

# PLANO DE GESTÃO DE REGIÃO HIDROGRÁFICA

3.º Ciclo | 2022 – 2027

## VOUGA, MONDEGO E LIS (RH4A)



Parte 2 | Caracterização e Diagnóstico  
Volume B

Maio | 2023



## ÍNDICE

<b>1. DISPONIBILIDADES DE ÁGUA.....</b>	<b>7</b>
1.1. VARIÁVEIS DE ENTRADA.....	8
1.1.1. <i>Temperatura</i> .....	8
1.1.2. <i>Precipitação</i> .....	9
1.1.3. <i>Evapotranspiração</i> .....	14
1.2. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS .....	16
1.2.1. <i>Regime natural</i> .....	16
1.2.2. <i>Regime modificado</i> .....	22
1.2.3. <i>Regime de caudais ecológicos</i> .....	25
1.3. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS .....	28
<b>2. BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADES E NECESSIDADES .....</b>	<b>32</b>
2.1. ÍNDICE DE ESCASSEZ WEI+ .....	33
2.2. COEFICIENTE DE ESCASSEZ A APLICAR NA TAXA DE RECURSOS HÍDRICOS.....	37
<b>3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA .....</b>	<b>39</b>
3.1. TEMPERATURA .....	40
3.2. PRECIPITAÇÃO.....	45
<b>4. RISCOS .....</b>	<b>48</b>
4.1. RISCOS NATURAIS.....	49
4.1.1. <i>Secas</i> .....	49
4.1.1.1. <i>Metodologia e critérios</i> .....	51
4.1.1.2. <i>Secas na década de 2010 a 2021</i> .....	53
4.1.2. <i>Inundações</i> .....	56
4.1.2.1. <i>Metodologia e critérios</i> .....	57
4.1.2.2. <i>Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundações</i> .....	58
4.1.2.3. <i>Articulação entre PGRH e PGRI</i> .....	61
4.1.3. <i>Erosão costeira e instabilidade de arribas</i> .....	62
4.1.3.1. <i>Litoral baixo e arenoso</i> .....	62
4.1.3.2. <i>Litoral de arriba</i> .....	64
4.1.4. <i>Incêndios florestais</i> .....	65
4.1.5. <i>Tsunamis</i> .....	68
4.2. RISCOS TECNOLÓGICOS.....	70
4.2.1. <i>Acidentes no transporte de mercadorias perigosas</i> .....	70
4.2.2. <i>Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos</i> .....	70
4.2.3. <i>Colapso de pontes e aquedutos</i> .....	70
4.2.4. <i>Rutura de barragens</i> .....	70
4.2.5. <i>Acidentes em instalações fixas com substâncias perigosas</i> .....	71
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>
ANEXO I - LISTA DAS MASSAS DE ÁGUA IDENTIFICADAS NAS ARPSI.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Temperatura média mensal na RH .....	9
Figura 1.2 – Precipitação média anual para os anos húmido, médio e seco na RH, para o três períodos de referência .	10
Figura 1.3 – Precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1930-2015 .....	12
Figura 1.4 – Precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1989-2015 .....	12
Figura 1.5 – Precipitação média mensal para o ano seco nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH .....	13
Figura 1.6 – Precipitação média mensal para o ano médio nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH .....	13
Figura 1.7 – Evapotranspiração média mensal na RH.....	15
Figura 1.8 – Esquema ilustrativo do modelo proposto por Temez para representar os fluxos de água numa bacia hidrográfica.....	17
Figura 1.9 – Escoamento médio anual para os anos húmido, médio e seco na RH, para os três períodos de referência	18
Figura 1.10 – Escoamento médio mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1930-2015.....	19
Figura 1.11 – Escoamento médio mensal para os anos húmido, médio e seco para o período de 1989-2015, na RH....	21
Figura 1.12 – Escoamento médio mensal para o ano seco nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH .....	21
Figura 1.13 – Escoamento médio mensal para o ano médio nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH .....	22
Figura 1.14 – Escoamento anual para o regime modificado para os anos húmido, médio e seco na RH, para os três períodos de referência.....	23
Figura 1.15 – Escoamento em regime modificado mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1989-2015 .....	25
Figura 1.16 – Disponibilidade hídrica subterrânea por unidade de área na RH .....	29
Figura 2.1 – Metodologia de cálculo do WEI+ .....	34
Figura 2.2 – Valores do WEI+ mensal para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, na RH.....	36
Figura 2.3 – WEI+ anual por sub-bacia para o período de referência 1989-2015, na RH.....	37
Figura 3.1 – Anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação à normal de 1981-2010.....	40
Figura 3.2 – Anomalias da temperatura media global por décadas desde a era pré-industrial, considerando diferentes conjuntos de dados.....	41
Figura 3.3 – Anomalias observadas na temperatura do ar no período de verão na Europa .....	41
Figura 3.4 – Anomalias da média da temperatura do ar média por décadas, em Portugal continental, em relação aos valores médios no período 1971-2000 .....	42
Figura 3.5 – Anomalias anuais da temperatura média em Portugal continental em relação ao valor normal 1971-2000, desde 1931 .....	42
Figura 3.6 – Ranking dos 30 maiores valores da temperatura média do ar entre 1931 e 2020.....	43

Figura 3.7 – Variabilidade da temperatura do ar máxima e mínima anual, em Portugal continental no período 1931-2020 .....	43
Figura 3.8 – Distribuição espacial das anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação ao valor normal 1971-2000 .....	44
Figura 3.9 – Anomalias da precipitação por décadas, em Portugal continental, em relação aos valores médios no período 1971-2000 .....	45
Figura 3.10 – Anomalias da quantidade de precipitação anual em Portugal continental, em relação ao valor médio no período 1971-2000 .....	45
Figura 3.11 – Desvios (em relação ao valor médio 1971-2000) do total de precipitação anual em 2020 .....	46
Figura 3.12 – Distribuição espacial da percentagem da precipitação em 2020, em relação ao valor normal 1971-2000 .....	46
Figura 3.13 – Temperatura média do ar e precipitação em Portugal continental entre 1931 e 2020 .....	47
Figura 3.14 – Desvio da precipitação mensal no ano hidrológico 2020/21 para a RH .....	47
Figura 4.1 – Evolução mensal da percentagem do território em seca severa e extrema, de acordo com a classificação do índice PDSI, para várias situações de seca (histórica: 1944/45; após 2000: 2004/05, 2008/09, 2011/12, 2014/15 e 2016/17) .....	50
Figura 4.2 – Principais secas em Portugal Continental e sua extensão territorial, anos secos no período de 2011 a 2021 (Adaptado do Boletim de Seca de setembro de 2017 do IPMA) .....	53
Figura 4.3 – Índice SPI-12 para a Bacia Hidrográfica do Vouga .....	54
Figura 4.4 – Índice SPI-12 para a Bacia Hidrográfica do Mondego e Lis .....	54
Figura 4.5 – Aplicação do índice Drought State Index for Reservoirs na Bacia Hidrográfica do Mondego .....	55
Figura 4.6 – Eventos de inundação na RH .....	59
Figura 4.7 – Localização das ARPSI para a RH – 2.º ciclo .....	60
Figura 4.8 – Linha de costa em erosão (evolução de longo prazo) .....	63
Figura 4.9 – Distribuição espacial das ocorrências de movimentos de massa de vertente em arriba e dos respetivos acidentes com pessoas .....	65
Figura 4.10 – Carta de perigosidade de incêndio florestal .....	66
Figura 4.11 – Incêndios rurais em Portugal Continental: ocorrências e área ardida .....	67
Figura 4.12 – Incêndios rurais em Portugal Continental: ocupação do solo .....	68
Figura 4.13 – Carta de suscetibilidade a tsunamis .....	69
Figura 4.14 – Massas de água diretamente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais, por classe de severidade .....	75

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 – Número de estações de monitorização por rede de monitorização .....	8
Quadro 1.2 – Temperatura média mensal e anual por sub-bacia (período 1930-2015) .....	8
Quadro 1.3 – Número de estações de monitorização por rede de monitorização .....	9
Quadro 1.4 – Precipitação média anual para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015) .....	10
Quadro 1.5 – Precipitação média mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1930-2015) .....	11
Quadro 1.6 – Precipitação média mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1930-2015) .....	11
Quadro 1.7 – Evapotranspiração média mensal e anual por sub-bacia (período 1930-2015) .....	14
Quadro 1.8 – Escoamento médio anual para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015 e 1989-2015) .....	17
Quadro 1.9 – Escoamento médio mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1930-2015) .....	18
Quadro 1.10 – Escoamento médio mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1930-2015) .....	19
Quadro 1.11 – Escoamento médio mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1989-2015) .....	19
Quadro 1.12 – Escoamento médio mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1989-2015) .....	20
Quadro 1.13 – Escoamento anual em regime modificado para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015 e 1989-2015) .....	23
Quadro 1.14 – Escoamento em regime modificado mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1989-2015) .....	24
Quadro 1.15 – Escoamento em regime modificado mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1989-2015) .....	24
Quadro 1.17 – Disponibilidade hídrica subterrânea na RH .....	29
Quadro 1.18 – Disponibilidade hídrica das massas de água subterrânea na RH .....	30
Quadro 2.1 – Categorias do índice WEI+ .....	34
Quadro 2.2 – Valores do WEI+ mensal e anual, por sub-bacia (período 1930-2015) .....	34
Quadro 2.3 – Valores do WEI+ mensal e anual, por sub-bacia (período 1989-2015) .....	35
Quadro 2.4 – Valores das classes do índice de escassez WEI+ e a sua correspondência com a variação do coeficiente de escassez a aplicar na TRH .....	38
Quadro 2.5 – Valores do coeficiente de escassez a associar às sub-bacias na RH .....	38
Quadro 3.1 – Dez anos com a temperatura máxima mais alta em Portugal continental (1931-2020) .....	44
Quadro 4.1 – Escala de valores de precipitação associados à classificação do SPI (European Drought Observatory) .....	52
Quadro 4.2 – Escala de valores associado índice Drought State Index for Reservoirs (DSIR) .....	53
Quadro 4.3 – Eventos reportados na RH, entre 2011 e 2018 .....	58
Quadro 4.4 – Lista de ARPSI para a RH .....	59
Quadro 4.5 – Número de massas de água identificadas nas ARPSI, na RH .....	61
Quadro 4.6 – Ocorrências de movimentos de massa de vertente por ARH .....	65
Quadro 4.7 – Classificação das Grandes Barragens .....	71

Quadro 4.8 – Potenciais Riscos e Impactes associados a possíveis fontes de contaminação por substâncias perigosas	72
Quadro 4.9 – Classificação de severidade .....	73
Quadro 4.10 – Massas de água potencialmente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais.....	74

# 1. DISPONIBILIDADES DE ÁGUA



## 1.1. Variáveis de entrada

A informação apresentada nos capítulos 1.1 e 1.2 resulta do trabalho desenvolvido para a APA, I.P. pelo Consórcio NEMUS – Gestão e Requalificação Ambiental, Lda. / BLUEFOCUS – Unipessoal, Lda. / HIDROMOD – Modelação em Engenharia, Lda.

### 1.1.1. Temperatura

As superfícies de temperatura média mensal utilizadas na modelação hidrológica foram produzidas com os registos de estações climatológicas do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) e da Agência Estatal de Meteorologia do Governo Espanhol (AEMET) (Quadro 1.1).

**Quadro 1.1 – Número de estações de monitorização por rede de monitorização**

Rede	Temperatura
	N.º de estações com registo no período 10/1900-09/2019 e na zona de interesse
SNIRH	104
IPMA	39
AEMET	295
<b>TOTAL</b>	<b>438</b>

Tendo em conta a quantidade de dados disponíveis, restringiu-se a análise ao período entre outubro de 1930 e setembro de 2016 (86 anos hidrológicos e 1032 meses) e foram consideradas 438 estações de temperatura.

A interpolação espacial dos valores pontuais de temperatura média mensal foi concretizada recorrendo ao método IDW. O Quadro 1.2 apresenta os valores de temperatura obtidos por sub-bacia hidrográfica.

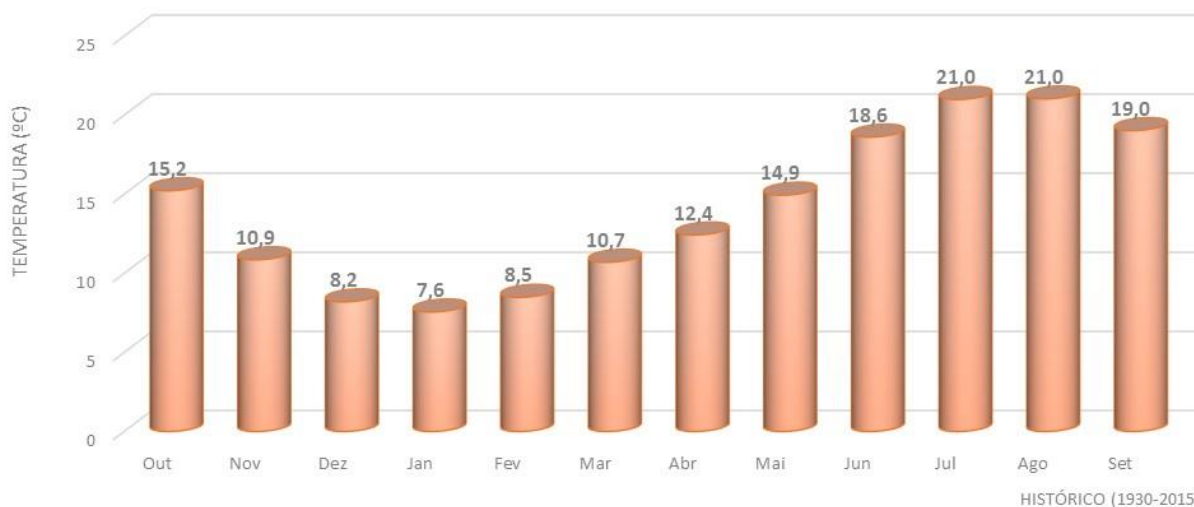
**Quadro 1.2 – Temperatura média mensal e anual por sub-bacia (período 1930-2015)**

Sub-bacia/RH	Temperatura média /anual (°C)												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Alva	14,4	9,8	7,1	6,4	7,3	9,6	11,4	14,3	18,4	21,2	21,2	18,8	13,3
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras do Vouga	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	16,3	12,3	9,7	9,2	10,0	12,1	13,7	15,8	18,9	20,7	20,8	19,4	14,9
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	16,2	12,1	9,5	8,9	9,8	11,9	13,5	15,8	18,8	20,6	20,7	19,3	14,8
Dão	14,2	9,6	6,9	6,2	7,2	9,6	11,5	14,3	18,5	21,3	21,2	18,7	13,2
Lis	16,4	12,2	9,6	9,1	9,9	12,0	13,6	15,8	18,9	20,8	21,0	19,5	14,9
Mondego	15,2	10,8	8,1	7,5	8,4	10,6	12,4	14,9	18,6	21,0	21,1	19,1	14,0
Vouga	15,4	11,1	8,5	7,9	8,8	11,0	12,7	15,1	18,6	20,9	20,9	19,1	14,2
<b>RH</b>	<b>15,2</b>	<b>10,9</b>	<b>8,2</b>	<b>7,6</b>	<b>8,5</b>	<b>10,7</b>	<b>12,4</b>	<b>14,9</b>	<b>18,6</b>	<b>21,0</b>	<b>21,0</b>	<b>19,0</b>	<b>14,0</b>

n.a- não aplicável.

As sub-bacias costeiras apresentam, em média, valores superiores aos das restantes bacias. Na RH os meses de julho e agosto são os que registam valores médios mais elevados (Figura 1.1).





**Figura 1.1 – Temperatura média mensal na RH**

### 1.1.2. Precipitação

As superfícies de precipitação mensal utilizadas na modelação hidrológica foram produzidas com os registos de estações udométricas e climatológicas do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) e da Agência Estatal de Meteorologia do Governo Espanhol (AEMET) (Quadro 1.3).

**Quadro 1.3 – Número de estações de monitorização por rede de monitorização**

Rede	Precipitação
	N.º de estações com registos no período 10/1900-09/2019
SNIRH	775
IPMA	59
AEMET	3594
<b>TOTAL</b>	<b>4428</b>

Tendo em conta a quantidade de dados disponíveis, restringiu-se a análise ao período entre outubro de 1930 e setembro de 2016 (86 anos hidrológicos e 1032 meses) e foram consideradas 3818 estações de precipitação.

A interpolação espacial dos valores pontuais de precipitação mensal foi concretizada recorrendo ao método IDW.

Uma vez que as variações de precipitação têm sofrido grandes alterações neste século, dividiu-se o período de referência (1930-2015) entre 1930-1989 e 1989-2015.

O Quadro 1.4 apresenta os valores de precipitação média anual para os anos húmido, médio e seco, obtidos para o período de referência 1930-2015, por sub-bacia hidrográfica.

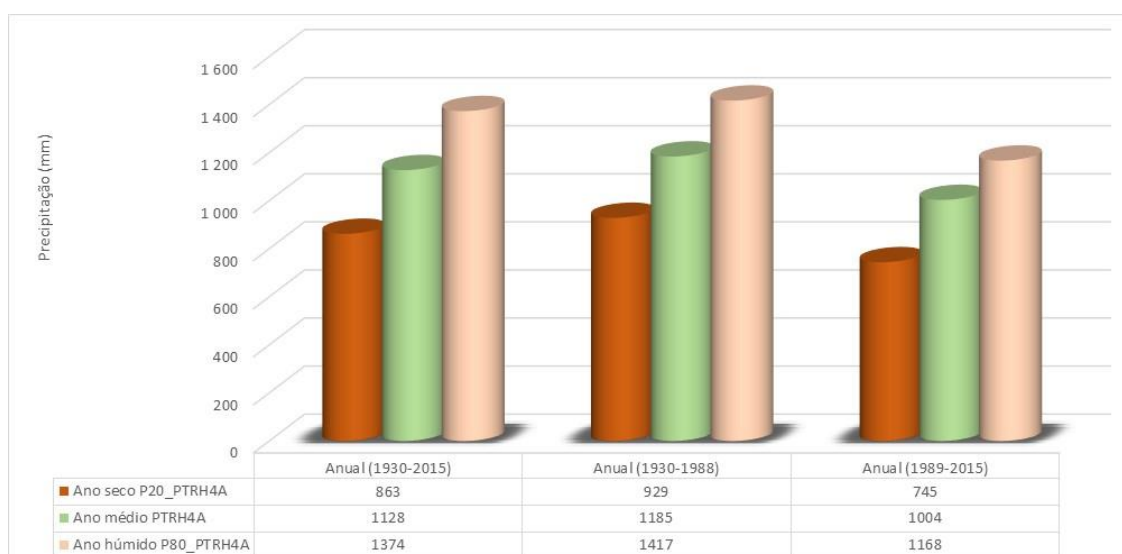
**Quadro 1.4 – Precipitação média anual para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015)**

Sub-bacia/RH	Precipitação média anual (mm)		
	Ano húmido (80%)	Ano médio	Ano seco (20%)
Alva	1451	1194	891
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a
Costeiras do Vouga	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	990	841	610
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	1108	902	685
Dão	1475	1177	889
Lis	1192	931	675
Mondego	1266	1029	783
Vouga	1528	1291	1011
<b>RH</b>	<b>1374</b>	<b>1128</b>	<b>863</b>

n.a- não aplicável

Observa-se que o valor de precipitação em ano seco para o período 1930-2015 apresenta, em média, um decréscimo de 24% relativamente ao ano médio e de 37% relativamente ao ano húmido.

A Figura 1.2 apresenta os valores de precipitação média anual para os anos húmido, médio e seco por região hidrográfica, obtidos para os três períodos de referência 1930-2015, 1930-1989 e 1989-2015.



**Figura 1.2 – Precipitação média anual para os anos húmido, médio e seco na RH, para o três períodos de referência**

A análise comparativa dos dados para os vários períodos temporais, permite verificar uma redução generalizada da precipitação no período 1989-2015 relativamente ao período anterior de 1930-1988, sendo essa diminuição, em ano seco de 20%, em ano médio de 15% e em ano húmido de 18%.

O Quadro 1.5 e o Quadro 1.6 apresentam os valores de precipitação média mensal e anual para os anos médio e seco para o período 1930-2015, respetivamente, obtidos por sub-bacia hidrográfica.

**Quadro 1.5 – Precipitação média mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1930-2015)**

Sub-bacia/RH	Precipitação média /anual (mm)												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Alva	125	150	169	168	133	125	102	89	44	15	17	55	1194
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras do Vouga	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	91	108	120	120	96	88	71	62	27	8	11	38	841
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	97	116	127	129	103	93	77	68	30	9	13	42	902
Dão	119	144	168	170	139	124	99	85	43	15	17	54	1177
Lis	101	118	135	135	109	100	79	65	30	8	11	41	931
Mondego	106	128	145	146	117	108	88	77	38	12	14	48	1029
Vouga	131	160	184	185	151	136	108	95	45	16	21	60	1291
<b>RH</b>	<b>116</b>	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>161</b>	<b>130</b>	<b>119</b>	<b>96</b>	<b>83</b>	<b>40</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>52</b>	<b>1128</b>

n.a- não aplicável

Os valores médios mensais na sub-bacia hidrográfica do Vouga são superiores aos das restantes bacias. Comparando os valores médios das precipitações mensais das bacias costeiras, conclui-se que, em média, as bacias costeiras entre o Vouga e o Mondego apresentam valores superiores. Na RH o mês de janeiro é o que regista os valores médios mais elevados de precipitação e o mês de julho os mais baixos.

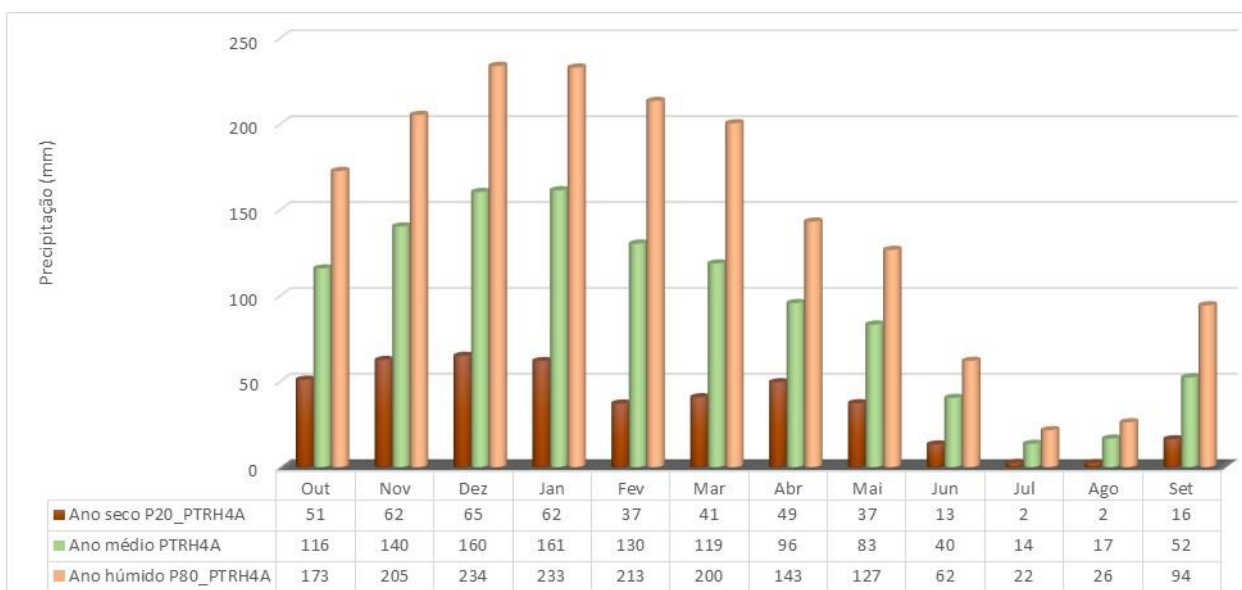
**Quadro 1.6 – Precipitação média mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1930-2015)**

Sub-bacia/RH	Precipitação média /anual (mm)												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Alva	57	65	62	58	36	42	57	40	16	2	2	18	891
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras do Vouga	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	41	50	56	55	33	32	35	25	5	1	1	11	610
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	38	53	53	52	33	35	40	29	6	1	1	11	685
Dão	50	61	57	60	30	30	50	39	14	3	2	17	889
Lis	46	54	63	58	37	34	39	23	6	1	1	11	675
Mondego	49	58	58	58	35	40	47	34	13	2	2	15	783
Vouga	55	71	78	70	43	48	54	44	15	3	3	19	1011
<b>RH</b>	<b>51</b>	<b>62</b>	<b>65</b>	<b>62</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>49</b>	<b>37</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>863</b>

n.a- não aplicável

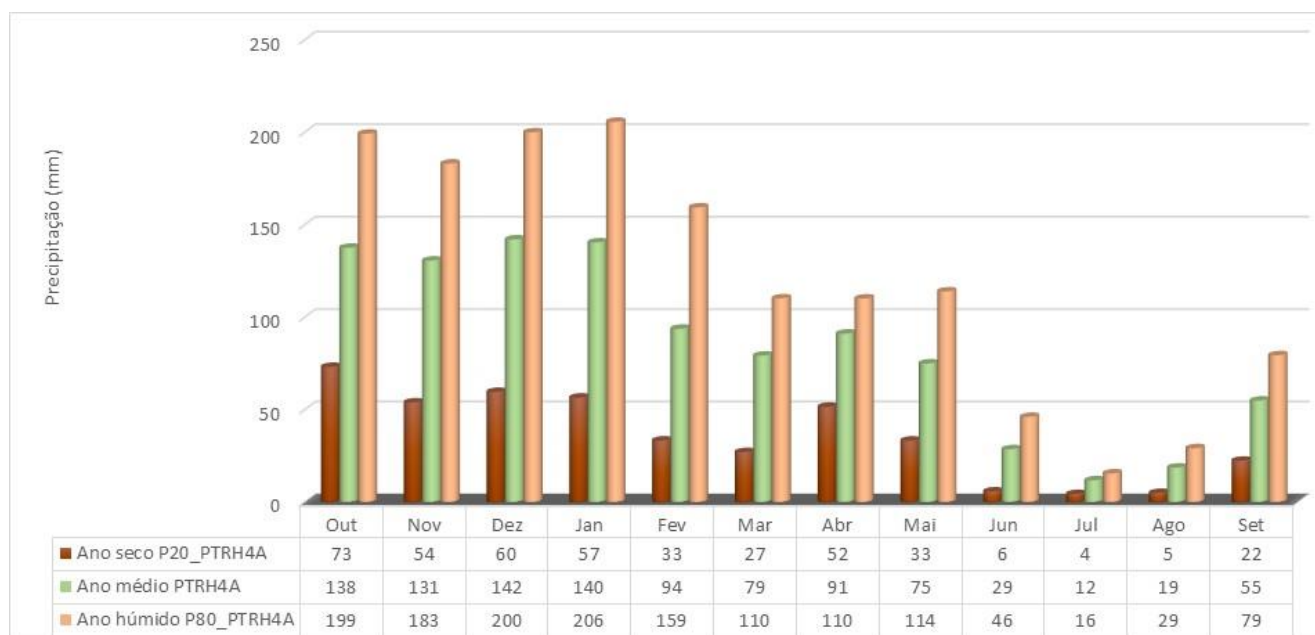
Para o ano seco, a precipitação mensal diminui em todos os meses em relação ao ano médio, variando essa redução entre menos 88% em agosto e menos 49% em abril.

A Figura 1.3 apresenta os valores de precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco para o período de referência 1930-2015 na RH.



**Figura 1.3 – Precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1930-2015**

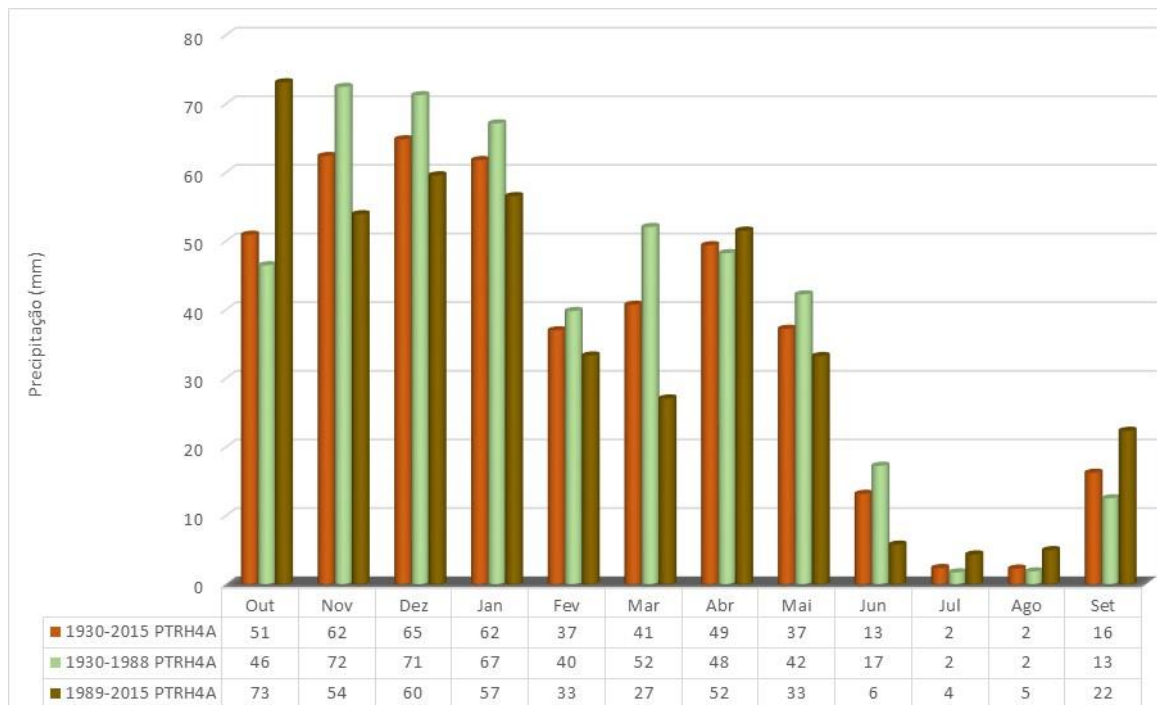
Na Figura 1.4 observam-se os valores de precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco para o período de referência 1989-2015.



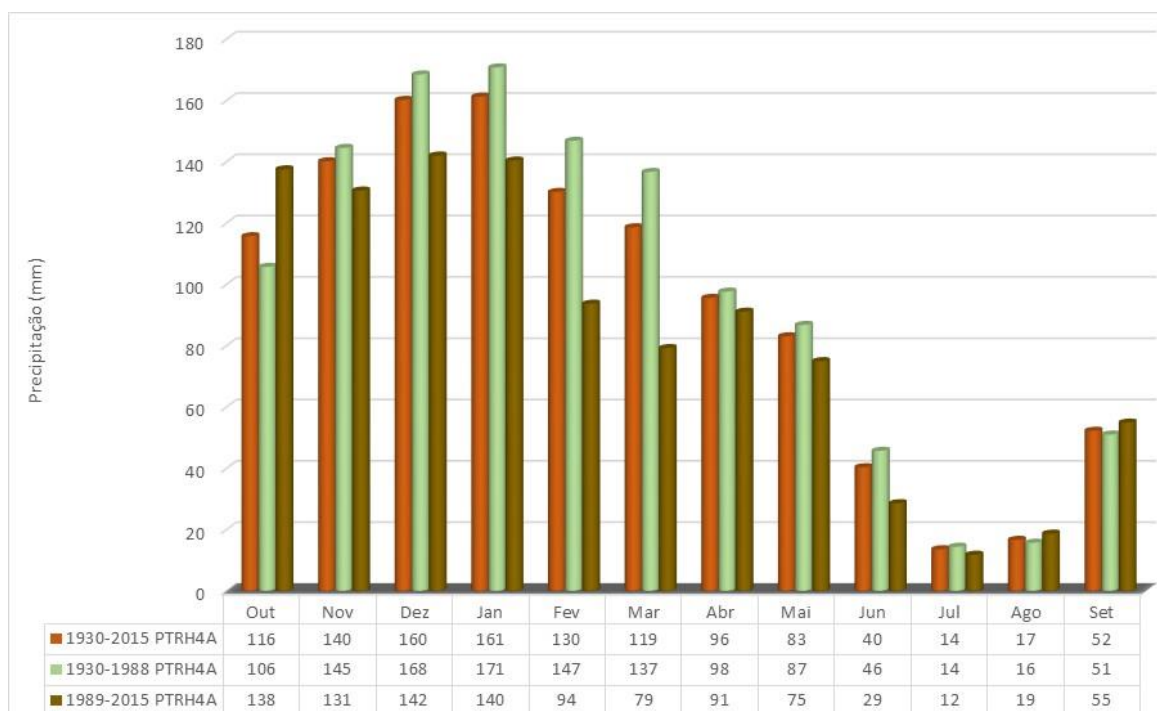
**Figura 1.4 – Precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1989-2015**

Comparando os períodos de 1930-2015 e 1989-2015, verifica-se que, em regra, os valores de precipitação média referentes ao período entre 1989-2015 sofrem uma redução quer em ano médio quer em ano seco e húmido.

Para melhor se observarem as diferenças da precipitação média nos anos médio e seco para os três períodos de referência (1930-2015, 1930-1989 e 1989-2015) apresentam-se na Figura 1.5 a precipitação em ano seco e na Figura 1.6 a precipitação em ano médio.



**Figura 1.5 – Precipitação média mensal para o ano seco nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH**



**Figura 1.6 – Precipitação média mensal para o ano médio nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH**

Em termos comparativos entre os períodos de análise verifica-se que, em ano seco, as precipitações mensais no período 1989-2015 são inferiores às do período 1930-1988, exceto nos meses de outubro, abril, julho, agosto e setembro. Já em ano médio essas diferenças mensais são sempre inferiores exceto nos meses de agosto a outubro.

### 1.1.3. Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial foi estimada a partir da temperatura do ar pelo método de Hargreaves, tendo em conta a maior disponibilidade de dados de temperatura.

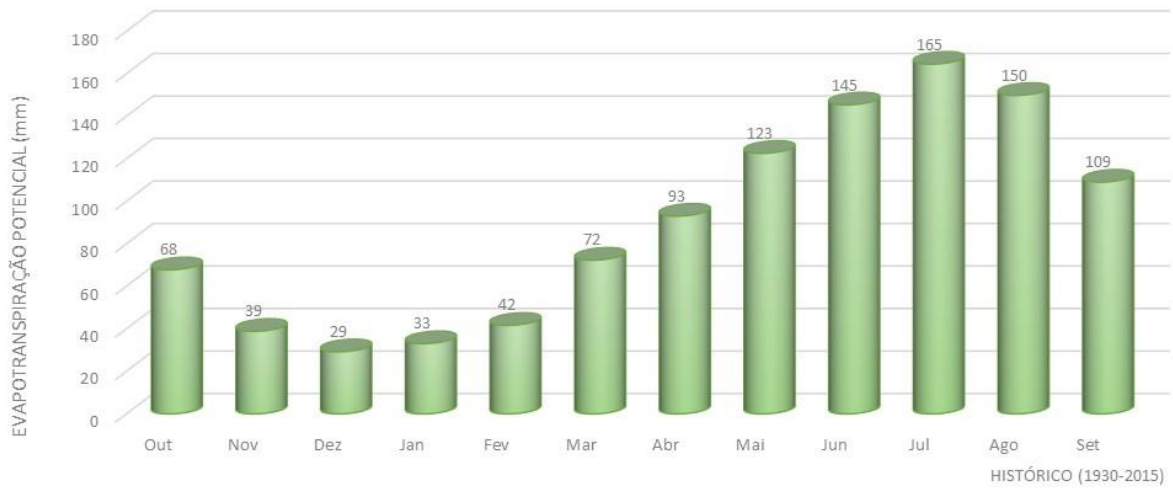
O Quadro 1.7 apresenta a evapotranspiração potencial mensal média e anual por sub-bacia.

**Quadro 1.7 – Evapotranspiração média mensal e anual por sub-bacia (período 1930-2015)**

Sub-bacia/RH	Evapotranspiração média /anual (mm)												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Alva	63	35	27	29	37	67	87	120	144	167	151	109	1035
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras do Vouga	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	74	44	33	38	47	78	100	127	145	159	145	112	1101
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	71	42	32	36	45	76	96	123	142	157	143	108	1070
Dão	66	37	27	31	40	70	91	124	152	175	159	111	1083
Lis	75	44	34	39	47	79	100	128	146	161	147	113	1113
Mondego	67	39	29	33	41	71	92	122	145	165	150	109	1064
Vouga	68	39	29	34	42	73	94	122	144	161	147	107	1059
<b>RH</b>	<b>68</b>	<b>39</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	<b>42</b>	<b>72</b>	<b>93</b>	<b>123</b>	<b>145</b>	<b>165</b>	<b>150</b>	<b>109</b>	<b>1067</b>

n.a- não aplicável.

Os valores médios mensais na sub-bacia hidrográfica do Lis são superiores aos das restantes bacias. Comparando os valores médios da evapotranspiração mensal das bacias costeiras, conclui-se que, em média, a sub-bacia costeira entre o Mondego e o Lis apresenta valores superiores. Na RH o mês de julho é o que regista valores mais elevados da ordem dos 165 mm (Figura 1.7).



**Figura 1.7 – Evapotranspiração média mensal na RH**

## 1.2. Disponibilidades hídricas superficiais

As disponibilidades hídricas em regime natural referem-se ao volume disponível para escoamento superficial imediato à precipitação e para recarga de aquíferos, podendo ser definida como a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real. À escala anual, pode considerar-se que a disponibilidade hídrica natural é sensivelmente igual ao escoamento uma vez que, de um modo geral, os aquíferos, não têm capacidade de regularização inter-anual de escoamento. A transferência de volume de água entre períodos de tempo, ou regularização de afluências, permite uniformizar as disponibilidades, considerando-se neste caso as disponibilidades em regime modificado. Estas últimas são, por isso, indissociáveis da distribuição dos consumos e do esquema de operação dos reservatórios.

### 1.2.1. Regime natural

A avaliação das disponibilidades hídricas superficiais em regime natural foi realizada por modelação hidrológica para produzir séries de escoamento mensal a partir das séries de precipitação e de evapotranspiração potencial.

Adotou-se um modelo hidrológico distribuído matricial com uma resolução espacial de 1 km x 1 km e uma escala temporal mensal que implementa um modelo de balanço hídrico, conhecido por modelo de Temez.

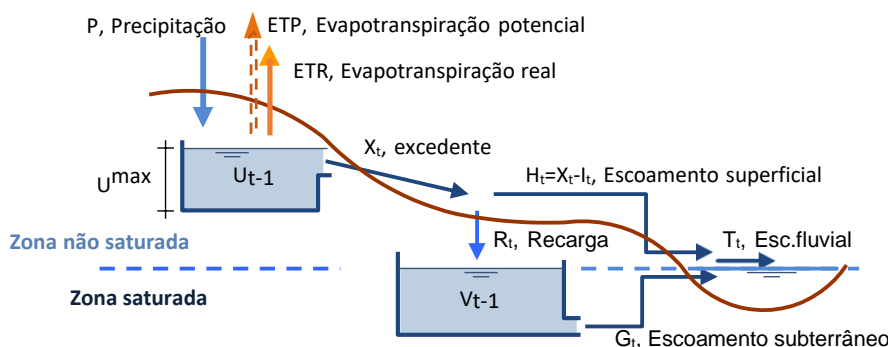
Os dados do modelo são as superfícies de precipitação mensal e de temperatura média mensal, a partir das quais são calculadas as superfícies mensais de evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, recarga dos aquíferos e escoamento total. O modelo possui 4 parâmetros:

- C – Coeficiente de excedente;
- U<sub>max</sub> – Capacidade utilizável de água do solo, em mm;
- R<sub>max</sub> – Taxa de recarga máxima, em mm/Δt;
- α – Coeficiente de esgotamento do aquífero, em 1/Δt.

O modelo de Temez considera duas zonas da coluna litológica: uma zona superficial não saturada e uma zona subterrânea saturada, ambas simuladas através de dois reservatórios. A água armazenada no reservatório superficial corresponde à retenção de água à superfície do terreno e à humidade do solo, enquanto a água armazenada no reservatório subterrâneo corresponde ao armazenamento nos aquíferos da bacia hidrográfica. O reservatório superficial recebe água por precipitação, P, e perde por evapotranspiração, ETR, ou por excesso da sua capacidade de armazenamento. O excedente, X, infiltra-se e recarrega a zona saturada ou escoar-se superficialmente. O reservatório subterrâneo recebe água por recarga, R, e perde por esgotamento do aquífero, G. O escoamento superficial total da bacia, T, corresponde à soma do excedente superficial com a parcela proveniente do aquífero.

A Figura 1.8 apresenta o esquema proposto por Temez para representar os fluxos de água numa bacia hidrográfica.





**Figura 1.8 – Esquema ilustrativo do modelo proposto por Temez para representar os fluxos de água numa bacia hidrográfica**

Uma vez que as variações de escoamento, como resultado da precipitação, têm sofrido grandes alterações neste século, dividiu-se o período de referência (1930-2015) entre 1930-1988 e 1989-2015 para melhor se observarem as diferenças do escoamento médio para estes períodos.

O Quadro 1.8 apresenta os valores de escoamento médio anual para os anos húmido, médio e seco, para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, obtidos por sub-bacia hidrográfica.

**Quadro 1.8 – Escoamento médio anual para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015 e 1989-2015)**

Sub-bacia/RH	Escoamento médio anual (hm <sup>3</sup> ) (período 1930-2015)			Escoamento médio anual (hm <sup>3</sup> ) (período 1989-2015)		
	Ano húmido (80%)	Ano médio	Ano seco (20%)	Ano húmido (80%)	Ano médio	Ano seco (20%)
Alva	596	427	249	499	349	130
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	60	38	16	45	30	8
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	61	41	19	50	34	12
Dão	1105	755	362	812	595	222
Lis	487	324	121	378	226	76
Mondego	3117	2062	1016	2308	1564	483
Vouga	3378	2426	1296	2729	2025	854
<b>RH</b>	<b>8803</b>	<b>6073</b>	<b>3080</b>	<b>6820</b>	<b>4823</b>	<b>1784</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

No período 1930-2015 observa-se que o valor de escoamento em ano seco representa, em média, uma redução de cerca de 49% relativamente ao ano médio e de 65% relativamente ao ano húmido. Uma análise análoga para o período 1989-2015, permite verificar que essas variações são mais acentuadas, com valores de escoamento em ano seco, em média, de menos 63% relativamente ao ano médio e de menos 74% relativamente ao ano húmido.

A Figura 1.9 apresenta os valores de escoamento médio anual para os anos húmido, médio e seco por região hidrográfica, obtidos para os três períodos de referência 1930-2015, 1930-1989 e 1989-2015.

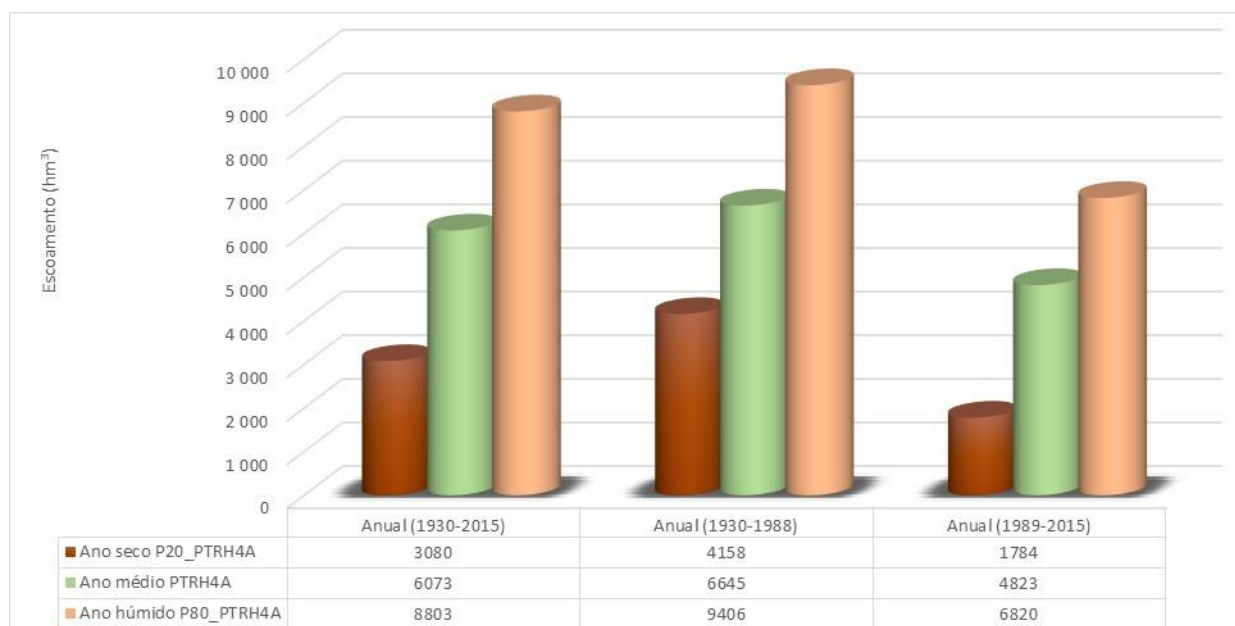


Figura 1.9 – escoamento médio anual para os anos húmido, médio e seco na RH, para os três períodos de referência

Comparando os vários períodos, verifica-se uma redução generalizada do escoamento no período 1989-2015 em relação ao período anterior de 1930-1988, sendo essa diminuição de 57% em ano seco, de 27% em ano médio e de 27% em ano húmido.

O Quadro 1.9 e o Quadro 1.10 apresentam os valores de escoamento médio mensal e anual para os anos médio e seco para o período 1930-2015, respetivamente, obtidos por sub-bacia hidrográfica.

Quadro 1.9 – Escoamento médio mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1930-2015)

Sub-bacia/RH	Escoamento médio/anual (hm <sup>3</sup> )												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Alva	25	47	76	87	67	55	31	19	7	4	3	5	427
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	2	3	5	7	6	5	3	2	2	2	1	1	38
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	2	3	6	8	6	5	3	2	2	1	1	1	41
Dão	39	75	137	161	131	100	50	29	11	7	6	8	755
Lis	14	23	42	54	49	41	28	21	17	14	11	10	324
Mondego	97	189	338	415	338	272	151	99	55	41	33	34	2062
Vouga	134	253	423	484	393	308	172	114	49	33	27	38	2426
<b>RH</b>	<b>313</b>	<b>593</b>	<b>1026</b>	<b>1216</b>	<b>990</b>	<b>786</b>	<b>438</b>	<b>287</b>	<b>144</b>	<b>102</b>	<b>83</b>	<b>97</b>	<b>6073</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

Os valores médios mensais na sub-bacia hidrográfica do Vouga são superiores aos das restantes sub-bacias. Na RH o mês de janeiro é que apresenta os valores médios de escoamento mensal mais elevados com 1216 hm<sup>3</sup>.

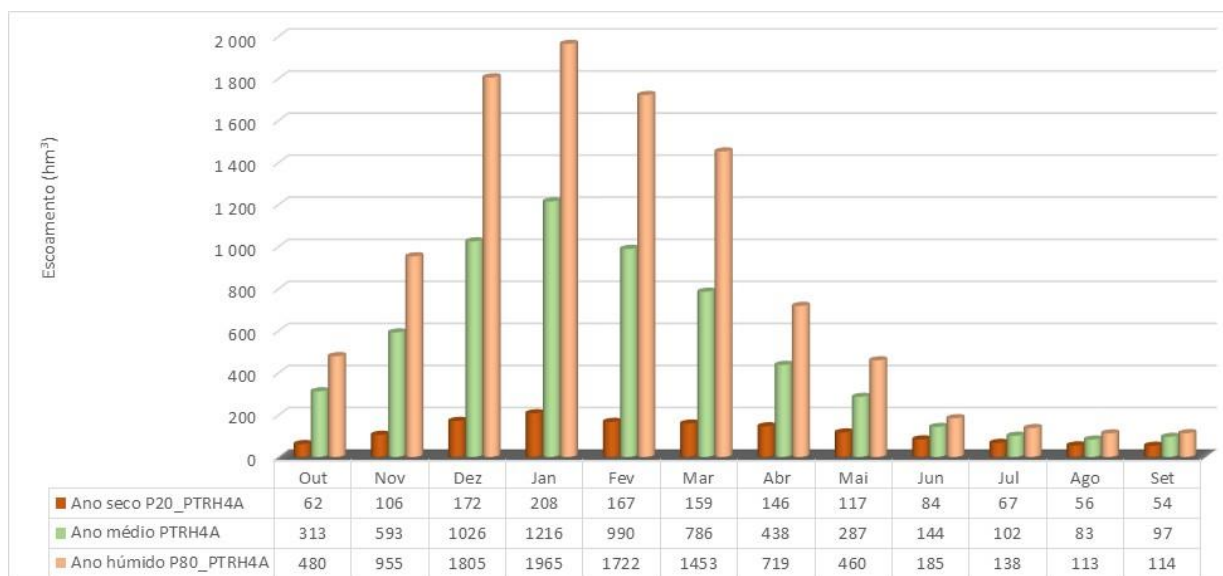
**Quadro 1.10 – Escoamento médio mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1930-2015)**

Sub-bacia/RH	Escoamento médio (hm <sup>3</sup> )												Anual
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	
Alva	6	9	16	9	9	8	6	4	3	3	3	6	249
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	16
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	19
Dão	8	18	22	12	12	11	9	6	5	4	4	8	362
Lis	7	8	12	14	11	14	11	9	7	6	5	7	121
Mondego	41	46	55	58	57	56	45	33	26	22	22	41	1016
Vouga	43	89	100	72	66	55	44	30	24	20	19	43	1296
<b>RH</b>	<b>62</b>	<b>106</b>	<b>172</b>	<b>208</b>	<b>167</b>	<b>159</b>	<b>146</b>	<b>117</b>	<b>84</b>	<b>67</b>	<b>56</b>	<b>54</b>	<b>3080</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

Para o período 1930-2015 verifica-se que, em ano seco, o escoamento mensal diminui em todos os meses em relação ao ano médio, variando essa redução entre menos 83,2% em dezembro e menos 33% em agosto.

A Figura 1.10 apresenta os valores de escoamento médio mensal e anual para os anos húmido, médio e seco para o período de referência 1930-2015 na RH.



**Figura 1.10 – Escoamento médio mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1930-2015**

O Quadro 1.11 e o Quadro 1.12 e o apresentam os valores de escoamento médio mensal e anual para os anos médio e seco, respetivamente, obtidos para o período de 1989-2015, por sub-bacia hidrográfica.

**Quadro 1.11 – Escoamento médio mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1989-2015)**

Sub-bacia/RH	Escoamento médio (hm <sup>3</sup> )												Anual
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	
Alva	32	47	68	70	43	33	25	15	4	4	3	5	349

Sub-bacia/RH	Escoamento médio (hm <sup>3</sup> )												Anual
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	2	3	5	5	4	3	2	2	1	1	1	1	30
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	2	4	5	6	4	3	2	2	1	1	1	1	34
Dão	48	64	122	135	80	59	39	23	8	6	5	7	595
Lis	12	23	35	38	28	22	18	14	12	9	8	6	226
Mondego	114	175	288	320	205	154	107	76	40	32	26	27	1564
Vouga	168	245	372	415	262	196	148	95	36	28	24	37	2025
<b>RH</b>	<b>378</b>	<b>560</b>	<b>895</b>	<b>990</b>	<b>627</b>	<b>470</b>	<b>341</b>	<b>226</b>	<b>103</b>	<b>81</b>	<b>68</b>	<b>84</b>	<b>4823</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

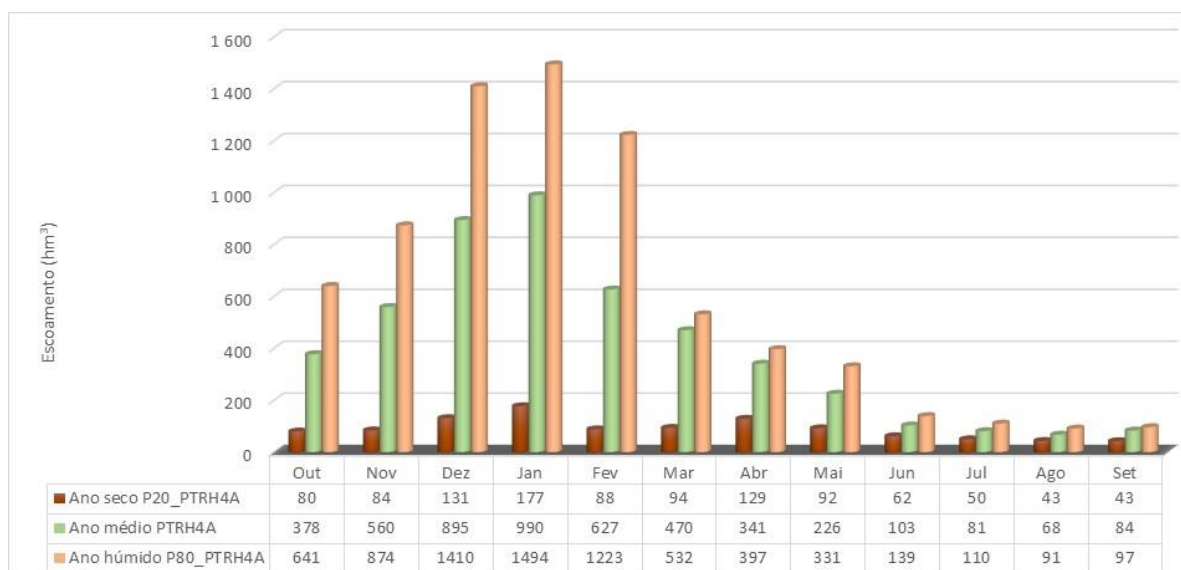
**Quadro 1.12 – Escoamento médio mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1989-2015)**

Sub-bacia/RH	Escoamento médio (hm <sup>3</sup> )												Anual
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	
Alva	6	3	9	11	7	6	8	5	4	3	2	2	130
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0,4	8
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Dão	7	6	12	17	7	8	10	8	6	4	4	3	222
Lis	3	3	7	8	7	7	7	6	5	4	3	3	76
Mondego	24	29	33	53	30	31	50	34	21	18	14	16	483
Vouga	39	41	69	86	35	41	52	38	25	20	19	17	854
<b>RH</b>	<b>80</b>	<b>84</b>	<b>131</b>	<b>177</b>	<b>88</b>	<b>94</b>	<b>129</b>	<b>92</b>	<b>62</b>	<b>50</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>1784</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

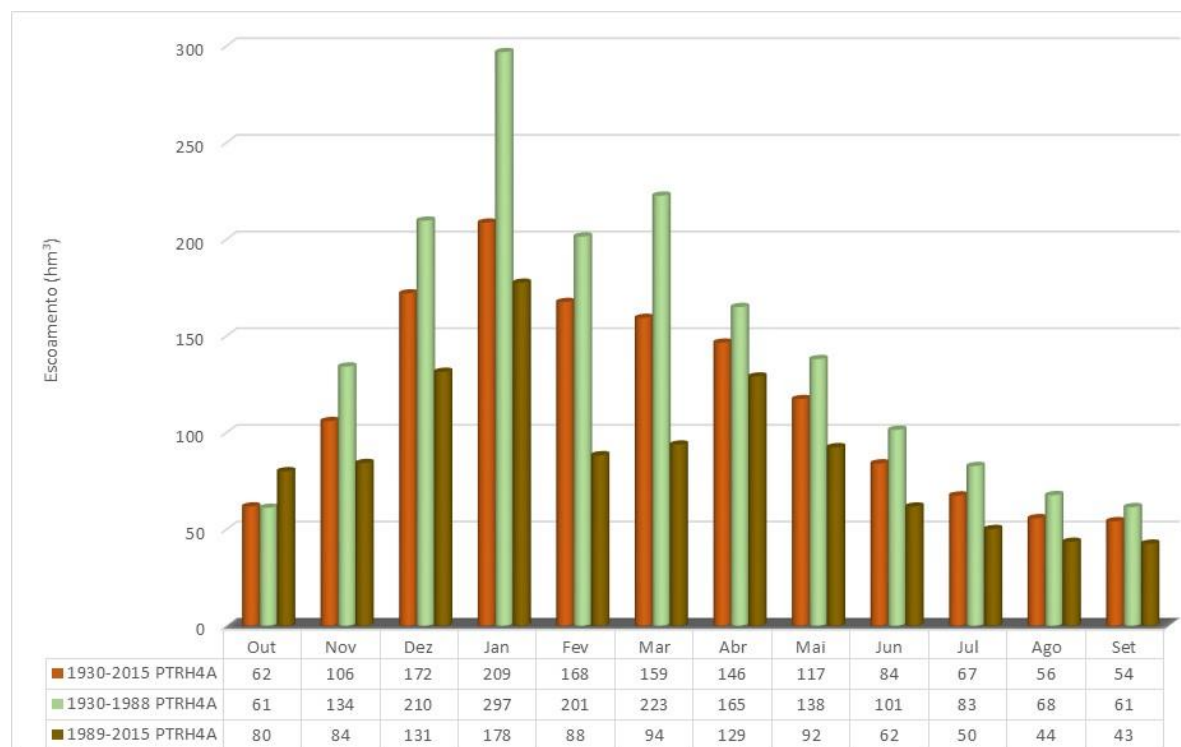
Para o período 1989-2015 em ano seco, o escoamento mensal diminui em todos os meses em relação ao ano médio, variando entre menos 86% em fevereiro até menos 35% em agosto.

A Figura 1.11 apresenta os valores mensais do escoamento médio para os anos húmido, médio e seco para o período de 1989-2015.

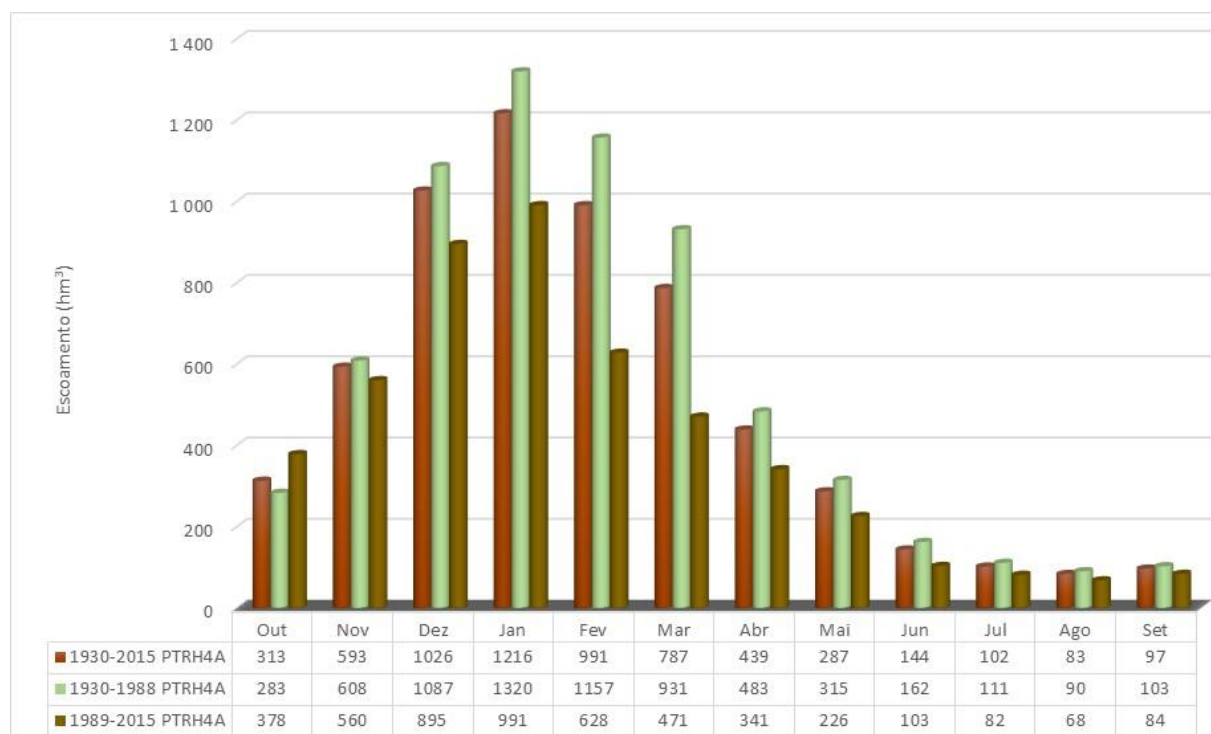


**Figura 1.11 – Escoamento médio mensal para os anos húmido, médio e seco para o período de 1989-2015, na RH**

Comparando os períodos de 1930-2015 e 1989-2015, verifica-se que, em regra, os valores de escoamento médio referentes ao período entre 1989-2015 sofrem uma redução quer em ano médio quer em ano seco e húmido. Para melhor se observarem as diferenças do escoamento médio nos anos médio e seco para os três períodos de referência (1930-2015, 1930-1989 e 1989-2015) apresenta-se na Figura 1.12 o escoamento em ano seco e na Figura 1.13 o escoamento em ano médio.



**Figura 1.12 – Escoamento médio mensal para o ano seco nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH**



**Figura 1.13 – escoamento médio mensal para o ano médio nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH**

Em termos comparativos entre os períodos de análise verifica-se que, em ano seco, os escoamentos mensais no período 1989-2015 são sempre inferiores aos do período 1930-1988, exceto em outubro, o mesmo acontecendo em ano médio.

### 1.2.2. Regime modificado

As disponibilidades potenciais de água em regime modificado foram estimadas através de um modelo simples que tem em conta a capacidade de armazenamento instalada a montante de cada secção. Este modelo agrega numa única albufeira toda a capacidade de armazenamento instalada a montante da secção de interesse e considera que as afluências de água geradas em regime natural nessa bacia hidrográfica confluem, na sua totalidade, para essa albufeira.

Para efeitos de modelação consideram-se as afluências a jusante de cada secção, às quais já foram retirados os volumes captados na secção a montante, obtendo-se assim as disponibilidades hídricas efetivamente disponíveis em cada secção modelada.

O Quadro 1.13 apresenta os valores de escoamento anual em regime modificado ( $\text{hm}^3$ ) para os anos húmido, médio e seco, para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, obtidos por sub-bacia hidrográfica.

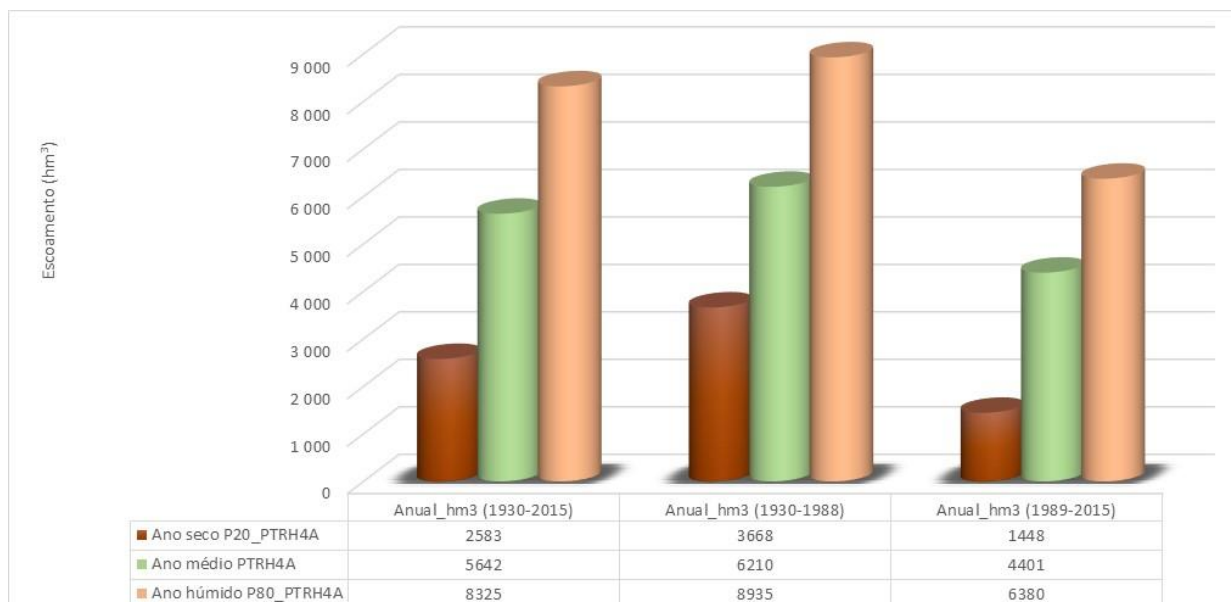
**Quadro 1.13 – Escoamento anual em regime modificado para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015 e 1989-2015)**

Sub-bacia/RH	Escoamento médio anual (hm <sup>3</sup> ) (período 1930-2015)			Escoamento médio anual (hm <sup>3</sup> ) (período 1989-2015)		
	Ano húmido (80%)	Ano médio	Ano seco (20%)	Ano húmido (80%)	Ano médio	Ano seco (20%)
Vouga	3283	2329	1206	2635	1929	763
Alva	352	225	59	257	170	34
Dão	1075	725	332	782	565	193
Mondego	3031	1985	856	2260	1471	387
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	62	41	19	50	34	12
Lis	463	299	97	352	203	52
Costeiras entre o Mondego e o Lis	59	37	15	44	29	8
<b>RH</b>	<b>8325</b>	<b>5642</b>	<b>2583</b>	<b>6380</b>	<b>4401</b>	<b>1448</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

No período 1930-2015 observa-se que o valor de escoamento em ano seco representa, em média, uma redução de cerca de 54% relativamente ao ano médio e de 69% relativamente ao ano húmido. Uma análise análoga para o período 1989-2015, permite verificar que essas variações são mais acentuadas, com valores de escoamento em ano seco, em média, de cerca de menos 67% relativamente ao ano médio e de menos 77% relativamente ao ano húmido.

A Figura 1.14 apresenta os valores de escoamento anual em regime modificado para os anos húmido, médio e seco para a região hidrográfica, obtidos para os três períodos de referência 1930-2015, 1930-1989 e 1989-2015.



**Figura 1.14 – Escoamento anual para o regime modificado para os anos húmido, médio e seco na RH, para os três períodos de referência**

Comparando os vários períodos, verifica-se uma redução do escoamento no período 1989-2015 em relação ao período anterior de 1930-1988, sendo essa diminuição, em ano seco de cerca de 61%, em ano médio de cerca de 29% e em ano húmido também de 29%.

O Quadro 1.14 e o Quadro 1.15 apresentam os valores de escoamento em regime modificado mensal e anual para os anos médio e seco para o período 1989-2015, respetivamente, obtidos por sub-bacia hidrográfica.

**Quadro 1.14 – Escoamento em regime modificado mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1989-2015)**

Sub-bacia/RH	Escoamento médio (hm <sup>3</sup> )												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Vouga	151	238	366	409	261	194	137	85	27	17	13	31	1929
Alva	14	20	39	37	34	16	3	2	1	1	1	1	170
Dão	45	61	119	133	78	58	37	21	5	3	2	4	565
Mondego	34	148	292	326	232	176	91	70	50	23	18	12	1471
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	2	4	6	6	4	3	2	2	1	1	1	1	34
Lis	11	21	33	37	27	21	16	12	9	6	5	5	203
Costeiras entre o Mondego e o Lis	2	3	4	5	4	3	2	2	1	1	1	1	29
<b>RH</b>	<b>258</b>	<b>494</b>	<b>860</b>	<b>954</b>	<b>641</b>	<b>472</b>	<b>290</b>	<b>193</b>	<b>94</b>	<b>52</b>	<b>39</b>	<b>54</b>	<b>4401</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

**Quadro 1.15 – Escoamento em regime modificado mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1989-2015)**

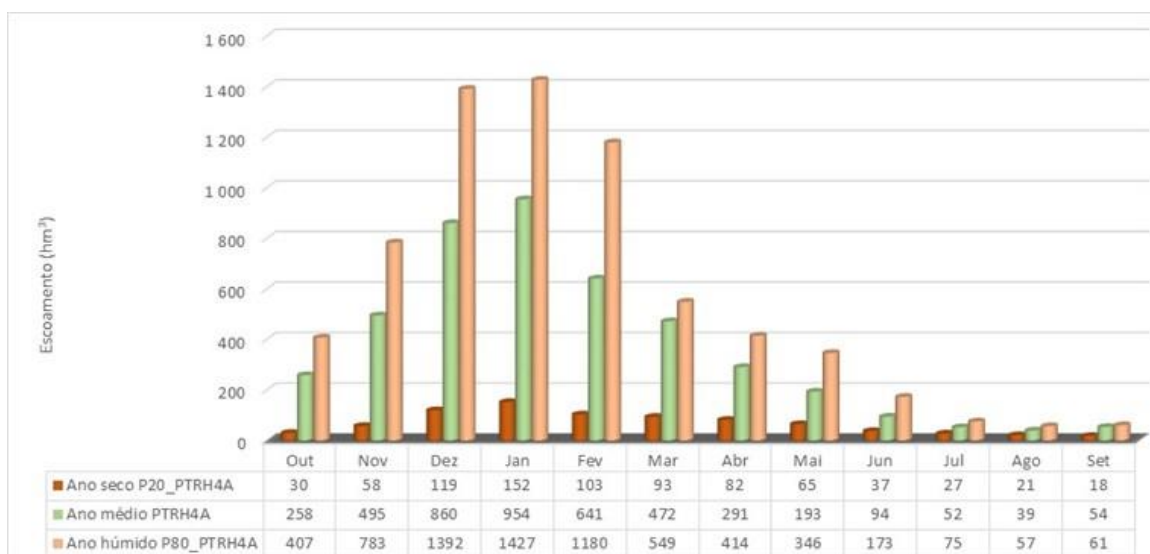
Sub-bacia/RH	Escoamento médio (hm <sup>3</sup> )												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Vouga	25	33	59	73	42	46	48	31	15	9	7	8	763
Alva	2	3	4	5	4	3	2	1	1	1	1	1	34
Dão	3	3	9	15	6	7	8	6	3	2	1	0,4	193
Mondego	-4	15	40	52	44	31	17	21	16	13	10	7	387
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Lis	2	2	5	6	6	5	5	3	1	1	1	1	52
Costeiras entre o Mondego e o Lis	0,4	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0,3	0,3	8
<b>RH</b>	<b>30</b>	<b>58</b>	<b>119</b>	<b>152</b>	<b>103</b>	<b>93</b>	<b>82</b>	<b>65</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>1448</b>

n.a- não aplicável. Não existem tributários provenientes de águas interiores.

Para o período 1989-2015 verifica-se que, em ano seco, o escoamento mensal diminui em todos os meses em relação ao ano médio, variando essa redução entre menos 88,4% em outubro e menos 46% em agosto. Para efeitos de modelação foram considerados os consumos mensais do ano 2018, estimado como um ano médio, tendo-se concluído que as disponibilidades hídricas em ano seco não permitiriam assegurar estes usos, tal como demonstra o Quadro 1.15 apresentando um défice (valores negativos) para o mês de outubro, na sub-bacia do Mondego.

A Figura 1.15 apresenta os valores de escoamento em regime modificado mensal e anual para os anos húmido, médio e seco para o período de referência 1989-2015 na RH.





**Figura 1.15 – Escoamento em regime modificado mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1989-2015**

### 1.2.3. Regime de caudais ecológicos

O caudal ecológico corresponde ao regime de caudais que permite assegurar a conservação e a manutenção dos ecossistemas aquáticos naturais, incluindo os ecossistemas ripícolas, bem como o desenvolvimento e a produção das espécies aquícolas.

Na prossecução destes objetivos, têm prioridade as massas de água inseridas em áreas com estatuto de proteção, seguidas das massas de água naturais e, por último, as massas de água fortemente modificadas.

Na medida em que as áreas protegidas consideradas na Lei da Água inseridas em sítios da Rede Natura 2000 e na Lista de Zonas Húmidas de Importância Internacional da Convenção de Ramsar possam ser significativamente afetadas pela alteração do regime de caudais, a determinação dos caudais mínimos a manter, nestes sítios, para assegurar a manutenção e conservação dos habitats ou espécies a preservar, tem de permitir assegurar as exigências ecológicas e manter as funções ecológicas das quais dependem a longo prazo.

O regime de caudais ecológicos (RCE) é uma série temporal de caudais que devem ser mantidos e que variam em função das necessidades verificadas pelos ecossistemas aquáticos ao longo do ano hidrológico e das condições hidrológicas naturais que se verificam em cada ano (húmido ou seco). Este regime deve ser garantido em todas as massas de água, sendo fundamental para assegurar que os objetivos ambientais definidos para as massas de água sejam cumpridos.

A implementação de RCE surge também como uma importante medida de mitigação dos impactes resultantes da existência e exploração de infraestruturas hidráulicas contruídas nos cursos de água, contribuindo para alcançar os objetivos de qualidade definidos para as massas de água sujeitas a esta pressão, nos termos da legislação aplicável.

O regime de caudais ecológicos em rios permanentes inclui as seguintes componentes:

- Caudais mínimos que devem ser garantidos em cada massa de água para manter a diversidade espacial dos habitats e a sua conectividade, garantindo mecanismos de controlo de habitat de forma a favorecer a manutenção das comunidades biológicas autóctones;

- b) Caudais máximos que não devem ser ultrapassados na exploração das infraestruturas hidráulicas, para regular o escoamento e, assim, proteger as espécies nativas mais vulneráveis às variações bruscas de caudais, especialmente em trechos fortemente regulados;
- c) Distribuição temporal dos caudais mínimos e máximos, com o objetivo de estabelecer uma variabilidade do regime de caudal que seja compatível com os requisitos das diferentes fases vitais das principais espécies da fauna e flora autóctones presentes na massa de água;
- d) Caudais de limpeza a jusante de infraestruturas que regulam caudais, especialmente para controlar a presença e abundância das diferentes espécies no leito e, ao mesmo tempo, manter as condições físico-químicas da água e o caudal sólido, melhorando a condições e disponibilidade de habitat por meio de dinâmicas geomorfológicas que favorecem processos hidrológicos que controlam a ligação das águas de transição com o rio, o mar e o(s) aquífero(s) associado(s).
- e) Controlo da variação dos caudais a jusante das infraestruturas que regulam caudais, de forma a evitar os efeitos negativos de uma variação brusca dos caudais, como o arrastamento de organismos aquáticos e o seu isolamento, contribuindo para a manutenção de condições favoráveis à regeneração de espécies de plantas aquáticas e ribeirinhas.

A implementação de um regime de caudais mínimos estende-se a todas as massas de água de categoria rio, enquanto os restantes componentes do RCE estão associados às infraestruturas hidráulicas.

Tendo por base os estudos hidrológicos apresentados no capítulo 1.2 e na decorrência da modelação realizada, foi definido como caudal mínimo, para as massas de água rio naturais, um valor de 10% das disponibilidades hídricas superficiais em regime natural. A manutenção deste caudal mínimo deve ser considerada no processo de licenciamento. Estão em curso estudos mais detalhados que vão permitir, para o próximo ciclo de planeamento, densificar e detalhar mais este caudal, integrando outras características das massas de água naturais do tipo rio, nomeadamente considerando:

- Classificação hidrológica dos rios (permanentes, temporários, intermitentes);
- Objetivos, abrangência espacial, componentes e caracterização;
- As áreas protegidas da Rede Natura 2000 e da Lista de Zonas Húmidas de Importância Internacional da Convenção de Ramsar;
- Evitar o avanço da cunha salina;
- Garantir o regime de caudais ecológicos e a sua articulação com os usos da água.

As infraestruturas Hidráulicas alteram o regime hidrológico natural dos sistemas fluviais, com consequências nos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos. Para mitigar esta situação deve ser definido e implementado o RCE a jusante destas infraestruturas.

No sentido de minimizar os impactes sobre os ecossistemas aquícolas a jusante das infraestruturas hidráulicas, têm sido desenvolvidos esforços no sentido de implementar, em Infraestruturas existentes, um RCE. Tal obriga à instalação de dispositivos de lançamento de caudais ecológicos (DLCE), o que nem sempre é facilmente exequível do ponto de vista técnico, uma vez que a salvaguarda e segurança da infraestruturas hidráulica tem sempre de ser assegurada. Paralelamente ao lançamento do RCE definido, são também desenvolvidos programas de monitorização que permitem aferir a eficácia do RCE libertado, permitindo avaliar a necessidade de revisão do RCE, caso não seja atingido o potencial ecológico na massa de água a jusante da infraestruturas hidráulica.

Para a determinação do RCE a assegurar pela infraestruturas hidráulica, foi elaborado um Guia Metodológico, anexo a este PGRH, que apresenta os métodos recomendados a utilizar em Portugal Continental. O Guia, para além de apoiar a definição dos RCE nas diferentes etapas de desenvolvimento dos projetos das

infraestruturas hidráulicas (*e.g.*, novos projetos ou infraestruturas existentes e com diferentes características), pretende apoiar o processo de autorização/aprovação de projetos e, subsequente implementação do RCE.

Neste Guia foi efetuada uma análise dos métodos existentes, incluindo conceitos subjacentes e informação necessária, bem como a avaliação da adequação de cada método às condições ecohidrológicas portuguesas. O Guia inclui, ainda:

- Os métodos mais adequados em função das características das linhas de água nacionais, bem como a avaliação a realizar caso se tratem de novas infraestruturas ou já existentes, sem dispositivo próprio para o lançamento do RCE;
- As estratégias de definição e implementação do RCE em função da fase do projeto, com base numa abordagem hierárquica;
- Os procedimentos a adotar para estabelecimento de caudais de limpeza e RCE para os anos secos;
- A articulação do RCE com o funcionamento de passagens para peixes, quando existentes;
- A base dos programas de monitorização para a avaliação da eficácia dos RCE e as diretrizes para a caracterização hidromorfológica.

### 1.3. Disponibilidades hídricas subterrâneas

As disponibilidades hídricas subterrâneas correspondem ao volume de água que uma massa de água subterrânea pode fornecer, anualmente, em condições naturais. Este volume está, estreitamente, relacionado com a recarga que constitui a quantidade de água que atinge o nível freático e que contribui para o aumento da quantidade de água armazenada. A recarga ocorre, maioritariamente, devido à infiltração da precipitação, mas podem ocorrer outros processos, tais como as trocas de água com outras massas de água e por drenagem. Estes dois últimos processos são muito difíceis de se conhecer e quantificar sem se recorrer a estudos aplicados e aprofundados de campo, pelo que se considera que a recarga provem da precipitação.

A recarga pode ocorrer naturalmente ou por indução, isto é, devido à ação humana, mas apenas se abordará a recarga natural como variável do ciclo hidrológico.

No decurso do terceiro ciclo de planeamento decorreu um projeto do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) com a APA, I.P., intitulado “Desenvolvimento de métodos específicos para a avaliação da recarga das massas de água subterrâneas, para melhorar a avaliação do estado quantitativo”, com *términus* em julho de 2017. Este trabalho definiu uma metodologia para quantificar a recarga das massas de água subterrânea para os diferentes meios litológicos e, conseqüentemente, hidrogeológicos, a nível nacional. No documento “Critérios para a classificação das massas de água” encontra-se uma descrição mais detalhada.

Foi desenvolvido um Índice de Potencial de Infiltração (IPI), em que as áreas com maior potencial de infiltração correspondem a áreas que reúnem um conjunto de condições favoráveis à infiltração, tais como a litologia, a estrutura, o grau de alteração das rochas, a densidade de lineamentos tectónicos, a ocupação do solo, a densidade da rede hidrográfica, o declive e a precipitação. A cada um destes fatores foi atribuído um peso de ponderação e um peso específico que foram calculados de acordo com o método AHP – Analytical Hierarchy Process (ISEP, 2017).

Este IPI foi convertido numa taxa de infiltração e com o cálculo da precipitação média, por ano hidrológico, de uma série de 86 anos de dados (1930 a 2015), calculou-se a recarga por massa de água.

Uma vez que o meio hidrogeológico (poroso, cársico e fissurado) influencia os parâmetros que vão contribuir para a taxa de recarga, o estudo do ISEP desenvolveu diferentes Índices de Potencial de Infiltração, conforme o meio hidrológico presente.

Esta questão da heterogeneidade dos meios está relacionada com a principal diferença entre as massas de água que estão associadas a sistemas aquíferos e aquelas que estão associadas a sistemas aquíferos indiferenciados. Por esta razão, deve-se ter em conta o grau de incerteza associado à disponibilidade por unidade de área diferenciando-se, desta forma, a importância da disponibilidade hídrica subterrânea por massa de água, e, conseqüentemente, por região hidrográfica, atendendo aos diferentes meios hidrogeológicos, Quadro 1.16.

**Quadro 1.16 – Classificação da heterogeneidade do meio**

	Massas de água subterrânea indiferenciadas	Massas de água subterrânea diferenciadas		
		Aquíferos cársicos	Aquíferos fissurados	Aquíferos porosos
Heterogeneidade do meio	Alta	Média		Baixa

Da análise efetuada verifica-se que as massas de água subterrânea indiferenciadas são as que apresentam a maior incerteza espacial. Esta incerteza não está só relacionada com a disponibilidade hídrica, mas também com a produtividade das captações e com a qualidade da água. No geral são formações com fraca capacidade hidrogeológica, de importância local e por vezes com formações geológicas de várias naturezas.

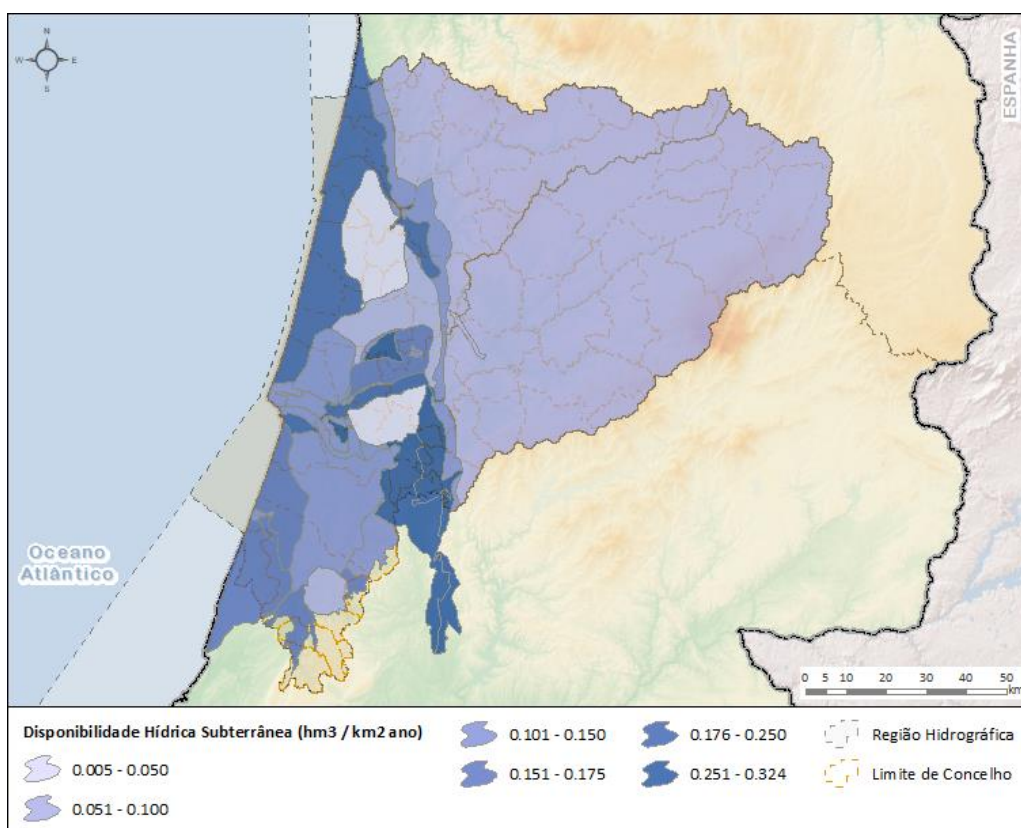
Atribuiu-se o grau de variabilidade médio às massas de água associadas a sistema aquíferos, essencialmente, cárnicos, fissurados ou mistos. Estas massas de água correspondem a formações hidrogeológicas mais ou menos contínuas, de importância regional, embora, a sua natureza geológica possa levar a importantes variações de comportamento a nível local.

Foi atribuído o grau de variabilidade mais baixo às massas de água subterrânea associadas a sistemas aquíferos constituídos, essencialmente, por formações porosas. Apesar de ocorrerem também vários graus de incerteza entre estes aquíferos, teoricamente, estas serão as massas de água mais homogêneas no que se refere à dispersão espacial das suas características hidrogeológicas.

A disponibilidade hídrica subterrânea, por unidade de área, associada ao grau de variabilidade é apresentada no Quadro 1.17 e na Figura 1.16.

**Quadro 1.17 – Disponibilidade hídrica subterrânea na RH**

Disponibilidade hídrica subterrânea total (hm <sup>3</sup> /ano)	Disponibilidade hídrica subterrânea média por unidade de área (hm <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ano)	Disponibilidade hídrica subterrânea associada ao grau de variabilidade (hm <sup>3</sup> /ano)		
		Grau de variabilidade baixo	Grau de variabilidade médio	Grau de variabilidade alto
1199,88	0,10	475,56	224,04	500,28



**Figura 1.16 – Disponibilidade hídrica subterrânea por unidade de área na RH**

Nas massas de água subterrânea da RH a disponibilidade de água está, associada a meios hidrogeológicos com grau de variabilidade alto, médio e baixo.

O Quadro 1.18 apresenta a disponibilidade hídrica subterrânea, por massa de água, nesta RH.

**Quadro 1.18 – Disponibilidade hídrica das massas de água subterrânea na RH**

Massa de água		Disponibilidade hídrica subterrânea anual (hm <sup>3</sup> /ano)	Disponibilidade hídrica subterrânea por unidade de área (hm <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ano)	Heterogeneidade do meio
PT0401_C2	Quaternário de Aveiro	196,48	0,21	Baixa
PT0402	Cretácico de Aveiro	4,82	0,01	Baixa
PT0403	Cársico da Bairrada	24,62	0,08	Média
PT0404	Ançã - Cantanhede	10,33	0,26	Média
PT0405	Tentúgal	25,35	0,16	Baixa
PT0406_C2	Aluviões do Mondego	31,38	0,21	Baixa
PT0407	Figueira da Foz - Gesteira	8,34	0,13	Baixa
PT0408	Verride	4,45	0,29	Média
PT0409_C2	Penela - Tomar	76,36	0,31	Média
PT04010_C2	Leirosa – Monte Real	37,38	0,17	Baixa
PT04011_C2	Sicó - Alvaiázere	107,23	0,32	Média
PT04012	Vieira de leiria – Marinha Grande	56,10	0,18	Baixa
PT04014	Pousos - Caranguejeira	7,12	0,07	Baixa
PT04029	Louriçal	84,26	0,14	Baixa
PT04030	Viso - Queridas	22,64	0,12	Baixa
PT04031_C2	Condeixa - Alfarelos	1,69	0,01	Baixa
PT04A12	Luso	1,04	0,07	Média
PT04001_C2	Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Vouga	41,59	0,14	Alta
PT04002	Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Mondego	38,93	0,12	Alta
PT04003	Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Lis	21,48	0,15	Alta
PT04A0X1	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Vouga	128,41	0,06	Alta
PT04A0X2	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Mondego	269,87	0,06	Alta

Da análise do quadro, observa-se que as massas de água subterrânea que apresentam a maior disponibilidade hídrica subterrânea por unidade de área, estão associadas as formações calcárias, como seria de esperar.

Decorrente da Diretiva Quadro da Água importa que as massas de água subterrâneas consigam assegurar a manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos dependentes destes recursos. De referir que o escoamento de base nas linhas de água corresponde ao contributo das águas subterrâneas na preservação dos vários ecossistemas.

Para prossecução deste objetivo torna-se necessário que a água que se infiltra, resultante da precipitação, isto é, a recarga das águas subterrâneas, não possa ser captada na totalidade para os vários usos, sendo necessário que se garanta a existência de um “caudal ambiental”, na massa de água, para a manutenção dos ecossistemas.

A metodologia gizada para avaliação do estado quantitativo das massas de água subterrânea contempla que, da água proveniente da recarga, 80% desse volume corresponde aos recursos hídricos subterrâneos disponíveis, podendo ser captada pelos vários sectores de atividade. Os restantes 20% do volume de água correspondem ao caudal ambiental das águas subterrâneas, para permitir a este recurso assegurar a sua função de contribuir para a manutenção dos vários ecossistemas.

Neste contexto, considera-se que, uma massa de água subterrânea se encontra com Bom Estado Quantitativo, se os recursos hídricos subterrâneos disponíveis não são ultrapassados pela taxa média anual de captação a longo prazo.

Acresce ainda que, atendendo ao regime climático atual, nomeadamente, a diminuição significativa dos eventos pluviosos e os sucessivos períodos de seca mais frequentes e severos, se torna relevante que as águas subterrâneas, através da sua capacidade de regularização inter-anual, possam assegurar os usos existentes bem como o caudal ambiental.

Neste contexto, considerou-se pertinente, neste ciclo de planeamento, garantir que as massas de água subterrânea detenham um volume de água necessário às suas funções, usos e caudal ambiental, ou seja, os recursos hídricos subterrâneos disponíveis passaram de 90% para 80% da recarga. Pretende-se assim, com anos sucessivos de seca, que o volume de água subterrânea existente permita suprir as necessidades de água para as várias funções que lhe estão atribuídas.

## 2. BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADES E NECESSIDADES





A assimetria das disponibilidades hídricas em Portugal é bastante elevada tanto em termos espaciais, como sazonais e anuais. Como consequência desta variabilidade, é fundamental dispor de capacidade de armazenamento de águas superficiais e subterrâneas e em paralelo gerir os consumos de forma sustentável adaptando-os às disponibilidades de cada região e considerando ainda, e previamente, as necessidades associadas à manutenção dos ecossistemas. Em situações extremas de seca prolongada, as disponibilidades de água serão reduzidas podendo-se agravar as situações de escassez pelo que, se torna necessário promover as medidas de resiliência e redução do risco associado para garantir os usos prioritários e os ecossistemas.

A escassez hídrica define-se por um desequilíbrio entre a procura e a oferta de água em condições sustentáveis, com base em análises efetuadas a longo prazo. A forma mais expedita de proceder à sua avaliação passa pela realização de um balanço hídrico, aferindo-se assim os níveis de garantia ou de vulnerabilidade. A escassez hídrica pode ser um fenómeno conjuntural, quando associada a curtos períodos de tempo e motivada pela redução temporal das disponibilidades ou aumento da procura, ou estrutural, quando a procura de modo cíclico ou frequente excede o recurso mobilizável.

Uma análise de balanço hídrico deve, por norma, estar associada à realização de um balanço hidrológico uma vez que boa parte dos consumos é também, de modo mais ou menos direto, função de variáveis meteorológicas (e.g. necessidade de água para rega / evapotranspiração). Por definição, uma equação do balanço hidrológico relaciona as afluências e efluências ocorridas num determinado espaço e durante um certo período de tempo, com a variação do volume no interior desse espaço.

A realização do balanço com base apenas nas disponibilidades hídricas anuais tem a vantagem de permitir não só analisar de forma integrada as necessidades de água supridas por origem superficial e subterrânea, como também identificar eventuais situações de escassez de água. Porém, este tipo de análise não considera as situações de escassez hídrica derivadas da variabilidade sazonal dos recursos hídricos ou da eventual desadequação dos sistemas de captação ou adução à própria disponibilidade de água. Neste âmbito realiza-se um balanço hídrico, com desagregação mensal, entre disponibilidades e volumes captados de água. O crescimento contínuo dos consumos de água face às disponibilidades limitadas pode levar a situações críticas quando estas disponibilidades diminuem em consequência da ocorrência de secas.

A informação apresentada neste item resulta do trabalho desenvolvido para a APA, I.P. pelo Consórcio NEMUS – Gestão e Requalificação Ambiental, Lda. / BLUEFOCUS – Unipessoal, Lda. / HIDROMOD – Modelação em Engenharia, Lda.

O estudo realizado corresponde a uma primeira avaliação utilizando os dados disponíveis à data da sua execução. Está previsto dar continuidade a este estudo integrando mais e melhor informação, tanto ao nível das variáveis meteorológicas e hidrológicas mas também de consumos, bem como aprimorar a definição do regime de caudais ecológicos, voltando a modelar os cenários definidos, prevendo-se inclusive alargar a série de dados considerados pois é nestes últimos anos que a situação se tem agravado mais.

## 2.1. Índice de escassez WEI+

O índice de escassez WEI+ surge no seguimento do WEI (*Water Exploitation Index*), que corresponde à razão entre a procura média anual de água e os recursos médios disponíveis a longo prazo e permite assim avaliar o *stress* hídrico a que se encontra sujeito um território. O WEI+ tem por objetivo complementar o WEI, incorporando no cálculo da vulnerabilidade a situações de escassez, os retornos de água ao meio hídrico, bem como os caudais ambientais ecológicos (correspondem a 10% do valor do escoamento). O WEI+ é assim definido como a razão entre o volume total de água captado e as disponibilidades hídricas renováveis, calculadas através da expressão:

**Disponibilidades hídricas renováveis = Precipitação – Evapotranspiração + Afluências externas –  
Necessidades hídricas + Retornos**

A avaliação da escassez, baseado no cálculo do WEI, divide-se em seis categorias (Quadro 2.1).

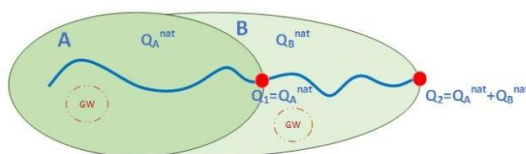
**Quadro 2.1 – Categorias do índice WEI+**

<10% - Sem escassez
[10% - 20% [- Escassez baixa
[20% - 30% [- Escassez moderada
[30% - 50% [- Escassez elevada
[50% - 70% [- Escassez severa
≥ 70% - Escassez extrema

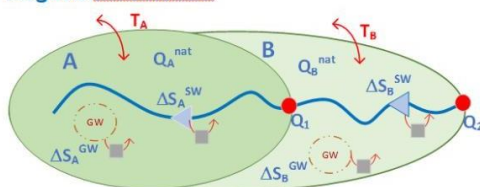
A Figura 2.1 mostra as duas metodologias de cálculo do índice de escassez WEI+. Optou-se por calcular o índice a partir dos resultados do modelo Mike Hydro Basin, para permitir o seu cálculo para qualquer ponto da rede de simulação. Para tal, foi necessário dar especial atenção à integração no modelo das disponibilidades de água subterrânea e dos usos satisfeitos por essa origem.

### Cálculo do WEI+

#### Regime natural



#### Regime modificado



$$WEI+ = \text{Water use} / RWR$$

- RWR = Renewable water resources
- Water use = Abstractions – Returns

$$Q_1 = Q_A^{nat} + T_A - \Delta S_A - Ev_A - (Abst-Ret)_A$$

$$Q_2 = Q_1 + Q_B^{nat} + T_B - \Delta S_B - Ev_B - (Abst-Ret)_B$$

#### Duas formas de calcular RWR:

$$RWR_B = Q_1 + Q_B^{nat} + T_B - \Delta S_B - Ev_B$$

$$RWR_B = Q_2 + (Abst-Ret)_B$$

**Figura 2.1 – Metodologia de cálculo do WEI+**

Para Portugal continental foi obtido um índice WEI+ de 29,98% para o período 1930-2015, que configura uma situação de **escassez moderada** e de 34% para o período 1989-2015, que configura uma situação de **escassez elevada**.

O Quadro 2.2 e o Quadro 2.3 apresentam os valores do WEI+, superficial e subterrâneo, a nível mensal e anual por sub-bacia e para a RH, para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, respetivamente.

**Quadro 2.2 – Valores do WEI+ mensal e anual, por sub-bacia (período 1930-2015)**

Sub-bacia/RH	WEI+ (%)												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Dão	53%	31%	22%	16%	22%	23%	27%	41%	61%	79%	89%	77%	45%
Alva	65%	6%	13%	9%	31%	5%	9%	17%	32%	77%	76%	52%	33%

Sub-bacia/RH	WEI+ (%)												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Mondego	50%	23%	10%	5%	6%	13%	28%	48%	62%	84%	87%	70%	41%
Vouga	37%	17%	12%	10%	9%	9%	20%	37%	57%	77%	83%	55%	35%
Lis	38%	29%	23%	14%	13%	14%	23%	35%	42%	55%	60%	44%	32%
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	7%	9%	9%	3%	2%	2%	2%	3%	4%	5%	6%	6%	5%
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	38%	34%	29%	17%	14%	14%	16%	19%	23%	28%	33%	34%	25%
<b>RH</b>	<b>46%</b>	<b>21%</b>	<b>11%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>	<b>13%</b>	<b>25%</b>	<b>43%</b>	<b>59%</b>	<b>80%</b>	<b>85%</b>	<b>62%</b>	<b>38%</b>

n.a- não aplicável

**Quadro 2.3 – Valores do WEI+ mensal e anual, por sub-bacia (período 1989-2015)**

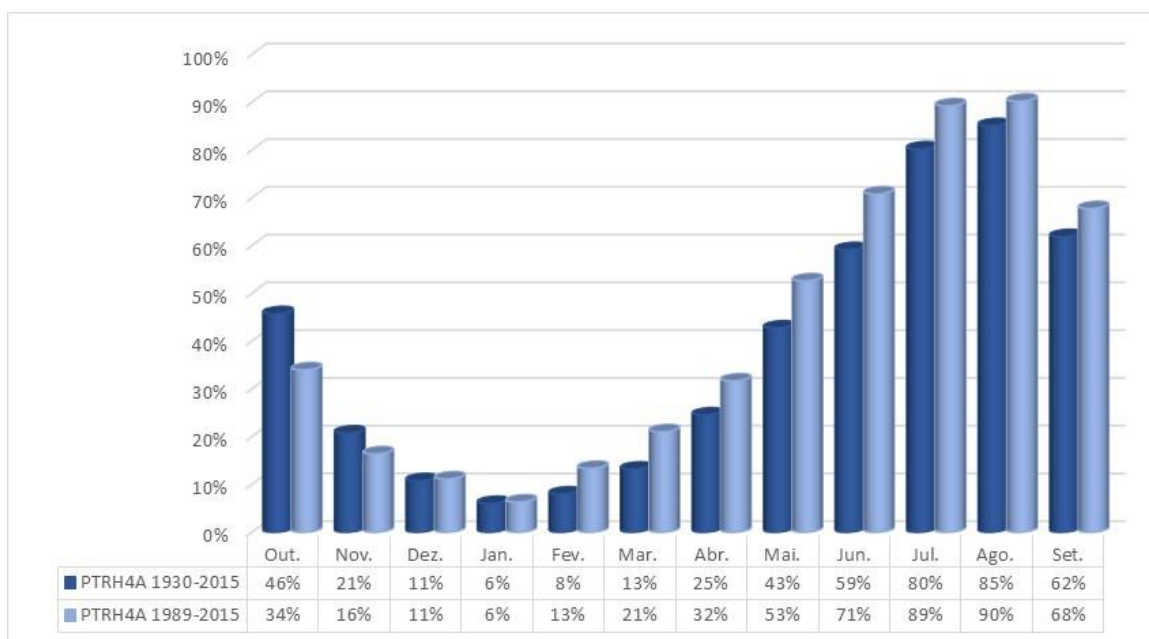
Sub-bacia/RH	WEI+ (%)												
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
Dão	38%	36%	21%	19%	30%	33%	33%	48%	70%	87%	94%	83%	49%
Alva	58%	7%	15%	9%	31%	10%	14%	23%	40%	79%	78%	56%	35%
Mondego	47%	22%	11%	6%	10%	20%	38%	60%	73%	93%	91%	77%	46%
Vouga	22%	18%	7%	9%	14%	16%	24%	43%	65%	83%	88%	59%	37%
Lis	50%	39%	36%	23%	24%	26%	36%	51%	58%	71%	76%	63%	46%
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	9%	13%	10%	3%	3%	3%	4%	4%	5%	7%	8%	9%	6%
Costeiras do Mondego	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Costeiras entre o Mondego e o Lis	43%	33%	33%	20%	21%	23%	24%	27%	31%	38%	43%	44%	32%
<b>RH</b>	<b>34%</b>	<b>16%</b>	<b>11%</b>	<b>6%</b>	<b>13%</b>	<b>21%</b>	<b>32%</b>	<b>53%</b>	<b>71%</b>	<b>89%</b>	<b>90%</b>	<b>68%</b>	<b>42%</b>

n.a- não aplicável

Não foi determinado o WEI+ para a sub-bacia Costeiras do Mondego uma vez que é a única sub-bacia costeira que não tem tributários provenientes das águas interiores que possam alterar a inexistência de escassez em águas costeiras.

Na RH foi obtido um índice WEI+ de 38% para o período 1930-2015 e de 42% para o período 1989-2015, verificando-se que apresenta escassez elevada nos dois períodos analisados. A análise efetuada à escala das sub-bacias mostra diferenças, decorrentes sobretudo da distribuição dos recursos hídricos. A sub-bacia do Dão é a que apresenta valores mais elevados.

O gráfico da Figura 2.2 apresenta os valores do WEI+ mensais para a RH, nos períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015.



**Figura 2.2 – Valores do WEI+ mensal para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, na RH**

Verifica-se que os valores do WEI+ para o período 1989-2015 são superiores aos do período 1930-2015, exceto no mês de outubro e de novembro, sendo que os meses de julho e agosto são os que apresentam valores mais elevados de escassez.

No mapa da Figura 2.3 apresenta-se os valores de WEI+ anual por sub-bacia, para o período de referência 1989-2015.

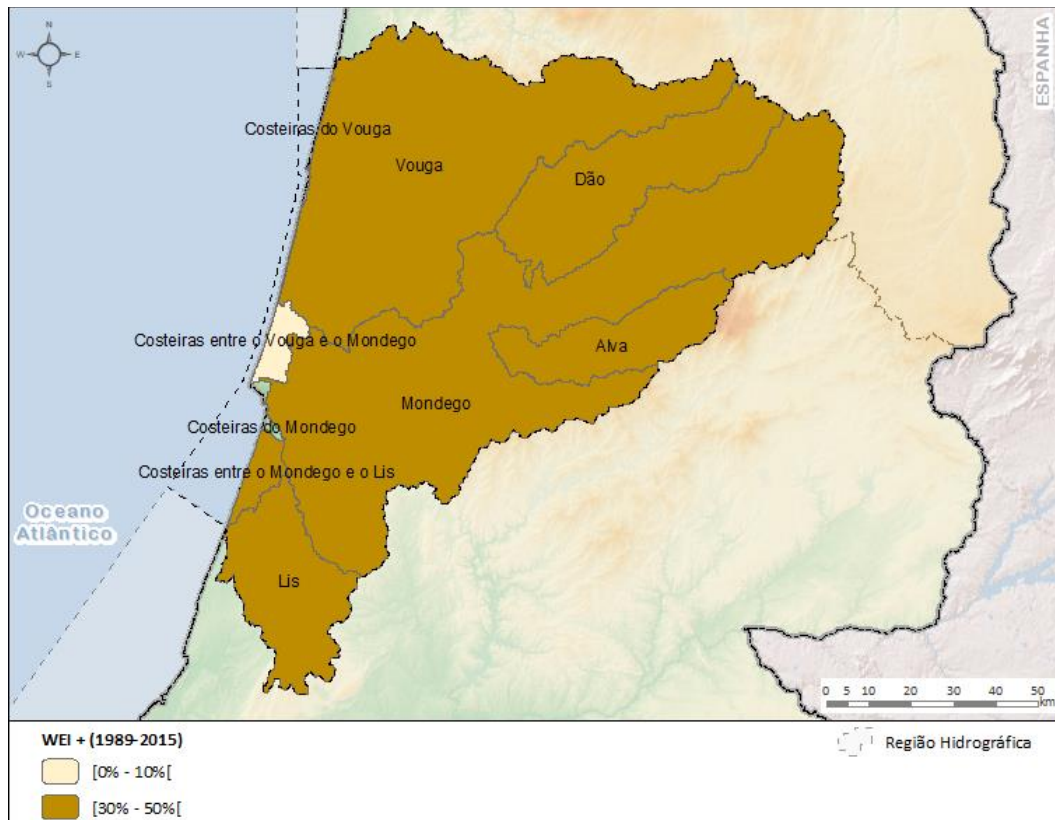


Figura 2.3 – WEI+ anual por sub-bacia para o período de referência 1989-2015, na RH

## 2.2. Coeficiente de escassez a aplicar na Taxa de Recursos Hídricos

A taxa de recursos hídricos (TRH), criada pela Lei da Água e concretizada pelo já referido Decreto -Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, assume-se como um instrumento económico e financeiro essencial para a racionalização do aproveitamento dos recursos hídricos e assenta num princípio de equivalência, ou seja, na ideia fundamental de que o utilizador dos recursos hídricos deve contribuir na medida do custo que imputa à comunidade ou na medida do benefício que a comunidade lhe proporciona. Na Parte 3 do PGRH relativa à “Análise Económica das Utilizações da Água” é possível encontrar uma descrição detalhada sobre a sua aplicação.

Os efeitos das alterações climáticas evidenciam a necessidade de reduzir drasticamente o uso de água, apostando em origens alternativas, intensificando a cooperação e o envolvimento dos setores, sobretudo os mais dependentes deste recurso, a fim de garantir que a resiliência seja alcançada de forma justa e equitativa. A intensificação das secas prolongadas e consequentemente da escassez de água implica que se acentue a carência de recursos hídricos disponíveis, face à comparação entre o que seriam os suficientes para atender às necessidades de uso da água numa determinada região e os recursos efetivamente disponíveis. É por isso fundamental apostar na eficiência estimulando a diminuição do consumo das águas naturais, garantindo a manutenção dos caudais ecológicos que permitam a conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres deles dependentes. Nesse sentido, a alteração efetuada pela Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro, determina que, após a delimitação de sub-bacias hidrográficas, nos planos de gestão de bacia hidrográfica (PGRH) sejam aplicados coeficientes de escassez diferenciados a cada uma delas, devendo esses coeficientes variar entre 1 e 1,5, nos termos a fixar em portaria a aprovar pelo membro do Governo responsável pela área do Ambiente.

Na sequência do estudo realizado “*Avaliação das disponibilidades hídricas por massa de água e aplicação do Índice de escassez WEI+*”, visando complementar a avaliação do estado das massas de água”, promovido pela APA para avaliação das disponibilidades hídricas, atuais e futuras, e cálculo do respetivo índice de escassez WEI+, apresentados nos capítulos anteriores foram definidas as sub-bacias a considerar para aplicação desta disposição legal e que melhor representem as especificidades existentes sobre esta temática em cada Região Hidrográfica. Além, do cálculo do índice de escassez WEI superficial por sub-bacia foi também calculado o WEI subterrâneo para cada massa de água subterrânea.

À escala de valores definidos para o índice WEI+ foram associados os respetivos coeficientes de escassez atendendo à sua variação proposta na referida norma legal, que se ilustra no Quadro 2.4.

**Quadro 2.4 – Valores das classes do índice de escassez WEI+ e a sua correspondência com a variação do coeficiente de escassez a aplicar na TRH**

Índice escassez WEI+	Coeficiente de escassez - TRH
Classes	
<10% - Sem escassez	1,0
[10% - 20% [- Escassez baixa	1,1
[20% - 30% [- Escassez moderada	1,2
[30% - 50% [- Escassez elevada	1,3
[50% - 70% [- Escassez severa	1,4
≥ 70% - Escassez extrema	1,5

Assim, no Quadro 2.5 apresentam-se os valores dos coeficientes de escassez a associar às sub-bacias, baseados no valor do WEI+ para o período 1989-2015.

**Quadro 2.5 – Valores do coeficiente de escassez a associar às sub-bacias na RH**

Sub-bacia	Coeficiente de escassez - TRH
Dão	1,3
Alva	1,3
Mondego (Ceira)	1,3
Mondego (sem Ceira)	1,3
Vouga (sem Águeda)	1,3
Vouga (Águeda)	1,3
Lis	1,3
Costeiras do Vouga	1,0
Costeiras entre o Vouga e o Mondego	1,0
Costeiras do Mondego	1,0
Costeiras entre o Mondego e o Lis	1,3

### 3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

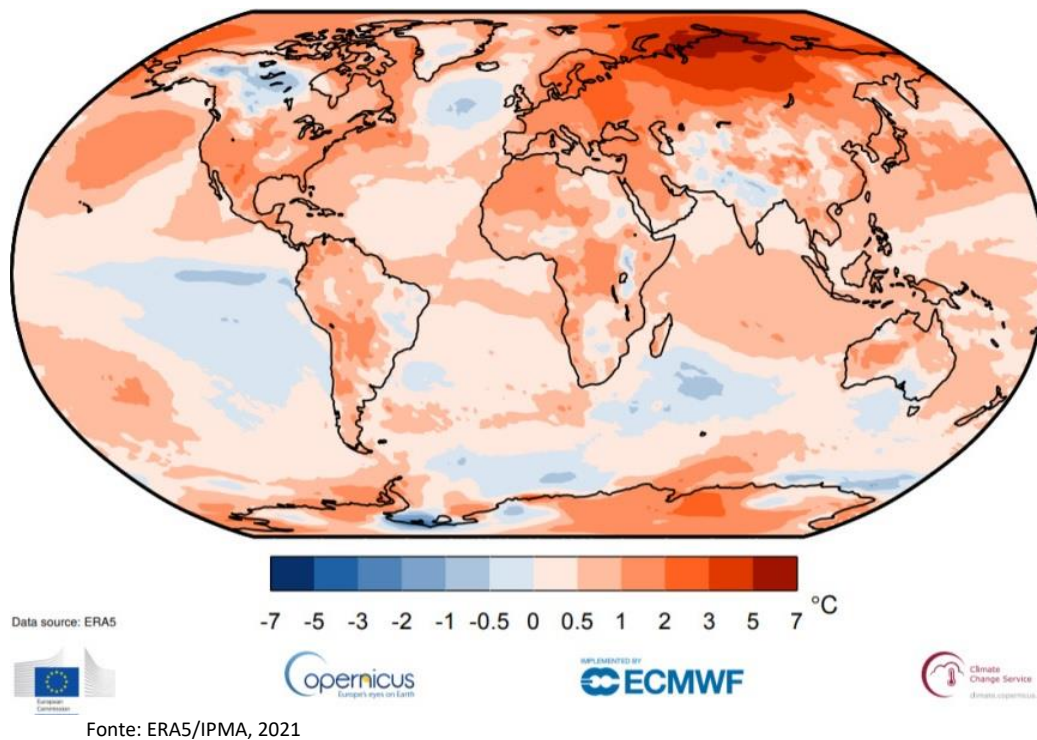


### 3.1. Temperatura

Segundo dados do *Copernicus Climate Change Service*, 2020 foi o ano mais quente a nível global, igualando o ano de 2016, e na Europa, registando uma anomalia de +0,6 °C em relação à normal 1981-2010 e cerca de +1,25 °C em relação ao período pré-industrial 1850-1900, no que respeita à temperatura do ar média anual.

Na Europa, verificou-se uma anomalia de +1,6 °C em relação à normal 1981-2010 e de +0,4 °C em relação a 2019. A década de 2011-2020 foi a mais quente desde que há registos, com os seis anos mais quentes a ocorrerem todos desde 2015: 2020, 2016, 2019, 2015, 2017, 2018 (IPMA, 2021).

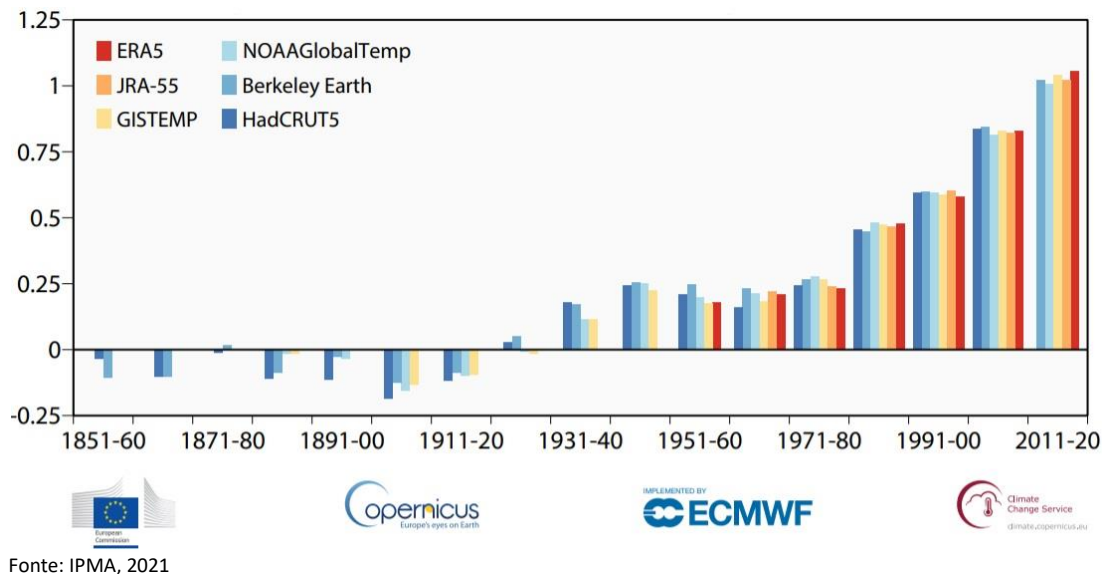
Na Figura 3.1 são apresentadas as anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação à normal de 1981-2010, a nível global.



**Figura 3.1 – Anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação à normal de 1981-2010**

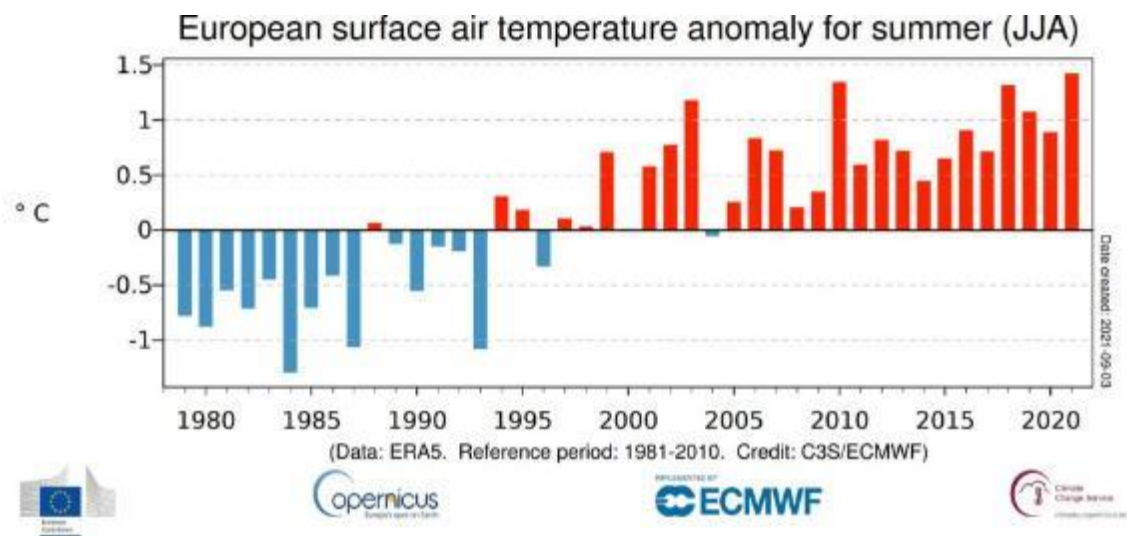
A Figura 3.2 apresenta as anomalias da temperatura média global por décadas desde a era pré-industrial, considerando diferentes conjuntos de dados.





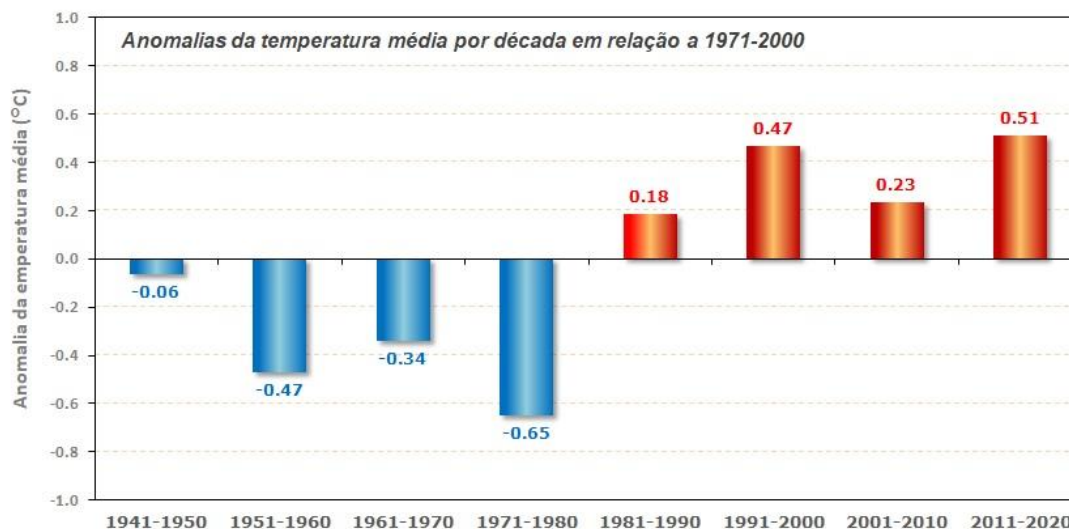
**Figura 3.2 – Anomalias da temperatura média global por décadas desde a era pré-industrial, considerando diferentes conjuntos de dados**

A Figura 3.3 ilustra as anomalias que se verificam nas temperaturas do ar observadas no verão ao nível da Europa, indicando que o verão de 2021 foi o mais quente de sempre na Europa.



**Figura 3.3 – Anomalias observadas na temperatura do ar no período de verão na Europa**

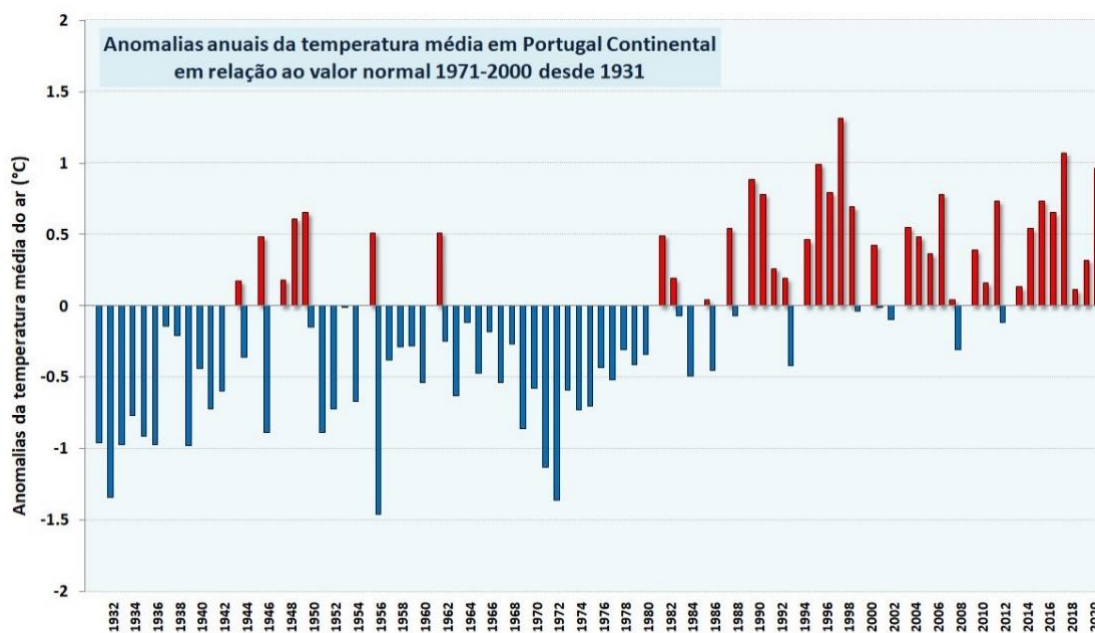
Em Portugal continental, a década de 2011-2020 foi a mais quente desde o ano de 1931, ultrapassando o anterior valor mais elevado que se verificou na década de 1991-2000. Na Figura 3.4 são apresentadas as anomalias da temperatura média do ar por décadas, em relação ao valor normal 1971-2000.



Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.4 – Anomalias da média da temperatura do ar média por décadas, em Portugal continental, em relação aos valores médios no período 1971-2000**

Na Figura 3.5 apresentam-se as anomalias anuais da temperatura média em Portugal continental desde 1931, relativamente ao valor normal 1971-2000.

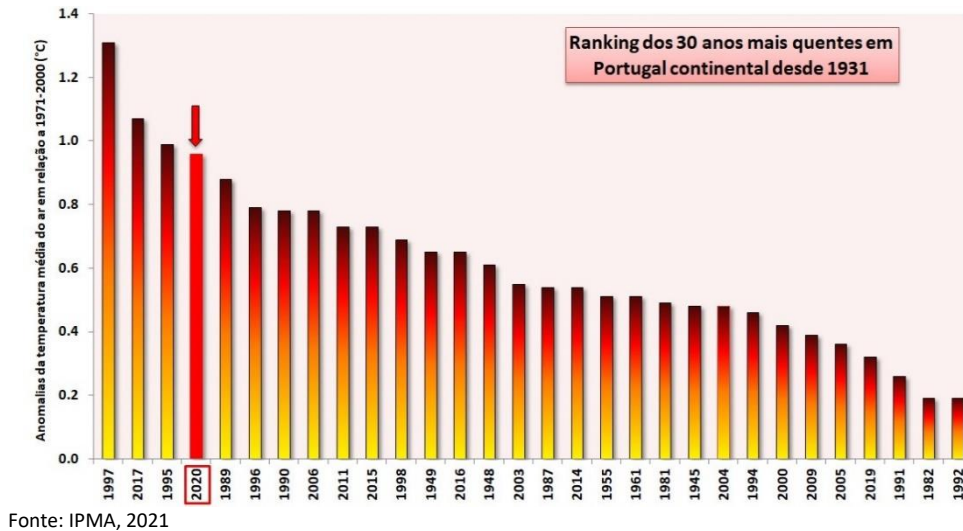


Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.5 – Anomalias anuais da temperatura média em Portugal continental em relação ao valor normal 1971-2000, desde 1931**

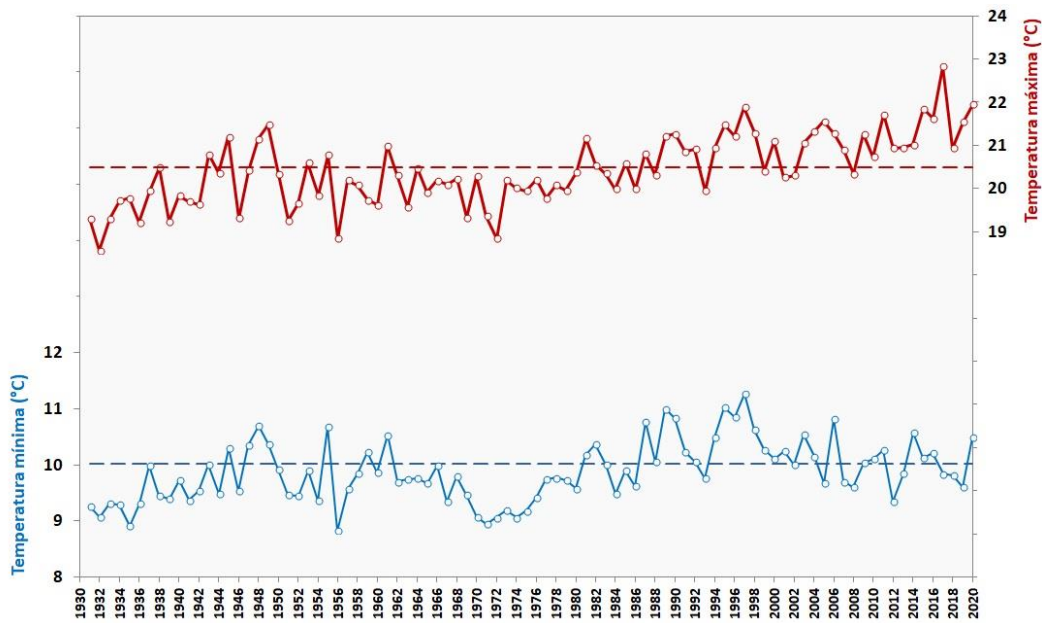
Os 30 anos mais quentes registados em Portugal continental no período compreendido entre 1931 e 2020 são apresentados na Figura 3.6. Observa-se que destes 30 anos, 21 ocorreram depois de 1990 e 13 desde 2000. O ano mais quente foi o de 1997, seguido pelo ano de 2017.

Relativamente ao valor médio anual da média da temperatura máxima do ar, 21,95 °C, o ano de 2020 foi o segundo mais alto desde 1931 (Figura 3.7), com uma anomalia de +1,45 °C (o mais elevado foi o ano de 2017, com um valor médio anual da média da temperatura máxima do ar de 22,82 °C e uma anomalia de +2,32 °C).



**Figura 3.6 – Ranking dos 30 maiores valores da temperatura média do ar entre 1931 e 2020**

Na Figura 3.7 apresenta-se a variabilidade da temperatura do ar máxima e mínima anual, em Portugal continental, desde 1931 (as linhas a tracejado representam a média no período 1971-2000).



**Figura 3.7 – Variabilidade da temperatura do ar máxima e mínima anual, em Portugal continental no período 1931-2020**

Em 2020, o valor médio anual da média da temperatura mínima do ar, 10,49 °C, também registou um valor superior à normal, +0,47 °C, sendo o quarto valor mais elevado dos últimos 20 anos (mais altos desde 2000: 2006, 2014 e 2003).

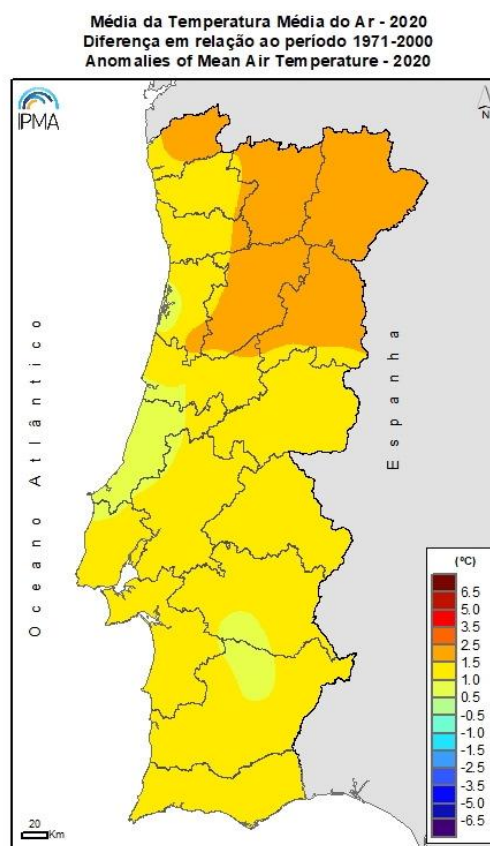
O Quadro 3.1 mostra os 10 anos com os maiores valores da temperatura máxima desde 1931 e respetiva anomalia. Note-se que dos 10 anos com os maiores valores da temperatura máxima, sete ocorreram já no decorrer do século XXI.

**Quadro 3.1 – Dez anos com a temperatura máxima mais alta em Portugal continental (1931-2020)**

Classificação	Ano	Anomalia (°C)
1	2017	2,32
2	2020	1,45
3	1997	1,38
4	2015	1,35
5	2011	1,21
6	2016	1,12
7	2005	1,05
8	2019	1,04
9	1949	0,97
10	1995	0,97

Fonte: IPMA, 2021

No ano de 2020 ocorreram 7 ondas de calor em Portugal continental podendo-se observar Figura 3.8 a distribuição espacial das anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação ao valor normal 1971-2000.

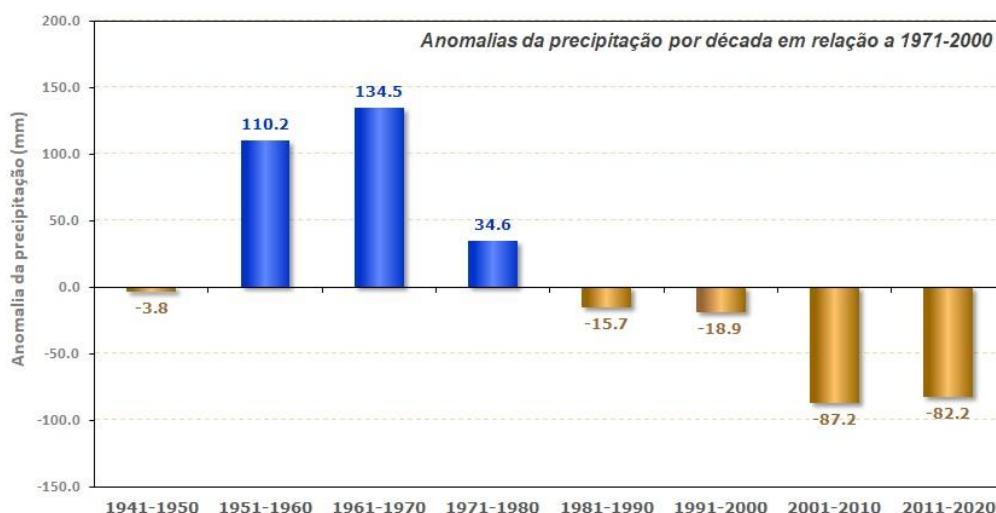


Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.8 – Distribuição espacial das anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação ao valor normal 1971-2000**

### 3.2. Precipitação

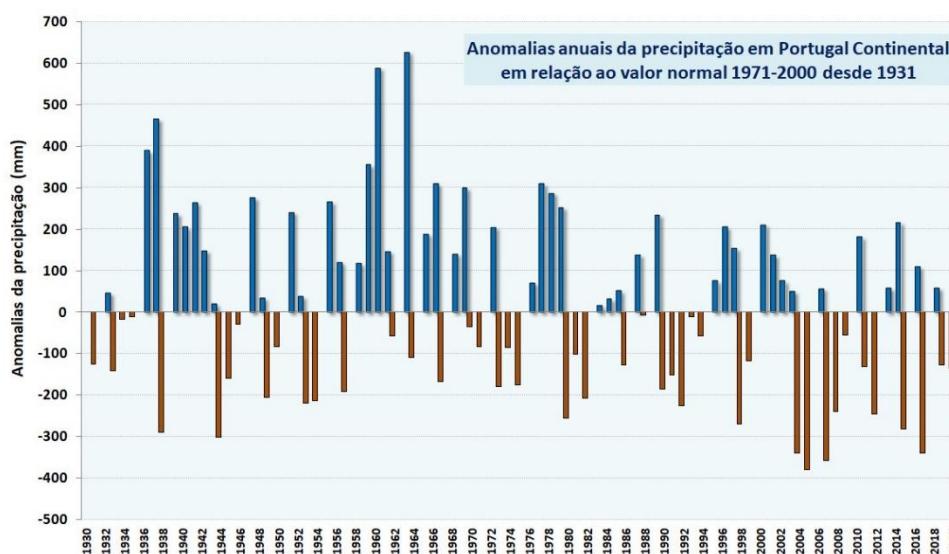
Relativamente à precipitação, as anomalias por décadas, em relação ao valor normal 1971-2000, em Portugal continental, são as apresentadas na Figura 3.9. A década 2011-2020 foi a segunda mais seca desde 1931, com uma diferença de apenas 5 mm em relação à década mais seca, que foi a de 2001-2010.



Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.9 – Anomalias da precipitação por décadas, em Portugal continental, em relação aos valores médios no período 1971-2000**

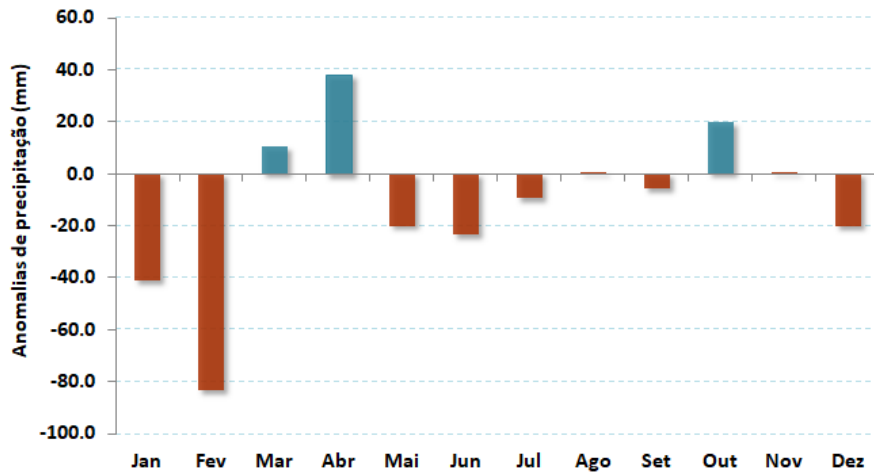
No ano de 2020 o valor médio de precipitação total anual, 746,8 mm, corresponde a cerca de 85% do valor normal. Valores de precipitação inferiores aos registados em 2020 ocorreram em cerca de 30% dos anos desde 1931. Na Figura 3.10 apresentam-se as anomalias anuais da precipitação em Portugal continental desde 1931, relativamente ao valor normal 1971-2000.



Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.10 – Anomalias da quantidade de precipitação anual em Portugal continental, em relação ao valor médio no período 1971-2000**

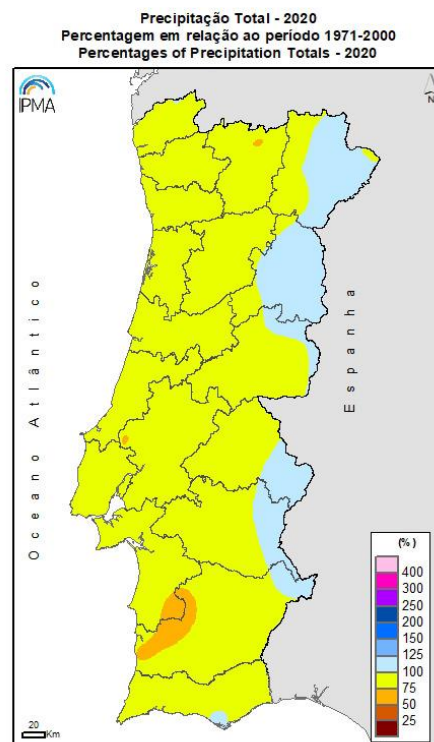
Ao longo de 2020 (Figura 3.11), apenas os meses de abril, maio e outubro registaram valores de precipitação superiores ao normal. Destacam-se as anomalias negativas dos meses de janeiro e fevereiro que contribuíram para o inverno de 2019/2020 ter sido mais seco que o normal.



Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.11 – Desvios (em relação ao valor médio 1971-2000) do total de precipitação anual em 2020**

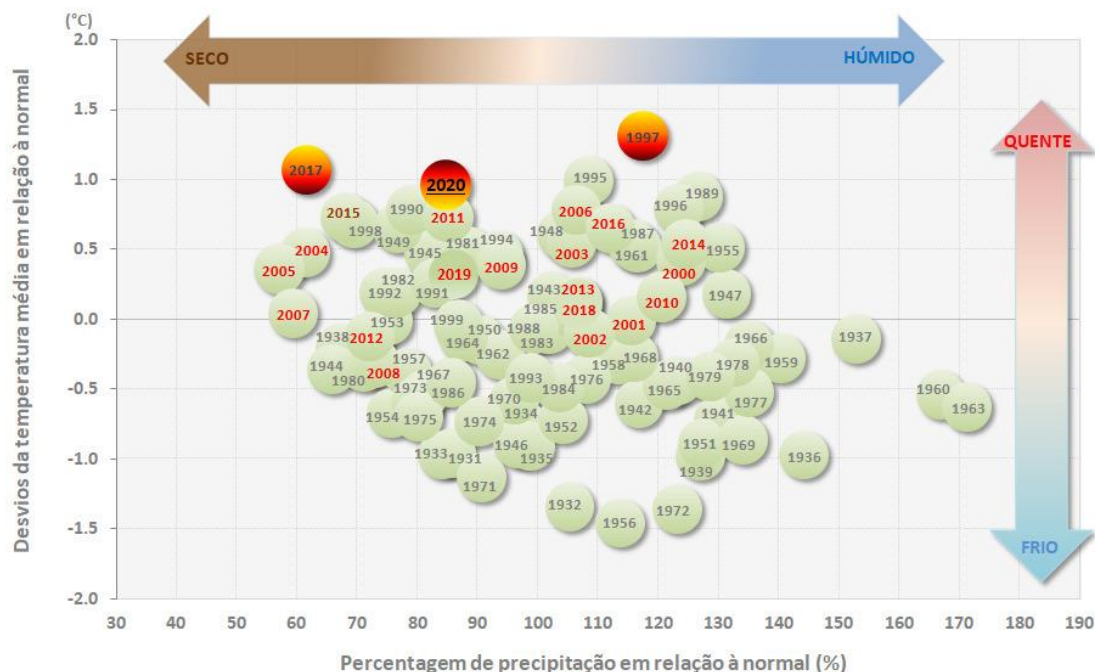
Em relação à distribuição espacial (Figura 3.12), os valores foram inferiores ao normal em quase todo o território, exceto nalgumas regiões do interior do território.



Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.12 – Distribuição espacial da percentagem da precipitação em 2020, em relação ao valor normal 1971-2000**

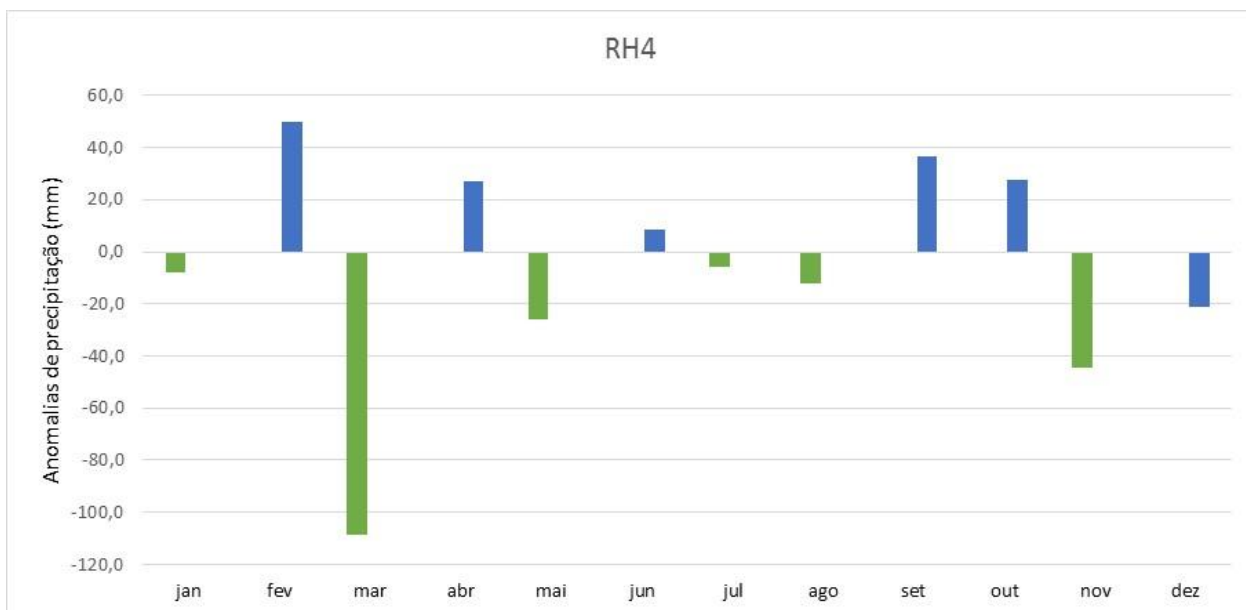
O ano de 2020, em Portugal Continental, classificou-se como muito quente e seco (Figura 3.13).



Fonte: IPMA, 2021

**Figura 3.13 – Temperatura média do ar e precipitação em Portugal continental entre 1931 e 2020**

No que se refere à RH os desvios da precipitação mensal para o ano hidrológico de 2020/21 face à precipitação média anual relativo ao período de 1940/41 a 1997/98, é a que se apresenta na Figura 3.14. Salienta-se o mês de março com uma anomalia significativa face ao histórico da RH.



**Figura 3.14 – Desvio da precipitação mensal no ano hidrológico 2020/21 para a RH**

## 4. RISCOS





Um risco materializa um processo ou ação, natural ou tecnológico, com relevância socioeconómica e expressão territorial para o qual é preciso avaliar a sua probabilidade de ocorrência e estimar o seu impacto.

Podendo os riscos ter origem em fenómenos meteorológicos e hidrológicos extemos, ou em acidentes, infraestruturas e atividades, em função da sua origem podem ser divididos em riscos naturais e tecnológicos.

Ao nível da gestão dos recursos hídricos a variabilidade aleatória, temporal e espacial tornam particularmente importante a avaliação e prevenção de riscos que lhe estão associados.

A garantia da disponibilidade de água, em quantidade e qualidade, a proteção de pessoas e bens contra ameaças de origem natural ou provocadas pela atividade antropogénica, o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e de outros ecossistemas deles dependentes têm de estar sempre presentes numa estratégia de gestão destes recursos. Como principais riscos naturais e tecnológicos que podem afetar o estado das massas de água existem:

- Naturais
  - Secas;
  - Inundações, incluindo galgamentos costeiros;
  - Erosão costeira - Recuo e instabilidade de arribas;
  - Incêndios florestais;
  - Tsunamis;
- Tecnológicos
  - Acidentes no transporte terrestre de mercadorias perigosas;
  - Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos;
  - Colapso de pontes e aquedutos;
  - Rutura de barragens;
  - Acidentes em instalações fixas com substâncias perigosas.

A ocorrência de incêndios rurais relacionada com fenómenos atmosféricos foi classificada na Avaliação Nacional de Riscos (2019, ANEPC) como um risco misto.

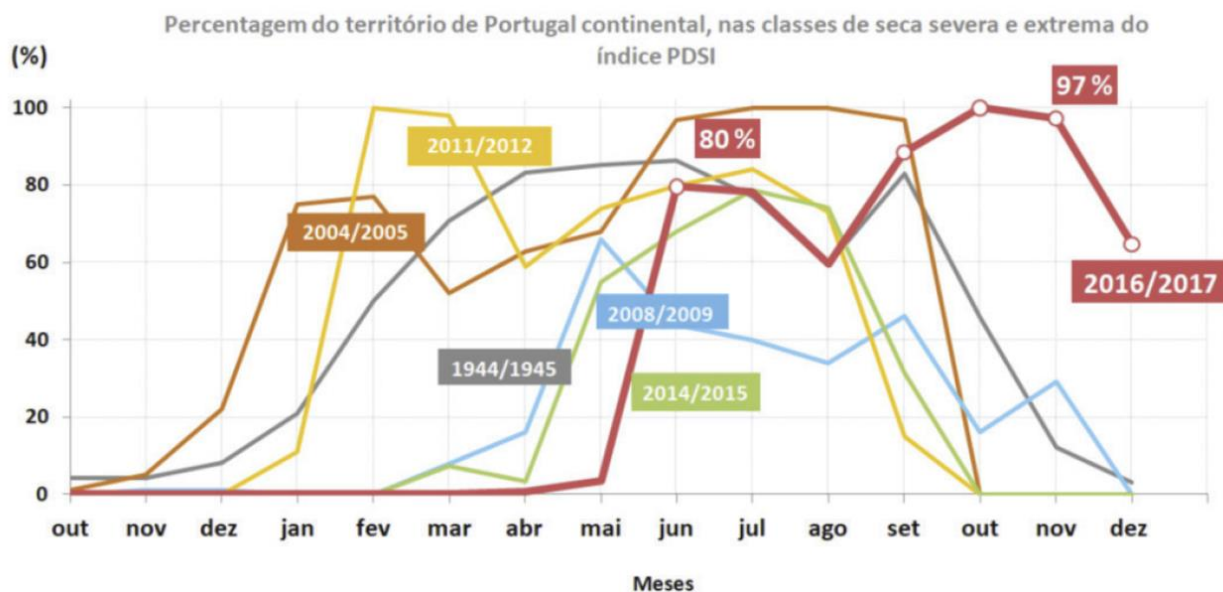
Nos capítulos seguintes faz-se uma breve caracterização dos principais riscos que podem afetar os recursos hídricos na RH.

## 4.1. Riscos Naturais

### 4.1.1. Secas

As secas e a escassez de água são problemas crescentes na Europa, como consequência dos efeitos das alterações climáticas, que têm implicado tanto o aumento da temperatura média global como o aumento da frequência e intensidade dos fenómenos climáticos extremos, tais como inundações e secas.

Note-se que esta tendência têm-se registado nos últimos anos, sendo que já neste século ocorreram cinco períodos de seca (2004/05, 2008/09, 2011/12, 2014/15 e 2016/17), alguns dos quais comparáveis com o mais grave que ocorreu no século XX, a seca de 1944/45 (Figura 4.1).



Fonte: IPMA, in Relatório do Grupo de Trabalho de assessoria técnica à Comissão Permanente de Prevenção, Monitorização e Acompanhamento dos Efeitos da Seca, dezembro de 2017

**Figura 4.1 – Evolução mensal da percentagem do território em seca severa e extrema, de acordo com a classificação do índice PDSI, para várias situações de seca (histórica: 1944/45; após 2000: 2004/05, 2008/09, 2011/12, 2014/15 e 2016/17)**

Durante a Presidência Portuguesa do Conselho da União Europeia no primeiro semestre de 2021 foi colocada no topo da agenda política europeia a problemática da escassez de água e das secas no contexto da adaptação às alterações climáticas e da necessidade de se acordar medidas concretas para fazer face a essa situação e mobilizar financiamento para tornar essas mesmas medidas possíveis. Da reunião informal dos ministros do ambiente da Europa realizada a 23 de abril de 2021 importa salientar algumas das conclusões:

- Tornou-se evidente que a escassez e, mesmo, as secas decorrentes dos efeitos das alterações climáticas deixaram de ser apenas um problema dos países do sul, e que é preciso reduzir significativamente o uso de água. Para isso, é urgente melhorar a eficiência e aumentar a reutilização da água;
- Ficou clara a necessidade de garantir, por parte de todos os setores, o uso sustentável da água e a resiliência aos efeitos das alterações do clima, melhorando a articulação e convergência dos planos e estratégias setoriais com os planos de gestão de região hidrográfica, promovendo um licenciamento mais eficaz, considerando as disponibilidades existentes e futuras e a necessidade de se atingirem os objetivos da DQA;
- O desenvolvimento harmonizado para uma implementação comum de planos de gestão da seca e escassez por região hidrográfica, que vão ser desenvolvidos em 2022, assume particular relevo para dotar este fenómeno extremo de mecanismos e instrumentos de gestão comum mais eficazes e com maior pro-atividade na minimização dos seus efeitos.

Com efeito, a água tem um papel ímpar nos impactes da mudança do clima. É um elemento estruturante em diversos domínios, tais como a agricultura, as florestas, a biodiversidade, a indústria, a energia, as pescas, as cidades, a saúde e o turismo, pelo que a mudança tem de envolver todos.

Nesse sentido, a 17 de junho de 2021, foi lançado o Relatório Especial sobre as Secas do Gabinete das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR), que explora a natureza sistémica das secas e os seus

impactes na realização do Quadro de Sendai para redução do risco de desastres, nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e na saúde e bem-estar humano e dos ecossistemas.

As mudanças nos padrões de precipitação, conjugadas com o aumento das temperaturas médias, já estão a agravar significativamente as pressões existentes sobre a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, situação que será previsivelmente exacerbada num futuro não muito longínquo.

O desenvolvimento económico, a saúde humana e os ecossistemas estão inseparavelmente ligados à disponibilidade e à qualidade da água. O Pacto Ecológico Europeu e as suas iniciativas vieram estabelecer o quadro e dar o ímpeto necessário para a UE avançar com uma agenda ambiciosa sobre a gestão da quantidade de água, com base nas conclusões das avaliações recentes da água e na aplicação da nova legislação neste domínio.

Na sequência da adoção da nova Estratégia da UE para a Adaptação às Alterações Climáticas, e por solicitação do Parlamento Europeu, foi lançado pela Comissão Europeia o projeto Observatório Europeu da Seca para a Resiliência e Adaptação (EDORA, no acrónimo em inglês), com o objetivo principal de melhorar a resiliência e a adaptação às secas em toda a UE.

A posição geográfica de Portugal continental é propícia à ocorrência de situações de seca. Efetivamente tem-se assistido a um incremento da frequência e da intensidade das situações de seca, sobretudo nas duas últimas décadas do século XX e nas primeiras décadas do século XXI.

Dos 30 anos mais quentes em Portugal continental no período de 1931 a 2020, verifica-se que 21 ocorreram depois de 1990 e 13 desde de 2000. O ano de 1997 foi o mais quente seguido pelo ano de 2017. O aumento da temperatura e a diminuição do número de anos húmidos nas últimas duas décadas têm provocado:

- Menor reposição dos volumes de água armazenados quer nas albufeiras quer nas águas subterrâneas;
- Dificuldades em atingir o Bom estado das massas de água;
- Aumento da temperatura e intensificação das atividades têm implicado um aumento dos consumos.

#### 4.1.1.1. Metodologia e critérios

A seca e, conseqüentemente, a escassez são uma preocupação crescente na Europa, com particular relevância nas regiões desertificadas do interior sudeste de Portugal e Espanha, onde a sua duração, frequência e severidade são cada vez maiores e os seus efeitos se mantêm muito para além do seu término. Um dos impactos mais gravosos das alterações climáticas é precisamente o que respeita ao aumento da frequência e severidade de períodos de seca e escassez de água. Aliás, de acordo com Copernicus Climate Change Service, o ano de 2019 na Europa foi o mais quente alguma vez registado, com uma anomalia de temperatura média do ar de 1.24 °C.

A experiência acumulada durante os períodos de secas ocorridos em 2012 e em 2017, assim como em situações anteriores, com particular destaque para a seca de 2004-2005, permitiram concluir que é essencial dotar o país de instrumentos e disposições que regulem a preparação para futuras ocorrências de um fenómeno que se está a verificar com maior frequência em Portugal, em resultado das mudanças climáticas. Efetivamente, as alterações climáticas terão provavelmente impactos significativos na distribuição temporal e espacial dos recursos hídricos, na qualidade da água e na ocorrência, mais frequente, de secas significativas.

O Decreto-Lei n.º 21/98, de 3 de fevereiro, cria a Comissão de Gestão de Albufeiras, coordenada pela APA, tendo como atribuição a coordenação do planeamento e da exploração de albufeiras. Em situações de emergência provocadas por iminência ou ocorrência de cheias ou rotura de barragens, a Comissão constitui-se em Comité Permanente para tomar as medidas adequadas ao acompanhamento da sua evolução. Esta Comissão e as suas sub-comissões regionais têm sido determinantes na definição e implementação das

medidas de contingência e de preparação para as situações de seca que se têm verificado desde então, analisando não só o armazenamento de água nas albufeiras, mas também nas águas subterrâneas.

A RCM nº. 80/2017, de 7 de junho, criou a Comissão Permanente de Prevenção, Monitorização e Acompanhamento dos Efeitos da Seca, constituída pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas do Ambiente e da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural que coordenam conjuntamente, das Finanças, da Administração Interna, da Administração Local, do Trabalho, Solidariedade e Segurança Social, da Saúde, da Economia e do Mar, e pelo grupo de Trabalho que integra os diferentes organismos do Estado, coordenado pela APA e pelo GPP.

No dia 19 de julho de 2017 realizou-se a primeira reunião da Comissão Permanente de Prevenção, Monitorização e Acompanhamento dos Efeitos da Seca, criada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2017, de 7 de junho, tendo sido aprovado o Plano de Prevenção, Monitorização e Acompanhamento dos Efeitos da Seca. Posteriormente houve mais 5 reuniões, (30 de outubro de 2017, 7 de fevereiro de 2018, 20 de março de 2019, 8 de maio de 2019 e 20 de novembro de 2019). Desde junho de 2017 que são realizados relatórios mensais que podem ser consultados através do seguinte link <https://www.apambiente.pt/agua/grupo-de-trabalho>.

Sendo a seca um fenómeno natural com início e fim mal definidos, de progressão lenta, com duração temporal de meses e anos, podendo atingir grandes regiões, a sua caracterização, tal como noutros fenómenos naturais, pode ser feita pela sua severidade, duração e localização. Assim importa monitorizar diferentes variáveis hidrometeorológicas, recorrer a diferentes índices e indicadores de seca que permitam antecipar a sua ocorrência.

A utilização do SPI como indicador de impactos em vários setores da água constitui um indicador de alerta precoce de secas. A ausência ou diminuição da precipitação tem impacto nos processos do ciclo hidrológico – escoamento, infiltração, evapotranspiração e restantes. É no entanto importante escolher a escala temporal adequada do SPI e o momento do ano hidrológico em que essa análise é realizada. Assim, e segundo a documento “WMO n.º 1090 – Standardized Precipitation Index – User Guide” é possível considerar:

- SPI-3 meses, que reflete as condições de humidade no solo a curto e médio prazo;
- SPI-6 meses, que indica tendências da precipitação entre estações de médio prazo;
- O SPI-9 meses com valores inferiores a -1,5 é considerado um bom indicador de que a seca está a ter um impacto significativo na agricultura e pode estar a afetar também outros sectores. Esta é, ainda, a escala de tempo em que o SPI permite verificar a presença ou não de uma seca prolongada;
- O SPI-12 meses e escalas temporais superiores, que reflete o impacto nas reservas hídricas quer superficiais quer subterrâneas.

A escala de valores utilizada inclui as classes indicadas no Quadro 4.1.

**Quadro 4.1 – Escala de valores de precipitação associados à classificação do SPI (European Drought Observatory)**

Classificação do SPI (Precipitação)	
>2	chuva extrema
1.50 to 1.99	chuva severa
1.0 to 1.49	chuva moderada
-.99 to .99	normal
-1.0 to -1.49	seca moderada
-1.5 to -1.99	seca severa
<-2	seca extrema

As secas normalmente desenvolvem-se ao longo de uma estação do ano ou por mais tempo. Os valores que o SPI-9 meses assume, permitem uma avaliação do impacto da seca em sectores como a agricultura. Valores de SPI-9 inferiores a 1,5 demonstram já impactos significativos neste sector, em particular se estes valores forem observados no mês de março, fim do semestre húmido.

É também aplicado um índice às séries de volume armazenado, o índice DSIR (Drought State Index for Reservoirs) [3], dado ser um bom indicador do estado de armazenamento nas albufeiras, e assim permitir avaliar a situação de seca na região, podendo assumir valores da escala indicada no Quadro 4.2.

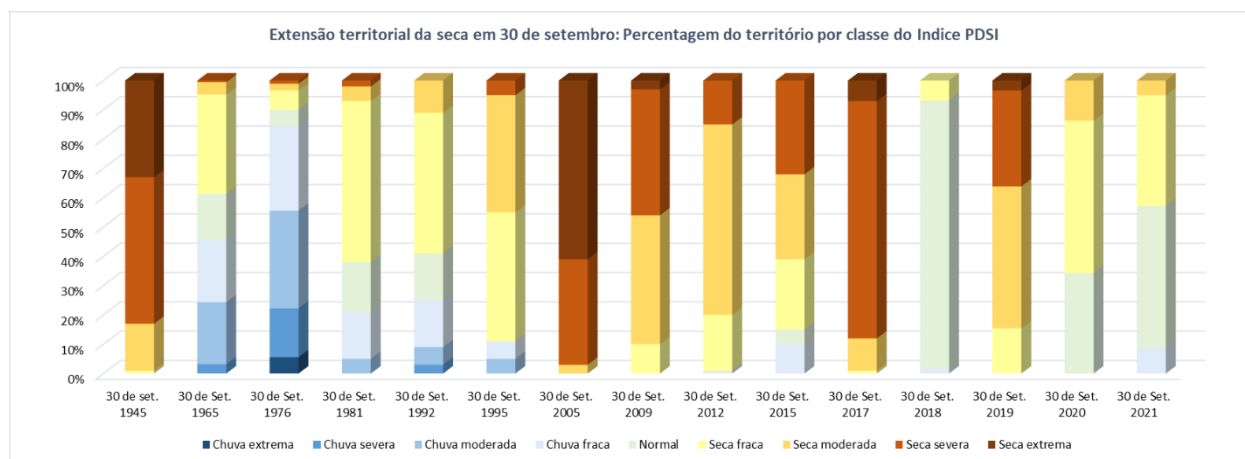
**Quadro 4.2 – Escala de valores associado índice Drought State Index for Reservoirs (DSIR)**

Classificação do DSIR	
$\geq 0.5$	Normalidade
$0.5 > \text{DSIR} \geq 0.3$	Pré-alerta
$0.3 > \text{DSIR} \geq 0.1$	Alerta
$< 0.1$	Emergência

#### 4.1.1.2. Secas na década de 2010 a 2021

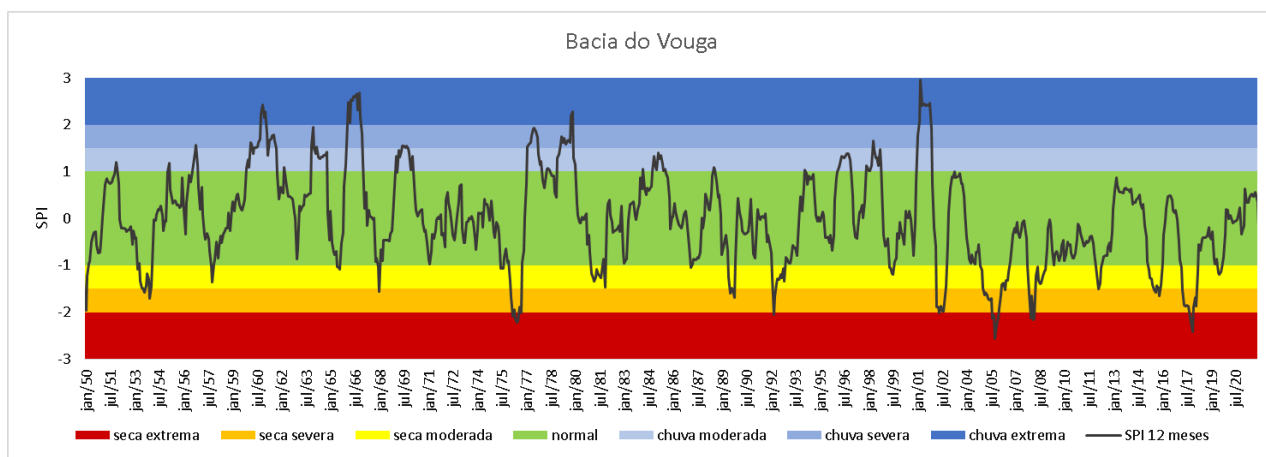
A monitorização da seca meteorológica realizada pelo IPMA, cuja análise está disponível nos Boletins Climatológicos, permite verificar que na última década ocorreram vários episódios de seca meteorológica, de duração média e curta, de intensidade variável, com abrangência nacional ou de maior incidência nas bacias hidrográficas a sul do rio Tejo. A precipitação anual observada, quando acima da média de referência, apresenta valores que não atingem os percentis mais elevados da séries históricas. Importa ainda referir que uma das secas mais gravosas quer em extensão territorial (100%) quer em intensidade, ocorreu há relativamente pouco tempo, de 2004 a 2006. Estas alterações no regime de precipitação têm conduzido a secas hidrológicas, com elevados impactos ambientais e económicos.

No gráfico da Figura 4.2 apresenta-se a percentagem do território de Portugal Continental em situação da seca para as principais secas ocorridas até 2017, conjuntamente com os anos secos registados até 2021. Verifica-se nos últimos cinco anos uma persistência de uma percentagem significativa do território em situação de seca meteorológica.



**Figura 4.2 – Principais secas em Portugal Continental e sua extensão territorial, anos secos no período de 2011 a 2021 (Adaptado do Boletim de Seca de setembro de 2017 do IPMA)**

A análise do índice SPI-12 para o histórico da série de precipitações observadas na bacia hidrográfica do Vouga permite verificar uma ausência, nos últimos 20 anos, de anos húmidos ou muito húmidos e uma maior ocorrência de períodos que atingem níveis de seca, como o ocorrido no ano hidrológico de 2016/17 (Figura 4.3).

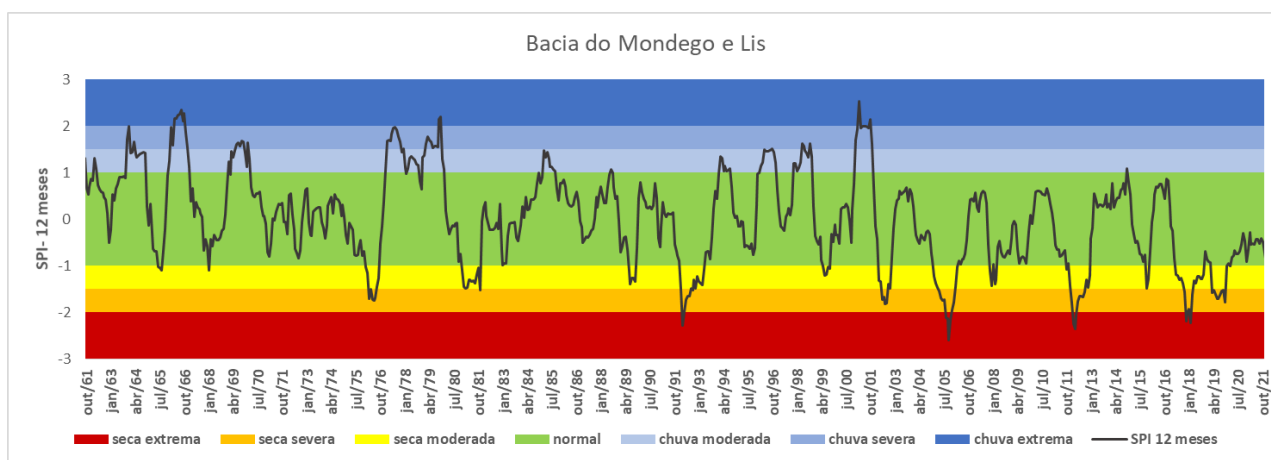


**Figura 4.3 – Índice SPI-12 para a Bacia Hidrográfica do Vouga**

Nas bacias hidrográficas do Mondego e Lis, a análise do SPI-12 na última década permite verificar que a seca meteorológica de 2011/12 foi mais gravosa no Mondego do que no Vouga, observa-se ainda que a precipitação ocorrida nos últimos cinco anos hidrológicos foi mais elevada na bacia do Vouga (Figura 4.4).

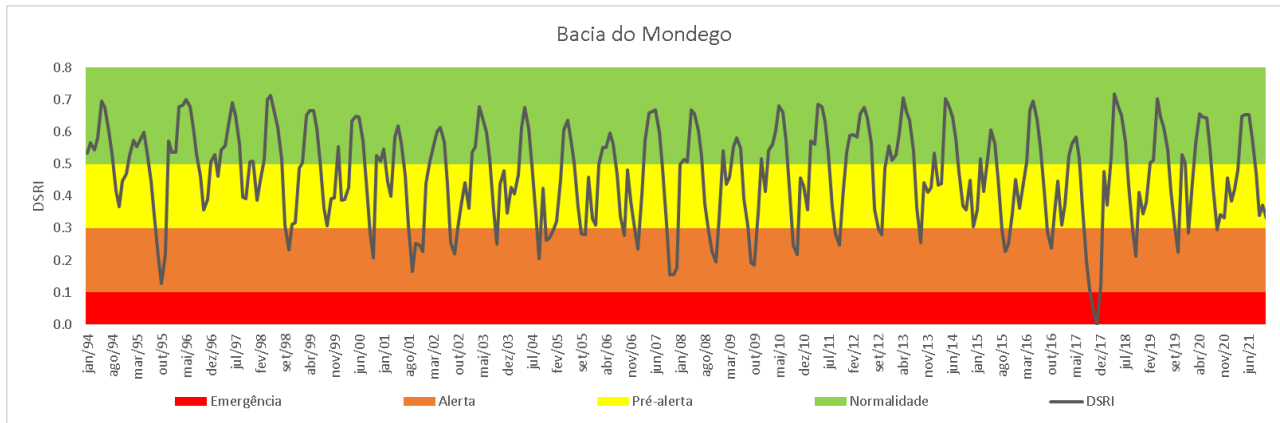
Os resultados obtidos evidenciam algumas tendências que aqui se destacam:

- Ausência de anos húmidos após 2001 e aumento de anos hidrológicos consecutivos com precipitação muito abaixo da média;
- Após 2000/01 é possível observar a ocorrência de um ano hidrológico classificado com seca extrema e que a frequência de anos hidrológicos abaixo da média aumentou relativamente ao período entre 1959/60 e 1999/2000;



**Figura 4.4 – Índice SPI-12 para a Bacia Hidrográfica do Mondego e Lis**

O indicador DSIR, nesta RH, apenas foi calculado para a bacia do Mondego, uma vez que a série de dados de volumes armazenados no Vouga não é estatisticamente representativa. Na bacia hidrográfica do Mondego a série de valores do índice DSIR (Figura 4.5), que no ano hidrológico de 2016/17 foi atingido o nível mais baixo deste indicador, sendo o único registo desde 1994/95. Apesar de terem ocorrido nesta bacia secas meteorológicas mais severas do que a de 2016/17, foi neste ano hidrológicas que as reservas hídricas atingiram mínimos históricos.



**Figura 4.5 – Aplicação do índice Drought State Index for Reservoirs na Bacia Hidrográfica do Mondego**

A existência da Comissão Interministerial e respetivo Grupo de Trabalho de assessoria técnica, enquanto fórum de debate e de integração de todos os aspetos relevantes para a gestão de situações de seca, e as ações que desde julho de 2017 foram tomadas, permitiram um melhor acompanhamento da situação, uma maior resiliência e gestão das disponibilidades existentes, minimizando, de forma mais efetiva e progressiva, a diminuição significativa das disponibilidades hídricas devido às condições meteorológicas. Do que foi realizado importa salientar:

- Aprovação do Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca;
- Elaboração de relatórios de monitorização mensais, podendo a frequência ser aumentada em caso de contingência, com incremento da monitorização;
- Acompanhamento regular permitiu, nas situações de seca, a adoção mais célere e atempada de ações que permitiram a mitigação dos seus efeitos nas atividades económicas e garantir sempre o abastecimento público, em quantidade e qualidade;
- Reforço da monitorização e da sua disponibilização;
- Promoção de uma melhor articulação entre os diferentes utilizadores, nomeadamente nos sistemas menos resilientes;
- Realização de campanhas de sensibilização para poupança nos consumos urbanos;
- Implementação de medidas nas áreas ardidas para garantir a proteção dos recursos hídricos 867 protocolos investimento de 16,42 M€ (Fundo Ambiental);
- Restrições no licenciamento para uma melhor proteção das águas subterrâneas e reforço da fiscalização;
- No âmbito do Programa de Desenvolvimento Rural 2014- 2020 (PDR 2020) apoiaram-se em 2017 «Pequenos Investimentos na Exploração Agrícola», para mitigar os efeitos da seca severa e extrema enquanto fenómeno climático adverso, através do apoio a investimentos específicos nas explorações

agrícolas em que a escassez de água comprometia o manejo do efetivo pecuário, em particular o seu abeberamento, permitindo dotar um grande número de explorações, naturalmente as que se situam em locais mais críticos, de meios para fazer frente a uma situação de seca;

- Articulação com os municípios e entidades gestoras para diminuir os consumos urbanos;
- Remoção e limpeza de sedimentos acumulados em 8 albufeiras (2,36 M€ do Fundo Ambiental);
- Realização de um projeto de aumento do armazenamento e implementando medidas de correção e melhoria de situações de índole estrutural / hidráulica da barragem de Fagilde (Mondego);
- De acordo com o preconizado no Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para situações de seca, embora por vezes não no seu pleno, estão atualmente a ser aplicados planos de contingência específicos nos aproveitamentos hidroagrícolas pelas associações de regantes;
- Identificar e investir na eficiência dos consumos e na redução das perdas na distribuição;

#### 4.1.2. Inundações

As inundações são fenómenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela ação humana, que consistem na submersão de uma área usualmente emersa (Ramos, 2011).

Na sequência das cheias ocorridas na Europa Central, entre 1998 e 2005, cuja magnitude afetou gravemente as atividades económicas europeias, a União Europeia decidiu iniciar um processo de avaliação dos prejuízos e análise do fenómeno e dos procedimentos de mitigação e adaptação, visando a definição de uma estratégia para diminuir as vulnerabilidades da Europa, face à ocorrência de cheias, e, conseqüentemente permitir reduzir as conseqüências prejudiciais.

Neste contexto, a Comissão Europeia iniciou o desenvolvimento de uma estratégia comunitária que culminou com a publicação da Diretiva 2007/60/CE, de 23 de outubro, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações (DAGRI) com a sua transposição para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 115/2010, de 22 de outubro. Esta norma legal estabelece um quadro nacional para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objetivo de reduzir as conseqüências prejudiciais associadas a este fenómeno para a saúde humana (incluindo perdas humanas), o ambiente, o património cultural, as infraestruturas e as atividades económicas.

O âmbito de aplicação da Diretiva n.º 2007/60/CE define como inundação *“cobertura temporária por água de uma terra normalmente não coberta por água. Inclui as cheias ocasionadas pelos rios, pelas torrentes de montanha e pelos cursos de água efémeros mediterrânicos, e as inundações ocasionadas pelo mar nas zonas costeiras, e pode excluir as inundações com origem em redes de esgotos.”* Neste sentido, as inundações a considerar são aquelas que pelos seus efeitos negativos podem provocar a perda de vidas, a deslocação de populações, danos no ambiente e no património cultural, ser prejudiciais para a saúde humana, comprometer o desenvolvimento económico e prejudicar todas as atividades da comunidade.

Os tipos de inundações que ocorrem no território nacional são de origem fluvial, cheias repentinas, inundações pluviais e inundações marítimas em zonas costeiras. Os danos causados pelas inundações variam no território, dependendo da sua ocupação quer em termos populacionais, quer em atividades.

Em termos de conceitos é importante estabelecer que:

**Inundação fluvial** - Fenómeno gerado pela ocorrência de precipitação durante vários dias ou semanas, por fenómenos intensos durante um curto período de tempo, ou pelo rápido degelo de massas de gelo, resultando no alagamento das áreas circundantes, com impacto na sua ocupação. A inundação fluvial pode ainda resultar da falha de uma estrutura de defesa, tal como um dique ou uma barragem.



**Inundação pluvial** - Resultam de eventos de precipitação intensa que saturam o sistema de drenagem, passando o excesso de água a fluir para as ruas e estruturas próximas.

**Inundações repentinas** – Inundações causadas pelo rápido aumento do nível da água em riachos, rios ou outros cursos de água, normalmente leitos secos, ou em áreas urbanas, geralmente como resultado de chuvas intensas numa área relativamente pequena ou de chuvas moderadas a intensas sobre superfícies terrestres impermeáveis, ocorrendo geralmente dentro de minutos a várias horas do evento de precipitação.

**Inundação costeira** - Fenómeno gerado pela subida temporária do nível do mar acima da amplitude normal da maré devido à ocorrência em simultâneo ou pontualmente de sobre elevação marítima, ondas, ventos ou *tsunamis*, levando ao galgamento da linha de costa e à inundação de zonas geralmente secas.

#### 4.1.2.1. Metodologia e critérios

A implementação da Diretiva e do Decreto-Lei, mencionados anteriormente, passa pela realização de três etapas, a executar de acordo com um calendário pré-definido:

- 1ª Fase: elaboração da avaliação preliminar dos riscos de inundações e identificação das zonas com riscos potenciais significativos;
- 2ª Fase: elaboração de cartas de zonas inundáveis e de riscos de inundações;
- 3ª Fase: elaboração e implementação dos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI).

As etapas são executadas de seis em seis anos, visando a respetiva reavaliação da informação. Nos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI), em vigor até dezembro de 2021, foram identificadas 22 áreas de risco de inundação em Portugal Continental, todas de origem fluvial. O programa de medidas definido nos PGRI, com investimento executado superior a 100,32 M€, está ainda em execução (consultar planos em <https://www.apambiente.pt/agua/1o-ciclo-de-planeamento-2016-2021>).

Para o 2.º ciclo a Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundações (APRI) considerou as seguintes etapas:

- Etapa 1 – Levantamento e análise dos eventos de inundações ocorridos desde o início do ciclo anterior até ao presente;
- Etapa 2 – Reanálise das Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundações (ARPSI) identificadas no ciclo anterior;
- Etapa 3 – Definição de novas ARPSI.

A realização da Etapa 1 inclui a caracterização de inundações quer sobre o seu mecanismo, origem, quer no que respeita aos impactos negativos significativos nos quatro recetores definidos na diretiva: População, Ambiente, Atividades Económicas e Turismo. A análise da informação recolhida é realizada tendo em conta os indicadores definidos, que mediante a aplicação de um sistema de ponderação permitem classificar os eventos relativamente à severidade dos seus impactos negativos.

A avaliação realizada na Etapa 1 é também o suporte para verificar se existem ocorrências de inundações que demonstrem necessidade de alterar as ARPSI do ciclo anterior. As alterações podem ser de diferentes tipos: extensão, redução, eliminação, divisão ou agregação (Etapa 2). Simultaneamente permitem verificar a necessidade de definir novas ARPSI (Etapa 3).

Na fase de avaliação preliminar de risco de inundação é ainda possível definir ARPSI que resultam de inundações sem impactos significativos conhecidos, mas com uma probabilidade não nula de produzirem consequências adversas significativas, caso voltem a ocorrer eventos futuros. O risco associado a eventuais alterações climáticas poderá ser um dos aspetos que permite suportar a existência de eventos futuros.

Foram selecionados indicadores que foram agregados por recetor: **população, atividades económicas, ambiente e património classificado** estabeleceram-se diferentes classes, que foram valoradas desde o efeito insignificante da cheia até um prejuízo muito elevado.

Para informação complementar consultar os trabalhos associados à implementação da Diretiva Inundações <https://www.apambiente.pt/agua/2o-ciclo-de-planeamento-2022-2027>.

#### 4.1.2.2. Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundações

No 2.º ciclo de planeamento da Diretiva Inundações a Avaliação Preliminar de Riscos de Inundações (APRI) teve em consideração as zonas de risco identificadas no primeiro ciclo de implementação da Diretiva n.º 2007/60/CE, de 23 de outubro, os eventos de inundação conhecidos desde dezembro 2011, potenciais eventos futuros face a riscos associados a alterações climáticas e a cooperação com o Reino de Espanha, de acordo com as determinações na diretiva em questão.

Para a RH, a APRI efetuada no âmbito do 2.º ciclo de planeamento identificou, entre 2011 e 2018, os eventos que se apresentam no Quadro 4.3. e sobre os quais se juntam algumas fotos exemplificativas (Figura 4.6).

**Quadro 4.3 – Eventos reportados na RH, entre 2011 e 2018**

Data evento	Municípios mais afetados	Origem da cheia	Causa	Serviços afetados	Grau de impacto na população
26/03/2013	Águeda	Pluvial	Forte precipitação e Associação com as marés vivas	Redes viárias	Muito Alto
29/03/2013	São Pedro do Sul	Pluvial	Forte precipitação	Redes viárias, Hotéis	Baixo
30/03/2013	Coimbra	Fluvial	Subida do rio	Redes viárias	Baixo
02/01/2014	Coimbra	Fluvial e Pluvial	Forte precipitação e Subida do rio	-	Médio
07/02/2014	Coimbra	Fluvial	Forte precipitação e Subida do rio	Redes viárias	Baixo
13/02/2014	Leiria				
27/12/2014	Águeda	Fluvial e Pluvial	Forte precipitação e Deficiente drenagem	Outros serviços públicos, Redes viárias	Muito Alto
31/01/2015	Coimbra	Fluvial	Descargas de barragens nacionais e Subida do rio	Redes viárias	Médio
04/01/2016	Águeda	Fluvial	Forte precipitação	Outros serviços públicos, Redes viárias	Alto
10/01/2016	São Pedro do Sul	Fluvial	Forte precipitação	Redes viárias	Baixo
11/01/2016	Coimbra	Fluvial	Forte precipitação, Descargas de barragens nacionais e Subida do rio	Redes viárias	Alto
11/01/2016	Montemor-o-Velho	Fluvial	Forte precipitação e Subida do rio	Outros serviços públicos, Redes viárias	Médio
11/02/2016	Montemor-o-Velho	Fluvial	Forte precipitação e Subida do rio	Escolas, Outros serviços públicos, Redes viárias	Alto
12/02/2016	Águeda	Pluvial	Forte precipitação	Outros serviços públicos, Redes viárias	Muito Alto
13/02/2016	Coimbra	Fluvial e Pluvial	Forte precipitação e Subida do rio	Redes viárias	Alto
04/02/2017	Águeda	Pluvial	-	Outros serviços públicos, Redes viárias	Muito Alto
08/03/2018	Águeda	Pluvial	Forte precipitação	Redes viárias	Alto
09/03/2018	Proença-a-Nova	-	Forte precipitação	-	Insignificante



Evento de 30/03/2013 em Coimbra



Evento de 31/01/2015 em Ponte Cabouco



Evento de 11/01/2016 em Coimbra



Evento de 13/02/2016 em Coimbra

**Figura 4.6 – Eventos de inundação na RH**

Nesta RH mantiveram-se as áreas identificadas no 1º ciclo e foram identificadas quatro novas ARSPI de origem costeira e uma fluvial (Quadro 4.4 e Figura 4.7).

**Quadro 4.4 – Lista de ARPSI para a RH**

Designação	1.º Ciclo	Origem	
		Costeira	Pluvial/Fluvial
Esmoriz-Torreira (RH4A)		X	
Aveiro	X		X
Águeda	X		X
Cova Mira		X	
Tamargueira		X	
Coimbra, Baixo Mondego e Estuário do Mondego	X		X
Cova Gala Leirosa		X	
Pombal	X		X
Leiria			X

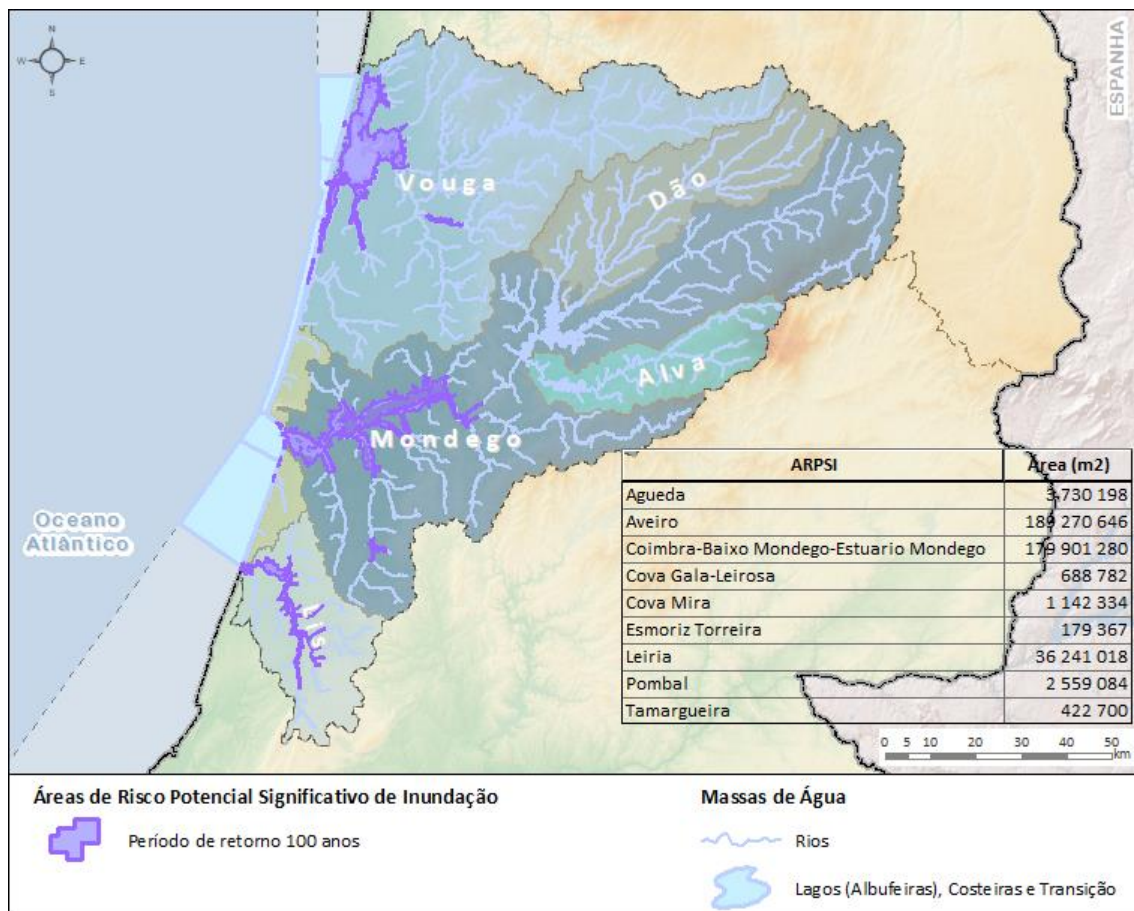


Figura 4.7 – Localização das ARPSI para a RH – 2.º ciclo

Para cada uma destas ARPSI foi elaborada a cartografia sobre inundações, considerando no caso das inundações fluviais/pluviais três cenários hidrológicos (associados aos períodos de retorno de 20, 100 e 1000 anos) e considerando os seguintes parâmetros:

- Limite - extensão da inundação;
- Profundidade – altura do escoamento (d);
- Velocidade - velocidade do escoamento (v);
- Critérios adotados para valoração das consequências em função dos elementos expostos;
- Perigosidade - função da altura e velocidade de escoamento;
- Risco – combinação entre a perigosidade e a natureza dos elementos expostos.

No caso das ARPSI associadas a inundações de origem costeira a modelação realizada permitiu a simulação dos fenómenos de galgamento e inundação para cada um dos locais considerando: o cálculo do nível máximo do mar, a cartografia das zonas inundáveis e a cartografia de risco para o período de retorno de 100 anos.

A inundação costeira é geralmente causada por uma combinação de níveis de água elevados (marés e sobrelevações) e ação das ondas. O nível total de água junto à costa é o resultado de diferentes contribuições.

As inundações e galgamentos costeiros afetam praias, dunas costeiras, arribas, barreiras detríticas, tômbolos, sapais, faixa terrestre de proteção costeira, águas de transição e respetivos leitos e faixas de proteção, bem como estruturas e infraestruturas existentes na orla costeira.

Os cenários de alterações climáticas apontam para uma subida no nível médio do mar que, nalguns modelos globais de clima apontam como podendo ser superior a 1 metro, associado a um aumento do número de tempestades marítimas e, conseqüentemente dos riscos de galgamento costeiro e de erosão da linha de costa. Este risco acrescido representa, não só custos económicos significativos mas também riscos para a população residente nas zonas costeiras.

#### 4.1.2.3. Articulação entre PGRH e PGRI

A implementação da DAGRI decorre em estreita articulação com a Diretiva-Quadro da Água, na medida em que ambas visam a proteção do ambiente e da saúde humana. As inundações estão diretamente relacionadas com vários aspetos que são relevantes para o estado da massa de água, por este motivo são também identificadas as massas de água que podem ser afetadas pelas inundações, nas ARPSI e para os cenários modelados. O número e a categoria das massas de água identificadas na RH nas respetivas ARPSI, são as indicadas no Quadro 4.5. No Anexo I identificam-se as massas de água associadas às ARPSI definidas.

**Quadro 4.5 – Número de massas de água identificadas nas ARPSI, na RH**

ARPSI	Origem da Inundação	N.º Massas de água / Categoria			
		Rio	Albufeira	Transição	Costeira
Esmoriz-Torreira (RH4A)	Costeira			2	1
Aveiro	Pluvial/Fluvial	10		5	2
Águeda	Pluvial/Fluvial	2			
Cova Mira	Costeira	1		1	2
Tamargueira	Costeira				1
Coimbra, Baixo Mondego e Estuário do Mondego	Pluvial/Fluvial	15	1	4	1
Cova Gala Leirosa	Costeira			1	2
Pombal	Pluvial/Fluvial	2			
Leiria	Pluvial/Fluvial	13		1	1

A elaboração do plano de gestão dos riscos de inundações (PGRI) centra-se na prevenção, proteção e preparação e previsão destes fenómenos, em estreita articulação com o plano de gestão da região hidrográfica (PGRH). O PGRI deve considerar as características próprias das ARPSI e prever soluções específicas para cada caso, bem como os aspetos relevantes como os custos e benefícios, a amplitude das inundações, as vias de evacuação das águas, as zonas com potencialidades de retenção natural de águas de inundações (como as planícies aluviais naturais) e ainda, considerar os objetivos ambientais do artigo 4.º da Diretiva 2000/60/CE, a gestão dos solos e das águas, o ordenamento do território, a afetação dos solos, a conservação da natureza e outros elementos expostos.

As medidas tradicionais para reduzir os impactos negativos das inundações podem incluir a construção de novas infraestruturas ou reforçar defesas contra inundações existentes, tais como diques, barragens e esporões. Há porém, outras formas de alcançar a proteção contra inundações utilizando a capacidade da natureza de absorver águas em excesso. São as designadas medidas verdes que promovem soluções baseadas na natureza, permitindo utilizar os processos naturais para minimizar os riscos das inundações e, em simultâneo, promover a diversidade de habitats, e melhorar a gestão circular da água, conciliando de forma natural os objetivos preconizados nas duas diretivas.

As orientações vão no sentido de manter e justificar as soluções e medidas identificadas quer no PGRH quer no PGRI que garantam uma situação *win-win*, i.e. as que diminuem o risco de inundação e em simultâneo asseguram o cumprimento da LA e do estado das massas de água associadas, em particular no que respeita às potenciais pressões hidromorfológicas que as medidas do PGRI possam provocar, e vice-versa, isto é medidas do PGRH que possam agravar o risco de inundação.

A implementação desses princípios e orientações assume-se através dos próprios objetivos estratégicos definidos para o PGRH, em particular o OE6 - Promover uma gestão eficaz e eficiente dos riscos associados à água, em que se pretende promover a resiliência e adaptabilidade dos sistemas hídricos para minimizar as consequências de riscos associados a alterações climáticas, fenómenos meteorológicos extremos e outros eventos, que, por sua vez, se complementa com o objetivo estratégico OE5 - Assegurar a proteção dos ecossistemas e da biodiversidade, no intuito de proteger e restaurar os ecossistemas naturais, por forma a garantir a conservação do capital natural e assegurar a provisão dos serviços dos ecossistemas aquáticos. De facto, ao assegurar as condições naturais e os serviços dos ecossistemas, nomeadamente os associados à componente de regulação, está-se a contribuir para o objetivo macro do PGRI: «a redução das potenciais consequências prejudiciais das inundações para a saúde humana, o ambiente, o património cultural, as infraestruturas e as atividades económicas, nas zonas identificadas com riscos potenciais significativos».

Por outro lado, as medidas preconizadas no PGRI para minimizar os riscos de inundação devem ter sempre uma avaliação, caso conflituem com os objetivos ambientais da LA e com os objetivos estratégicos do PGRH, nomeadamente o de garantir bom estado das massas de água, evitando qualquer degradação adicional, e se tal acontecer, garantir que são de facto justificáveis e incontornáveis. O potencial risco de incumprimento da DQA/LA por causa de medidas do PGRI só deverá acontecer se for fundamentada por razões associadas à minimização/eliminação direta de danos e perigo de vidas humanas, devendo efetuar-se, para o efeito, a verificação da possibilidade de aplicação do disposto no artigo 4(7) da DQA, nos termos previsto no Guia n.º 36 “Exemptions to Environmental Objectives according to Article 4(7)”.

### 4.1.3. Erosão costeira e instabilidade de arribas

#### 4.1.3.1. Litoral baixo e arenoso

Cerca de 20% da totalidade da faixa costeira de Portugal Continental (com uma extensão de 987 km) apresenta tendência erosiva de longo prazo medida e confirmada, afetando o litoral baixo-arenoso constituído por sistemas praia-duna. Estima-se que cerca de 45 % do litoral baixo-arenoso (que ocorre em quase metade com comprimento total da faixa costeira) seja afetado por erosão costeira (Figura 4.8).



**Figura 4.8 – Linha de costa em erosão (evolução de longo prazo)**

Entre 1958 e 2021 ocorreu uma perda de território costeiro de Portugal Continental devido à erosão costeira de 13.2 Km<sup>2</sup> (1320 hectares). Existem locais onde o recuo da linha costa neste período ascendeu a mais de 300m, tais como entre Cortegaça – Furadouro (concelho de Ovar), Costa Nova (concelho de Ílhavo) – Vagueira (concelho de Vagos) e Costa de Caparica (Concelho de Almada). Entre a Cova-Gala e Lavos (concelho da Figueira da Foz) o recuo foi próximo de 200 m em igual período. No Algarve, no mesmo período (1958-2021), destaca-se o recuo entre 50 m a 100 m ocorrido no troço costeiro entre a Praia do Forte Novo (concelho de Loulé) e a Praia de Faro (concelho de Faro).

No curto prazo, atendendo aos dados mais recentes de monitorização da evolução costeira do Programa COSMO (Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental), é de destacar a evolução verificada no período 2018-2021 nos seguintes troços:

- Entre Ofir/Bonança – Pedrinhas/Cedovém (2018 a 2021), com uma extensão de 2.9 km, 95% do troço encontra-se em erosão, grande parte categorizado como em situação de “Erosão Intensa”, tendo por base o esquema de classificação adotado. O recuo máximo observado neste troço foi de -10 m, com um recuo médio da ordem dos 2,5 m/ano.
- Entre a Praia de Cortegaça – Torrão do Lameiro (2018 a 2021), com uma extensão de 13,6 km, 94% do troço encontra-se em erosão, sendo metade categorizado como em situação de “Erosão Severa”

ou “Erosão Extrema”. O recuo máximo observado neste troço foi de -35 m, com um recuo médio da ordem dos 5 m/ano.

- Entre a Praia de Cova-Gala – Costa de Lavos (2018 a 2021), com uma extensão de 4 km, 82% do troço encontra-se em erosão, sendo que destes 66% são categorizados como em situação de “Erosão Severa” ou “Erosão Extrema”. O recuo máximo observado neste troço foi de -42.5 m, com um recuo médio da ordem dos 4 m/ano.

Nos troços costeiros entre a Praia da Barra – Praia de Mira e Costa de Caparica, apesar da tendência erosiva de médio e longo prazo, observa-se uma aparente estabilidade no curto prazo (2018 – 2021), em parte devido aos efeitos positivos das sucessivas alimentações artificiais de praia efetuadas nos últimos anos. No Algarve, observa-se comportamento idêntico no troço entre o Forte Novo e a Praia de Faro, o qual apresenta atualmente uma situação estabilidade relativa, fruto das três intervenções de alimentação artificial efetuadas entre 1998 e 2010 em Vale do Lobo e Forte Novo-Garrão.

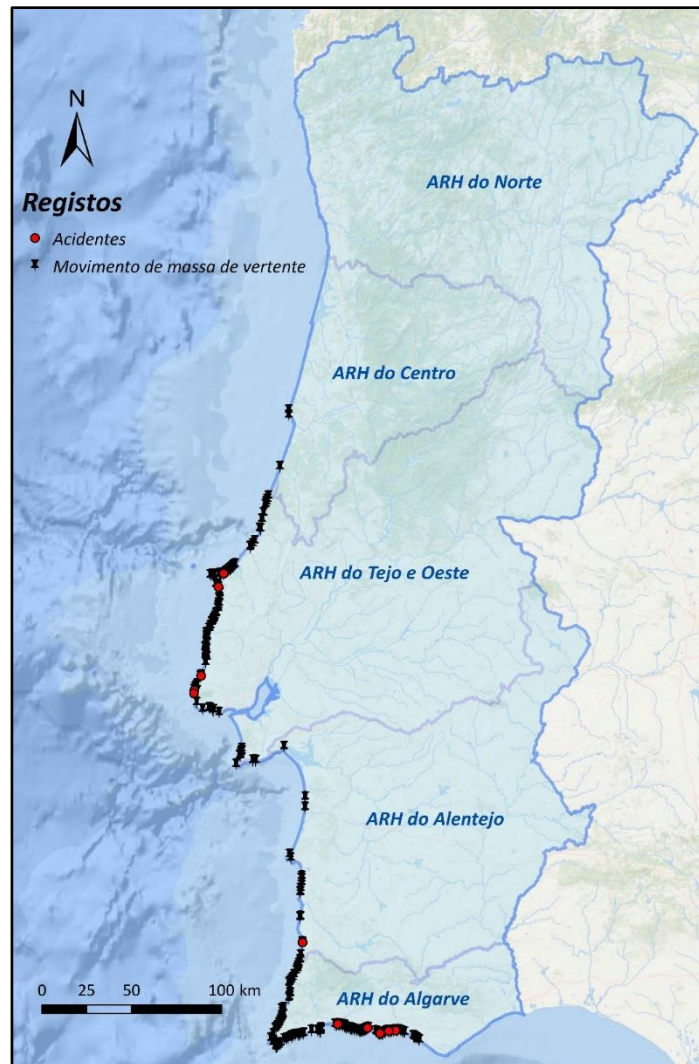
As situações reportadas de estabilidade devem ser enquadradas unicamente numa perspetiva de evolução no curto prazo, mantendo-se como áreas de elevada vulnerabilidade e suscetibilidade a situações de risco costeiro, com tendência erosiva de médio e longo prazo.

#### 4.1.3.2. Litoral de arriba

Da estimativa de erosão costeira ficam excluídos os eventos de recuo das arribas rochosas por movimentos de massa de vertente de diferentes tipos (e.g. queda de blocos, escorregamentos planares, tombamentos) e dimensões, dado que o processo evolutivo que as caracteriza, de carácter irregular e descontínuo no espaço e no tempo, é substancialmente diferente do que se verifica para o litoral baixo-arenoso. Em Portugal Continental, praticamente todo o litoral de arriba rochosa é afetado por movimentos de massa de vertente, com magnitude e frequência variáveis, função das características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas e hidrogeológicas locais.

Desde 1995, a monitorização por observação e registo *in situ* permitiu identificar até à data, cerca de 1200 ocorrências de movimentos de massa de vertente ao longo da faixa costeira limitada por arribas rochosas. Os volumes mobilizados variam entre 1 e 30 000 m<sup>3</sup>, tendo resultado em 28 acidentes com consequências para a vida humana (19 feridos e 9 mortos) (Figura 4.9).





**Figura 4.9 – Distribuição espacial das ocorrências de movimentos de massa de vertente em arriba e dos respectivos acidentes com pessoas**

A distribuição das ocorrências de movimentos de massa por Administração de Região Hidrográfica consta no Quadro 4.6.

**Quadro 4.6 – Ocorrências de movimentos de massa de vertente por ARH**

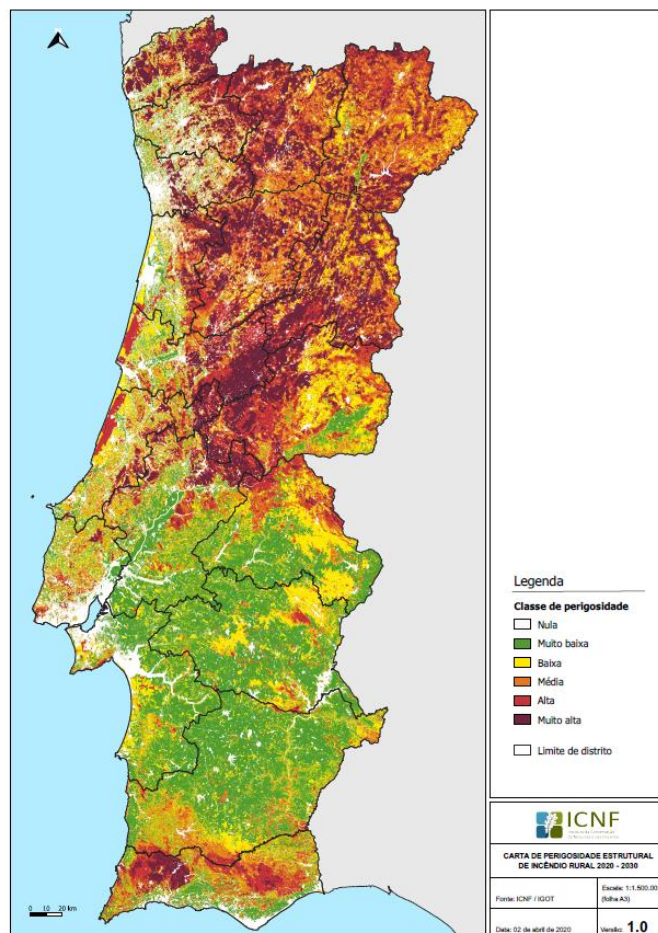
ARH	Intervalo de tempo	N.º de Movimentos de Massa
Centro	2009-2021	18
Tejo e Oeste	2006-2021	644
Alentejo	2016-2021	82
Algarve	1995-2021	434

#### 4.1.4. Incêndios florestais

Em Portugal os incêndios florestais têm destruído, nos últimos anos, milhares de hectares afetando o edificado e vastas áreas florestais. Apresenta-se na Figura 4.10, a carta de perigosidade estrutural 2020-2030 desenvolvida pelo ICNF para dar resposta a ações estruturantes.

Em termos de consequências ambientais que importa salientar:

- Erosão, devido a alterações na estrutura dos solos, levando a que mais facilmente ocorram contaminações dos mesmos e consequentemente do meio hídrico;
- Arrastamento e lixiviação de cinzas com elevado risco de alteração da qualidade da água.



**Figura 4.10 – Carta de perigosidade de incêndio florestal**

Na Figura 4.11 é apresentada a evolução dos incêndios rurais em Portugal continental em termos de número de ocorrências e da correspondente área ardida.

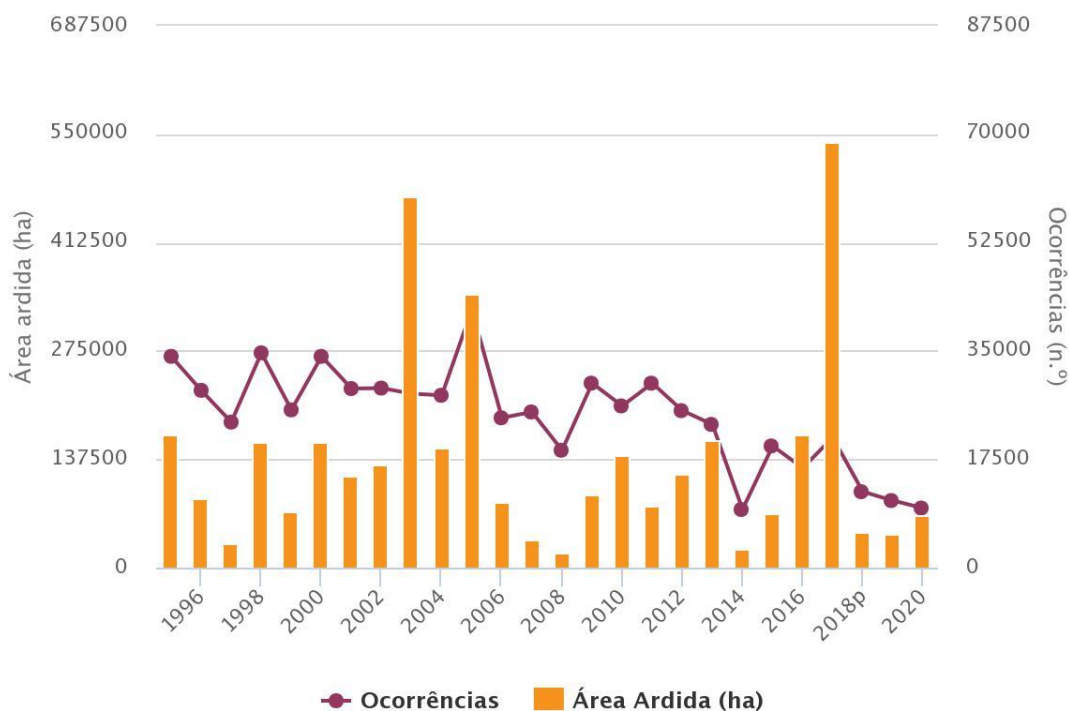


GRÁFICO INTERATIVO

Fonte: ICNF, 2021/REA

**Figura 4.11 – Incêndios rurais em Portugal Continental: ocorrências e área ardida**

Segundo dados do ICNF publicados no Relatório do Estado Ambiente no que respeita à evolução do número de ocorrências e da área ardida desde 1995, observa-se uma tendência de diminuição no número de ocorrências (fogachos e incêndios rurais) desde 2006, em relação aos anos anteriores. A base de dados nacional de incêndios rurais regista para o ano de 2020, um total de 9 619 incêndios rurais que resultaram em 67 170 hectares de área ardida, entre povoamentos (31 725 hectares), matos (28 954 hectares) e agricultura (6 491 hectares). O ano de 2020 registou o valor mais reduzido em número de incêndios e o quarto valor mais reduzido de área ardida, da década 2011-2020.

Na Figura 4.12 é apresentada a distribuição da área ardida por tipo de ocupação do solo entre 1995 e 2020.

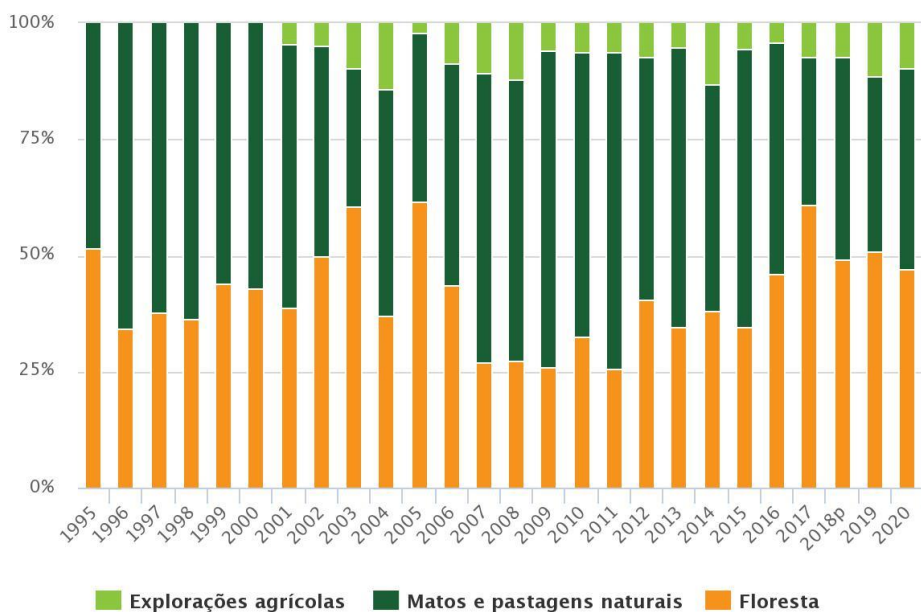


GRÁFICO INTERATIVO

Fonte: ICNF, 2021/REA

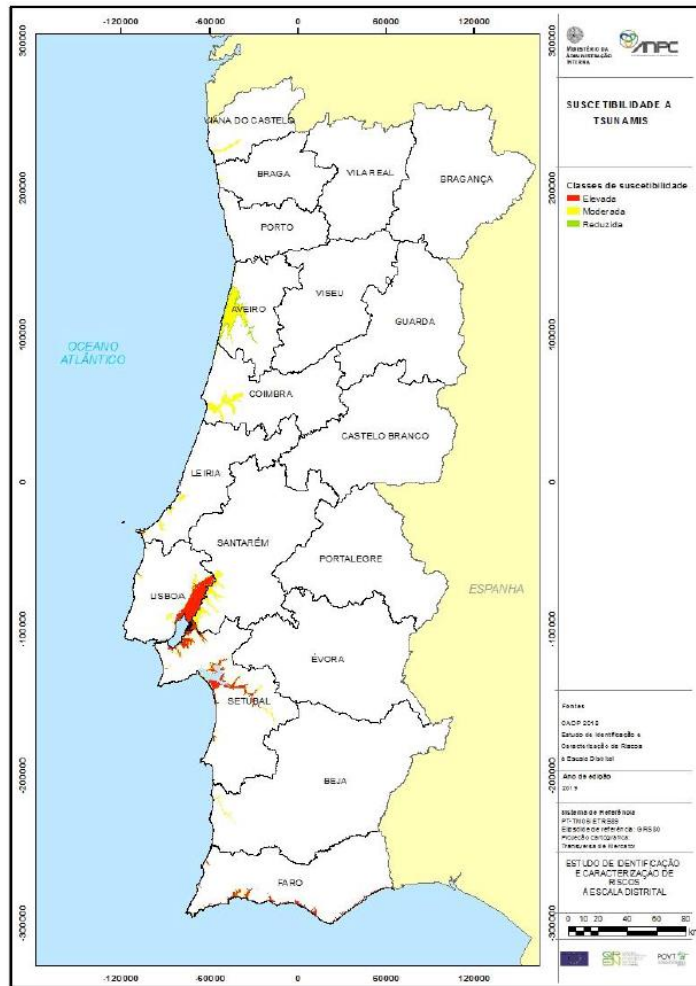
**Figura 4.12 – Incêndios rurais em Portugal Continental: ocupação do solo**

Ainda de acordo com dados do ICNF publicados no Relatório do Estado Ambiente, a distribuição da área ardida por tipo de ocupação do solo entre 1995 e 2020, mostra que, com pequenas exceções, os incêndios consomem mais áreas de matos e pastagens do que florestas. No entanto nos cinco últimos anos registou-se uma tendência para o aumento da proporção de floresta afetada coincidente com o ciclo de 2003, onde também se registou um aumento significativo da extensão total de área ardida.

#### 4.1.5. Tsunamis

Os tsunamis, eventos raros associados à ocorrência de um sismo submarino forte, quando ocorrem podem ser responsáveis por impactes significativos nas zonas costeiras dependendo os estragos da intensidade com que atingem a costa. Os estragos passíveis de ocorrer ao longo da costa, associados a um tsunami, diferem em função do local e da formação ocorrente (ex. arribas, praias, dunas, entre outros), sendo a gravidade dos mesmos variável em função da população, edifícios, equipamentos e infraestruturas afetadas.

Em Portugal Continental as regiões classificadas com suscetibilidade elevada a tsunamis distribuem-se ao longo de toda a costa Sul e Ocidental entre o Cabo de São Vicente e Peniche (Figura 4.13.) Estão igualmente classificadas como zonas de suscetibilidade elevada as zonas estuarinas e lagunares existentes ao longo da linha de costa. A RH4A apresenta moderada suscetibilidade à ocorrência deste risco.



**Figura 4.13 – Carta de suscetibilidade a tsunamis**

(Fonte: Estudos de identificação de riscos à escala distrital – ANPC, 2015)

## 4.2. Riscos Tecnológicos

### 4.2.1. Acidentes no transporte de mercadorias perigosas

O transporte por via terrestre (por via rodoviária ou ferroviária), marítimo e fluvial de mercadorias perigosas constitui um risco devido à possibilidade de ocorrência de acidentes que envolvam a libertação não controlada da mercadoria perigosa transportada (derrame, descarga, entre outros) para o meio hídrico. A ocorrência deste tipo de risco tem maior suscetibilidade de ocorrer nas imediações das linhas de caminho-de-ferro e das estradas preferencialmente utilizadas para o transporte deste tipo de produtos.

A gravidade deste risco para o meio hídrico irá depender da sensibilidade do meio (afetação de zonas protegidas), do produto e volume libertados.

### 4.2.2. Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos

A existência de infraestruturas fixas para transporte de produtos perigosos como gasodutos e oleodutos constitui um risco devido à possibilidade de ocorrer um acidente com derrame de substâncias tóxicas para o meio hídrico.

A gravidade deste risco para o meio hídrico irá depender da sensibilidade do meio (afetação de zonas protegidas), do produto e volume libertados.

### 4.2.3. Colapso de pontes e aquedutos

O colapso de uma infraestrutura de grandes dimensões (ponte, túnel, viaduto, ponte-canal, aquedutos, entre outros) ou a rotura de adutoras e canais para transporte de água pode acarretar, para além dos danos nas próprias infraestruturas, risco de inundação, com consequências mais ou menos graves, em função das populações, infraestruturas e equipamentos afetados.

A ocorrência de acidentes com infraestruturas de transporte de água (aqueduto, canal e ponte-canal) podem colocar em causa o armazenamento e a distribuição de água potável.

### 4.2.4. Rutura de barragens

Em matéria de controlo de segurança de barragens compete à APA, enquanto Autoridade Nacional de Segurança de Barragens, promover e fiscalizar o cumprimento dos Regulamentos de Pequenas Barragens (RPB) e de Segurança de Barragens (RSB), aprovados pelo Decreto-Lei n.º 21/2018, de 28 de março. Essas competências são exercidas em diversas fases da vida das barragens, desde a fase de projeto até e, no limite, à fase de abandono.

As barragens são infraestruturas que têm associado um risco potencial muito baixo, porém em caso de eventual rutura, provocada por ocorrências excecionais e/ou circunstâncias anómalas podem dar origem a uma onda de inundação, provocando perdas em vidas humanas, bens e ambiente.

As barragens abrangidas pelo RSB (altura igual ou superior a 15 m, medida desde a cota mais baixa da superfície geral das fundações até à cota do coroamento, ou altura igual ou superior a 10 m cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 1 hm<sup>3</sup>) são classificadas em função da sua perigosidade.

A perigosidade de uma barragem é caracterizada em função da respetiva altura e do volume da albufeira e os danos potenciais resultantes da rutura avaliados em função do número de edificações fixas com carácter residencial permanente e da existência de infraestruturas, instalações e bens ambientais importantes

situados no vale a jusante da barragem que podem vir a ser afetados pela onda de inundação. As barragens são classificadas em 3 classes:

- **Classe I**
- **Classe II**
- **Classe III**

As barragens abrangidas pelo RPB sendo classificadas segundo a mesma metodologia, podem ser classificadas nas classes II e III.

O RSB estipula para as barragens de classe I a obrigatoriedade de serem elaborados Planos de Emergência Interno (PEI) e Externo (PEE) e, para as barragens de classe II, procedimentos de emergência simplificados.

Na RH4 existem 22 grandes barragens abrangidas pelo RSB sendo 14 da Classe I e 8 da Classe II. O Quadro 4.7 apresenta, para esta RH, a classificação das grandes barragens segundo o Decreto-Lei nº 21/2018 e o número de Planos de Emergência aprovados.

**Quadro 4.7 – Classificação das Grandes Barragens**

Grandes Barragens	Classificação (D.L. nº. 21/2018)	Planos de Emergência Aprovados	
		PEI	PEE
Açude-Ponte Coimbra	II	-	-
Aguieira	I	X	-
Alto Ceira II	I	X	X
Burgães ou Duarte Pacheco	II	-	-
Caldeirão	I	X	-
Cercosa	II	-	-
Covão do Meio	I	-	-
Ermida (contra embale Ribeiradio)	I	X	X
Fagilde	I	-	-
Fronhas	I	X	-
Lagoa Comprida	I	-	-
Lagoacho	I	X	-
Lapão	I	X	-
Macieira	II	-	-
Porcão	II	-	-
Raiva	I	X	-
Ribeira do Carril	II	-	-
Ribeira do Meio	II	-	-
Ribeira do Paúl	I	-	-
Ribeiradio	I	X	X
Vale do Rossim	I	-	-
Várzea de Calde	II	-	-

#### 4.2.5. Acidentes em instalações fixas com substâncias perigosas

Os acidentes em equipamentos ou instalações industriais envolvendo a descarga de substâncias perigosas para o meio hídrico são riscos particularmente relevantes face à possibilidade de poder ocorrer a afetação do estado da massa de água. A ocorrência deste tipo de risco pode estar associada a diferentes fontes de poluição que se ilustram no Quadro 4.8.

**Quadro 4.8 – Potenciais Riscos e Impactes associados a possíveis fontes de contaminação por substâncias perigosas**

Fonte de poluição	Risco	Impactes
Instalações PCIP (REI) - instalações abrangidas pelo Regime de Emissões Industriais (REI), aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição, reguladas pelo Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto, que transpõe a Diretiva 2010/75/EU, de 24 de novembro	Problemas no sistema produtivo e/ou no sistema de tratamento de efluentes industriais, aumentando as cargas poluentes descarregados. Ocorrência de eventos excecionais (por exemplo, inundações ou sismos) que provoquem o derrame e arrastamento de matérias-primas ou subprodutos, que podem incluir substâncias perigosas.	Aumento do caudal e/ou carga dos efluentes descarregados sem tratamento adequado, incrementando as cargas poluentes, que podem incluir substâncias perigosas
Instalações Seveso - instalações abrangidas pelo regime da prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas, de acordo com o Decreto-Lei n.º 150/2015 de 5 de agosto, que transpõe para direito interno a Diretiva n.º 2012/18/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012 (Seveso III)	Ocorrência de eventos excecionais (por exemplo, inundações ou sismos) que provoquem o derrame e arrastamento de matérias-primas ou subprodutos, nomeadamente nos tanques de armazenamento das substâncias perigosas.	Aumento do caudal e/ou carga dos efluentes descarregados sem tratamento adequado, incrementando as cargas poluentes, que podem incluir substâncias perigosas. Aumento da toxicidade nos recursos hídricos devido à emissão de poluentes
Unidades do setor químico	Problemas no sistema produtivo e/ou no sistema de tratamento de efluentes industriais, aumentando as cargas poluentes descarregados Derrames de matérias-primas ou subprodutos, nomeadamente nos tanques de armazenamento.	Aumento da carga orgânica e inorgânica, bem como de outras substâncias perigosas nas massas de água Escorrências de substâncias químicas para as massas de água com problemas de toxicidade
Unidades de Gestão de Resíduos e Lixeiras seladas	Mau funcionamento ou ocorrência de problemas na rede de drenagem ou do sistema de tratamento dos lixiviados	Aumento da carga orgânica e inorgânica, bem como de outras substâncias perigosas nas massas de água devido aos lixiviados
Minas	Escorrências superficiais Infiltração de águas ácidas que resultam da lixiviação das escombrelas, bacias de decantação e depósito de lamas	Contaminação das massas de água superficiais e subterrâneas através dos lixiviados, das descargas dos sistemas de tratamento de efluentes Possíveis contaminações com metais pesados ou elementos radioativos
Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas (> 2000 e.q.)	Situações de interrupção de funcionamento, avarias graves ou funcionamento deficiente, resultando na descarga dos efluentes brutos ou sem o nível de tratamento adequado. Ocorrência de eventos excecionais (por exemplo, inundações ou sismos)	Aumento das cargas poluentes nas massas de água, como cargas orgânicas microbiológicas e outras substâncias
Postos abastecimento/Estações de serviço	Derrame de combustível durante a trasfega, derrames nos tanques de armazenamento de combustíveis e derrames ou rejeições de efluentes com hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos Ocorrência de eventos excecionais (por exemplo, inundações ou sismos)	Escorrência de hidrocarbonetos, óleos para as massas de água
Infraestruturas de transporte de matérias perigosas (gasodutos, rodovias)	Derrame dos produtos transportados resultando em poluição concentrada e imediata	Escorrência para as massas de água das substâncias transportadas



Fonte de poluição	Risco	Impactes
Emissários submarinos	Mau funcionamento, rotura na proteção ocasionando a descarga de efluentes (urbanos e/ou industriais) Ocorrência de eventos excecionais (por exemplo, inundações ou sismos)	Contaminação das águas com poluentes, nomeadamente orgânicos e microbiológicos
Instalações portuárias	Derrame de combustível, óleos e de matérias perigosas transportadas pelos navios Ocorrência de eventos excecionais (por exemplo, inundações ou sismos)	Contaminação das águas por substâncias perigosas e por hidrocarbonetos

Em caso de acidente, os danos provocados nos recursos hídricos decorrentes de emissões de substâncias perigosas são determinados por inúmeros parâmetros, designadamente:

- As propriedades intrínsecas das substâncias – toxicidade, persistência, bioacumulação, solubilidade em meio aquoso, entre outros;
- O comportamento da substância no meio aquático – evaporação, sedimentação, diluição, reatividade química, degradação, etc.;
- As condições físicas do meio hídrico – características físicas e biofísicas da bacia, propriedades físico-químicas da massa de água, caudais, estado da massa de água, entre outros.

A avaliação de risco de contaminação dos recursos hídricos resultante de rejeições acidentais de substâncias perigosas (tóxicas, persistentes, bioacumuláveis) para a água parte, não só da identificação e hierarquização das principais fontes poluentes, mas também da hierarquização da sensibilidade e suscetibilidade à contaminação das massas de água passíveis de afetação. Como tal, ao risco inerente às fontes de poluição identificadas, acresce o risco afeto à própria massa de água passível de afetação (superficial e subterrânea), o qual será tanto maior quanto a sensibilidade/importância ecológica da massa de água.

Face às consequências para o meio hídrico definiu-se uma escala de severidade que pretende qualificar a importância de um eventual episódio de poluição acidental, recorrendo à tipologia e à classificação das atividades potencialmente poluentes e uma escala de significância, que é dado exclusivamente pela presença de substâncias perigosas, representando assim o seu potencial de contaminação máximo, não se assumindo assim a atenuação do risco dada pelos sistemas de prevenção, controlo e gestão de acidentes das instalações, que se desconhecem (Quadro 4.9).

**Quadro 4.9 – Classificação de severidade**

Tipologia das atividades	Severidade para a massa de água	Índice de severidade
Instalações Seveso	Muito elevada	5
Instalações PCIP (REI) (exceto pecuárias e aviários) Unidades do setor químico	Elevada	4
Instalações PCIP (REI) pecuárias Unidades de Gestão de Resíduos e lixeiras seladas ETAR urbanas (> 2000 e.p.)	Moderada	3
Instalações PCIP (REI) Aviários Instalações portuárias Minas	Baixa	2
Postos abastecimento/Estações de serviço Emissários submarinos Infraestruturas de transporte de matérias perigosas	Muito baixa	1

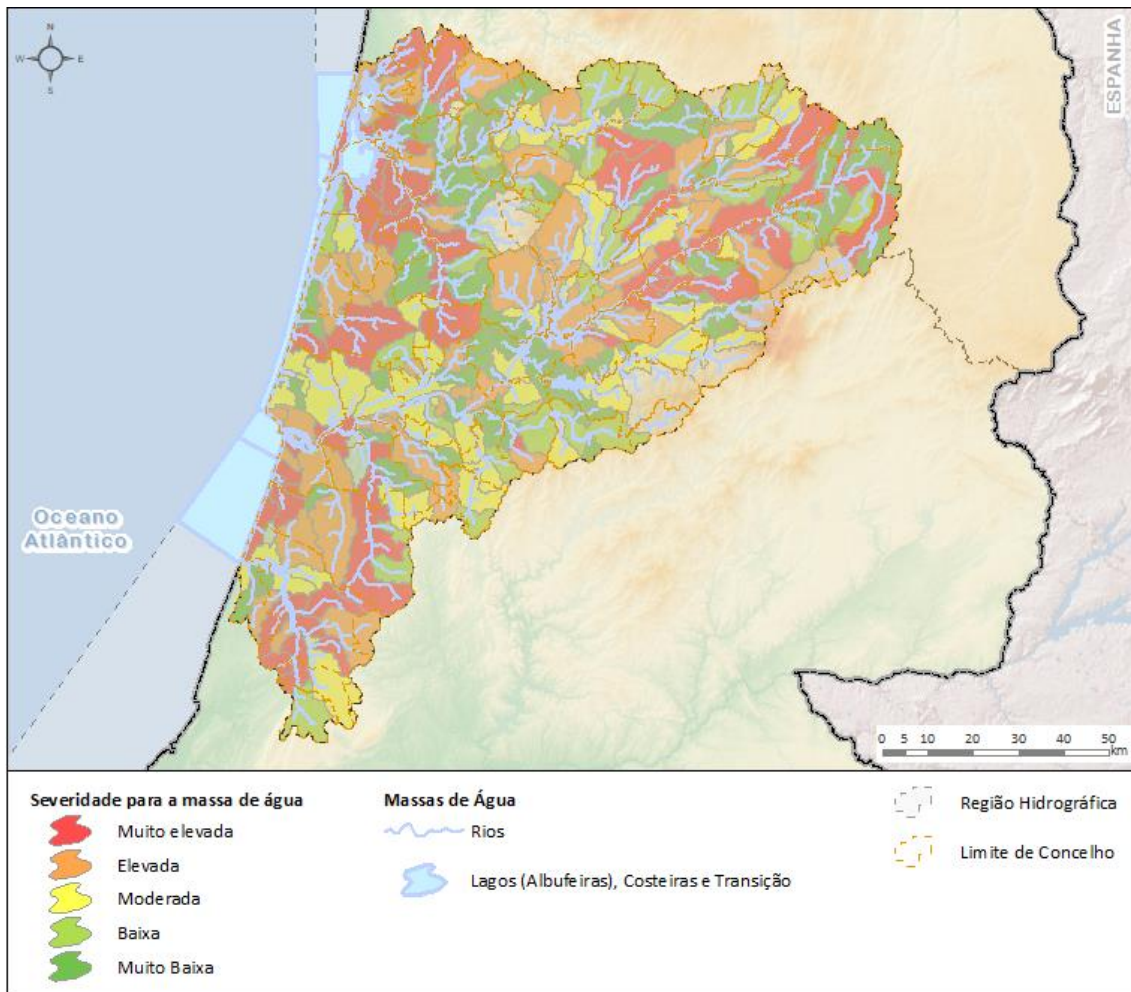
O Quadro 4.10 apresenta, por tipo de instalação/infraestrutura e respetivo índice de severidade, as massas de água potencialmente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais, sem prejuízo de outras massas de água adjacentes poderem também ser afetadas. Importa referir que a mesma instalação pode estar abrangida por mais do que uma categoria por exemplo, uma instalação pode estar enquadrada em classes de severidade diferentes decorrente dos regimes ambientais a que está sujeita e das infraestruturas associadas (por exemplo, infraestruturas de rejeição do tipo emissário submarino associadas a instalações REI/Seveso).

**Quadro 4.10 – Massas de água potencialmente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais**

Tipo de Instalação/infraestrutura	Instalações /infraestruturas (N.º)	Índice de severidade	N.º de massas de água diretamente afetadas	
			Superficiais	Subterrâneas
Instalações Seveso	52	5	36	0
Instalações PCIP (REI) (exceto pecuárias e aviários)	178	4	49	9
Unidades do setor químico	25	4	8	0
Instalações PCIP (REI) -Pecuárias	11	3	9	0
Unidades de Gestão de Resíduos (Aterros não REI e lixeiras seladas)	67	3	11	12
ETAR Urbanas >2000 e.p.	80	3	55	3
Instalações PCIP (REI) -Aviários	99	2	51	0
Instalações portuárias	15	2	4	0
Minas	190	2	43	14
Postos abastecimento/Estações de serviço	578	1	130	0
Emissários submarinos	5	1	3	0
Infraestruturas de transporte de matérias perigosas	1647	1	177	0

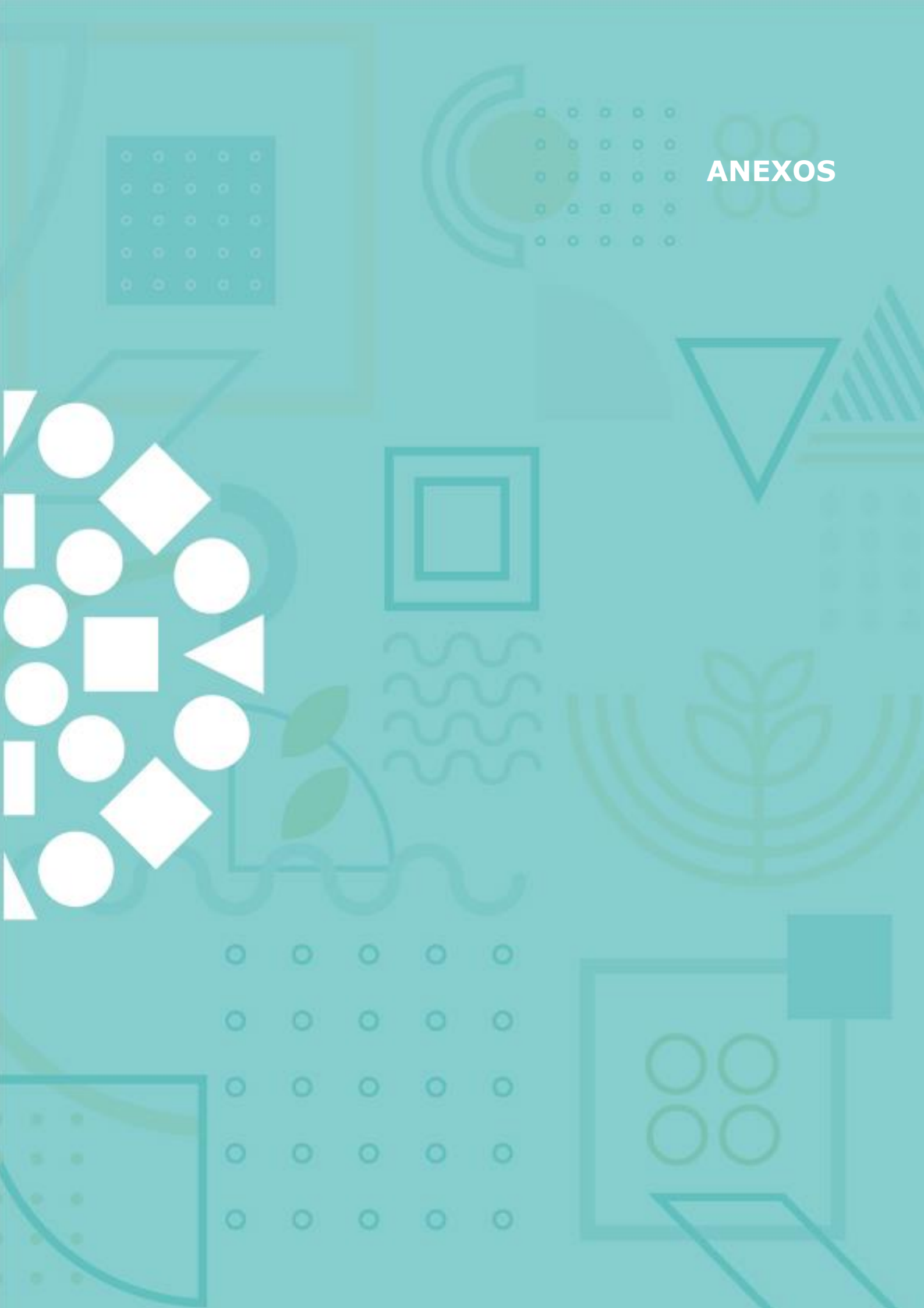
Na RH, as infraestruturas de transporte de matérias perigosas que incluem ferrovias, gasodutos e rodovias são as instalações que abrangem maior número de massa de água, seguindo-se os postos de abastecimento/estações de serviço, estando ambas as categorias classificadas com severidade muito baixa. Com severidade muito elevada destacam-se as instalações Seveso, abrangendo 36 massas de água superficiais, e com severidade elevada destacam-se as instalações PCIP (exceto pecuárias e aviários).

O mapa da Figura 4.14 ilustra as massas de água diretamente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais de acordo com a classe de severidade atribuída ao tipo de instalação/infraestrutura existente na RH.



**Figura 4.14 – Massas de água diretamente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais, por classe de severidade**

# ANEXOS



## **ANEXO I - Lista das massas de água identificadas nas ARPSI**