

# PLANO DE GESTÃO DE REGIÃO HIDROGRÁFICA

3.º Ciclo | 2022 – 2027

## DOURO (RH3)



**Parte 2 | Caracterização e Diagnóstico**  
**Volume B**

Maio | 2022



## ÍNDICE

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. DISPONIBILIDADES DE ÁGUA.....</b>                                            | <b>6</b>  |
| 1.1. VARIÁVEIS DE ENTRADA.....                                                     | 7         |
| 1.1.1. Temperatura.....                                                            | 7         |
| 1.1.2. Precipitação.....                                                           | 8         |
| 1.1.3. Evapotranspiração.....                                                      | 13        |
| 1.2. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS.....                                   | 15        |
| 1.2.1. Regime natural.....                                                         | 15        |
| 1.2.2. Regime modificado.....                                                      | 22        |
| 1.2.3. Regime de caudais ecológicos.....                                           | 25        |
| 1.3. TRANSFERÊNCIAS DE ÁGUA ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS LUSO-ESPAÑHOLAS.....        | 27        |
| 1.4. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS.....                                   | 30        |
| <b>2. BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADES E NECESSIDADES .....</b>                      | <b>33</b> |
| 2.1. ÍNDICE DE ESCASSEZ WEI+.....                                                  | 34        |
| 2.2. COEFICIENTE DE ESCASSEZ A APLICAR NA TAXA DE RECURSOS HÍDRICOS.....           | 38        |
| <b>3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....</b>                                            | <b>40</b> |
| 3.1. TEMPERATURA.....                                                              | 41        |
| 3.2. PRECIPITAÇÃO.....                                                             | 46        |
| <b>4. RISCOS .....</b>                                                             | <b>49</b> |
| 4.1. RISCOS NATURAIS.....                                                          | 50        |
| 4.1.1. Secas.....                                                                  | 50        |
| 4.1.1.1. Metodologia e critérios.....                                              | 52        |
| 4.1.1.2. Secas na década de 2010 a 2021.....                                       | 54        |
| 4.1.2. Inundações.....                                                             | 56        |
| 4.1.2.1. Metodologia e critérios.....                                              | 57        |
| 4.1.2.2. Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundações.....                 | 58        |
| 4.1.2.3. Articulação entre PGRH e PGRI.....                                        | 63        |
| 4.1.3. Erosão costeira e instabilidade de arribas.....                             | 64        |
| 4.1.3.1. Litoral baixo e arenoso.....                                              | 64        |
| 4.1.3.2. Litoral de arriba.....                                                    | 66        |
| 4.1.4. Incêndios florestais.....                                                   | 67        |
| 4.1.5. Tsunamis.....                                                               | 70        |
| 4.2. RISCOS TECNOLÓGICOS.....                                                      | 72        |
| 4.2.1. Acidentes no transporte de mercadorias perigosas.....                       | 72        |
| 4.2.2. Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos..... | 72        |
| 4.2.3. Colapso de pontes e aquedutos.....                                          | 72        |
| 4.2.4. Rutura de barragens.....                                                    | 72        |
| 4.2.5. Acidentes em instalações fixas com substâncias perigosas.....               | 74        |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                                 | <b>78</b> |
| ANEXO I - LISTA DAS MASSAS DE ÁGUA IDENTIFICADAS NAS ARPSI.....                    | 79        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 – Temperatura média mensal na RH .....                                                                                                         | 8  |
| Figura 1.2 – Precipitação média anual para os anos húmido, médio e seco na RH, para o três períodos de referência.....                                    | 9  |
| Figura 1.3 – Precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1930-2015 .....                              | 11 |
| Figura 1.4 – Precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1989-2015 .....                              | 11 |
| Figura 1.5 – Precipitação média mensal para o ano seco nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH                              | 12 |
| Figura 1.6 – Precipitação média mensal para o ano médio nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1988 e 1989-2015) na RH .....                       | 12 |
| Figura 1.7 – Evapotranspiração média mensal na RH.....                                                                                                    | 14 |
| Figura 1.8 – Esquema ilustrativo do modelo proposto por Temez para representar os fluxos de água numa bacia hidrográfica .....                            | 16 |
| Figura 1.9 – Escoamento médio anual para os anos húmido, médio e seco na RH, para os três períodos de referência .....                                    | 17 |
| 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.....                                           | 20 |
| 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 .....                        | 21 |
| 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 .....                | 24 |
| Figura 1.16 – Disponibilidade hídrica subterrânea por unidade de área na RH .....                                                                         | 31 |
| Figura 2.1 – Metodologia de cálculo do WEI+ .....                                                                                                         | 35 |
| Figura 2.2 – Valores do WEI+ mensal para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, na RH .....                                                     | 37 |
| Figura 2.3 – WEI+ anual por sub-bacia para o período de referência 1989-2015, na RH .....                                                                 | 38 |
| Figura 3.1 – Anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação à normal de 1981-2010 .....                                                         | 41 |
| Figura 3.2 – Anomalias da temperatura media global por décadas desde a era pré-industrial, considerando diferentes conjuntos de dados .....               | 42 |
| Figura 3.3 – Anomalias observadas na temperatura do ar no período de verão na Europa .....                                                                | 42 |
| 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 ..... | 43 |
| Figura 3.5 – Anomalias anuais da temperatura média em Portugal continental em relação ao valor normal 1971-2000, desde 1931 .....                         | 43 |
| Figura 3.6 – Ranking dos 30 maiores valores da temperatura média do ar entre 1931 e 2020 .....                                                            | 44 |
| Figura 3.7 – Variabilidade da temperatura do ar máxima e mínima anual, em Portugal continental no período 1931-2020 .....                                 | 44 |
| Figura 3.8 – Distribuição espacial das anomalias da temperatura média do ar em 2020, em relação ao valor normal 1971-2000 ....                            | 45 |
| Figura 3.9 – Anomalias da precipitação por décadas, em Portugal continental, em relação aos valores médios no período 1971-2000 .....                     | 46 |
| Figura 3.10 – Anomalias da quantidade de precipitação anual em Portugal continental, em relação ao valor médio no período 1971-2000.....                  | 46 |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.11 – Desvios (em relação ao valor médio 1971-2000) do total de precipitação anual em 2020 .....                                                                                                                                            | 47 |
| Figura 3.12 – Distribuição espacial da percentagem da precipitação em 2020, em relação ao valor normal 1971-2000.....                                                                                                                               | 47 |
| Figura 3.13 – Temperatura média do ar e precipitação em Portugal continental entre 1931 e 2020.....                                                                                                                                                 | 48 |
| Figura 3.14 – Desvio da precipitação mensal no ano hidrológico 2020/21 para a RH.....                                                                                                                                                               | 48 |
| 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) ..... | 51 |
| 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) .....                                                              | 54 |
| Figura 4.3 – Índice SPI-12 para a Região Hidrográfica do Douro .....                                                                                                                                                                                | 55 |
| Figura 4.4 – Aplicação do índice Drought State Index for Reservoirs na Bacia Hidrográfica do Douro .....                                                                                                                                            | 55 |
| Figura 4.5 – Eventos de inundação na RH.....                                                                                                                                                                                                        | 61 |
| Figura 4.6 – Localização das ARPSI para a RH – 2.º ciclo, incluindo as áreas em Espanha.....                                                                                                                                                        | 62 |
| Figura 4.7 – Linha de costa em erosão (evolução de longo prazo) .....                                                                                                                                                                               | 65 |
| Figura 4.8 – Distribuição espacial das ocorrências de movimentos de massa de vertente em arriba e dos respetivos acidentes com pessoas .....                                                                                                        | 67 |
| Figura 4.9 – Carta de perigosidade de incêndio florestal .....                                                                                                                                                                                      | 68 |
| Figura 4.10 – Incêndios rurais em Portugal Continental: ocorrências e área ardida .....                                                                                                                                                             | 69 |
| Figura 4.11 – Incêndios rurais em Portugal Continental: ocupação do solo.....                                                                                                                                                                       | 70 |
| Figura 4.12 – Carta de suscetibilidade a tsunamis.....                                                                                                                                                                                              | 71 |
| Figura 4.13 – Massas de água diretamente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais, por classe de severidade .....                                                                                                                      | 77 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1.1 – Número de estações de monitorização por rede de monitorização.....                                                                     | 7  |
| Quadro 1.2 – Temperatura média mensal e anual por sub-bacia (período 1930-2015) .....                                                               | 7  |
| Quadro 1.3 – Número de estações de monitorização por rede de monitorização.....                                                                     | 8  |
| Quadro 1.4 – Precipitação média anual para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015) .....                                      | 9  |
| Quadro 1.5 – Precipitação média mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1930-2015).....                                             | 10 |
| Quadro 1.6 – Precipitação média mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1930-2015) .....                                             | 10 |
| Quadro 1.7 – Evapotranspiração média mensal e anual por sub-bacia (período 1930-2015).....                                                          | 13 |
| Quadro 1.8 – Escoamento médio anual para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015 e 1989-2015) .....                            | 16 |
| Quadro 1.9 – Escoamento médio mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1930-2015) .....                                              | 17 |
| Quadro 1.10 – Escoamento médio mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1930-2015) .....                                              | 18 |
| 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) .....                                              | 19 |
| Quadro 1.13 – Escoamento anual em regime modificado para o ano húmido, médio e seco, por sub-bacia (período 1930-2015 e 1989-2015) .....            | 22 |
| Quadro 1.14 – Escoamento em regime modificado mensal e anual para o ano médio, por sub-bacia (período 1989-2015) .....                              | 23 |
| Quadro 1.15 – Escoamento em regime modificado mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1989-2015) .....                               | 24 |
| Quadro 1.16 – Afluências nos últimos cinco anos hidrológicos na RH .....                                                                            | 27 |
| Quadro 1.17 – Afluências mensais e semanais nos últimos cinco anos hidrológicos na RH.....                                                          | 28 |
| Quadro 1.19 – Disponibilidade hídrica subterrânea na RH .....                                                                                       | 31 |
| Quadro 1.20 – Disponibilidade hídrica das massas de água subterrânea na RH .....                                                                    | 32 |
| Quadro 2.1 – Categorias do índice WEI+ .....                                                                                                        | 35 |
| Quadro 2.2 – Valores do WEI+ mensal e anual, por sub-bacia (período 1930-2015).....                                                                 | 35 |
| Quadro 2.3 – Valores do WEI+ mensal e anual, por sub-bacia (período 1989-2015).....                                                                 | 36 |
| Quadro 2.5 – Valores das classes do índice de escassez WEI+ e a sua correspondência com a variação do coeficiente de escassez a aplicar na TRH..... | 39 |
| Quadro 2.6 – Valores do coeficiente de escassez a associar às sub-bacias na RH.....                                                                 | 39 |
| Quadro 3.1 – Dez anos com a temperatura máxima mais alta em Portugal continental (1931-2020).....                                                   | 45 |
| Quadro 4.1 – Escala de valores de precipitação associados à classificação do SPI (European Drought Observatory) .....                               | 53 |
| Quadro 4.2 – Escala de valores associado índice Drought State Index for Reservoirs (DSIR) .....                                                     | 54 |
| Quadro 4.3 – Eventos reportados na RH, entre 2011 e 2018 .....                                                                                      | 59 |
| Quadro 4.4 – Lista de ARPSI para a RH .....                                                                                                         | 61 |
| Quadro 4.5 – Número de massas de água identificadas nas ARPSI na RH.....                                                                            | 63 |
| Quadro 4.6 – Ocorrências de movimentos de massa de vertente por ARH .....                                                                           | 67 |
| Quadro 4.7 – Classificação das Grandes Barragens .....                                                                                              | 73 |
| Quadro 4.8 – Potenciais Riscos e Impactes associados a possíveis fontes de contaminação por substâncias perigosas.....                              | 74 |
| Quadro 4.9 – Classificação de severidade .....                                                                                                      | 76 |
| Quadro 4.10 – Massas de água potencialmente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais .....                                             | 76 |



## 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>                                                                    |

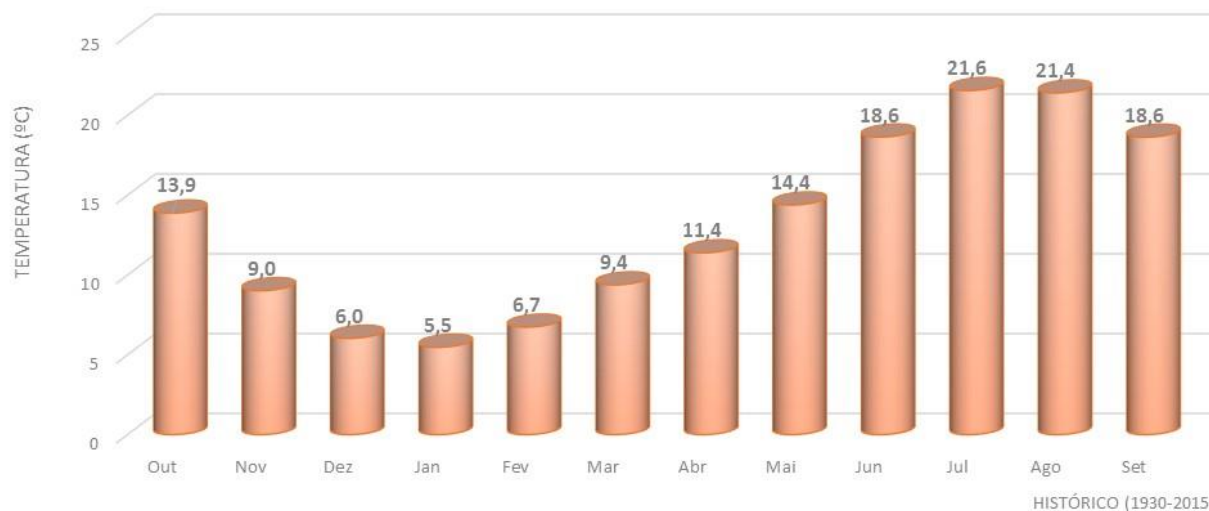
Tendo em conta a quantidade de dados disponíveis, restringiu-se a análise ao período entre outubro de 1930 e setembro de 2016 (86 anos hidrológicos e 1032 meses) e foram consideradas 438 estações de temperatura.

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         | maí         | jun         | jul         | ago         | set         | Anual       |
| Águeda                            | 13,7                          | 8,6        | 5,5        | 5,0        | 6,3        | 9,0        | 11,1        | 14,5        | 19,2        | 22,5        | 22,2        | 18,9        | 13,0        |
| Côa                               | 13,9                          | 8,9        | 5,9        | 5,3        | 6,5        | 9,2        | 11,3        | 14,6        | 19,2        | 22,4        | 22,3        | 19,1        | 13,2        |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 15,7                          | 11,7       | 9,2        | 8,5        | 9,3        | 11,4       | 13,0        | 15,2        | 18,5        | 20,5        | 20,5        | 19,0        | 14,4        |
| Douro                             | 14,5                          | 9,6        | 6,6        | 6,0        | 7,3        | 10,0       | 12,0        | 14,9        | 19,1        | 22,0        | 21,8        | 19,2        | 13,6        |
| Maçãs                             | 12,6                          | 7,5        | 4,5        | 4,0        | 5,3        | 8,1        | 10,1        | 13,4        | 17,8        | 20,8        | 20,6        | 17,6        | 11,9        |
| Paiva                             | 15,0                          | 10,5       | 7,7        | 7,0        | 8,1        | 10,6       | 12,4        | 15,1        | 19,0        | 21,6        | 21,5        | 19,2        | 14,0        |
| Rabaçal                           | 13,0                          | 8,2        | 5,3        | 4,8        | 6,0        | 8,7        | 10,7        | 13,6        | 17,8        | 20,7        | 20,6        | 17,7        | 12,3        |
| Sabor                             | 13,3                          | 8,2        | 5,1        | 4,6        | 6,0        | 8,8        | 10,9        | 14,0        | 18,5        | 21,5        | 21,3        | 18,4        | 12,5        |
| Tâmega                            | 13,7                          | 9,2        | 6,4        | 5,8        | 6,9        | 9,4        | 11,2        | 14,0        | 17,9        | 20,6        | 20,5        | 18,0        | 12,8        |
| Tua                               | 13,8                          | 8,8        | 5,7        | 5,1        | 6,4        | 9,2        | 11,3        | 14,3        | 18,7        | 21,8        | 21,5        | 18,7        | 12,9        |
| Tuela                             | 12,7                          | 7,9        | 4,9        | 4,4        | 5,7        | 8,4        | 10,4        | 13,4        | 17,7        | 20,6        | 20,5        | 17,6        | 12,0        |
| Douro - Portugal                  | 13,9                          | 9,0        | 6,0        | 5,4        | 6,7        | 9,4        | 11,4        | 14,4        | 18,6        | 21,6        | 21,4        | 18,6        | 13,0        |
| <b>RH</b>                         | <b>13,9</b>                   | <b>9,0</b> | <b>6,0</b> | <b>5,5</b> | <b>6,7</b> | <b>9,4</b> | <b>11,4</b> | <b>14,4</b> | <b>18,6</b> | <b>21,6</b> | <b>21,4</b> | <b>18,6</b> | <b>13,0</b> |
| Douro - Espanha                   | 12,0                          | 7,0        | 4,1        | 3,6        | 4,8        | 7,4        | 9,4         | 12,7        | 17,1        | 20,1        | 19,9        | 16,8        | 11,2        |
| Douro (PT+ES)                     | 12,3                          | 7,4        | 4,5        | 3,9        | 5,1        | 7,8        | 9,8         | 13,0        | 17,4        | 20,4        | 20,2        | 17,1        | 11,6        |

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.

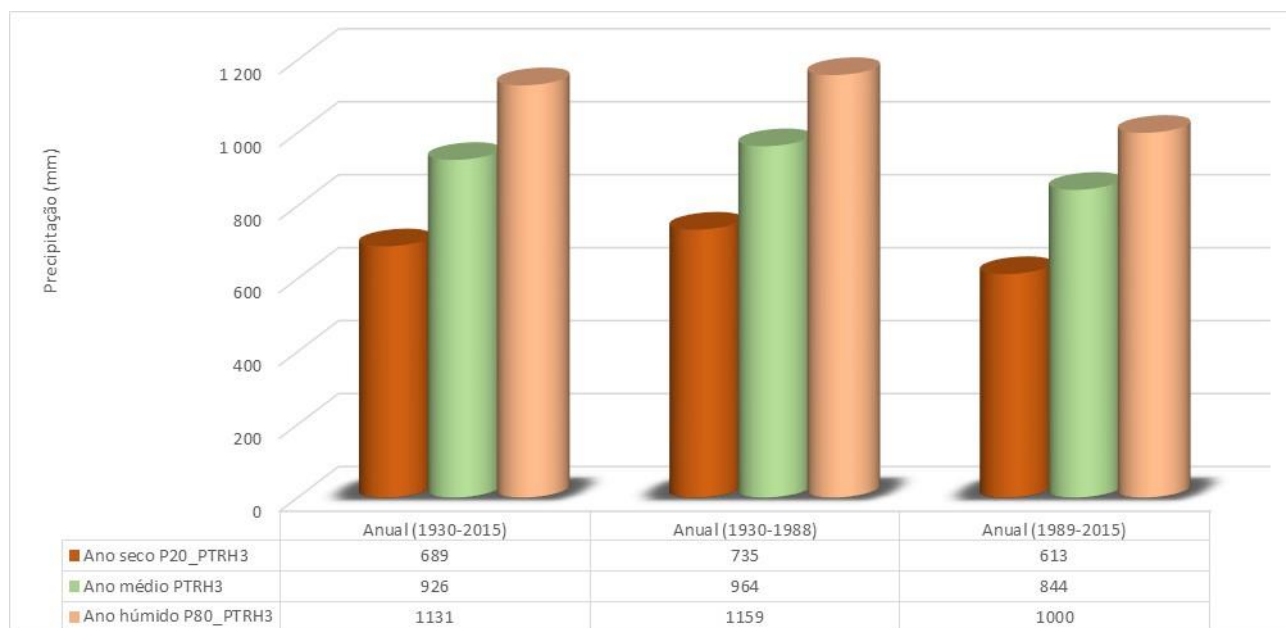
O Quadro 1.4 apresenta os valores de precipitação média anual para os anos húmido, médio e seco, obtidos para o período de referência 1930-2015, por sub-bacia hidrográfica.

**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%) |
| Águeda                            | 823                           | 669        | 515            |
| Côa                               | 825                           | 670        | 478            |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 1507                          | 1294       | 1022           |
| Douro                             | 1087                          | 901        | 677            |
| Maçãs                             | 855                           | 718        | 557            |
| Paiva                             | 1890                          | 1511       | 1101           |
| Rabaçal                           | 1189                          | 977        | 733            |
| Sabor                             | 904                           | 745        | 561            |
| Tâmega                            | 1636                          | 1329       | 979            |
| Tua                               | 936                           | 744        | 551            |
| Tuela                             | 1211                          | 985        | 733            |
| <b>RH</b>                         | <b>1131</b>                   | <b>926</b> | <b>689</b>     |

Observa-se que o valor de precipitação em ano seco para o período 1930-2015 apresenta, em média, um decréscimo de 26% relativamente ao ano médio e de 39% 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 cerca de 17%, em ano médio de cerca de 12% e em ano húmido de 14%.

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 |
| Águeda                            | 79                             | 85  | 85  | 80  | 64  | 66  | 60  | 58  | 30  | 11  | 12  | 39  | 669   |
| Côa                               | 77                             | 85  | 88  | 85  | 69  | 67  | 59  | 55  | 29  | 10  | 10  | 36  | 670   |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 135                            | 164 | 182 | 181 | 145 | 133 | 106 | 94  | 46  | 19  | 26  | 63  | 1294  |
| Douro                             | 92                             | 109 | 126 | 124 | 100 | 93  | 77  | 69  | 37  | 14  | 16  | 44  | 901   |
| Maçãs                             | 76                             | 85  | 95  | 91  | 72  | 71  | 64  | 61  | 36  | 15  | 15  | 39  | 718   |
| Paiva                             | 150                            | 183 | 220 | 218 | 180 | 161 | 125 | 108 | 53  | 20  | 24  | 68  | 1511  |
| Rabaçal                           | 104                            | 115 | 132 | 131 | 103 | 101 | 82  | 76  | 42  | 18  | 20  | 52  | 977   |
| Sabor                             | 79                             | 89  | 100 | 96  | 77  | 74  | 65  | 61  | 35  | 14  | 15  | 40  | 745   |
| Tâmega                            | 131                            | 157 | 190 | 189 | 152 | 145 | 110 | 97  | 52  | 20  | 24  | 62  | 1329  |
| Tua                               | 79                             | 89  | 102 | 98  | 80  | 77  | 64  | 59  | 33  | 12  | 13  | 38  | 744   |
| Tuela                             | 104                            | 117 | 133 | 131 | 103 | 102 | 84  | 77  | 44  | 19  | 20  | 52  | 985   |
| Douro - Portugal                  | 95                             | 111 | 127 | 125 | 101 | 96  | 79  | 71  | 39  | 15  | 17  | 46  | 922   |
| RH                                | 96                             | 112 | 128 | 126 | 101 | 96  | 79  | 71  | 39  | 15  | 17  | 46  | 926   |
| Bacias internacionais             |                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
| Douro Espanha                     | 62                             | 67  | 68  | 64  | 52  | 53  | 55  | 58  | 38  | 18  | 17  | 36  | 588   |
| Douro (PT+ES)                     | 69                             | 75  | 79  | 75  | 61  | 61  | 59  | 60  | 38  | 18  | 17  | 38  | 652   |

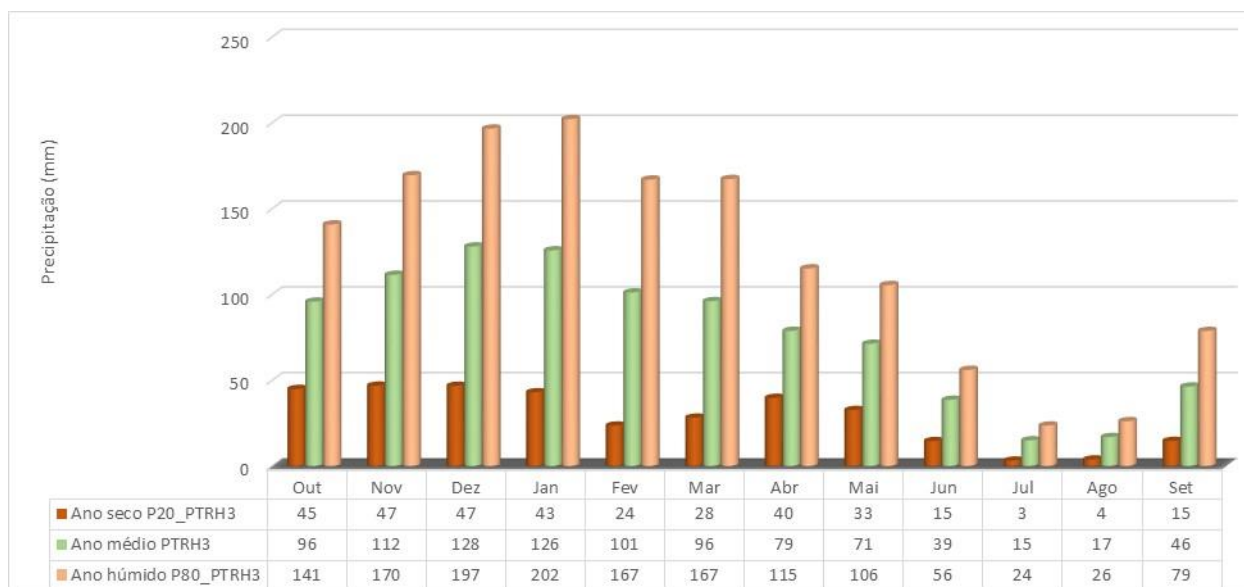
Os valores médios mensais mais elevados verificam-se na sub-bacia hidrográfica do rio Paiva. Na RH o mês de dezembro é o que regista os valores médios mais elevados de precipitação e o mês de julho os valores mais baixos.

**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 |
| Águeda                            | 32                             | 35  | 25  | 25  | 15  | 22  | 30  | 27  | 10  | 1   | 2   | 9   | 515   |
| Côa                               | 34                             | 34  | 33  | 27  | 19  | 21  | 29  | 24  | 8   | 1   | 2   | 9   | 478   |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 62                             | 70  | 84  | 76  | 41  | 48  | 52  | 45  | 14  | 3   | 5   | 20  | 1022  |
| Douro                             | 48                             | 50  | 47  | 44  | 23  | 28  | 40  | 33  | 16  | 3   | 4   | 17  | 677   |
| Maçãs                             | 30                             | 38  | 29  | 30  | 16  | 21  | 31  | 28  | 13  | 4   | 2   | 11  | 557   |
| Paiva                             | 69                             | 68  | 90  | 85  | 48  | 50  | 60  | 50  | 16  | 5   | 5   | 18  | 1101  |
| Rabaçal                           | 52                             | 46  | 42  | 39  | 24  | 32  | 42  | 35  | 17  | 4   | 5   | 14  | 733   |
| Sabor                             | 34                             | 41  | 33  | 32  | 17  | 24  | 32  | 29  | 14  | 3   | 3   | 13  | 561   |
| Tâmega                            | 57                             | 60  | 72  | 68  | 34  | 36  | 56  | 42  | 19  | 5   | 6   | 17  | 979   |
| Tua                               | 35                             | 34  | 36  | 27  | 16  | 22  | 33  | 27  | 12  | 3   | 3   | 12  | 551   |
| Tuela                             | 50                             | 44  | 45  | 40  | 22  | 29  | 42  | 35  | 17  | 4   | 5   | 17  | 733   |
| Douro - Portugal                  | 45                             | 47  | 46  | 43  | 23  | 28  | 40  | 33  | 15  | 3   | 4   | 15  | 685   |
| RH                                | 45                             | 47  | 47  | 43  | 24  | 28  | 40  | 33  | 15  | 3   | 4   | 15  | 689   |
| Bacias internacionais             |                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
| Douro Espanha                     | 29                             | 34  | 28  | 23  | 19  | 22  | 31  | 32  | 19  | 7   | 7   | 14  | 484   |
| Douro (PT+ES)                     | 32                             | 37  | 31  | 27  | 20  | 23  | 33  | 32  | 18  | 6   | 6   | 14  | 523   |

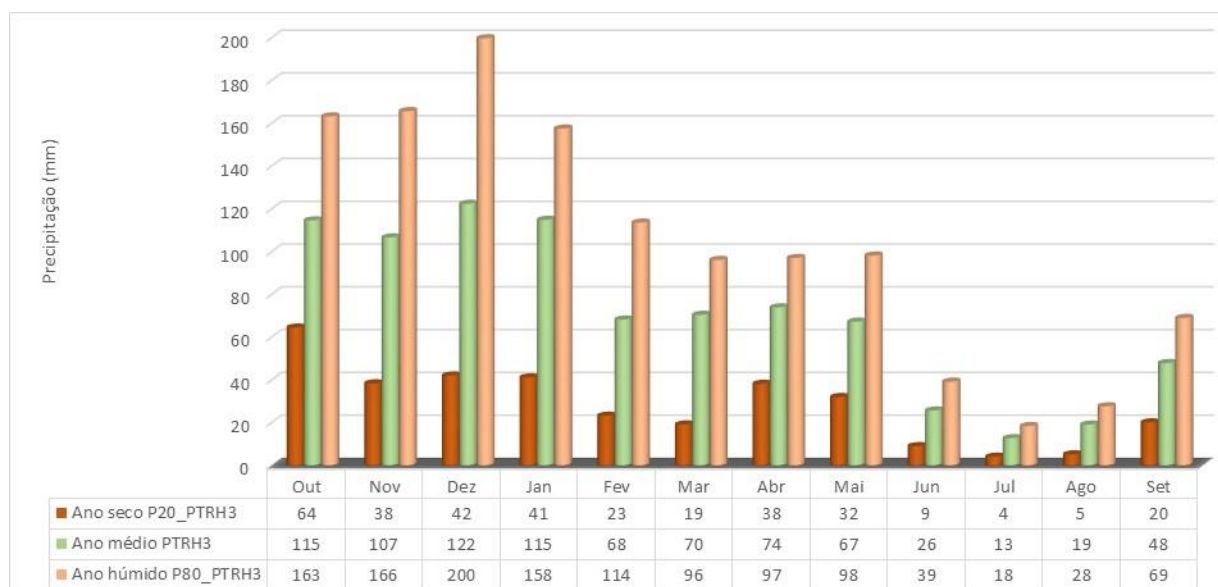
Para o ano seco, a precipitação mensal diminui em todos os meses em relação ao ano médio, variando essa redução entre menos 80% em julho e menos 49% em abril.

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**

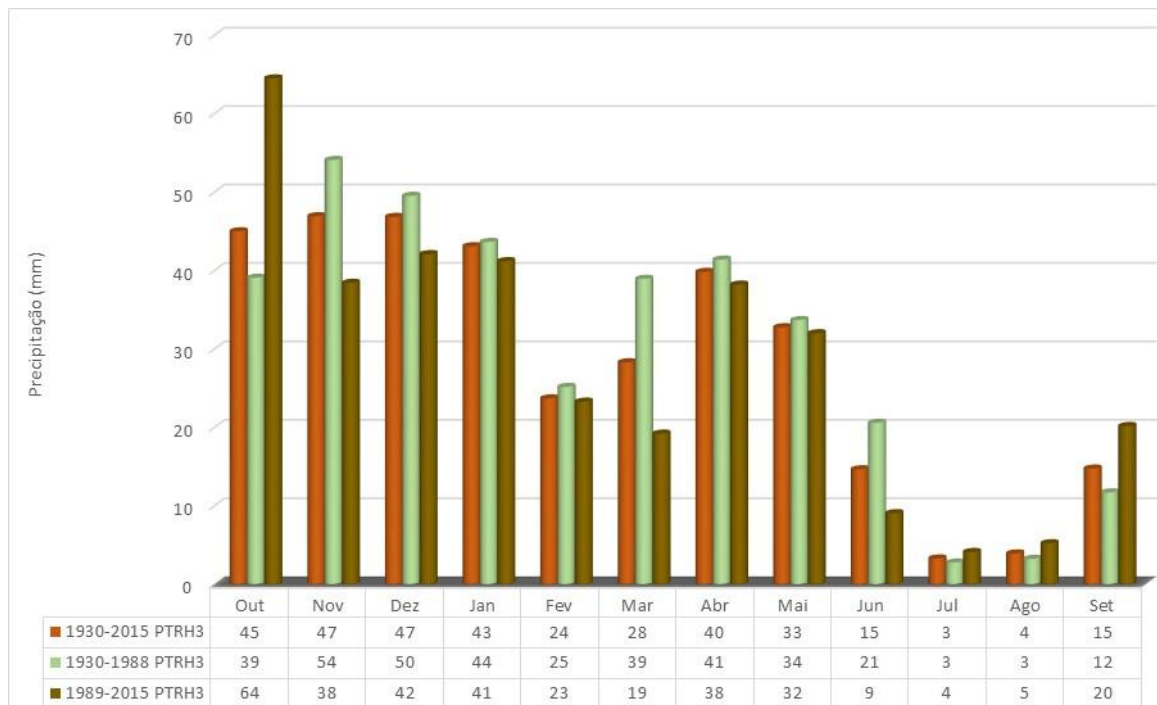
Na Figura 1.4 observam-se os valores de precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco para o período de referência 1989-2015.



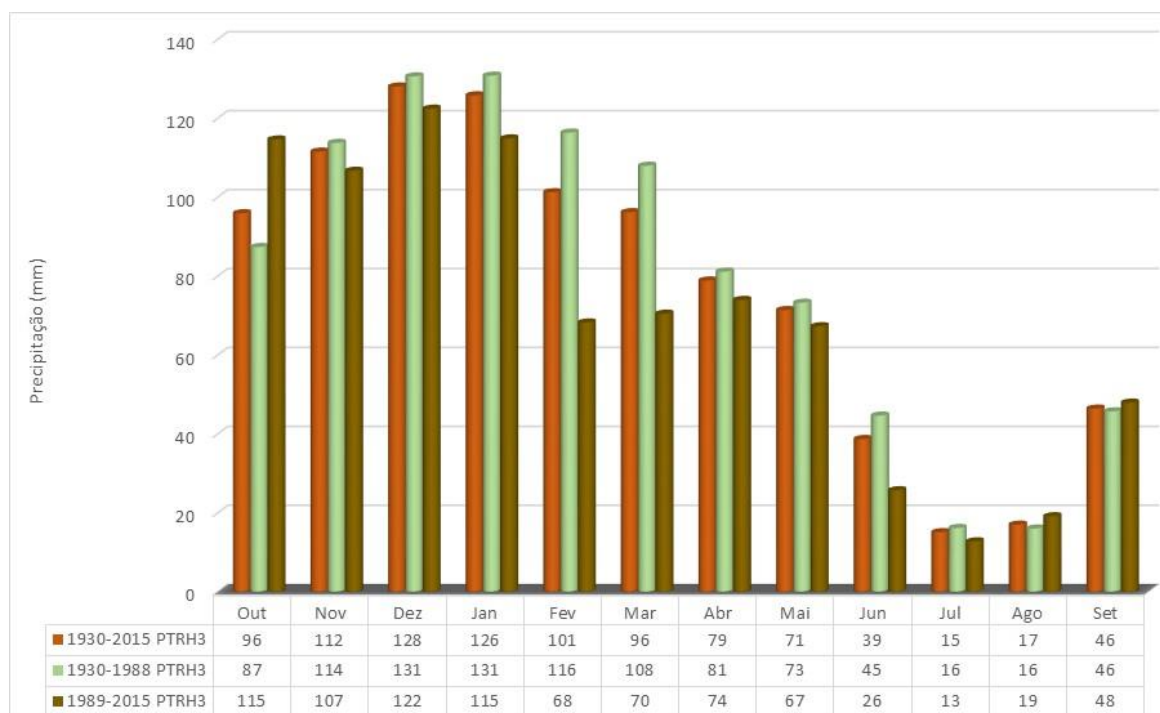
**Figura 1.4 – Precipitação média mensal para os anos húmido, médio e seco na RH, para o período de referência 1989-2015**

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 exceto nos meses de julho a outubro.

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, 1930-1989 e 1989-2015) na RH**



**Figura 1.6 – Precipitação média mensal para o ano médio nos três períodos de análise (1930-2015, 1930-1989 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 julho a outubro. Em ano médio essas diferenças mensais são sempre inferiores exceto nos meses de agosto a outubro.

### 1.1.3. Evapotranspiração

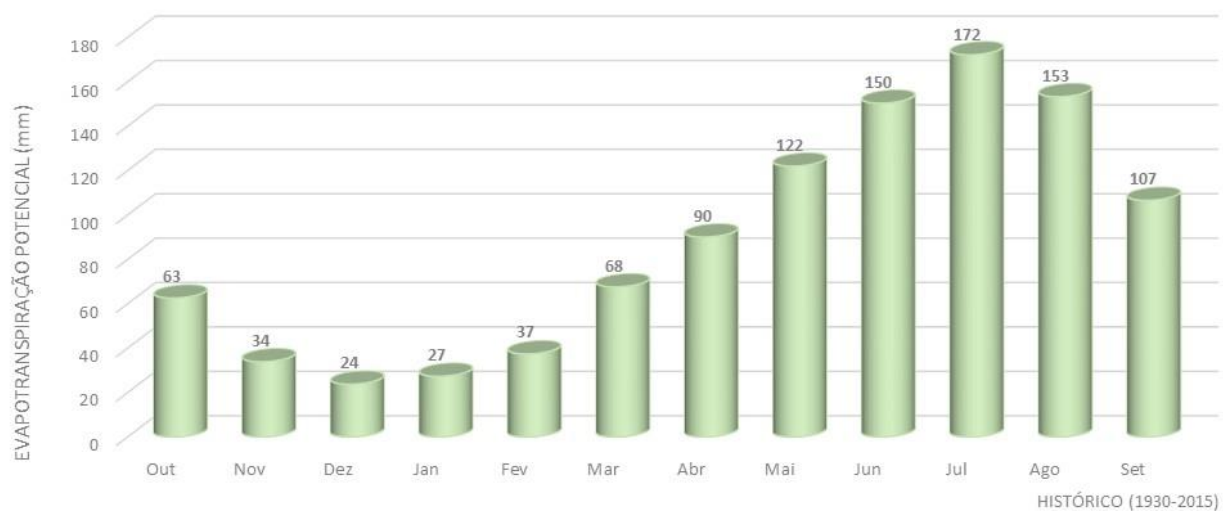
A evapotranspiração potencial foi estimada a partir da temperatura do ar pelo método de Hargreaves, tendo em conta a maior disponibilidade de dados de temperatura.

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 |
| Águeda                            | 61                                  | 33  | 24  | 26  | 36  | 65  | 87  | 121 | 152 | 176 | 157 | 106 | 1042  |
| Côa                               | 58                                  | 31  | 23  | 26  | 35  | 63  | 85  | 118 | 147 | 171 | 152 | 103 | 1012  |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 66                                  | 39  | 29  | 33  | 42  | 72  | 92  | 116 | 136 | 149 | 120 | 100 | 994   |
| Douro                             | 64                                  | 35  | 25  | 29  | 39  | 69  | 92  | 124 | 152 | 174 | 154 | 109 | 1067  |
| Maçãs                             | 62                                  | 33  | 21  | 25  | 37  | 67  | 89  | 122 | 153 | 176 | 156 | 107 | 1048  |
| Paiva                             | 68                                  | 38  | 28  | 32  | 42  | 73  | 96  | 127 | 153 | 175 | 158 | 113 | 1104  |
| Rabaçal                           | 61                                  | 32  | 22  | 26  | 36  | 66  | 89  | 121 | 149 | 170 | 152 | 104 | 1029  |
| Sabor                             | 63                                  | 33  | 22  | 26  | 37  | 68  | 90  | 123 | 153 | 176 | 158 | 108 | 1056  |
| Tâmega                            | 62                                  | 34  | 25  | 28  | 37  | 67  | 90  | 120 | 147 | 166 | 148 | 104 | 1028  |
| Tua                               | 61                                  | 33  | 23  | 26  | 36  | 66  | 90  | 121 | 151 | 173 | 154 | 106 | 1040  |
| Tuela                             | 61                                  | 33  | 21  | 26  | 36  | 67  | 89  | 121 | 150 | 172 | 154 | 105 | 1035  |
| Douro - Portugal                  | 63                                  | 34  | 24  | 27  | 37  | 68  | 90  | 122 | 151 | 172 | 154 | 107 | 1 048 |
| RH                                | 63                                  | 34  | 24  | 27  | 37  | 68  | 90  | 122 | 150 | 172 | 153 | 107 | 1 047 |
| Bacias internacionais             |                                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
| Douro Espanha                     | 61                                  | 32  | 22  | 25  | 35  | 64  | 87  | 120 | 150 | 172 | 151 | 103 | 1 021 |
| Douro (PT+ES)                     | 61                                  | 32  | 22  | 25  | 36  | 65  | 88  | 121 | 150 | 172 | 152 | 104 | 1 026 |

Os valores médios mensais na sub-bacia hidrográfica do rio Paiva são superiores aos das restantes bacias. Na RH o mês de julho é o que regista valores mais elevados da ordem dos 172 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.

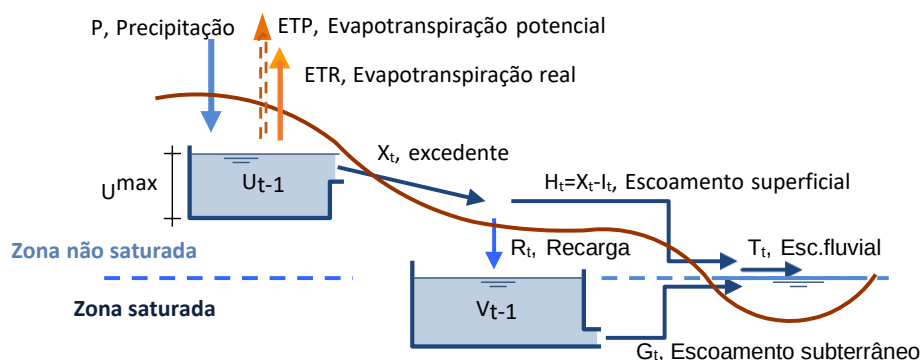
Adotou-se um modelo hidrológico distribuído matricial com uma resolução espacial de 1 km x 1 km e uma escala temporal mensal que implementa um modelo de balanço hídrico, conhecido por modelo de Temez.

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.

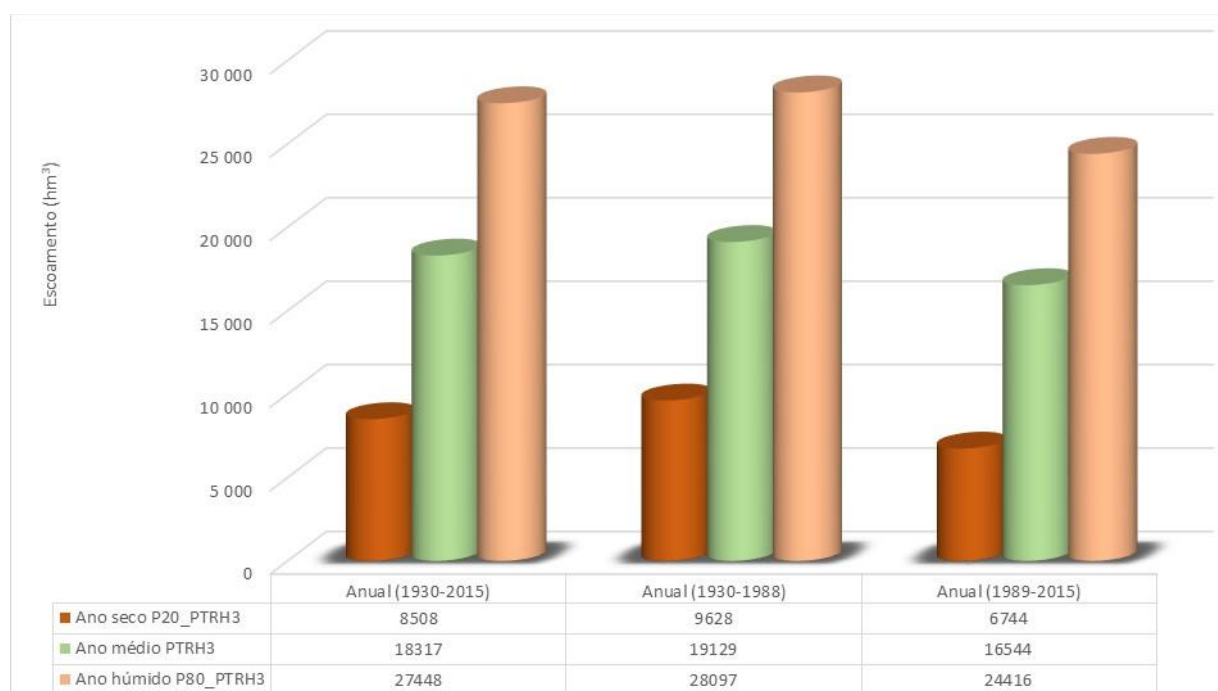
O Quadro 1.8 apresenta os valores de escoamento médio anual para os anos húmido, médio e seco, para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, obtidos por sub-bacia hidrográfica.

**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 (hm³)<br>(período 1930-2015) |              |                   | Escoamento médio anual (hm³)<br>(período 1989-2015) |              |                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------------------------------------|--------------|-------------------|
|                                   | Ano húmido<br>(80%)                                 | Ano médio    | Ano seco<br>(20%) | Ano húmido<br>(80%)                                 | Ano médio    | Ano seco<br>(20%) |
| Águeda                            | 766                                                 | 516          | 207               | 771                                                 | 492          | 140               |
| Côa                               | 753                                                 | 509          | 128               | 635                                                 | 422          | 61                |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 198                                                 | 138          | 69                | 158                                                 | 118          | 44                |
| Douro                             | 18010                                               | 12140        | 5850              | 16926                                               | 11349        | 5099              |
| Maçãs                             | 462                                                 | 279          | 85                | 453                                                 | 256          | 44                |
| Paiva                             | 904                                                 | 613          | 308               | 672                                                 | 493          | 164               |
| Rabaçal                           | 910                                                 | 615          | 265               | 771                                                 | 550          | 208               |
| Sabor                             | 961                                                 | 579          | 181               | 872                                                 | 514          | 107               |
| Tâmega                            | 3281                                                | 2154         | 1122              | 2121                                                | 1676         | 680               |
| Tua                               | 524                                                 | 292          | 80                | 431                                                 | 244          | 41                |
| Tuela                             | 678                                                 | 483          | 212               | 607                                                 | 431          | 157               |
| <b>RH</b>                         | <b>27448</b>                                        | <b>18317</b> | <b>8508</b>       | <b>24416</b>                                        | <b>16544</b> | <b>6744</b>       |

No período 1930-2015 observa-se que o valor de escoamento em ano seco representa, em média, uma redução de 54% relativamente ao ano médio e de 69% relativamente ao ano húmido. Uma análise análoga para o período 1989-2015, permite verificar valores de escoamento em ano seco, em média, de cerca de menos 59% relativamente ao ano médio e de menos 72% 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, em ano seco de 30%, em ano médio de 14% e em ano húmido de 13%.

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 (hm³) |             |             |             |             |             |             |             |            |            |            |            |              |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
|                                   | out                          | nov         | dez         | jan         | fev         | mar         | abr         | mai         | jun        | jul        | ago        | set        | Anual        |
| Águeda                            | 31                           | 52          | 80          | 87          | 78          | 69          | 44          | 32          | 19         | 11         | 6          | 8          | 516          |
| Côa                               | 24                           | 50          | 89          | 106         | 89          | 72          | 34          | 21          | 9          | 6          | 5          | 5          | 509          |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 5                            | 12          | 23          | 29          | 24          | 19          | 11          | 7           | 3          | 2          | 1          | 1          | 138          |
| Douro                             | 620                          | 1049        | 1705        | 2030        | 1868        | 1600        | 1112        | 855         | 534        | 331        | 213        | 223        | 12140        |
| Maçãs                             | 11                           | 22          | 47          | 59          | 49          | 40          | 21          | 13          | 7          | 4          | 3          | 3          | 279          |
| Paiva                             | 25                           | 56          | 113         | 132         | 109         | 86          | 45          | 28          | 8          | 4          | 3          | 4          | 613          |
| Rabaçal                           | 34                           | 57          | 103         | 123         | 100         | 84          | 44          | 30          | 15         | 9          | 6          | 9          | 615          |
| Sabor                             | 24                           | 49          | 103         | 126         | 104         | 81          | 40          | 23          | 11         | 7          | 5          | 6          | 579          |
| Tâmega                            | 79                           | 182         | 379         | 454         | 373         | 320         | 169         | 106         | 41         | 21         | 14         | 16         | 2154         |
| Tua                               | 10                           | 23          | 52          | 66          | 56          | 44          | 19          | 10          | 5          | 3          | 2          | 2          | 292          |
| Tuela                             | 26                           | 45          | 82          | 98          | 78          | 66          | 36          | 23          | 11         | 7          | 5          | 7          | 483          |
| <b>RH</b>                         | <b>890</b>                   | <b>1597</b> | <b>2774</b> | <b>3309</b> | <b>2928</b> | <b>2480</b> | <b>1575</b> | <b>1147</b> | <b>663</b> | <b>406</b> | <b>264</b> | <b>284</b> | <b>18317</b> |
| <b>Bacias internacionais</b>      |                              |             |             |             |             |             |             |             |            |            |            |            |              |
| <b>Douro – Espanha</b>            | <b>536</b>                   | <b>852</b>  | <b>1275</b> | <b>1498</b> | <b>1426</b> | <b>1250</b> | <b>940</b>  | <b>754</b>  | <b>494</b> | <b>307</b> | <b>196</b> | <b>206</b> | <b>9734</b>  |
| <b>Douro – Portugal*</b>          | <b>884</b>                   | <b>1585</b> | <b>2751</b> | <b>3281</b> | <b>2904</b> | <b>2461</b> | <b>1564</b> | <b>1140</b> | <b>660</b> | <b>404</b> | <b>263</b> | <b>282</b> | <b>18179</b> |

\*Inclui o escoamento proveniente de Espanha.

Os valores médios mensais nas sub-bacias hidrográficas do Douro e do Tâmega são superiores aos das restantes bacias. Na RH o mês de janeiro é que apresenta os valores médios de escoamento mensal mais elevados com 3309 hm<sup>3</sup>.

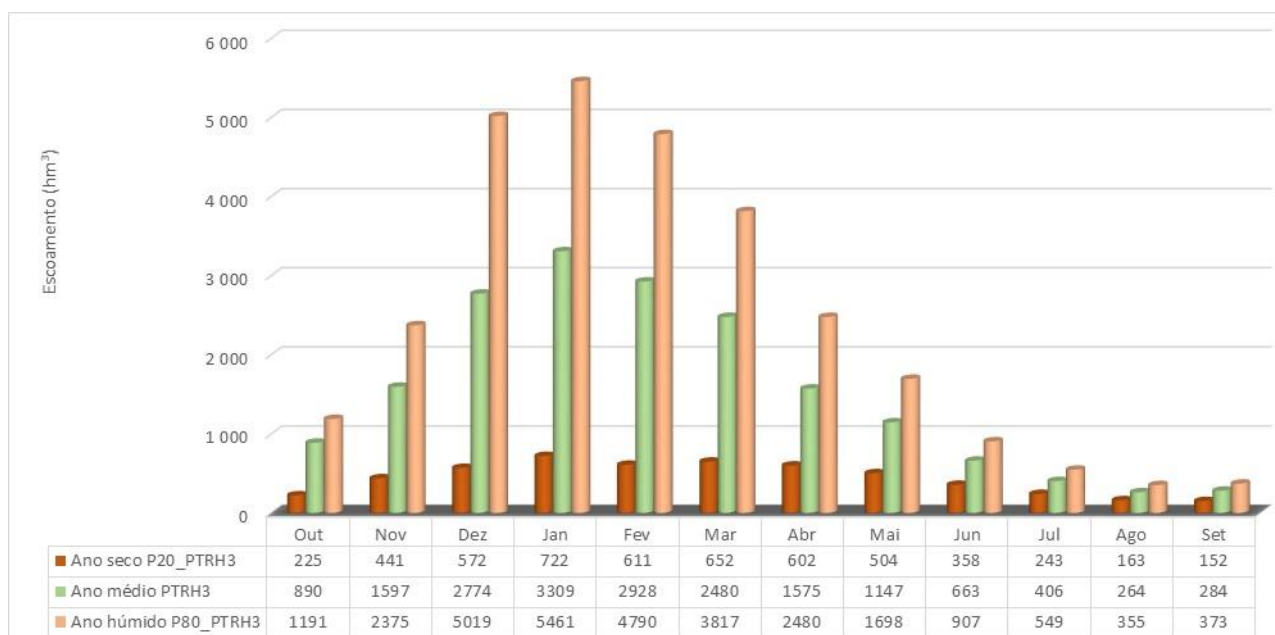
**Quadro 1.10 – Escoamento médio mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1930-2015)**

| Sub-bacia/RH                      | Escoamento médio/anual (hm <sup>3</sup> ) |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|                                   | out                                       | nov        | dez        | jan        | fev        | mar        | abr        | mai        | jun        | jul        | ago        | set        | Anual       |
| Águeda                            | 4                                         | 9          | 11         | 14         | 13         | 13         | 16         | 14         | 8          | 5          | 3          | 3          | 207         |
| Côa                               | 2                                         | 3          | 4          | 7          | 8          | 10         | 8          | 7          | 4          | 3          | 2          | 2          | 128         |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 1                                         | 1          | 2          | 5          | 4          | 3          | 3          | 3          | 2          | 1          | 1          | 1          | 69          |
| Douro                             | 190                                       | 385        | 473        | 546        | 473        | 521        | 473        | 403        | 293        | 199        | 133        | 125        | 5850        |
| Maças                             | 1                                         | 2          | 3          | 5          | 4          | 6          | 6          | 5          | 3          | 2          | 1          | 1          | 85          |
| Paiva                             | 2                                         | 3          | 12         | 24         | 13         | 9          | 9          | 6          | 4          | 3          | 2          | 2          | 308         |
| Rabaçal                           | 6                                         | 10         | 14         | 23         | 17         | 17         | 18         | 14         | 10         | 6          | 4          | 4          | 265         |
| Sabor                             | 4                                         | 5          | 7          | 9          | 10         | 10         | 10         | 8          | 5          | 4          | 3          | 3          | 181         |
| Tâmega                            | 9                                         | 15         | 34         | 71         | 53         | 45         | 44         | 33         | 20         | 14         | 10         | 7          | 1122        |
| Tua                               | 1                                         | 1          | 2          | 4          | 4          | 5          | 4          | 3          | 2          | 2          | 1          | 1          | 80          |
| Tuela                             | 4                                         | 7          | 10         | 14         | 12         | 12         | 12         | 10         | 6          | 4          | 3          | 3          | 212         |
| <b>RH</b>                         | <b>225</b>                                | <b>441</b> | <b>572</b> | <b>722</b> | <b>611</b> | <b>652</b> | <b>602</b> | <b>504</b> | <b>358</b> | <b>243</b> | <b>163</b> | <b>152</b> | <b>8508</b> |
| <b>Bacias internacionais</b>      |                                           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
| Douro – Espanha                   | 176                                       | 356        | 393        | 444        | 439        | 389        | 418        | 363        | 272        | 182        | 119        | 116        | 4790        |
| Douro – Portugal*                 | 224                                       | 440        | 570        | 717        | 607        | 648        | 599        | 502        | 357        | 242        | 162        | 152        | 8439        |

\*Inclui o escoamento proveniente de Espanha.

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 79,4% em dezembro e menos 38% 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 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/anual (hm³) |             |             |             |             |             |             |            |            |            |            |            |              |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
|                                   | out                          | nov         | dez         | jan         | fev         | mar         | abr         | mai        | jun        | jul        | ago        | set        | Anual        |
| Águeda                            | 43                           | 60          | 96          | 85          | 54          | 53          | 34          | 31         | 15         | 9          | 5          | 7          | 492          |
| Côa                               | 31                           | 49          | 101         | 90          | 49          | 42          | 20          | 20         | 7          | 5          | 4          | 3          | 422          |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 7                            | 14          | 21          | 26          | 16          | 13          | 9           | 5          | 2          | 2          | 1          | 1          | 118          |
| Douro                             | 783                          | 1147        | 1858        | 2002        | 1395        | 1319        | 967         | 760        | 457        | 282        | 184        | 195        | 11349        |
| Maças                             | 14                           | 23          | 59          | 57          | 28          | 31          | 17          | 11         | 6          | 4          | 2          | 2          | 256          |
| Paiva                             | 32                           | 51          | 102         | 112         | 67          | 54          | 36          | 23         | 5          | 3          | 2          | 4          | 493          |
| Rabaçal                           | 46                           | 64          | 108         | 115         | 61          | 63          | 35          | 25         | 12         | 7          | 5          | 8          | 550          |
| Sabor                             | 32                           | 54          | 123         | 119         | 55          | 59          | 30          | 19         | 9          | 6          | 4          | 5          | 514          |
| Tâmega                            | 90                           | 177         | 332         | 376         | 213         | 211         | 133         | 77         | 24         | 16         | 11         | 15         | 1676         |
| Tua                               | 13                           | 23          | 57          | 59          | 28          | 31          | 14          | 8          | 4          | 3          | 2          | 2          | 244          |
| Tuela                             | 33                           | 50          | 90          | 90          | 46          | 49          | 28          | 20         | 9          | 6          | 4          | 7          | 431          |
| <b>RH</b>                         | <b>1124</b>                  | <b>1713</b> | <b>2947</b> | <b>3131</b> | <b>2013</b> | <b>1925</b> | <b>1322</b> | <b>999</b> | <b>549</b> | <b>342</b> | <b>226</b> | <b>251</b> | <b>16544</b> |

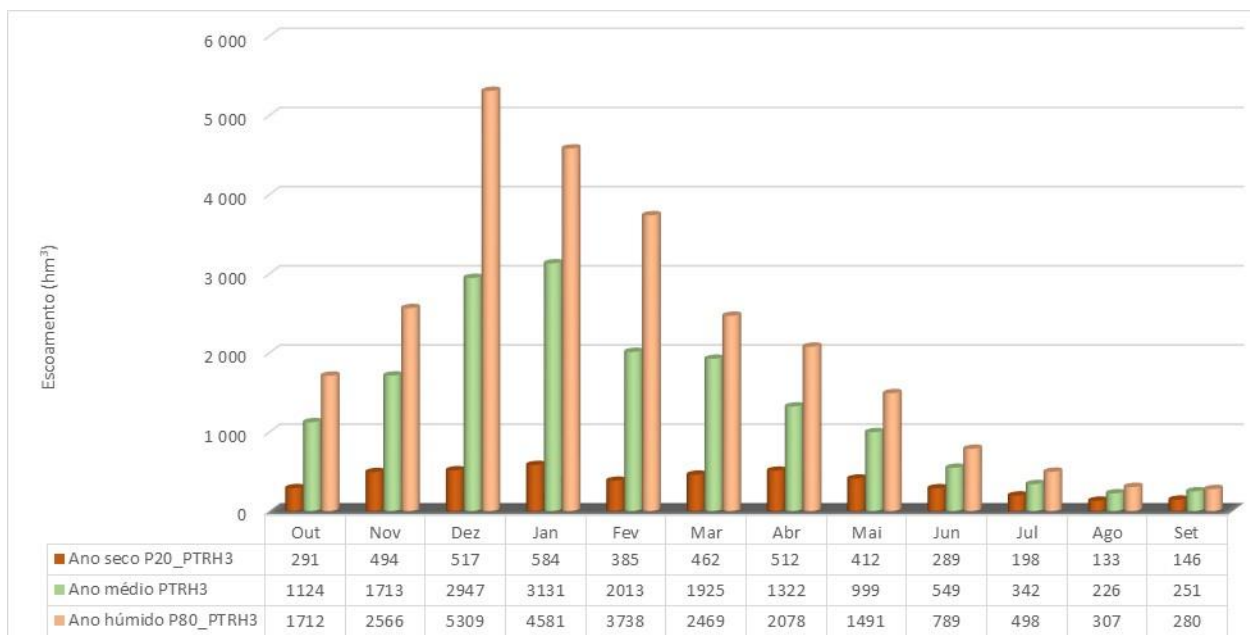
**Quadro 1.12 – Escoamento médio mensal e anual para o ano seco, por sub-bacia (período 1989-2015)**

| Sub-bacia/RH                      | Escoamento médio/anual (hm³) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|                                   | out                          | nov | dez | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | Anual |
| Águeda                            | 7                            | 10  | 10  | 12  | 8   | 7   | 8   | 7   | 4   | 3   | 2   | 2   | 140   |
| Côa                               | 2                            | 4   | 4   | 4   | 3   | 2   | 4   | 3   | 2   | 2   | 1   | 1   | 61    |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 1                            | 1   | 2   | 5   | 2   | 2   | 3   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 44    |

| Sub-bacia/RH | Escoamento médio/anual (hm³) |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
|--------------|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|              | out                          | nov        | dez        | jan        | fev        | mar        | abr        | mai        | jun        | jul        | ago        | set        | Anual       |
| Douro        | 245                          | 430        | 419        | 425        | 301        | 384        | 414        | 332        | 241        | 165        | 109        | 125        | 5099        |
| Maças        | 2                            | 3          | 3          | 4          | 3          | 2          | 3          | 4          | 3          | 2          | 1          | 1          | 44          |
| Paiva        | 2                            | 3          | 9          | 19         | 9          | 5          | 8          | 5          | 4          | 3          | 2          | 2          | 164         |
| Rabaçal      | 9                            | 11         | 16         | 20         | 11         | 11         | 14         | 12         | 7          | 5          | 3          | 3          | 208         |
| Sabor        | 5                            | 7          | 7          | 9          | 6          | 6          | 8          | 8          | 4          | 3          | 2          | 2          | 107         |
| Tâmega       | 9                            | 15         | 33         | 67         | 32         | 31         | 37         | 27         | 15         | 11         | 8          | 6          | 680         |
| Tua          | 1                            | 2          | 2          | 4          | 2          | 2          | 4          | 3          | 1          | 1          | 1          | 1          | 41          |
| Tuela        | 7                            | 7          | 12         | 15         | 8          | 9          | 10         | 10         | 6          | 4          | 3          | 3          | 157         |
| <b>RH</b>    | <b>291</b>                   | <b>494</b> | <b>517</b> | <b>584</b> | <b>385</b> | <b>462</b> | <b>512</b> | <b>412</b> | <b>289</b> | <b>198</b> | <b>133</b> | <b>146</b> | <b>6744</b> |

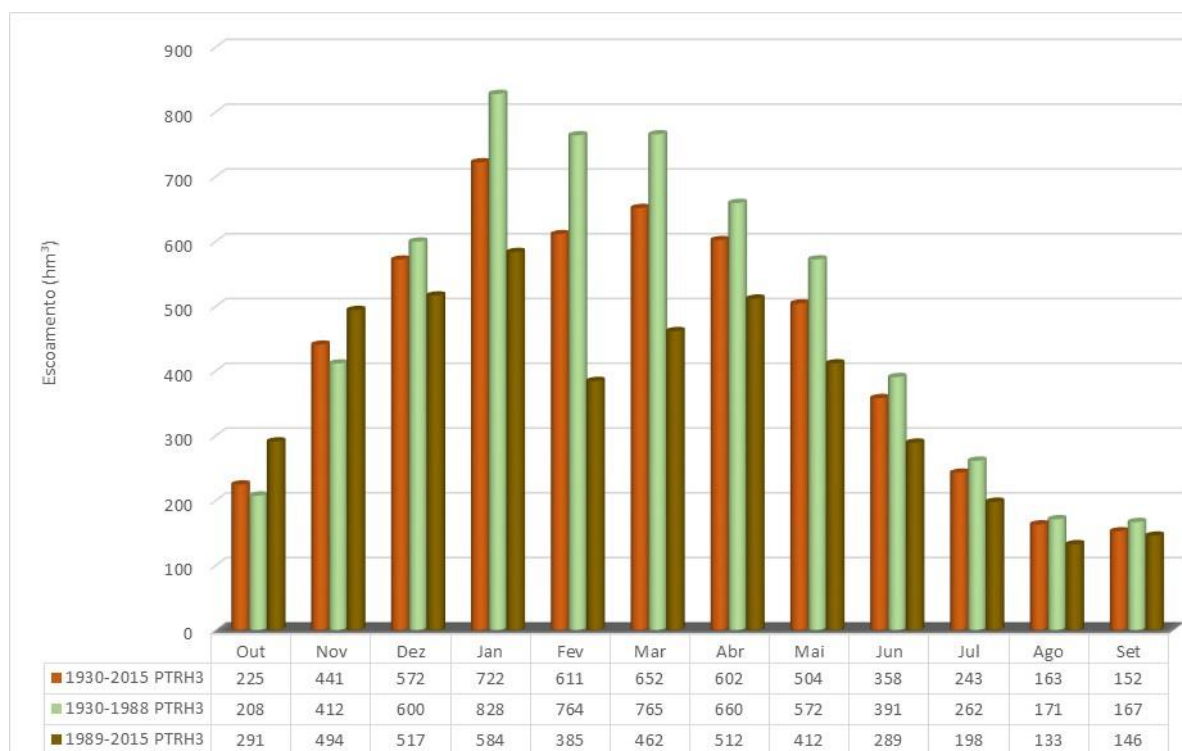
Para o período 1989-2015 em ano seco, o escoamento mensal diminui em todos os meses em relação ao ano médio, variando entre menos 82% em dezembro até menos 41% em agosto.

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

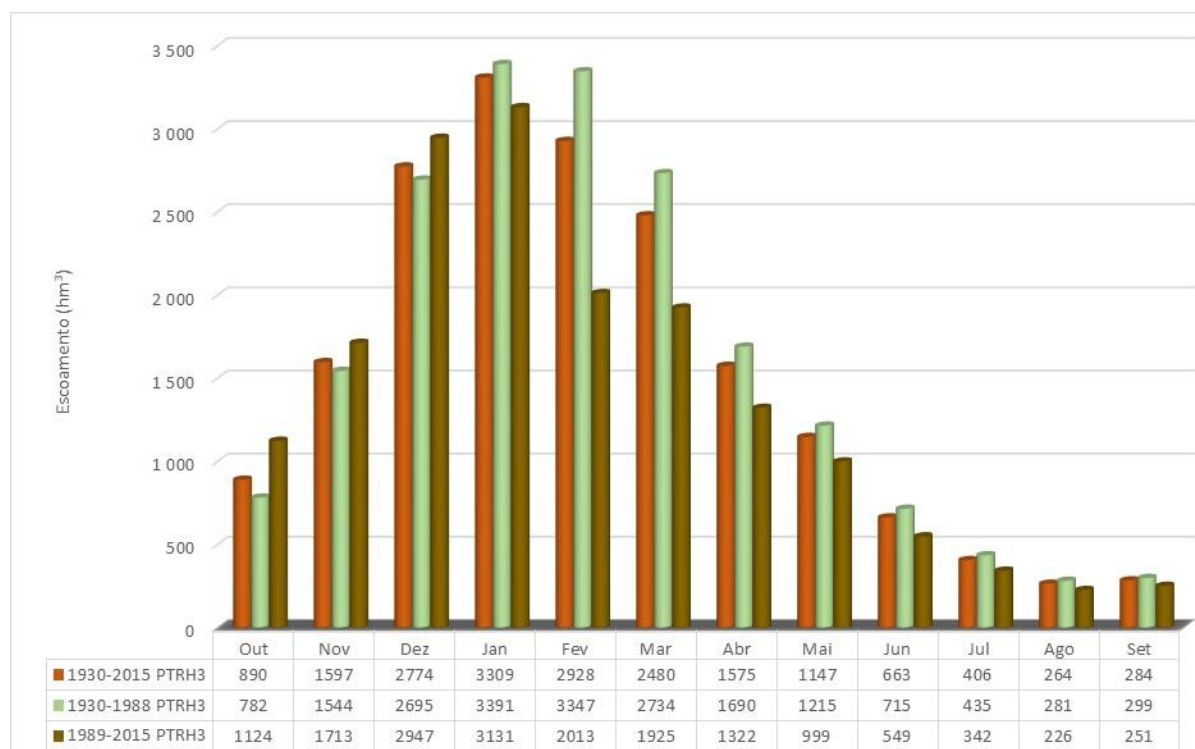


**Figura 1.11 – Escoamento médio mensal para os anos húmido, médio e seco para o período de 1989-2015, na RH**

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 e novembro. Em ano médio também são inferiores exceto entre outubro e dezembro.

### 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 aflúências de água geradas em regime natural nessa bacia hidrográfica confluem, na sua totalidade, para essa albufeira.

Para efeitos de modelação consideram-se as aflúências 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 seção modelada.

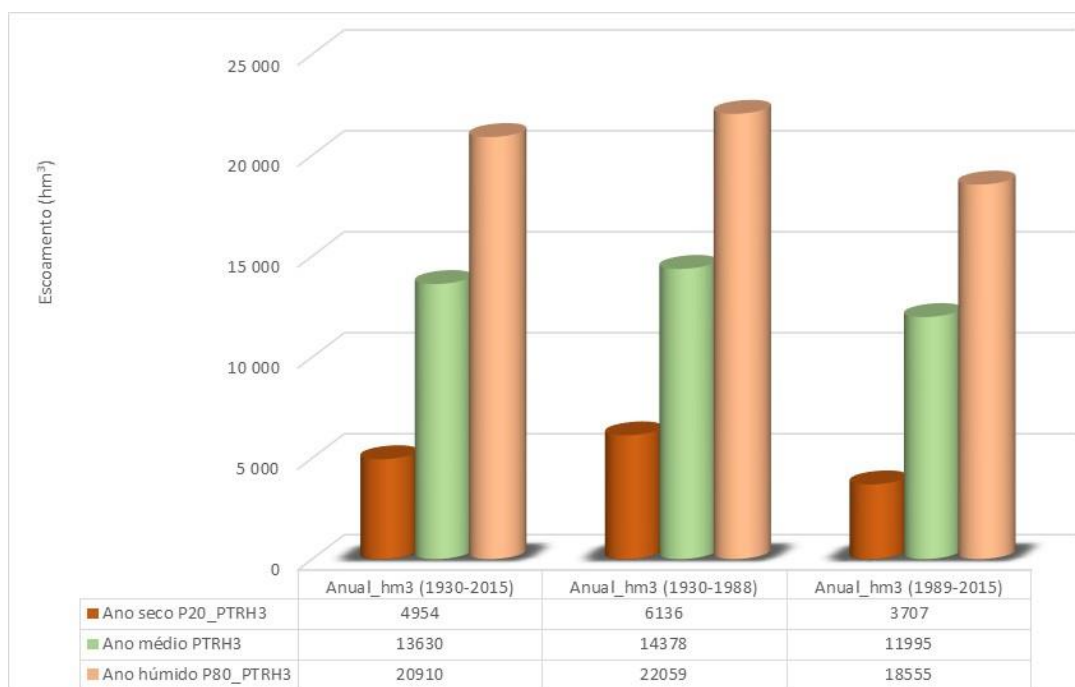
O Quadro 1.13 apresenta os valores de escoamento anual em regime modificado (hm<sup>3</sup>) para os anos húmido, médio e seco, para os períodos de referência 1930-2015 e 1989-2015, obtidos por sub-bacia hidrográfica.

**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> )<br>(período 1930-2015) |              |                   | Escoamento médio anual (hm <sup>3</sup> )<br>(período 1989-2015) |              |                   |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
|                                   | Ano húmido<br>(80%)                                              | Ano médio    | Ano seco<br>(20%) | Ano húmido<br>(80%)                                              | Ano médio    | Ano seco<br>(20%) |
| Douro                             | 11919                                                            | 7791         | 2557              | 11352                                                            | 7098         | 2259              |
| Tâmega                            | 3146                                                             | 2037         | 1027              | 2020                                                             | 1562         | 595               |
| Rabaçal                           | 889                                                              | 598          | 250               | 754                                                              | 533          | 187               |
| Tuela                             | 653                                                              | 463          | 195               | 586                                                              | 413          | 141               |
| Tua                               | 518                                                              | 290          | 83                | 430                                                              | 242          | 44                |
| Sabor                             | 904                                                              | 534          | 140               | 871                                                              | 493          | 81                |
| Maças                             | 453                                                              | 269          | 73                | 444                                                              | 246          | 32                |
| Águeda                            | 702                                                              | 490          | 192               | 768                                                              | 470          | 150               |
| Côa                               | 647                                                              | 432          | 88                | 527                                                              | 352          | 34                |
| Paiva                             | 885                                                              | 592          | 285               | 649                                                              | 472          | 143               |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 193                                                              | 134          | 65                | 153                                                              | 113          | 39                |
| <b>RH</b>                         | <b>20910</b>                                                     | <b>13630</b> | <b>4954</b>       | <b>18555</b>                                                     | <b>11995</b> | <b>3707</b>       |

No período 1930-2015 observa-se que o valor de escoamento em ano seco representa, em média, uma redução de cerca de 64% relativamente ao ano médio e de 76% 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 69% relativamente ao ano médio e de menos 80% 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 40%, em ano médio de 17% e em ano húmido de 16%.

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)**

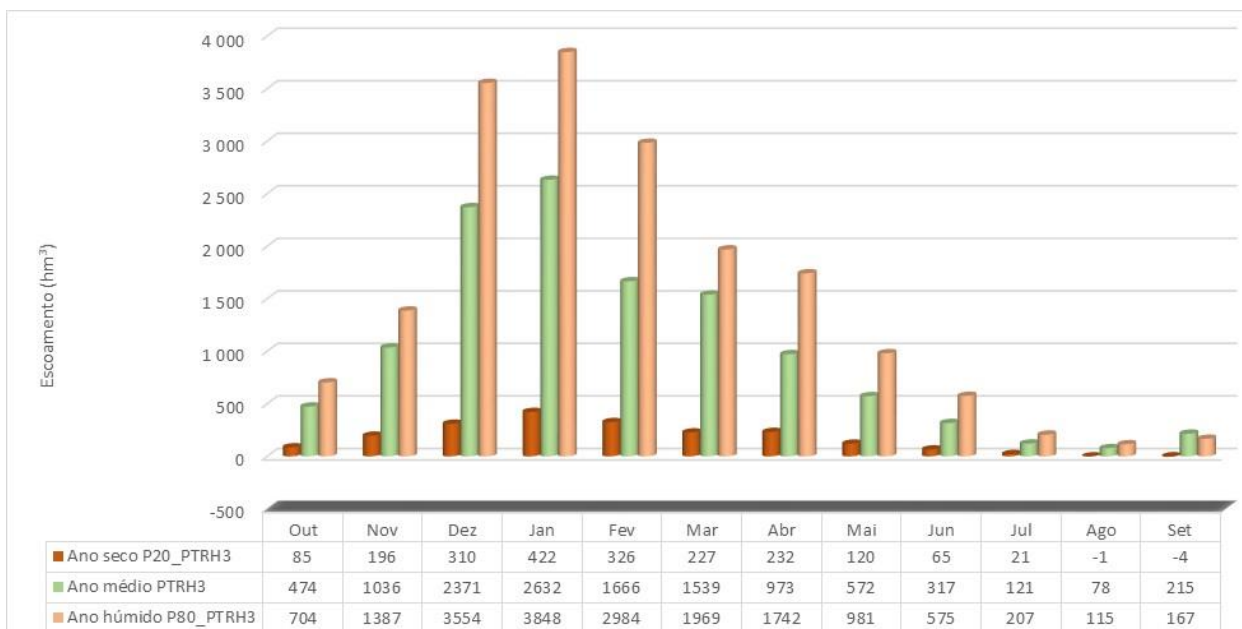
| Sub-bacia/RH                      | Escoamento médio (hm³) |             |             |             |             |             |            |            |            |            |           |            |              |
|-----------------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|--------------|
|                                   | out                    | nov         | dez         | jan         | fev         | mar         | abr        | mai        | jun        | jul        | ago       | set        | Anual        |
| Douro                             | 208                    | 529         | 1339        | 1566        | 1057        | 947         | 649        | 360        | 215        | 60         | 39        | 130        | 7098         |
| Tâmega                            | 72                     | 165         | 314         | 357         | 203         | 201         | 118        | 71         | 26         | 11         | 9         | 15         | 1562         |
| Rabaçal                           | 43                     | 61          | 105         | 112         | 59          | 62          | 34         | 25         | 12         | 8          | 5         | 8          | 533          |
| Tuela                             | 31                     | 48          | 87          | 88          | 45          | 48          | 27         | 19         | 8          | 5          | 3         | 5          | 413          |
| Tua                               | 11                     | 24          | 57          | 59          | 29          | 31          | 13         | 7          | 3          | 3          | 2         | 2          | 242          |
| Sabor                             | 4                      | 37          | 115         | 100         | 74          | 68          | 25         | 6          | 18         | 8          | 0,1       | 36         | 493          |
| Maças                             | 14                     | 22          | 58          | 56          | 26          | 30          | 16         | 11         | 5          | 4          | 2         | 2          | 246          |
| Águeda                            | 29                     | 49          | 87          | 78          | 49          | 49          | 30         | 32         | 21         | 19         | 15        | 12         | 470          |
| Côa                               | 24                     | 40          | 87          | 80          | 43          | 37          | 16         | 16         | 4          | 3          | 1         | 2          | 352          |
| Paiva                             | 30                     | 48          | 100         | 111         | 66          | 53          | 35         | 22         | 3          | 1          | 0,3       | 3          | 472          |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 7                      | 14          | 21          | 25          | 16          | 13          | 8          | 5          | 2          | 1          | 1         | 1          | 113          |
| <b>RH</b>                         | <b>474</b>             | <b>1036</b> | <b>2371</b> | <b>2632</b> | <b>1666</b> | <b>1539</b> | <b>973</b> | <b>572</b> | <b>317</b> | <b>121</b> | <b>78</b> | <b>215</b> | <b>11995</b> |

**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       |
| Douro                             | 65                                  | 135        | 225        | 278        | 214        | 146        | 146        | 63         | 20        | 1         | -14       | -20       | 2259        |
| Tâmega                            | 7                                   | 21         | 25         | 57         | 56         | 31         | 32         | 25         | 14        | 5         | 6         | 6         | 595         |
| Rabaçal                           | 7                                   | 8          | 13         | 18         | 10         | 11         | 13         | 11         | 7         | 4         | 3         | 2         | 187         |
| Tuela                             | 6                                   | 5          | 11         | 13         | 7          | 8          | 10         | 9          | 5         | 3         | 1         | 1         | 141         |
| Tua                               | -2                                  | 2          | 3          | 4          | 2          | 2          | 3          | 3          | 2         | 1         | 0,1       | -0,4      | 44          |
| Sabor                             | -7                                  | 9          | 7          | 6          | 10         | 11         | 5          | -6         | 7         | -0,4      | -3        | 1         | 81          |
| Maçãs                             | 1                                   | 2          | 2          | 3          | 3          | 2          | 2          | 3          | 2         | 1         | 0,3       | 0,3       | 32          |
| Águeda                            | 8                                   | 10         | 12         | 18         | 12         | 9          | 9          | 7          | 6         | 5         | 5         | 5         | 150         |
| Côa                               | 0,5                                 | 2          | 3          | 3          | 2          | 1          | 3          | 1          | 0,2       | 0,1       | 0,1       | 0,1       | 34          |
| Paiva                             | 0,3                                 | 1          | 6          | 18         | 7          | 4          | 7          | 3          | 1         | 0,2       | 0,1       | 0,1       | 143         |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 0,1                                 | 1          | 2          | 5          | 2          | 2          | 3          | 2          | 1         | 1         | 0,3       | 0,1       | 39          |
| <b>RH</b>                         | <b>85</b>                           | <b>196</b> | <b>310</b> | <b>422</b> | <b>326</b> | <b>227</b> | <b>232</b> | <b>120</b> | <b>65</b> | <b>21</b> | <b>-1</b> | <b>-4</b> | <b>3707</b> |

Para o período 1989-2015 verifica-se que, em ano seco, o escoamento mensal diminui em todos os meses em relação ao ano médio. 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) em várias sub-bacias e que se refletem nos meses de agosto e setembro ao nível da Região Hidrográfica.

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 impactos 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:

- a) 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 as 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 infraestrutura 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 infraestrutura hidráulica.

Para a determinação do RCE a assegurar pela infraestrutura 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. Transferências de água entre bacias hidrográficas Luso-Espanholas

Historicamente, os governos de Espanha e de Portugal têm assinado acordos bilaterais, em benefício mútuo, sobre o uso e aproveitamento dos rios transfronteiriços. As bacias hidrográficas a que se referem as convenções são as dos rios Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana. Desde 2000 que os dois países fazem cumprir a designada Convenção de Albufeira, que está traduzida pelas normas contidas na Resolução da Assembleia da República n.º 66/99, de 17 de agosto e na Resolução da Assembleia da República n.º 62/2008, de 14 de novembro.

O artigo 16.º da convenção dispõe, no seu n.º 1, que “as Partes, no seio da Comissão, definem, para cada bacia hidrográfica, de acordo com métodos adequados à sua especificidade, o regime de caudais necessário para garantir o Bom estado das águas, os usos atuais e futuros (versão da revisão operada em 2008)”. O mesmo artigo estipula no seu n.º 5 que, “até que se defina o regime de caudais a que se refere o n.º 1 do presente artigo, aplica-se o constante do Protocolo Adicional a esta Convenção”. Este regime foi aprofundado em 2008 quando teve lugar a referida revisão daquele Protocolo Adicional, revisão essa que fixou valores para os caudais mínimos trimestrais e semanais em secções de referência à entrada em Portugal (obrigação da Parte espanhola – ES) e do estuário (obrigação da Parte portuguesa – PT).

De acordo com os Relatórios Hidrometeorológicos Anuais - Regime de Caudais (dos anos hidrológicos entre 2015/16 a 2019/20) foram alcançadas afluências mínimas que comprovam o cumprimento generalizado da Convenção de Albufeira, com a exceção do ano 2016/2017. A garantia de cumprimento destes volumes afluentes acordados na referida Convenção apesar de serem caudais mínimos, têm um peso considerável perante os recursos hídricos superficiais médios gerados nas bacias nacionais, sendo um contributo relevante para as disponibilidades.

O Quadro 1.16 apresenta as afluências anuais na RH de acordo com a Resolução da Assembleia da República n.º 66/99, de 17 de agosto.

**Quadro 1.16 – Afluências nos últimos cinco anos hidrológicos na RH**

| Bacia hidrográfica | Estações              | Ano Hidrológico | Volume afluente anual (hm3) | Relação ao mínimo anual estabelecido na Convenção (%) | Volume afluente mínimo anual estabelecido na Convenção (hm3) |
|--------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Douro              | Miranda               | 2015/16         | 10932                       | 312                                                   | 3500                                                         |
|                    |                       | 2016/17         | 3199                        | 91                                                    |                                                              |
|                    |                       | 2017/18         | 5693                        | 163                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2018/19         | 3762                        | 107                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2019/20         | 7621                        | 218                                                   |                                                              |
|                    | Bemposta              | 2015/16         | 10589                       | 303                                                   | 3500                                                         |
|                    |                       | 2016/17         | 3107                        | 89                                                    |                                                              |
|                    |                       | 2017/18         | 5579                        | 159                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2018/19         | 3666                        | 105                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2019/20         | 7554                        | 216                                                   |                                                              |
|                    | Saucelle e rio Águeda | 2015/16         | 11762                       | 310                                                   | 3800                                                         |
|                    |                       | 2016/17         | 4414                        | 116                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2017/18         | 6288                        | 165                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2018/19         | 3839                        | 101                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2019/20         | 7250                        | 191                                                   |                                                              |
|                    | Crestuma              | 2015/16         | 24321                       | 486                                                   | 5000                                                         |
|                    |                       | 2016/17         | 8087                        | 162                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2017/18         | 13809                       | 276                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2018/19         | 8323                        | 166                                                   |                                                              |
|                    |                       | 2019/20         | 16627                       | 333                                                   |                                                              |

Fonte: Relatórios Hidrometeorológicos do Regime de Caudais - Ano Hidrológico 2015/16; 2016/17; 2017/18; 2018/19 e 2019/20 – CADC.

O Quadro 1.17 apresenta as afluências mensais e semanais na RH de acordo com a Resolução da Assembleia da República n.º 62/2008, de 14 de novembro.

**Quadro 1.17 – Afluências mensais e semanais nos últimos cinco anos hidrológicos na RH**

| Bacia hidrográfica | Estações              | Ano Hidrológico | Trimestres | Volume afluente trimestral (hm3) | Volume mínimo trimestral estabelecido na Convenção (hm3) | Volume afluente mínimo semanal estabelecido na Convenção (hm3)                                                                                                                            |
|--------------------|-----------------------|-----------------|------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Douro              | Miranda               | 2015/16         | 1.º T      | 1.055                            | 510                                                      | 10<br>Os caudais integrais mínimos semanais registados foram sempre superiores aos mínimos a cumprir                                                                                      |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 4.017                            | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 4.983                            | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 877                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2016/17         | 1.º T      | 963                              | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1075                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 710                              | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 451                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2017/18         | 1.º T      | 321                              | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1684                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 2704                             | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 984                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2018/19         | 1.º T      | 925                              | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1433                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 639                              | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 765                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2019/20         | 1.º T      | 2324                             | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 2666                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 1775                             | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 856                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
| Douro              | Bemposta              | 2015/16         | 1.º T      | 1026                             | 510                                                      | 10<br>Os caudais integrais mínimos semanais registados foram sempre superiores aos mínimos a cumprir                                                                                      |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 3998                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 4710                             | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 855                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2016/17         | 1.º T      | 929                              | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1051                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 694                              | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 433                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2017/18         | 1.º T      | 306                              | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1674                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 2638                             | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 961                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2018/19         | 1.º T      | 908                              | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1398                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 614                              | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 746                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2019/20         | 1.º T      | 2292                             | 510                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 2632                             | 630                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 1789                             | 480                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 841                              | 270                                                      |                                                                                                                                                                                           |
| Douro              | Saucelle e rio Águeda | 2015/16         | 1.º T      | 1199                             | 580                                                      | 15<br>Os caudais integrais mínimos semanais registados foram sempre superiores aos mínimos a cumprir exceto durante 1 semana no ano hidrológico 2016/2017, eu estava em regime de exceção |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 3888                             | 720                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 5401                             | 520                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 1274                             | 300                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2016/17         | 1.º T      | 1558                             | 580                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1611                             | 720                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 884                              | 520                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 4.º T      | 362                              | 300                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       | 2017/18         | 1.º T      | 456                              | 580                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 2.º T      | 1704                             | 720                                                      |                                                                                                                                                                                           |
|                    |                       |                 | 3.º T      | 2651                             | 520                                                      |                                                                                                                                                                                           |

| Bacia hidrográfica | Estações | Ano Hidrológico | Trimestres | Volume afluente trimestral (hm <sup>3</sup> ) | Volume mínimo trimestral estabelecido na Convenção (hm <sup>3</sup> ) | Volume afluente mínimo semanal estabelecido na Convenção (hm <sup>3</sup> )                           |
|--------------------|----------|-----------------|------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |          | 2018/19         | 4.ºT       | 1477                                          | 300                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 1.º T      | 1066                                          | 580                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 2.ºT       | 1381                                          | 720                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 3.ºT       | 609                                           | 520                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 4.ºT       | 783                                           | 300                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          | 2019/20         | 1.º T      | 2147                                          | 580                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 2.ºT       | 2411                                          | 720                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 3.ºT       | 1633                                          | 520                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 4.ºT       | 1059                                          | 300                                                                   |                                                                                                       |
| <b>Douro</b>       | Crestuma | 2015/16         | 1.º T      | 2.450                                         | 770                                                                   | 20<br>Os caudais integrais mínimos semanais registados foram sempre superiores aos mínimos a cumprir. |
|                    |          |                 | 2.ºT       | 10588                                         | 950                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 3.ºT       | 9470                                          | 690                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 4.ºT       | 1813                                          | 400                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          | 2016/17         | 1.º T      | 2220                                          | 770                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 2.ºT       | 3704                                          | 950                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 3.ºT       | 1539                                          | 690                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 4.ºT       | 607                                           | 400                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          | 2017/18         | 1.º T      | 1010                                          | 770                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 2.ºT       | 5485                                          | 950                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 3.ºT       | 5286                                          | 690                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 4.ºT       | 2028                                          | 400                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          | 2018/19         | 1.º T      | 2451                                          | 770                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 2.ºT       | 2950                                          | 950                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 3.ºT       | 1740                                          | 690                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 4.ºT       | 1182                                          | 400                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          | 2019/20         | 1.º T      | 6354                                          | 770                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 2.ºT       | 5569                                          | 950                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 3.ºT       | 3434                                          | 690                                                                   |                                                                                                       |
|                    |          |                 | 4.ºT       | 1269                                          | 400                                                                   |                                                                                                       |

Fonte: Relatórios Hidrometeorológicos do Regime de Caudais - Ano Hidrológico 2015/16; 2016/17; 2017/18; 2018/19 e 2019/20 – CADC.

No ano hidrológico 2016/2017 e nas secções de controlo de Castro, de Miranda e Bemposta, na bacia do Douro, não foi atingido o caudal integral anual estabelecido, em caso de não exceção – 3.500 hm<sup>3</sup>. Esta situação decorreu da reduzida precipitação no ano hidrológico de 2016-17, que implicou que a região do Douro internacional se encontrasse em seca extrema e severa. Esta condição originou a redução significativa das disponibilidades hídricas, na bacia do Douro, nos aproveitamentos a montante de Castro. A precipitação de referência acumulada registada para a secção de Castro, no final do ano hidrológico 2016/2017, foi de 346,8 mm, 68 % da média histórica de comparação referente ao período 1945/46-2011/12. Para este ano hidrológico verificou-se regime de exceção no 1.º e 3.º trimestre, mas os volumes previstos em caso de não exceção foram cumpridos.

No ano hidrológico 2017/2018 foram registadas condições de exceção no primeiro e segundo trimestre, mas os volumes previstos em caso de não exceção foram cumpridos.

No ano hidrológico 2018/2019 foram registadas condições de exceção no segundo e terceiro trimestre, mas os volumes previstos em caso de não exceção foram cumpridos.

## 1.4. 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, consequentemente, 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, consequentemente, por região hidrográfica, atendendo aos diferentes meios hidrogeológicos, Quadro 1.18.

**Quadro 1.18 – 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.

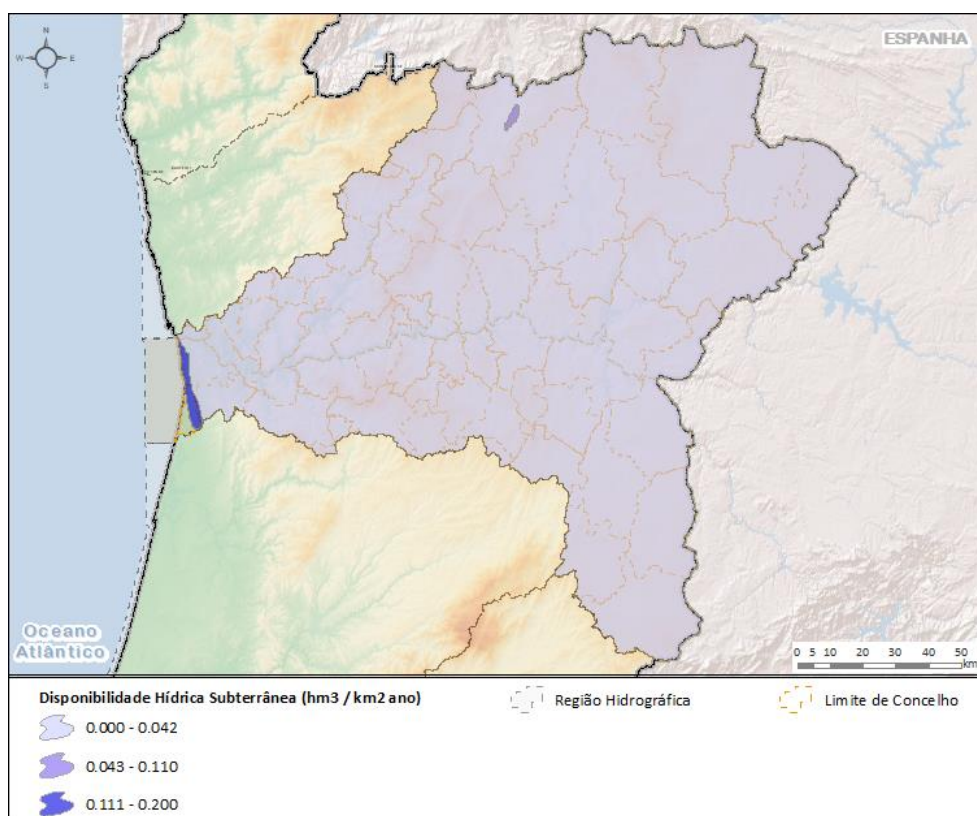
Atribuiu-se o grau de variabilidade médio às massas de água associadas a sistema aquíferos, essencialmente, cársicos, fissurados ou mistos. Estas massas de água correspondem a formações hidrogeológicas mais ou menos contínuas, de importância regional, embora, a sua natureza geológica possa levar a importantes 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 1.19 e na Figura 1.16.

**Quadro 1.19 – 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 |
| 796,25                                                           | 0,04                                                                                                 | 0,11                                                                                          | 0,00                        | 794,59                     |



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

Nas massas de água subterrânea da RH a disponibilidade de água está, na totalidade, associada a meios hidrogeológicos com grau de variabilidade alto.

O Quadro 1.20 apresenta a disponibilidade hídrica subterrânea, por massa de água, nesta RH.

**Quadro 1.20 – 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 |
|---------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| PT03A1        | Veiga de Chaves                                 | 1,66                                                             | 0,11                                                                                           | Baixa                   |
| PT03A0X1      | Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Douro  | 781,92                                                           | 0,04                                                                                           | Alta                    |
| PT03O01       | Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Douro | 12,67                                                            | 0,18                                                                                           | Alta                    |

Da análise do quadro, observa-se que duas massas de água subterrânea apresentam maior disponibilidade hídrica subterrânea por unidade de área.

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:

$$\text{Disponibilidades hídricas renováveis} = \text{Precipitação} - \text{Evapotranspiração} + \text{Afluências externas} - \text{Necessidades hídricas} + \text{Retornos}$$

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

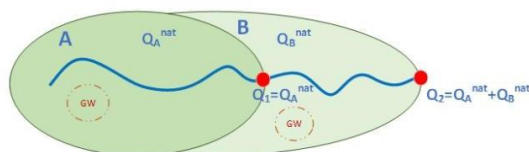
**Quadro 2.1 – Categorias do índice WEI+**

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

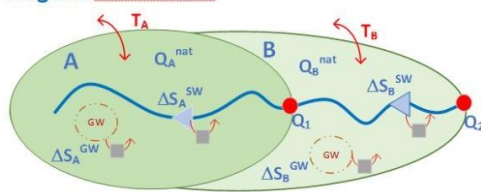
A Figura 2.1 mostra as duas metodologias de cálculo do índice de escassez WEI+. Optou-se por calcular o índice a partir dos resultados do modelo Mike Hydro Basin, para permitir o seu cálculo para qualquer ponto da rede de simulação. Para tal, foi necessário dar especial atenção à integração no modelo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

## Cálculo do WEI+

### Regime natural



### Regime modificado



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

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

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

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

### Duas formas de calcular RWR:

$$\text{RWR}_B = Q_1 + Q_B^{\text{nat}} + T_B - \Delta S_B - \text{Ev}_B$$

$$\text{RWR}_B = Q_2 + (\text{Abst-Ret})_B$$

**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 |
| Águeda       | 1%       | 0,4% | 1%  | 0,1% | 0,1% | 1%  | 0,3% | 1%  | 1%  | 1%  | 2%  | 2%  | 1%    |

| Sub-bacia/RH                      | WEI+ (%)   |            |            |           |           |            |            |            |            |            |            |            |            |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                   | out        | nov        | dez        | jan       | fev       | mar        | abr        | mai        | jun        | jul        | ago        | set        | Anual      |
| Côa                               | 70%        | 43%        | 30%        | 22%       | 24%       | 25%        | 32%        | 60%        | 76%        | 87%        | 95%        | 89%        | 54%        |
| Douro                             | 46%        | 23%        | 13%        | 8%        | 10%       | 12%        | 13%        | 25%        | 40%        | 64%        | 78%        | 64%        | 33%        |
| Maçãs                             | 31%        | 20%        | 16%        | 13%       | 7%        | 9%         | 6%         | 9%         | 13%        | 19%        | 26%        | 26%        | 16%        |
| Paiva                             | 61%        | 34%        | 20%        | 17%       | 16%       | 23%        | 21%        | 37%        | 61%        | 82%        | 97%        | 92%        | 47%        |
| Rabaçal                           | 30%        | 11%        | 13%        | 6%        | 3%        | 4%         | 6%         | 14%        | 22%        | 33%        | 43%        | 40%        | 19%        |
| Sabor                             | 73%        | 22%        | 21%        | 26%       | 16%       | 15%        | 19%        | 65%        | 26%        | 51%        | 88%        | 57%        | 40%        |
| Tâmega                            | 70%        | 28%        | 14%        | 10%       | 9%        | 16%        | 20%        | 39%        | 60%        | 87%        | 96%        | 93%        | 45%        |
| Tua                               | 22%        | 6%         | 11%        | 8%        | 3%        | 2%         | 3%         | 7%         | 12%        | 21%        | 28%        | 31%        | 13%        |
| Tuela                             | 41%        | 18%        | 14%        | 10%       | 9%        | 9%         | 11%        | 21%        | 34%        | 50%        | 62%        | 57%        | 28%        |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 66%        | 37%        | 23%        | 14%       | 10%       | 13%        | 11%        | 21%        | 33%        | 47%        | 66%        | 75%        | 35%        |
| <b>RH</b>                         | <b>50%</b> | <b>21%</b> | <b>11%</b> | <b>6%</b> | <b>9%</b> | <b>11%</b> | <b>14%</b> | <b>31%</b> | <b>47%</b> | <b>72%</b> | <b>85%</b> | <b>72%</b> | <b>36%</b> |

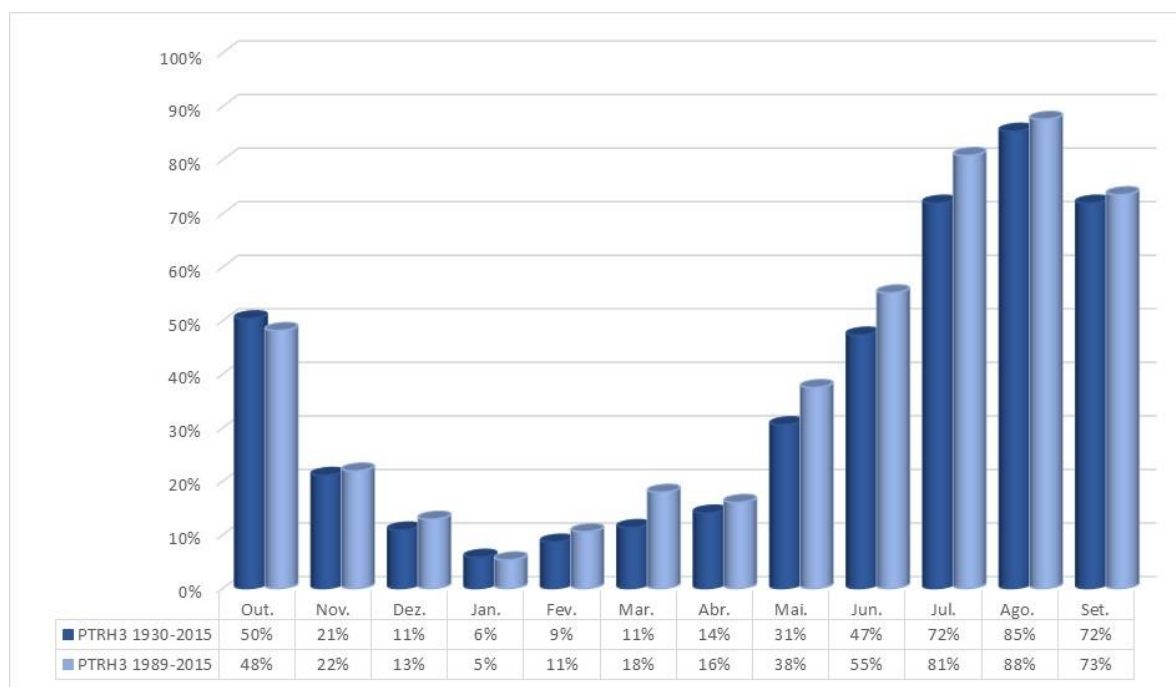
**Quadro 2.3 – Valores do WEI+ mensal e anual, por sub-bacia (período 1989-2015)**

| Sub-bacia/RH                      | WEI+ (%)   |            |            |           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                   | out        | nov        | dez        | jan       | fev        | mar        | abr        | mai        | jun        | jul        | ago        | set        | Anual      |
| Águeda                            | 1%         | 0,3%       | 0,1%       | 0,1%      | 0,2%       | 4%         | 0,4%       | 1%         | 1%         | 2%         | 3%         | 2%         | 1%         |
| Côa                               | 63%        | 43%        | 25%        | 24%       | 29%        | 40%        | 46%        | 68%        | 85%        | 93%        | 96%        | 93%        | 59%        |
| Douro                             | 44%        | 24%        | 15%        | 10%       | 12%        | 16%        | 15%        | 32%        | 47%        | 73%        | 82%        | 66%        | 36%        |
| Maçãs                             | 28%        | 15%        | 7%         | 13%       | 10%        | 17%        | 7%         | 11%        | 17%        | 25%        | 33%        | 33%        | 18%        |
| Paiva                             | 48%        | 32%        | 22%        | 18%       | 25%        | 38%        | 25%        | 46%        | 73%        | 90%        | 100%       | 91%        | 51%        |
| Rabaçal                           | 19%        | 9%         | 5%         | 2%        | 3%         | 6%         | 8%         | 16%        | 25%        | 37%        | 48%        | 47%        | 19%        |
| Sabor                             | 74%        | 17%        | 13%        | 16%       | 10%        | 19%        | 20%        | 70%        | 28%        | 58%        | 90%        | 48%        | 39%        |
| Tâmega                            | 66%        | 26%        | 18%        | 10%       | 14%        | 29%        | 30%        | 45%        | 71%        | 97%        | 100%       | 91%        | 50%        |
| Tua                               | 13%        | 2%         | 4%         | 1%        | 1%         | 4%         | 4%         | 8%         | 15%        | 25%        | 32%        | 37%        | 12%        |
| Tuela                             | 24%        | 12%        | 4%         | 6%        | 7%         | 13%        | 13%        | 22%        | 38%        | 54%        | 66%        | 59%        | 27%        |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 52%        | 28%        | 18%        | 13%       | 18%        | 26%        | 14%        | 27%        | 41%        | 56%        | 74%        | 79%        | 37%        |
| <b>RH</b>                         | <b>48%</b> | <b>22%</b> | <b>13%</b> | <b>5%</b> | <b>11%</b> | <b>18%</b> | <b>16%</b> | <b>38%</b> | <b>55%</b> | <b>81%</b> | <b>88%</b> | <b>73%</b> | <b>39%</b> |

Nesta RH foi obtido um índice WEI+ de 36% para o período 1930-2015 e de 39% para o período 1989-2015, verificando-se que esta RH 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 Côa apresenta escassez severa nos dois períodos sendo que a sub-bacia do Paiva apresenta apenas no período 1989-2015.

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, à exceção do mês de outubro e de janeiro, 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.



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+, apresentado 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 |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Águeda                            | 1,0                           |
| Côa                               | 1,4                           |
| Douro                             | 1,3                           |
| Maçãs                             | 1,1                           |
| Paiva                             | 1,4                           |
| Rabaçal                           | 1,1                           |
| Sabor                             | 1,3                           |
| Tâmega                            | 1,4                           |
| Tua                               | 1,1                           |
| Tuela                             | 1,2                           |
| Costeiras entre o Douro e o Vouga | 1,3                           |

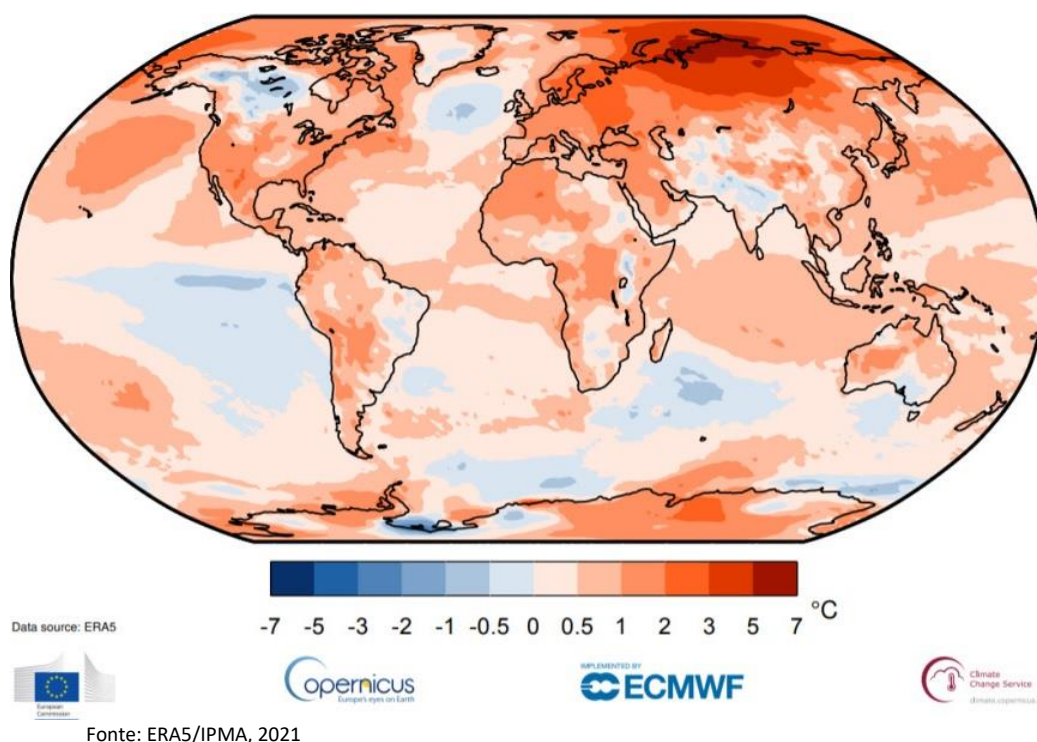
### 3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

### 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.

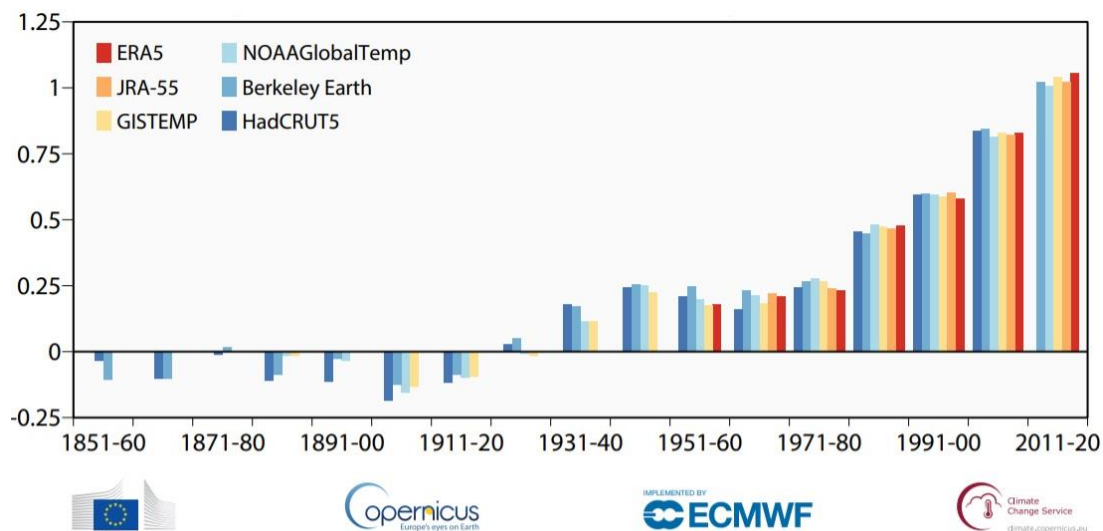
Na Europa, verificou-se uma anomalia de +1,6 °C em relação à normal 1981-2010 e de +0,4 °C em relação a 2019. A década de 2011-2020 foi a mais quente desde que há registos, com os seis anos mais quentes a ocorrerem todos desde 2015: 2020, 2016, 2019, 2015, 2017, 2018 (IPMA, 2021).

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**

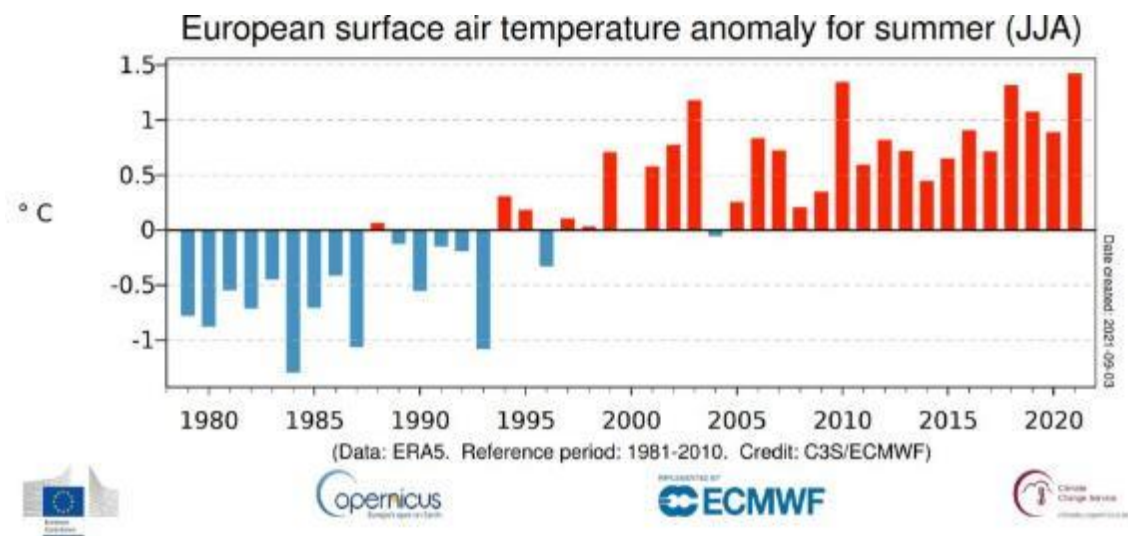
A Figura 3.2 apresenta as anomalias da temperatura média global por décadas desde a era pré-industrial, considerando diferentes conjuntos de dados.



Fonte: IPMA, 2021

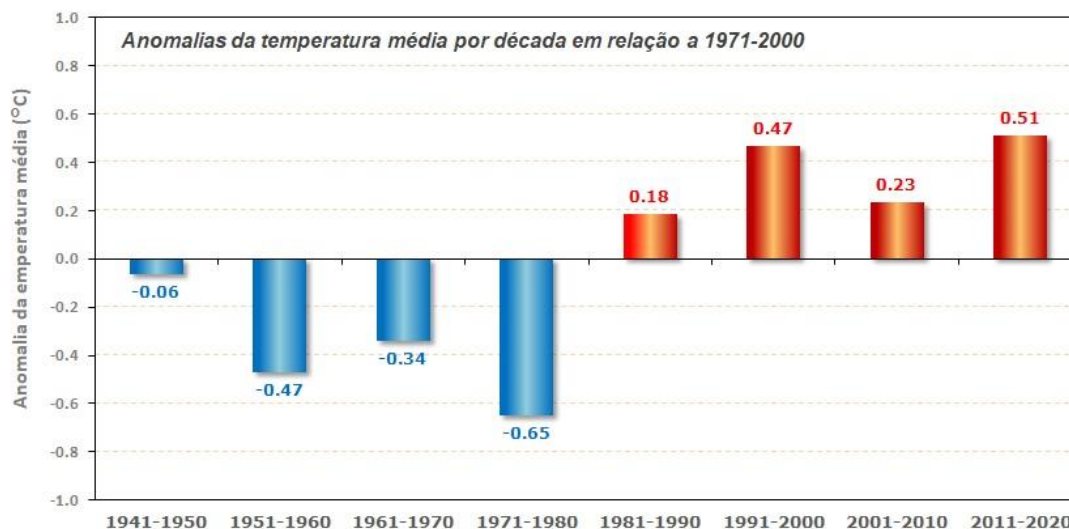
**Figura 3.2 – Anomalias da temperatura média global por décadas desde a era pré-industrial, considerando diferentes conjuntos de dados**

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**

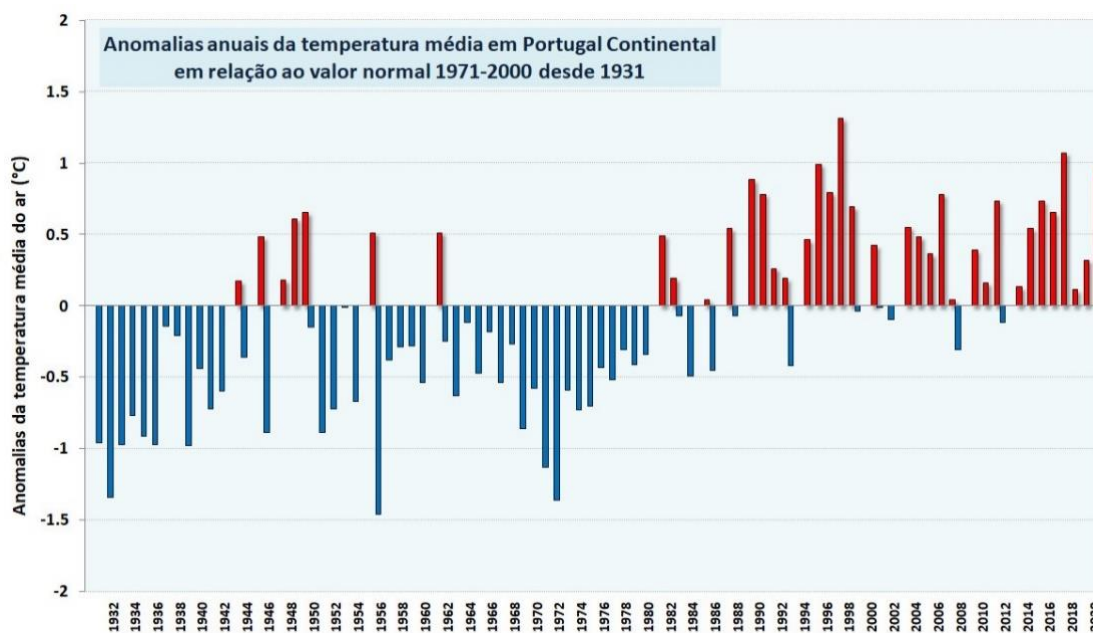
Em Portugal continental, a década de 2011-2020 foi a mais quente desde o ano de 1931, ultrapassando o anterior valor mais elevado que se verificou na década de 1991-2000. Na Figura 3.4 são apresentadas as anomalias da temperatura média do ar por décadas, em relação ao valor normal 1971-2000.



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.

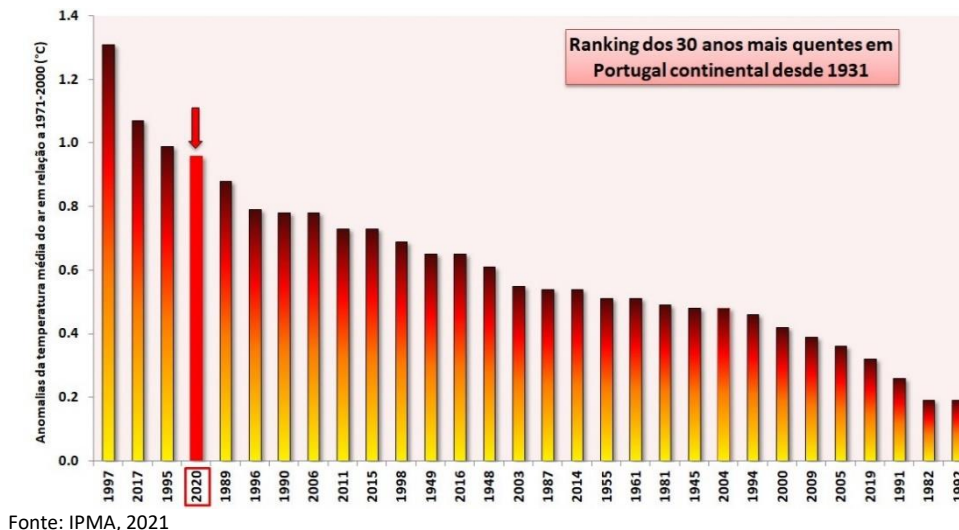


Fonte: IPMA, 2021

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

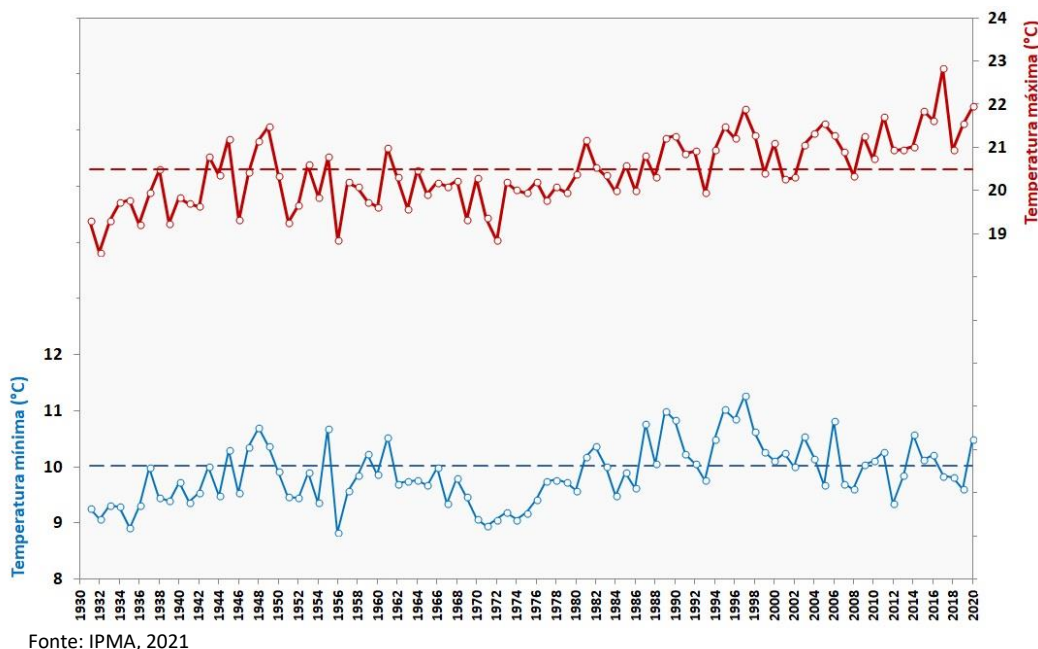
Os 30 anos mais quentes registados em Portugal continental no período compreendido entre 1931 e 2020 são apresentados na Figura 3.6. Observa-se que destes 30 anos, 21 ocorreram depois de 1990 e 13 desde 2000. O ano mais quente foi o de 1997, seguido pelo ano de 2017.

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).

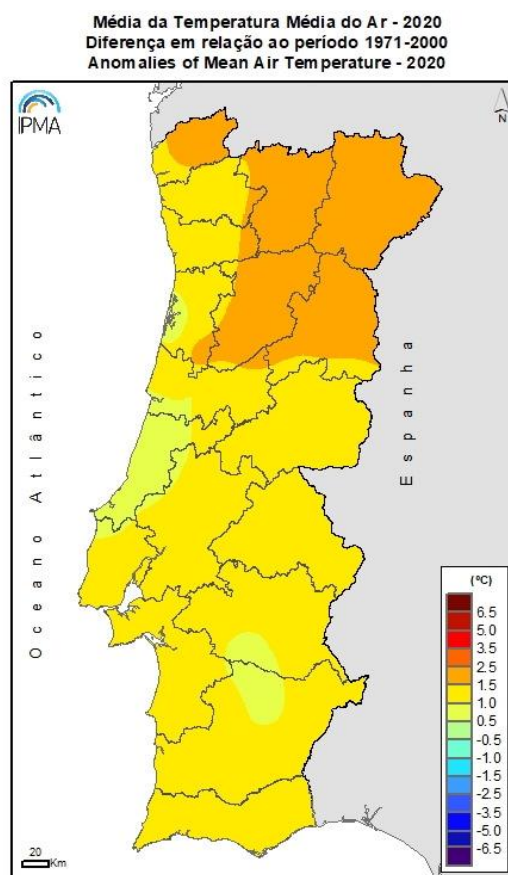
O Quadro 3.1 mostra os 10 anos com os maiores valores da temperatura máxima desde 1931 e respetiva anomalia. Note-se que dos 10 anos com os maiores valores da temperatura máxima, sete ocorreram já no decorrer do século XXI.

**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.

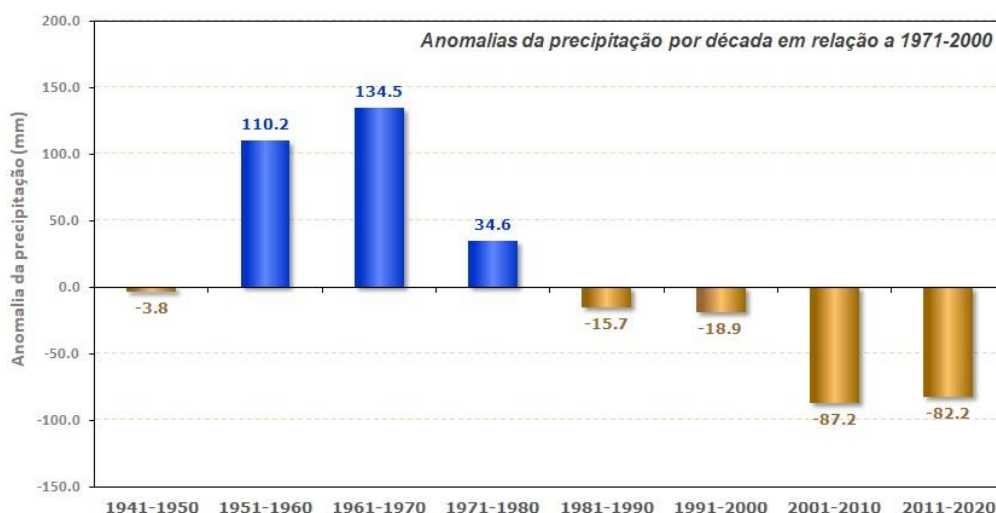


Fonte: IPMA, 2021

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

## 3.2. Precipitação

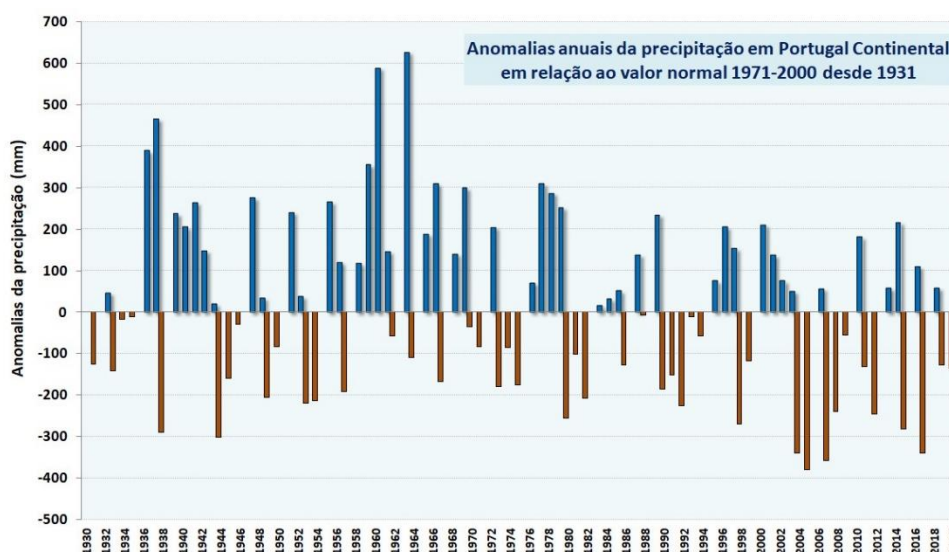
Relativamente à precipitação, as anomalias por décadas, em relação ao valor normal 1971-2000, em Portugal continental, são as apresentadas na Figura 3.9. A década 2011-2020 foi a segunda mais seca desde 1931, com uma diferença de apenas 5 mm em relação à década mais seca, que foi a de 2001-2010.



Fonte: IPMA, 2021

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

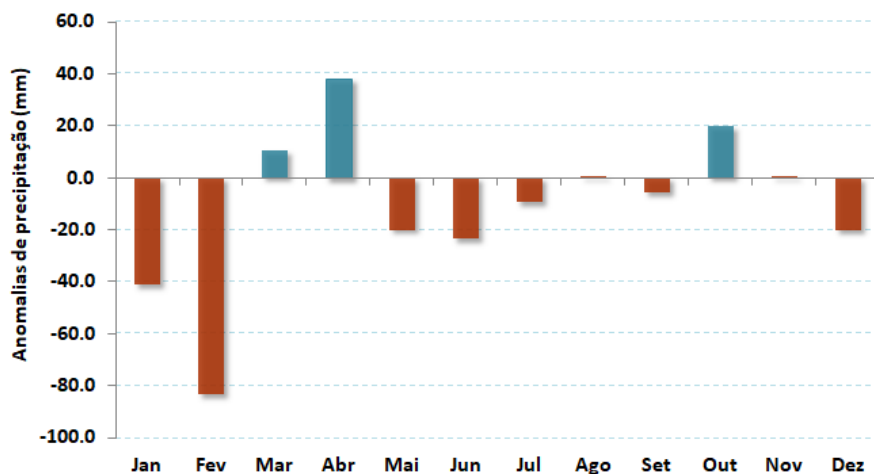
No ano de 2020 o valor médio de precipitação total anual, 746,8 mm, corresponde a cerca de 85% do valor normal. Valores de precipitação inferiores aos registados em 2020 ocorreram em cerca de 30% dos anos desde 1931. Na Figura 3.10 apresentam-se as anomalias anuais da precipitação em Portugal continental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

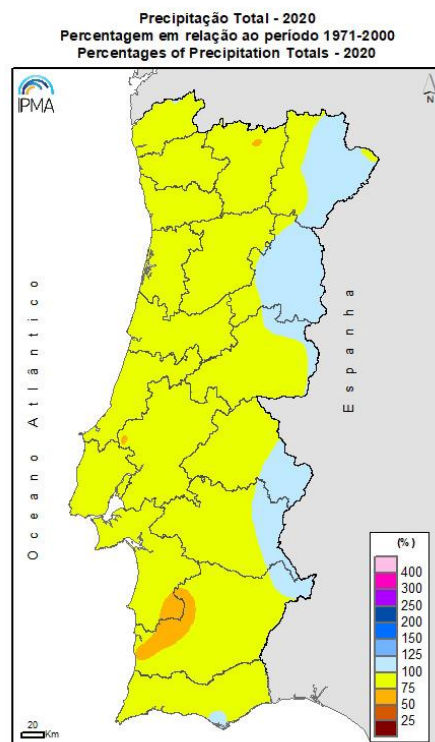
Ao longo de 2020 (Figura 3.11), apenas os meses de abril, maio e outubro registaram valores de precipitação superiores ao normal. Destacam-se as anomalias negativas dos meses de janeiro e fevereiro que contribuíram para o inverno de 2019/2020 ter sido mais seco que o normal.



Fonte: IPMA, 2021

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

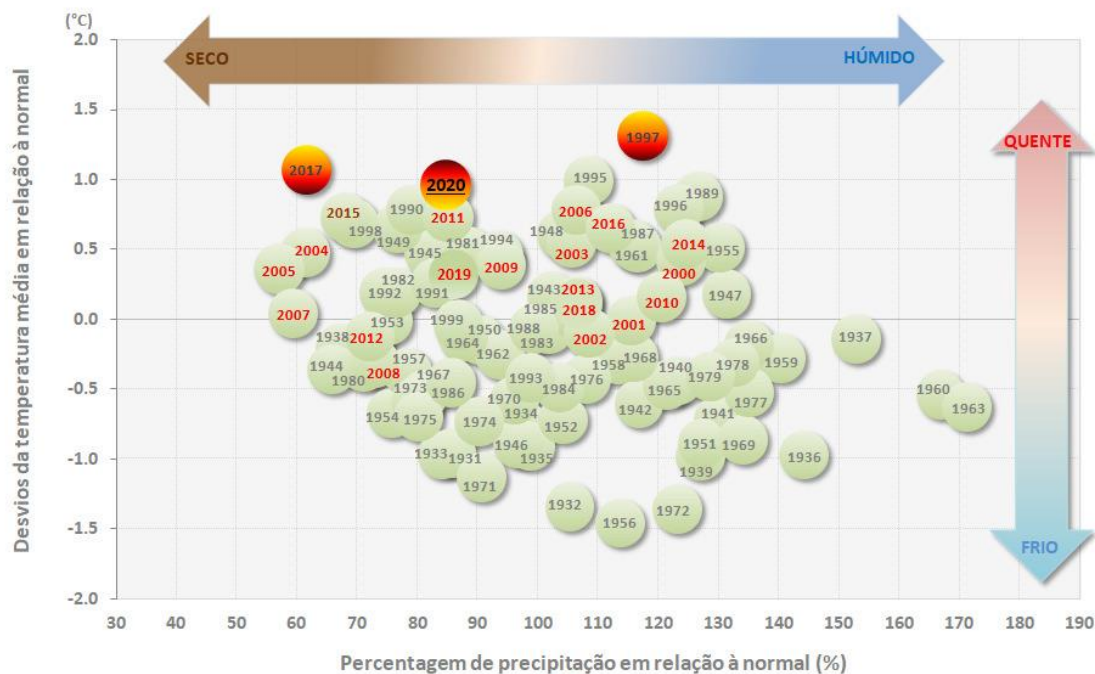
Em relação à distribuição espacial (Figura 3.12), os valores foram inferiores ao normal em quase todo o território, exceto nalgumas regiões do interior do território.



Fonte: IPMA, 2021

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

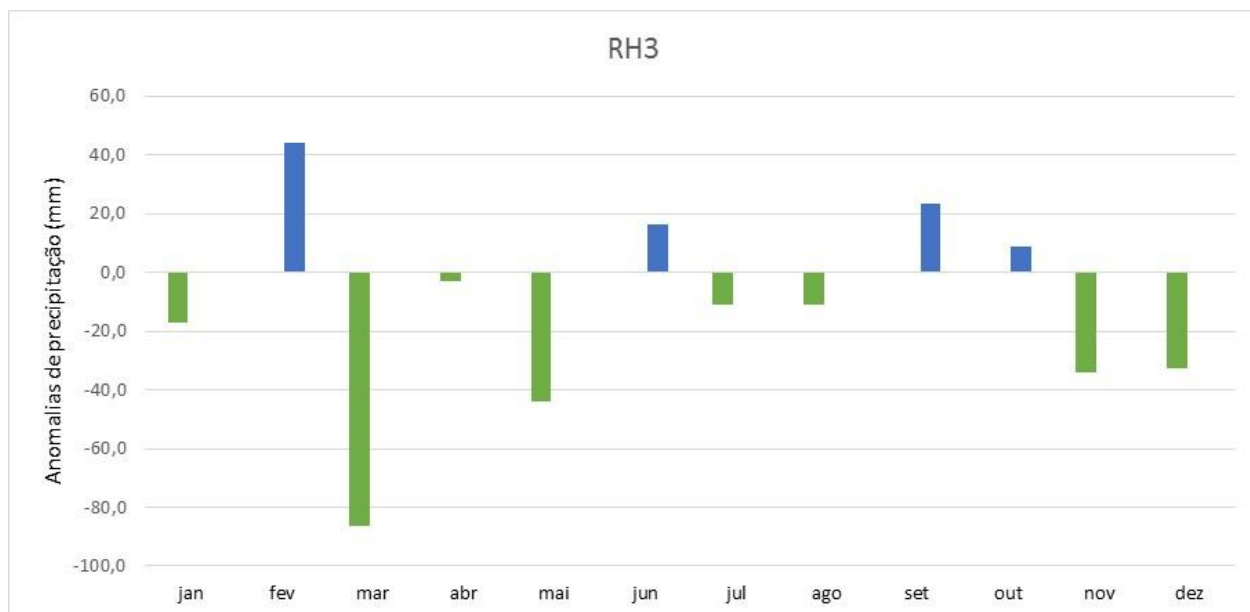
O ano de 2020, em Portugal Continental, classificou-se como muito quente e seco (Figura 3.13).



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.

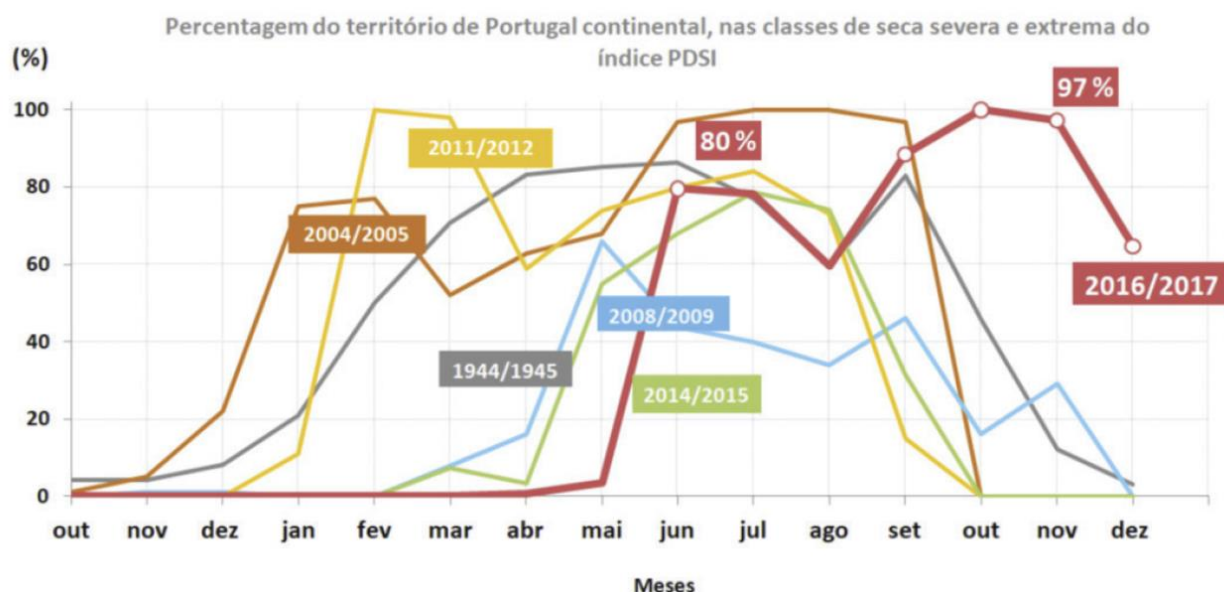
Nos capítulos seguintes faz-se uma breve caracterização dos principais riscos que podem afetar os recursos hídricos na RH.

## 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, consequentemente, 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 nº 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.

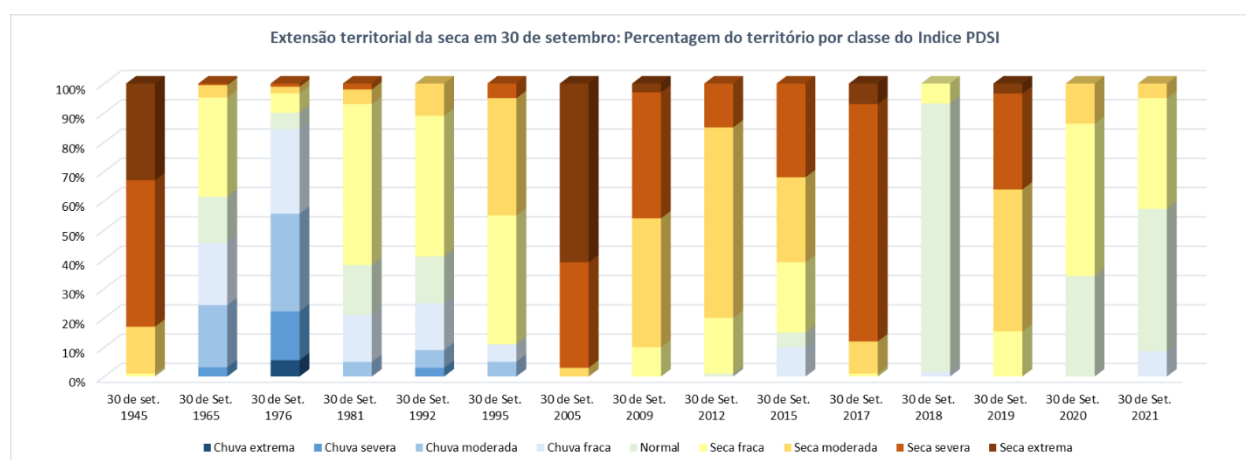
**Quadro 4.2 – Escala de valores associado índice Drought State Index for Reservoirs (DSIR)**

| 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.

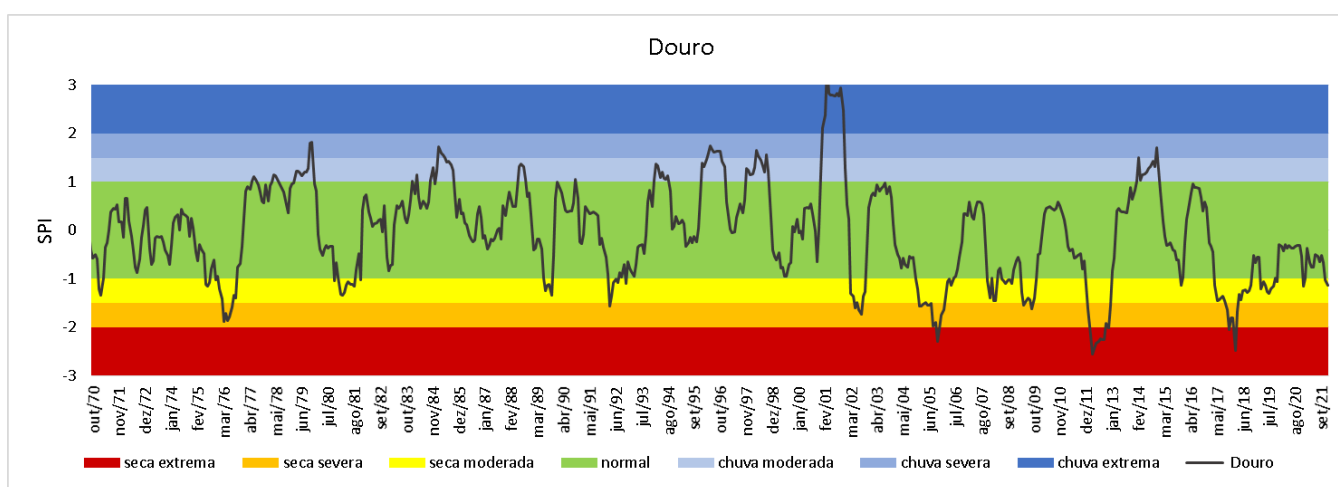


**Figura 4.2 – Principais secas em Portugal Continental e sua extensão territorial, anos secos no período de 2011 a 2021 (Adaptado do Boletim de Seca de setembro de 2017 do IPMA)**

A análise do índice SPI-12 para o histórico da série de precipitações observadas na RH3 permite verificar uma diminuição na frequência, nos últimos 20 anos, de anos húmidos ou muito húmidos e uma maior ocorrência de períodos que atingem níveis de seca. Nesta RH destacam-se pela sua severidade as secas de 2004/05, 2011/12 e 2016/17 (Figura 4.3).

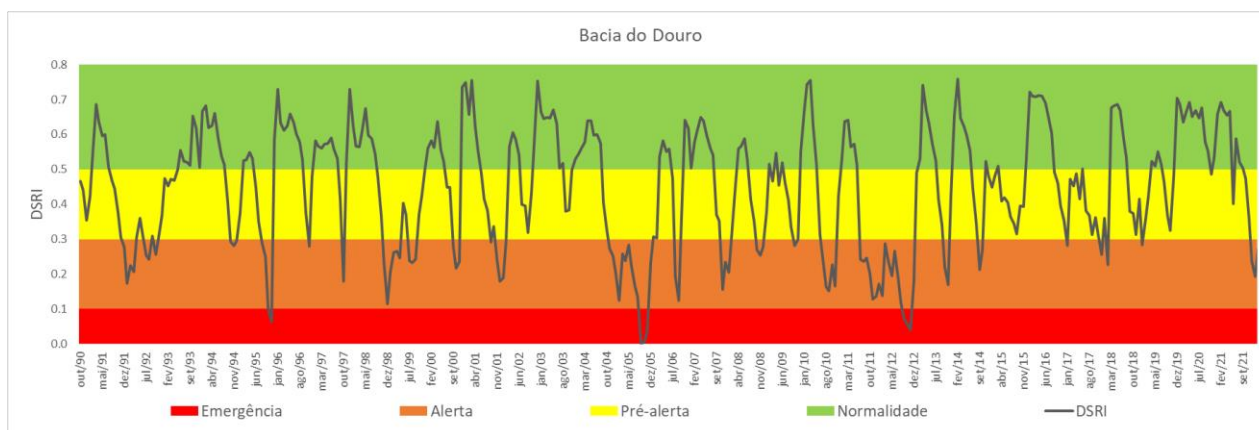
Os resultados obtidos evidenciam algumas tendências que aqui se destacam:

- Após 2001 e aumento de anos hidrológicos consecutivos com precipitação muito abaixo da média;
- Após 2000/01 é possível observar a ocorrência de três anos hidrológicos classificados com seca extrema e que a frequência de anos hidrológicos abaixo da média aumentou relativamente ao período entre 1959/60 e 1999/2000;
- No ano hidrológico 2020/2021 a precipitação ocorrida permitiu sair do estado de seca moderada para normal.



**Figura 4.3 – Índice SPI-12 para a Região Hidrográfica do Douro**

Relativamente ao impacto da seca meteorológica nas reservas hídricas superficiais, pela análise da série de valores do índice DSIR na bacia hidrográfica do Douro (Figura 4.4), verifica-se que as secas meteorológicas de 2004/05 e de 2011/12 tiveram maior impacto nas reservas hídricas nesta bacia, a seca meteorológica de 2016/17 teve menor impacto nos recursos hídricos disponíveis na RH.



**Figura 4.4 – Aplicação do índice Drought State Index for Reservoirs na Bacia Hidrográfica do Douro**

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 / hidráulico na barragem de Pretarouca (Douro);
- 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, consequentemente permitir reduzir as consequências 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 consequências 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 (PGR), 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 PGR, 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 4.5).

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

| Data evento | Municípios afetados      | Origem da cheia                               | Causa                                                                                                                       | Serviços afetados                       |
|-------------|--------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 09/09/2011  | Freixo de Espada à Cinta | Pluvial                                       | Forte precipitação, Deficiente drenagem                                                                                     | Outros serviços públicos, Redes viárias |
| 08/11/2012  | Chaves                   | Fluvial                                       | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           |                                         |
| 14/12/2012  | Amarante                 | Fluvial                                       | Subida do rio                                                                                                               | Redes viárias, Comércio e serviços      |
| 19/12/2012  | Mirandela                | Fluvial                                       | Forte precipitação                                                                                                          | Outros serviços públicos, Redes viárias |
| 04/01/2013  | Felgueiras               | Fluvial e Pluvial                             | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           | Redes viárias                           |
| 18/01/2013  | Amarante                 | Fluvial                                       | Subida do rio                                                                                                               | Redes viárias, Comércio e Serviços      |
| 26/02/2013  | Chaves                   | Fluvial                                       | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           | Outros serviços públicos, Redes viárias |
| 29/03/2013  | Penafiel                 | Fluvial                                       | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           | Redes viárias                           |
| 29/03/2013  | Amarante                 | Fluvial                                       | Subida do rio                                                                                                               | Redes viárias, Comércio e Serviços      |
| 30/03/2013  | Vila Nova de Gaia        | Fluvial e Pluvial                             | Forte precipitação, Deficiente drenagem, Descargas de barragens nacionais, Descargas de barragens de Espanha, Subida do rio | Outros serviços públicos, Redes viárias |
| 24/12/2013  | Amarante                 | Fluvial                                       | Subida do rio                                                                                                               | Redes viárias, Comércio e Serviços      |
| 03/01/2014  | Amarante                 | Fluvial                                       | Subida do rio                                                                                                               | Redes viárias, Comércio e Serviços      |
| 06/01/2014  | Porto                    | Costeira                                      | Tempestade Hércules                                                                                                         | Redes viárias                           |
| 04/02/2014  | Chaves                   | Fluvial                                       | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           | Redes viárias                           |
| 08/02/2014  | Amarante                 | Fluvial                                       | Subida do rio                                                                                                               | Redes viárias, Comércio e Serviços      |
| 21/09/2014  | Felgueiras               | Fluvial e Pluvial                             | Forte precipitação                                                                                                          | Redes viárias                           |
| 21/09/2014  | Felgueiras               | Fluvial e Pluvial e Rutura de Infraestruturas | Forte precipitação, Deficiente drenagem                                                                                     | Redes viárias                           |
| 21/09/2014  | Felgueiras               | Fluvial e Pluvial                             | Forte precipitação, Deficiente drenagem, Subida do rio                                                                      | Redes viárias                           |
| 11/01/2015  | Porto                    | Fluvial                                       | Forte precipitação, Descargas de barragens nacionais, Descargas de barragens de Espanha, Subida do rio                      | Redes viárias                           |
| 10/02/2015  | Lousada                  | Fluvial e Pluvial                             | Forte precipitação                                                                                                          | Redes viárias                           |
| 11/02/2015  | Felgueiras               | Fluvial e Pluvial                             | Forte precipitação e Subida do rio                                                                                          | Redes viárias                           |
| 04/01/2016  | Amarante                 | Fluvial                                       | Subida do rio                                                                                                               | Redes viárias, Comércio e Serviços      |
| 09/01/2016  | Mirandela                | Fluvial                                       | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           | Outros serviços públicos, Redes viárias |
| 10/01/2016  | Penafiel                 | Fluvial                                       | Forte precipitação, Descargas de barragens nacionais, Descargas de barragens de Espanha, Subida do rio                      | Redes viárias                           |
| 10/01/2016  | Penafiel                 | Fluvial                                       | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           | Outros serviços públicos, Redes viárias |
| 10/01/2016  | Moimenta da Beira        | Fluvial                                       | Forte precipitação                                                                                                          | Redes viárias                           |
| 10/01/2016  | Marco de Canaveses       | Fluvial                                       | Forte precipitação, Subida do rio                                                                                           | Outros serviços públicos                |

| Data evento | Municípios afetados | Origem da cheia   | Causa                                                                                                              | Serviços afetados                           |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 10/01/2016  | Chaves              | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Subida do rio                                                                               | Redes viárias,                              |
| 10/01/2016  | Castelo de Paiva    | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Subida do rio                                                                               | Outros serviços públicos                    |
| 10/01/2016  | Amarante            | Fluvial           | Subida do rio                                                                                                      | Redes viárias, Comércio e Serviços          |
| 11/01/2016  | Porto               | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Descargas de barragens<br>nacionais, Descargas de<br>barragens de Espanha,<br>Subida do rio | Outros serviços públicos, Redes<br>viárias  |
| 05/02/2016  | Lousada             | Fluvial e Pluvial | Forte precipitação                                                                                                 | Redes viárias                               |
| 12/02/2016  | Penafiel            | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Subida do rio                                                                               |                                             |
| 12/02/2016  | Penafiel            | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Subida do rio                                                                               | Outros serviços públicos, Redes<br>viárias  |
| 12/02/2016  | Baião               | Fluvial           | Forte precipitação                                                                                                 | Redes viárias                               |
| 12/02/2016  | Amarante            | Fluvial           | Subida do rio                                                                                                      | Redes viárias, Comércio e Serviços          |
| 14/02/2016  | Sernancelhe         | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Subida do rio                                                                               | Redes viárias e Outros serviços<br>públicos |
| 14/02/2016  | Sernancelhe         | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Subida do rio                                                                               | Redes viárias                               |
| 02/02/2017  | Porto               | Costeira          | Tempestade Doris                                                                                                   | Redes viárias                               |
| 04/02/2017  | Amarante            | Fluvial           | Subida do rio                                                                                                      | Redes viárias, Comércio e Serviços.         |
| 07/03/2018  | Chaves              | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Deficiente drenagem,<br>Subida do rio                                                       | Redes viárias                               |
| 10/03/2018  | Amarante            | Fluvial           | Subida do rio                                                                                                      | Redes viárias, Comércio e Serviços.         |
| 15/05/2018  | Peso da Régua       | Fluvial           | Forte precipitação,<br>Descargas de barragens<br>nacionais, Descargas de<br>barragens de Espanha,<br>Subida do rio | Redes viárias                               |



Evento de 06/01/2014 no Porto



Evento de 10/01/2016 em Marco de Canavezes



Evento de 29/03/2013 em Penafiel



Evento de 12/02/2016 em Baião

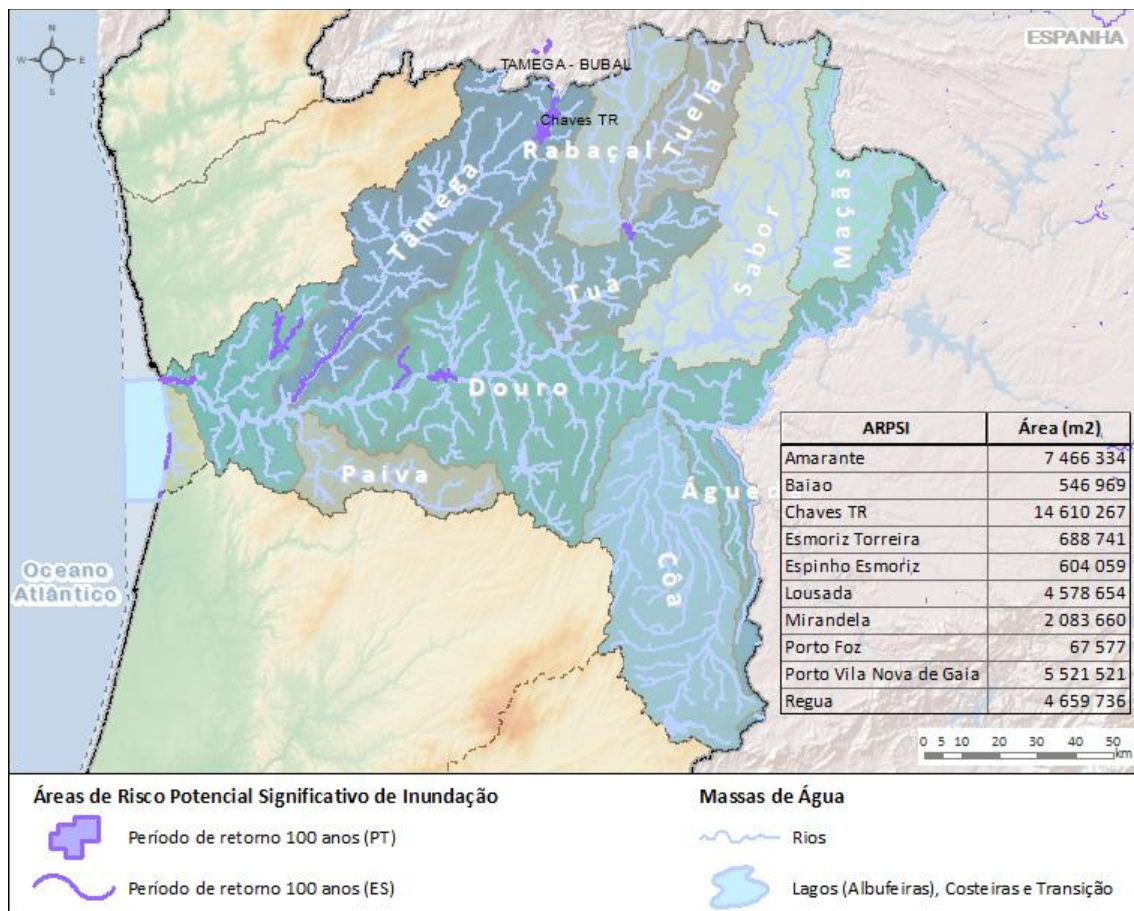
**Figura 4.5 – Eventos de inundação na RH**

No rio Douro a articulação com Espanha é fundamental atendendo que, na parte portuguesa da Bacia, as infraestruturas existentes no troço principal do rio não permitem o controlo de cheias. Na sub-bacia rio Tâmega esta articulação é também relevante na gestão das cheias quer em Chaves, quer em Amarante.

Nesta RH as ARPSI do 1º ciclo mantiveram-se e foram identificadas sete novas ARPSI, decorrentes dos eventos registados no período de 2011 a 2018 (Quadro 4.4 e Figura 4.6).

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

| Designação                | 1.º Ciclo | Transfronteiriça | Origem   |                 |
|---------------------------|-----------|------------------|----------|-----------------|
|                           |           |                  | Costeira | Pluvial/Fluvial |
| Chaves TR - Chaves        | X         | X                |          | X               |
| Mirandela                 |           |                  |          | X               |
| Lousada                   |           |                  |          | X               |
| Amarante                  |           |                  |          | X               |
| Baião                     |           |                  |          | X               |
| Régua                     | X         |                  |          | X               |
| Porto – Foz               |           |                  | X        |                 |
| Porto (Vila Nova de Gaia) | X         |                  |          | X               |
| Espinho-Esmoriz           |           |                  | X        |                 |
| Espinho-Torreira          |           |                  | X        |                 |



**Figura 4.6 – Localização das ARPSI para a RH – 2.º ciclo, incluindo as áreas em Espanha**

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, consequentemente 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 |
| Chaves TR - Chaves        | Pluvial/Fluvial     | 8                              |           |           |          |
| Mirandela                 | Pluvial/Fluvial     | 1                              |           |           |          |
| Lousada                   | Pluvial/Fluvial     | 4                              |           |           |          |
| Amarante                  | Pluvial/Fluvial     | 1                              | 1         |           |          |
| Baião                     | Pluvial/Fluvial     | 1                              | 1         |           |          |
| Régua                     | Pluvial/Fluvial     | 3                              | 1         |           |          |
| Porto – Foz               | Costeira            |                                |           | 1         | 1        |
| Porto (Vila Nova de Gaia) | Pluvial/Fluvial     | 3                              |           | 3         | 1        |
| Espinho-Esmoriz           | Costeira            | 2                              |           |           | 2        |
| Espinho-Torreira          | Costeira            |                                |           |           | 2        |

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 4.7).



**Figura 4.7 – 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.

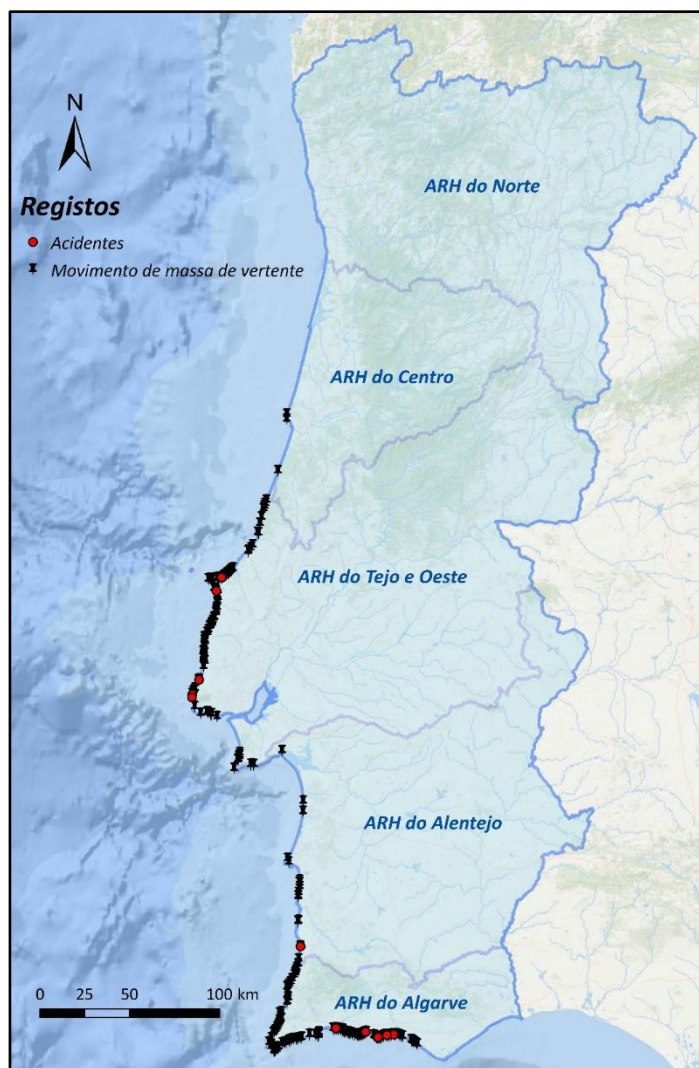
Nos troços costeiros entre a Praia da Barra – Praia de Mira e Costa de Caparica, apesar da tendência erosiva de médio e longo prazo, observa-se uma aparente estabilidade no curto prazo (2018 – 2021), em parte devido aos efeitos positivos das sucessivas alimentações artificiais de praia efetuadas nos 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 4.8).



**Figura 4.8 – Distribuição espacial das ocorrências de movimentos de massa de vertente em arribas 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**

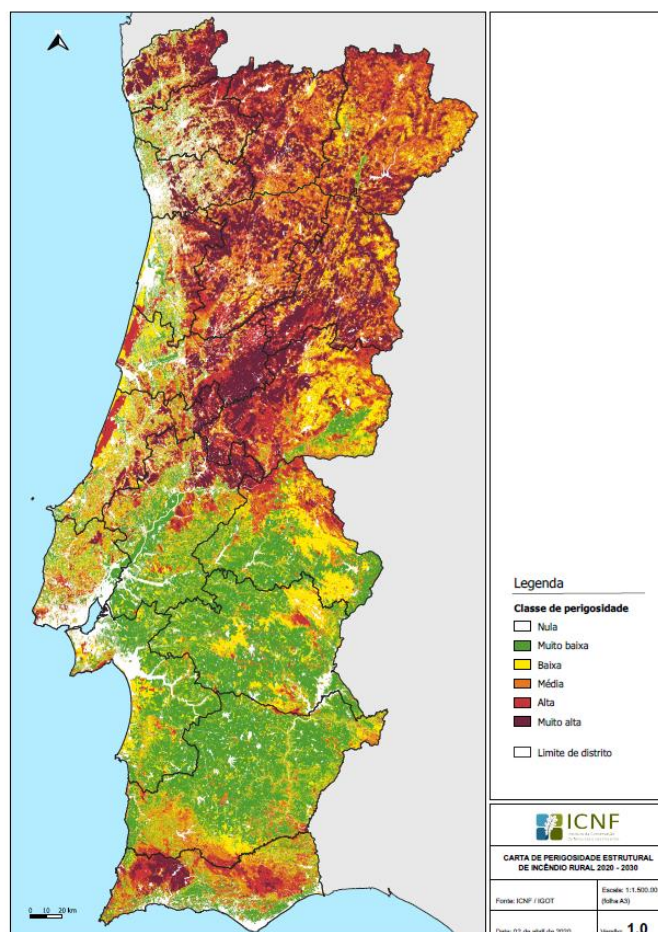
| ARH          | Intervalo de tempo | N.º de Movimentos de Massa |
|--------------|--------------------|----------------------------|
| Centro       | 2009-2021          | 18                         |
| Tejo e Oeste | 2006-2021          | 644                        |
| Alentejo     | 2016-2021          | 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 4.9, 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 4.9 – Carta de perigosidade de incêndio florestal**

Na Figura 4.10 é apresentada a evolução dos incêndios rurais em Portugal continental em termos de número de ocorrências e da correspondente área ardida.

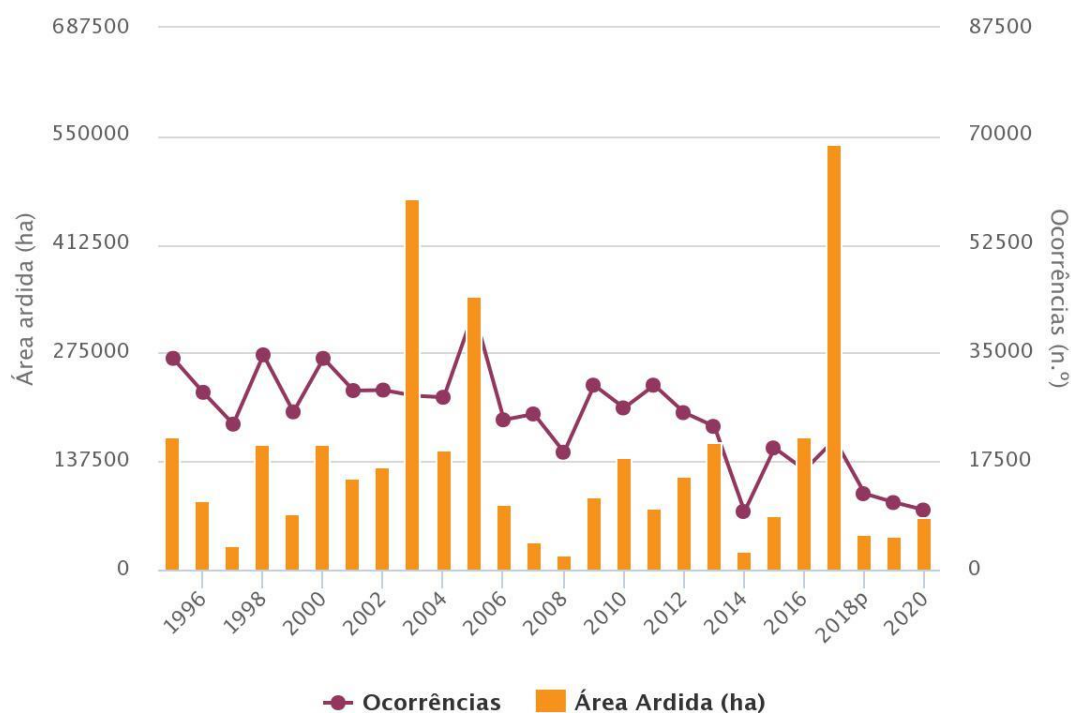


GRÁFICO INTERATIVO

Fonte: ICNF, 2021/REA

**Figura 4.10 – 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 4.11 é apresentada a distribuição da área ardida por tipo de ocupação do solo entre 1995 e 2020.

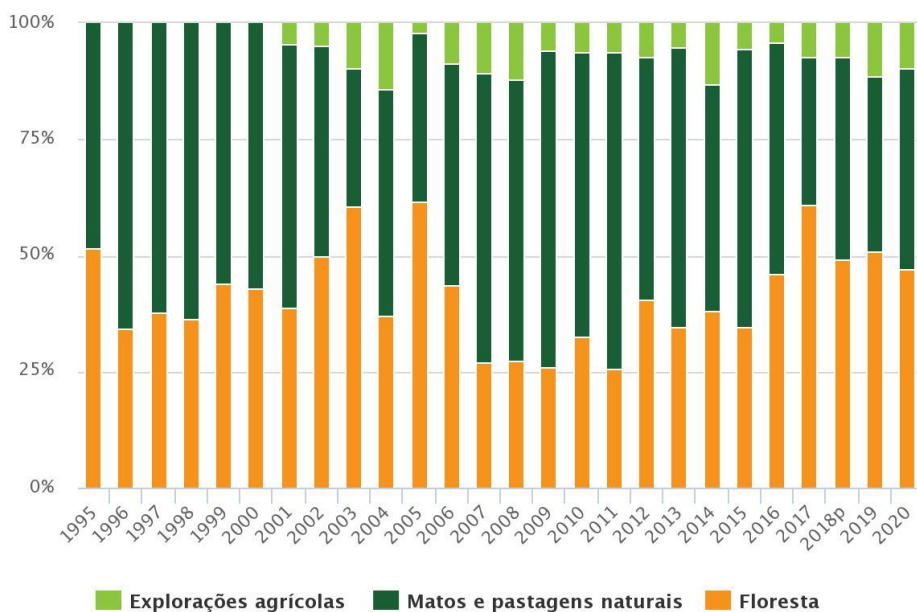


GRÁFICO INTERATIVO

Fonte: ICNF, 2021/REA

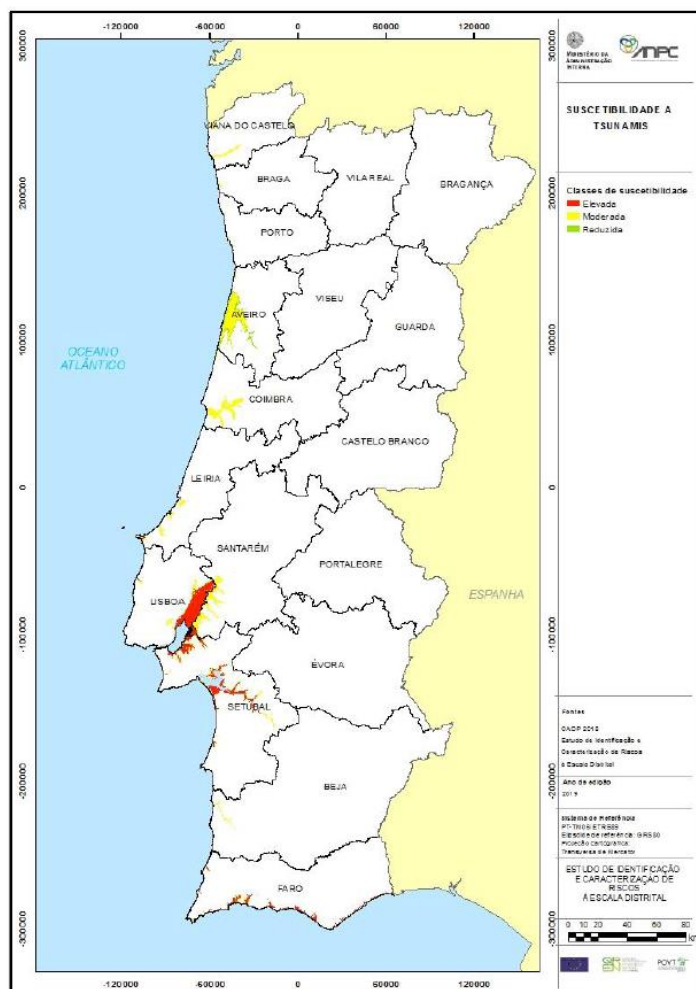
**Figura 4.11 – Incêndios rurais em Portugal Continental: ocupação do solo**

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 4.12.) Estão igualmente classificados como zonas de suscetibilidade elevada as zonas estuarinas e lagunares existentes ao longo da linha de costa. Para a RH3 não foi identificada suscetibilidade à ocorrência deste risco.



**Figura 4.12 – 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 RH3 existem 69 grandes barragens abrangidas pelo RSB sendo 25 da Classe I, 34 são da Classe II, 5 são da Classe III e 5 não estão classificadas. 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<br>(D.L. nº. 21/2018) | Planos de Emergência Aprovados |     |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----|
|                                            |                                     | PEI                            | PEE |
| Alfaiates                                  | II                                  | -                              | -   |
| Alfândega da Fé / Estevainha               | II                                  | -                              | -   |
| Alijó / Vila Chã                           | II                                  | -                              | -   |
| Alto Tâmega (em Construção)                | I                                   | -                              | -   |
| Arcossó                                    | I                                   | -                              | -   |
| Armamar / Lumiares                         | I                                   | X                              | -   |
| Azibo                                      | I                                   | -                              | -   |
| Baixo Sabor / Escalão Jusante (Feiticeiro) | I                                   | X                              | -   |
| Baixo Sabor / Escalão Montante             | I                                   | X                              | -   |
| Bastelos                                   | II                                  | -                              | -   |
| Bemposta                                   | I                                   | X                              | -   |
| Bouçoais-Sonim                             | I                                   | -                              | -   |
| Burga                                      | II                                  | -                              | -   |
| Cachão                                     | -                                   | -                              | -   |
| Camba                                      | II                                  | -                              | -   |
| Carrapatelo                                | I                                   | -                              | -   |
| Carviçais / Vale de Ferreiros              | II                                  | -                              | -   |
| Catapereiro                                | III                                 | -                              | -   |
| Cerejo (Bouça Cova)                        | I                                   | X                              | -   |
| Cimeira / Alvão                            | II                                  | -                              | -   |
| Crestuma-Lever                             | I                                   | -                              | -   |
| Curalha                                    | II                                  | X                              | -   |
| Daivões (em Construção)                    | I                                   | X                              | -   |
| Dama                                       | II                                  | -                              | -   |
| Ferradosa                                  | II                                  | -                              | -   |
| Fonte Longa                                | -                                   | -                              | -   |
| Foz Tua                                    | I                                   | X                              | -   |
| Freigil                                    | II                                  | -                              | -   |
| Gostei                                     | I                                   | X                              | -   |
| Gouvães (em Construção)                    | II                                  | X                              | -   |
| Mairos                                     | II                                  | -                              | -   |
| Miranda do Douro                           | II                                  | X                              | -   |
| Mirandela (Açude - Ponte)                  | -                                   | -                              | -   |
| Nunes                                      | II                                  | -                              | -   |
| Olgas                                      | III                                 | -                              | -   |

| Grandes Barragens      | Classificação<br>(D.L. nº. 21/2018) | Planos de Emergência Aprobados |     |
|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----|
|                        |                                     | PEI                            | PEE |
| Palameiro              | III                                 | -                              | -   |
| Peneireiro             | II                                  | -                              | -   |
| Picote                 | II                                  | X                              | -   |
| Pinhão                 | II                                  | -                              | -   |
| Pocinho                | I                                   | X                              | -   |
| Prada                  | II                                  | -                              | -   |
| Pretarouca             | I                                   | X                              | -   |
| Ranhados               |                                     | -                              | -   |
| Rebordelo              | II                                  | -                              | -   |
| Rego do Milho          | II                                  | -                              | -   |
| Régua                  | I                                   | X                              | -   |
| Ribeiro Grande e Arco  | II                                  |                                | -   |
| Sabugal                | I                                   | -                              | -   |
| Salgueiro              | II                                  | -                              | -   |
| Sambade                | II                                  | -                              | -   |
| Santa Justa            | I                                   | X                              | X   |
| Santa Maria de Aguiar  | II                                  | -                              | -   |
| Senhora de Monforte    | II                                  | -                              | -   |
| Serra Serrada          | II                                  | -                              | -   |
| Sordo                  | I                                   | -                              | -   |
| Teja                   | II                                  | -                              | -   |
| Torga                  | II                                  | -                              | -   |
| Torrão                 | I                                   |                                | -   |
| Vale Covo / Salgueiral | III                                 |                                | -   |
| Vale Madeiro           | II                                  | X                              | -   |
| Valeira                | I                                   | X                              | -   |
| Valtorno               | II                                  | -                              | -   |
| Varosa                 | I                                   | X                              | -   |
| Vascoveiro             | II                                  | -                              | -   |
| Veiguinhas             | I                                   | X                              | -   |
| Vermiosa               | III                                 | -                              | -   |
| Vilar - Tabuaço        | 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 |

| Fonte de poluição                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Risco                                                                                                                                                                                                                                                           | Impactes                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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.<br>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<br>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<br>Escrências de substâncias químicas para as massas de água com problemas de toxicidade                                               |
| Unidades de Gestão de Resíduos e Lixeiros 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Escrências superficiais<br>Infiltração de águas ácidas que resultam da lixiviação das escombreliras, 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<br>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.<br>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<br>Ocorrência de eventos excecionais (por exemplo, inundações ou sismos) | Escrência 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                                                                                                                                                                                | Escrência para as massas de água das substâncias transportadas                                                                                                                                                                             |
| Emissários submarinos                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Mau funcionamento, rotura na proteção ocasionando a descarga de efluentes (urbanos e/ou industriais)<br>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<br>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)<br>Unidades do setor químico                                        | Elevada                         | 4                    |
| Instalações PCIP (REI) pecuárias<br>Unidades de Gestão de Resíduos e lixeiras seladas<br>ETAR urbanas (> 2000 e.p.)      | Moderada                        | 3                    |
| Instalações PCIP (REI) Aviários<br>Instalações portuárias<br>Minas                                                       | Baixa                           | 2                    |
| Postos abastecimento/Estações de serviço<br>Emissários submarinos<br>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).

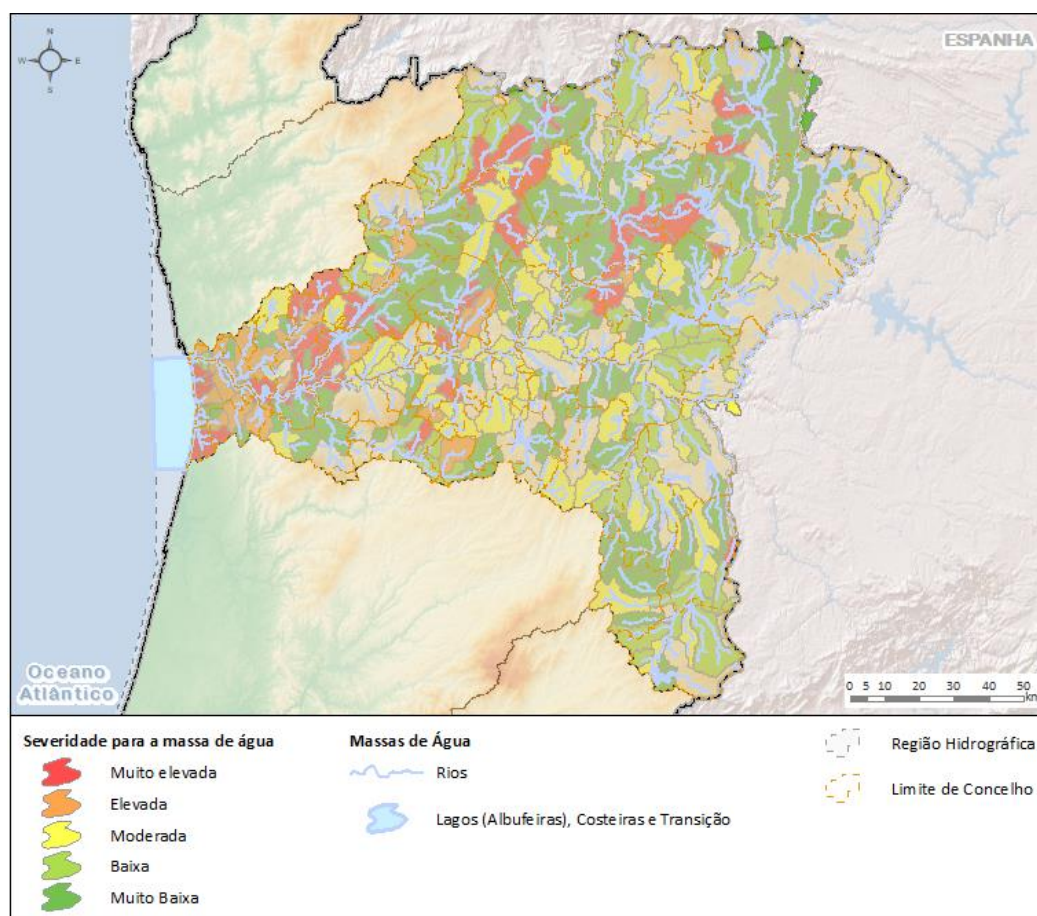
**Quadro 4.10 – Massas de água potencialmente afetadas por eventuais descargas poluentes acidentais**

| Tipo de Instalação/infraestrutura                    | Instalações /infraestruturas (N.º) | Índice de severidade | N.º de massas de água potencialmente afetadas |              |
|------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|--------------|
|                                                      |                                    |                      | Superficiais                                  | Subterrâneas |
| Instalações Seveso                                   | 34                                 | 5                    | 28                                            | -            |
| Instalações PCIP (REI) (exceto pecuárias e aviários) | 49                                 | 4                    | 22                                            | 1            |
| Unidades do setor químico                            | 4                                  | 4                    | 2                                             | 1            |

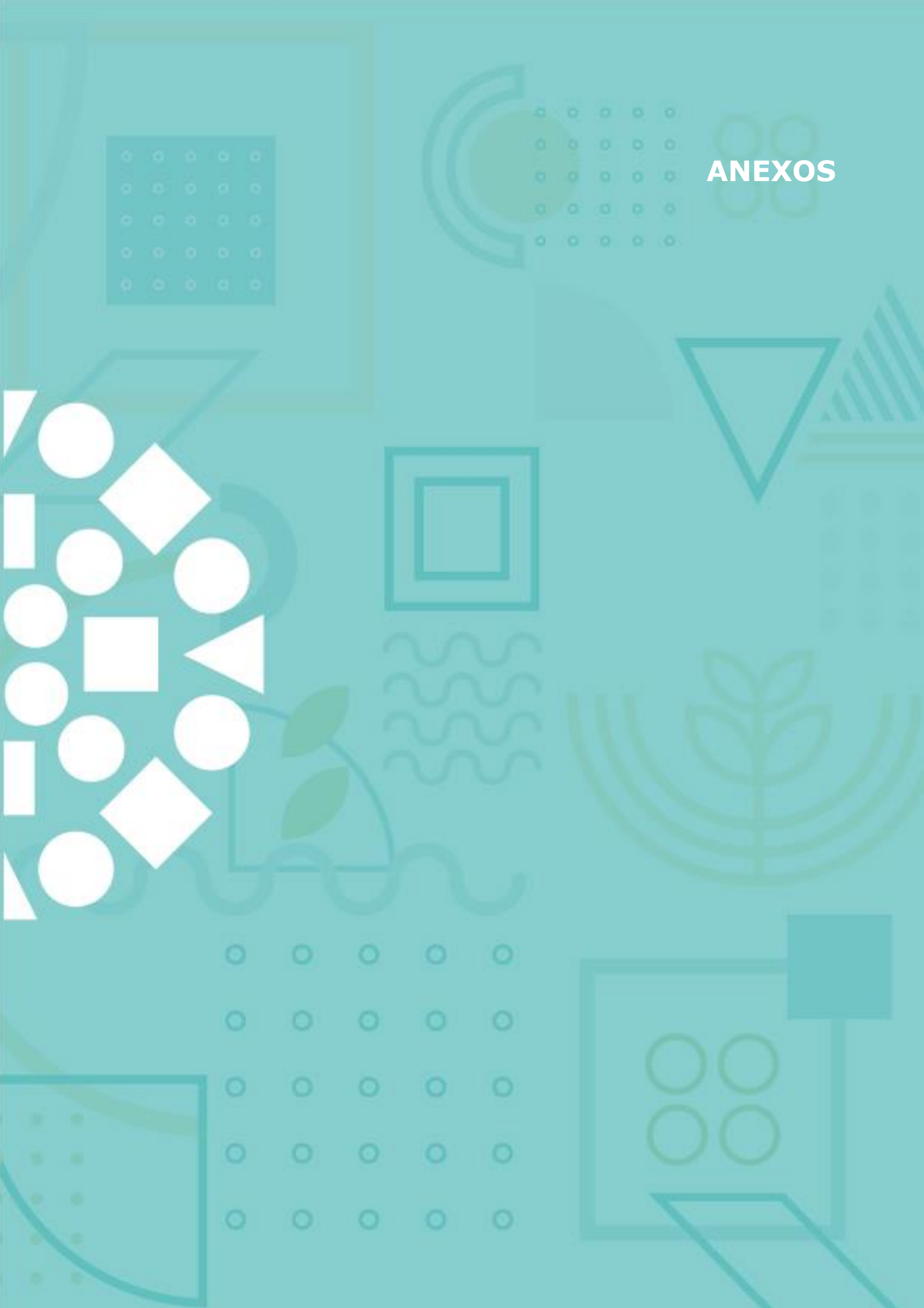
| Tipo de Instalação/infraestrutura                                   | Instalações /infraestruturas (N.º) | Índice de severidade | N.º de massas de água potencialmente afetadas |              |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|--------------|
|                                                                     |                                    |                      | Superficiais                                  | Subterrâneas |
| Instalações PCIP (REI) -Pecuárias                                   | 1                                  | 3                    | 1                                             | -            |
| Unidades de Gestão de Resíduos (Aterros não REI e lixeiras seladas) | 80                                 | 3                    | 7                                             | 1            |
| ETAR Urbanas >2000 e.p.                                             | 93                                 | 3                    | 64                                            | -            |
| Instalações PCIP (REI) -Aviários                                    | 12                                 | 2                    | 8                                             | -            |
| Instalações portuárias                                              | 10                                 | 2                    | 6                                             | -            |
| Minas                                                               | 95                                 | 2                    | 45                                            | 2            |
| Postos abastecimento/Estações de serviço                            | 553                                | 1                    | 146                                           | -            |
| Emissários submarinos                                               | 2                                  | 1                    | 2                                             | -            |
| Infraestruturas de transporte de matérias perigosas                 | 1006                               | 1                    | 174                                           | -            |

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 28 massas de água superficiais.

O mapa da Figura 4.13 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 4.13 – 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**