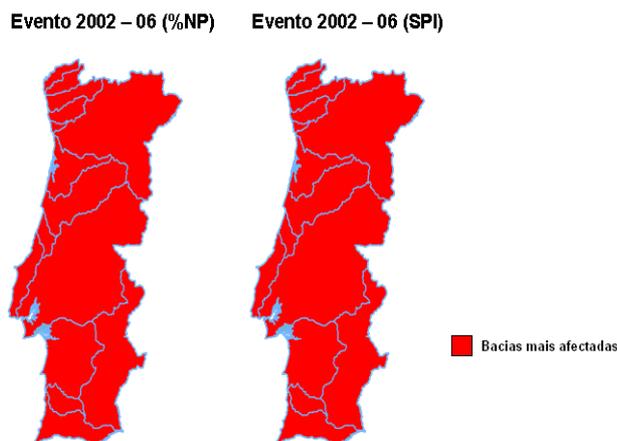


Figura 10. Principais Bacias Hidrográficas afectadas no evento de seca ocorrido entre 2002 e 2006.

3.3. Registo Histórico de Impactos

Uma situação de seca apresenta efeitos menos visíveis e imediatos que uma situação de cheia, mas ainda assim, os efeitos sociais e económicos das secas conseguem ser bastante superiores aos dos fenómenos de cheias, em especial em países da OCDE (ISDR, 2006). Assim, dada a importância dos fenómenos de seca, foi efectuado um estudo dos reais impactos ocorridos nos principais períodos de seca identificados como correspondentes a situações gravosas de seca.

Para isso foram identificados alguns documentos escritos relevantes, no que toca à descrição e memória dos principais impactos ocorridos durante os referidos períodos de seca.

Quadro 3. Avaliação dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos, segundo os diferentes sectores utilizadores de água: evento de 1980-83.

Anos de 1980/81 e 82/83		
Agricultura	Impactos	Culturas mais afectadas: grão-de-bico e girassol; Pastagens muito más até à Primavera de 1983; Abate de vacas de criação; Quebras de produção moderadas nos pomares de regadio e nas culturas de milho e feijão.
	Bacias mais afectadas	Douro, Mondego, Tejo, Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	S/ Estimativa
Abastecimento Doméstico	Impactos	Poços de abastecimento a algumas povoações ficaram sem água; (Abastecimento de populações por autotanque; construção de algumas obras de emergência).
	Bacias mais afectadas	Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	15 M€ (valor actualizado)
Actividades Empresariais	Impactos	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa
Produção de Energia	Impactos	Redução de caudais no Tejo.
	Bacias mais afectadas	Tejo
	Custos	S/ Estimativa
Biomassa e Diversidade	Impactos	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa

Quadro 4. Avaliação dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos, segundo os diferentes sectores utilizadores de água: evento de 1980-83.

Ano 1993		
Agricultura	Impactos	Redução das principais áreas regadas; Afectação das condições de abeberamento do gado; (Necessidade de abertura de furos colectivos e abastecimento por autotanque).
	Bacias mais afectadas	Douro, Tejo, Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	S/ Estimativa
Abastecimento Doméstico	Impactos	Problemas no abastecimento de alguns concelhos (restrições ao abastecimento, abastecimento por autotanque, novas captações); Redução da qualidade da água.
	Bacias mais afectadas	Douro, Mondego, Rib. Oeste, Tejo, Guadiana
	Custos	12 M€ (valor actualizado)
Actividades Empresariais	Impactos	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa
Produção de Energia	Impactos	Redução dos volumes turbinados.
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa
Biomassa e Diversidade	Impactos	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa

Quadro 5. Avaliação dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos, segundo os diferentes sectores utilizadores de água: evento de 2002-06.

		Anos 2004/05 (cont.)
Agricultura	Impactos	Culturas de sequeiro mais afectadas; Culturas de regadio com restrições; Diminuição da produção florestal; Afectação do potencial produtivo das culturas permanentes; Problemas no abeberamento do gado; Maior dependência forrageira do exterior.
	Bacias mais afectadas	Douro, Vouga, Mondego, Rib. Oeste, Sado, Mira, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	520 M€
		Anos 2004/05 (cont.)
Abastecimento Doméstico	Impactos	Esgotamento de furos; Redução dos períodos de abastecimento, redução da qualidade da água, abastecimento levado ao limite em algumas regiões (Algarve); Perda de fiabilidade das origens mais pequenas; Abastecimento de reservatórios por autotanque.
	Bacias mais afectadas	Douro, Vouga, Mondego, Tejo, Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	20M€
Actividades Empresariais	Impactos	Abastecimento industrial afectado por questões de salinidade; Aumento de custos de produção nas actividades com interface na produtividade do território (agricultura, florestas e pescas).
	Bacias mais afectadas	Lima, Vouga, Mondego, Tejo e Sado.
	Custos	35 M€
Produção de Energia	Impactos	Importante restrição na produção de energia hidroeléctrica (compatibilização dos baixos níveis de volumes, com os usos existentes); Aumento do quantitativo anual de licenças de emissão de CO ₂ .
	Bacias mais afectadas	Lima, Douro, Mondego, Tejo e Sado
	Custos	260 M€
Biomassa e Diversidade	Impactos	Aumento da secura do coberto vegetal (reflexo no número de incêndios); Degradação da qualidade da água nos rios; Aumento do Stress ambiental sobre as espécies piscícolas (sul do País); Redução das condições físicas para a qualidade de vida dos peixes ou mesmo a sua mortalidade.
	Bacias mais afectadas	Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	10 M€

Nesse estudo verificou-se, todavia, uma considerável falta de informação (especialmente para os eventos menos recentes), uma vez que os relatórios com o registo de impactos são escassos e a informação disponibilizada é limitada (com excepção do ano de 2004/05, para o qual existe bastante informação). Ainda assim foi possível efectuar, para os diferentes períodos, uma análise das principais afectações em cada sector utilizador: Agricultura, Abastecimento Doméstico, Actividades Empresariais, Produção de Energia e Biomassa e Diversidade.

Para cada um destes sectores foram sistematizados os impactos ocorridos, as principais regiões afectadas e a estimativa de custos possível. Além disso, foram apresentadas algumas estimativas de custo globais para o país e para cada evento, que tiveram por base um estudo efectuado pelo Instituto da Água, IP e que teve a colaboração dos autores deste artigo (INAG, 2007).

Os dados sistematizados para cada um dos principais eventos identificados, para os diferentes tipos de actividades, encontram-se resumidos nos quadros 3, 4 e 5.

Verifica-se então, para os três períodos de seca identificados, que:

- Dos diferentes sectores utilizadores, aquele que surge claramente mais afectado, como seria de esperar, é o sector agrícola, em especial nas culturas de sequeiro que estão mais susceptíveis a variações nas condições de precipitação. Ainda neste sector verifica-se que surgem normalmente afectadas as pastagens e o abeberamento do gado;
- Quanto ao sector do Abastecimento Doméstico verificaram-se algumas restrições ao abastecimento de algumas povoações, tendo sido necessário recorrer, em alguns casos, ao abastecimento por autotanque e à realização de novas captações;
- As actividades empresariais mais afectadas estão relacionadas com a actividade agrícola ou correspondem a situações muito específicas, devidas a problemas com captações próprias;

- A produção de energia foi também afectada nos três eventos, sendo de referir que, para o caso mais recente (Quadro 5), a afectação de produção de energia hidroeléctrica corresponde também a um aumento de emissões de CO₂ o que tem implicações no quantitativo anual de licenças de emissão (imposição legal em vigor desde o ano 2004).

No caso concreto da biomassa e da diversidade verifica-se que apenas começou a ser avaliada nos últimos anos, razão pela qual não surge identificada com nenhum tipo de impactos para os eventos mais antigos (1980-83 e 1990-94).

No que diz respeito às regiões mais afectadas por cada um dos eventos, segundo os impactos reais verificados, foi feita a identificação representada nas Figuras 11, 12 e 13, onde é também distinguido o tipo de impactos ocorridos (de acordo com a letra inicial, segundo a legenda indicada).

Evento 1980-83

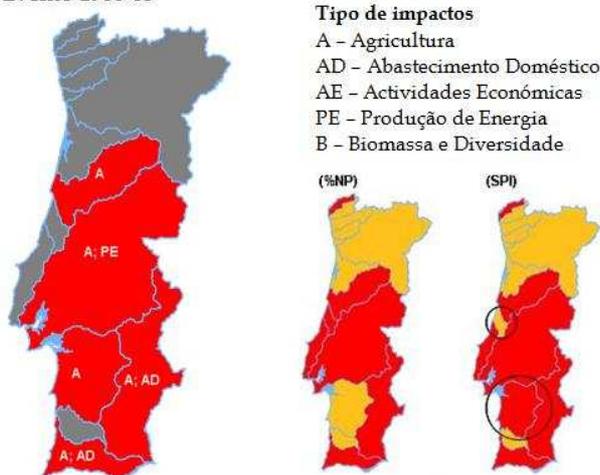


Figura 11. Principais Bacias Hidrográficas afectadas no evento de seca ocorrido entre 1980 e 1983 (Comparação do registo de impactos com a avaliação dos índices meteorológicos).

Evento 1990-94

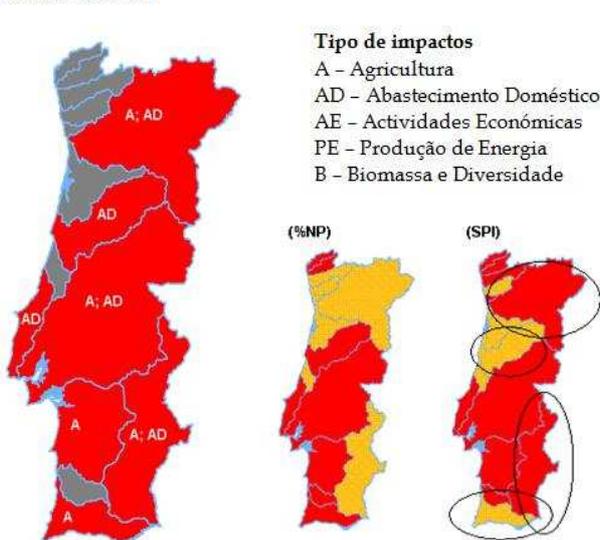


Figura 12. Principais Bacias Hidrográficas afectadas no evento de seca ocorrido entre 1990 e 1994 (Comparação do registo de impactos com a avaliação dos índices meteorológicos).

Evento 2002-06

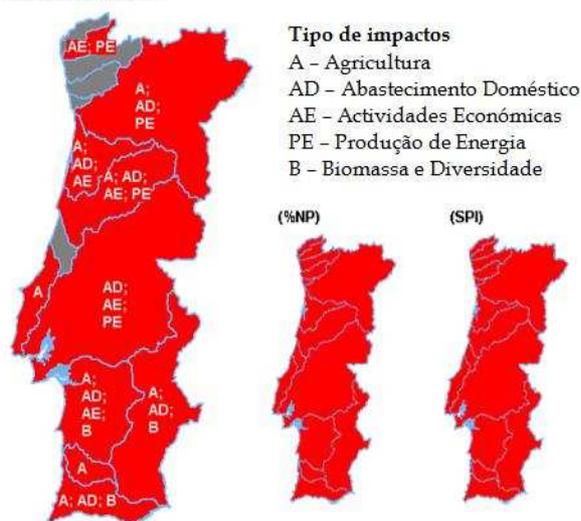


Figura 13. Principais Bacias Hidrográficas afectadas no evento de seca ocorrido entre 2002 e 2006 (Comparação do registo de impactos com a avaliação dos índices meteorológicos).

Como se pode verificar pela avaliação das Figuras 11, 12 e 13, existe uma boa compatibilidade entre a identificação das regiões mais afectadas pelos impactos das situações de seca e os resultados obtidos a partir dos índices meteorológicos, utilizados para avaliação da severidade de seca do ponto de vista meteorológico.

De facto, para praticamente todas as regiões identificadas como mais afectadas do ponto de vista meteorológico, existem registos de impactos em pelo menos um sector utilizador.

Convém não esquecer que as informações de registo de impactos são limitadas, pelo que o resultado real deverá ser ainda mais próximo ao apresentado pelos índices meteorológicos.

Quanto à estimativa de custos ou impactos/perdas económicos para cada um dos eventos de seca, foi considerada uma estimativa para cada um dos eventos identificados, tendo sido definidos segundo dados do Instituto da Água, IP (INAG, 2007), os seguintes valores actualizados (valores globais para o país e englobando todos os sectores utilizadores):

- Evento de 1980-83: 320 M€;
- Evento de 1990-94: 680 M€;
- Evento de 2002-06: 845 M€.

Em relação aos valores referidos e, em especial, atendendo à considerável diferença entre a estimativa para o evento de 1980-83 e o evento de 1990-94, convém notar que existiu uma intensificação da utilização da água desde a década de 80, além de que a estimativa atende, também, à memória de acontecimentos passados, sendo natural que os acontecimentos mais recentes estejam mais presentes e como tal a estimativa de perdas seja superior. De igual forma, como seria de esperar, o evento mais recente foi também o mais gravoso em termos socioeconómicos.

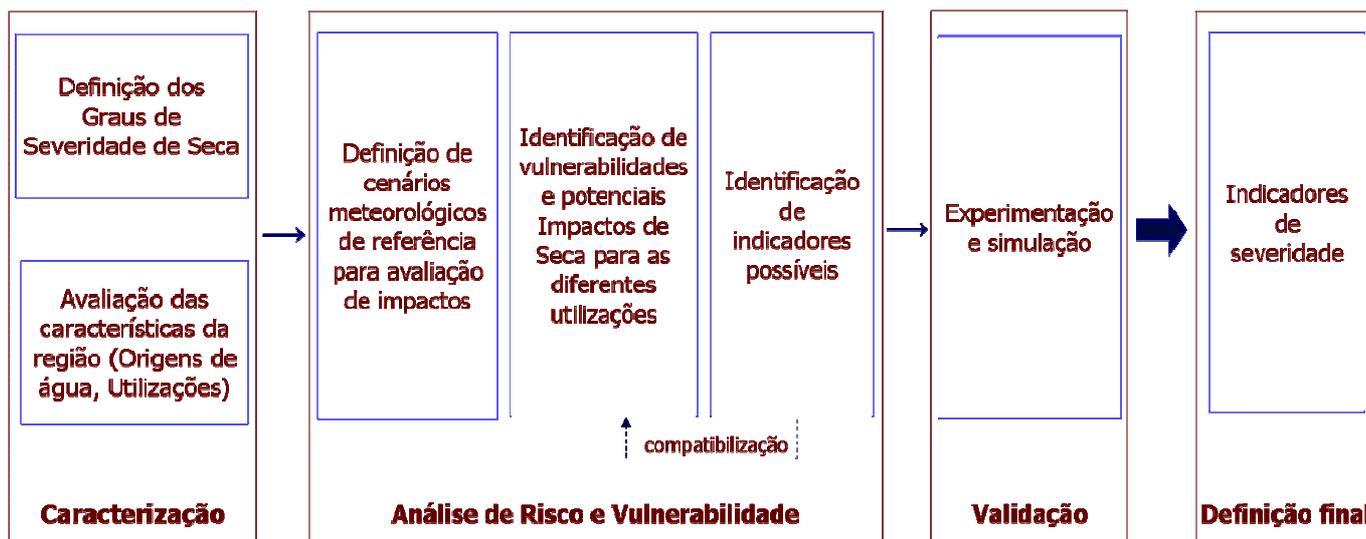


Figura 14. Esquema simplificado da metodologia para a definição de indicadores/índices que atendam às potenciais afectações das utilizações em situações de seca (linhas de trabalho em desenvolvimento na FEUP).

4. Avaliação dos Índices Meteorológicos Face aos Impactos Reais

Da análise efectuada é possível concluir que, embora possibilitem uma boa indicação das regiões onde poderão surgir problemas, os índices de seca de cariz meteorológico:

- Não identificam as utilizações que poderão vir a ser afectadas;
- Não apontam problemas como a deterioração da qualidade da água;
- Não permitem avaliar a influência da regulação Espanhola nas bacias internacionais.

Além disso, pela avaliação dos impactos reais verificados, torna-se claro que uma macroavaliação meteorológica (país/bacias hidrográficas) deverá ser complementada com uma avaliação por indicadores/índices específicos que atendam às características de cada região e que sirvam de base à aplicação rigorosa de medidas ao nível local.

Assim, a solução deverá passar pela definição/desenvolvimento de indicadores/índices, que atendam aos efeitos potenciais das secas sobre as diferentes utilizações do recurso água.

5. Conclusões para a Definição de Indicadores/ Índices

A definição de indicadores/índices, que atendam às potenciais afectações sobre as diferentes utilizações deverá resultar:

- numa avaliação mais consolidada do real grau de severidade de seca para as diferentes utilizações;
- numa gestão mais facilitada e sistematizada de situações de seca (abordagem preventiva e de planeamento prévio);
- na sistematização de indicadores/índices que possam servir de base a um Sistema de Previsão e Gestão de Situações de seca;

- na contribuição para uma melhor consciencialização geral do público para os reais graus de severidade de seca.

Com estes propósitos, a metodologia de definição deste tipo de indicadores/índices deverá ter por base o esquema simplificado que se apresenta em seguida (Figura 14) e que corresponde também ao trabalho que tem vindo a ser levado a cabo na FEUP.

Assim, após um trabalho prévio de caracterização das regiões em análise (em termos de origens de água e respectivas utilizações), que servirá de base à definição da unidade de área de análise (de características homogéneas), deverá seguir-se uma análise de riscos e vulnerabilidades das principais origens de água que servem os diferentes usos, o que permitirá a identificação dos indicadores representativos e, após um período de simulação e experimentação, uma definição final do(s) indicador(es)/índice(s) a representar a gravidade ou alerta de seca em determinada região.

Acresce ainda que, associado à definição deste tipo de indicadores/índices, deverá existir um maior esforço de sistematização no registo e avaliação dos impactos reais de seca, inclusive para uma validação e aferição desses mesmos indicadores/índices definidos.

Tal poderá ser conseguido através de um sistema automático de recolha de registos de impactos de seca, que poderá funcionar com base Web para mais fácil acesso e distribuição de informação.

Referências

Comissão para a Seca 2005, (2005); *Relatório de Balanço da Seca 2005*, Secretariado Técnico da Comissão para a Seca 2005, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Dezembro 2005;

- DG Env EC, (2007); *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report*, Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas, Junho de 2007;
- EEA (2003), *Europe's Water: An indicator-based assessment*, European Environment Agency, Copenhaga, 2003, ISBN 92-9167-581-4;
- Feio, M; Henriques, V. (1986), *As Secas de 1980-81 e 82-83 e as principais Secas anteriores*, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 1986;
- Hayes, M. (1997), *Drought Indices*, National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln, 1997 (<http://drought.unl.edu/index.htm>);
- INAG, (1993), *Acompanhamento Quinzenal da Seca (31 de Julho)*, INAG, Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais, Agosto de 1993;
- INAG, (2001), *Plano Nacional da Água*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, 2001;
- INAG, (2007), *Preliminary Country Report*, Contribuição portuguesa para o relatório da Comissão Europeia Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, 2007;
- ISDR (2006), *Disaster Statistics*, CRED – Centre for Research of Epidemiology of Disasters, United Nations - International Strategy for Disaster Reduction, 2006 (<http://www.unisdr.org/>);
- Mckee et al. (1993), *The relationship of Drought frequency and duration of time scales*, Eight Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, 17-23 Janeiro, 1993, Anaheim CA, pp. 179-186;
- NDMC (2006), *Understanding and defining Drought*, National Drought Mitigation Centre, University of Nebraska-Lincoln, 2006 (<http://drought.unl.edu/index.htm>);
- Wilhite, D., Buchanan-Smith, M. (2005), *Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context*, Drought and Water Crises – Science, Technology and Management Issues, Taylor&Francis, Boca Raton, 2005, ISBN 0-8247-2771-1;