



**Universidade Católica Portuguesa
Faculdade de Engenharia**



Estudo da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos, Portugal

Miguel Alexandre Maximiano Cardeal de Brito

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil**

Orientador: Prof. José Matos Silva

Setembro 2013

RESUMO

Os rios Real e Arnóia são afluentes da Lagoa de Óbidos, fazendo ambos parte das chamadas Ribeiras do Oeste, Portugal. Estas, como quaisquer outras, em Portugal, têm sido objecto de Planos de Bacia Hidrográfica, os quais visam identificar e prevenir problemas, de âmbito territorial, associados a uma gestão sustentável da água, para uma ou mais bacias hidrográficas. O primeiro Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste foi publicado em 2001, sob iniciativa da então Direcção Regional do Ambiente de Lisboa e Vale do Tejo, antes pois da transposição da Directiva-Quadro da Água para o direito português, concretizada em Dezembro de 2005, pela chamada Lei da Água, e regulamentação consequente. O segundo Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste iniciou-se em 2010, sob iniciativa da ARH-Tejo, estando ainda a decorrer.

Este estudo visa aprofundar o trabalho realizado no âmbito dos Planos de Bacia Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, no que respeita ao caso particular da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos, mais propriamente, dos rios Real e Arnóia. Não é possível, num plano único para todas as Ribeiras do Oeste, ir ao pormenor, no caso de cada ribeira, em particular. Assim, às administrações e demais agentes locais deparam-se lacunas difíceis de colmatar e a que este trabalho procura responder. Documentam-se linhas directrizes para algumas intervenções a efectuar em secções críticas desta bacia hidrográfica, a título de demonstração. Para além da sua especificidade, este trabalho propõe uma metodologia para casos semelhantes, dentro e fora de Portugal.

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica, Plano de Bacia Hidrográfica, Lagoa de Óbidos, Rio Real, Rio Arnóia, Ribeiras do Oeste.

ABSTRACT

Rivers Real and Arnóia are tributaries of Óbidos Lagoon, and both part of the so-called West Streams, Portugal. Like any other river, in Portugal, they are subject to River Basin Plans, which are intended to identify and prevent problems of territorial scope, associated with the sustainable management of water for one or more watersheds. The first River Basin Plan for the West Streams was published in 2001, under the initiative of then DRALVT. That was before transposing the Water Framework Directive into Portuguese law, implemented in December 2005, by the so-called Water Law and subsequent regulations. The second River Basin Plan for the West Streams began in 2010 under the initiative of ARH-Tejo, and it is still in progress.

This Master's thesis aims to deepen the work done in relation to the particular case of Óbidos Lagoon, more properly, rivers Real and Arnóia. It is not possible, in a single plan for all West Streams, going into detail, for each stream, in particular. Thus, local and regional administrations or other agents are confronted with the difficulty to bridge gaps. The work presented herein attempts to give an answer to this type of problems. It documents the changes observed in this time interval, and guidelines for interventions to be made in some critical sections of this river basin as demonstration studies. In addition to its specificity, this work proposes a methodology for similar cases, valid both inside and outside Portugal.

Keywords: River Basin, River Basin Plan, Óbidos Lagoon, Real River, Arnóia River, West Streams.

AGRADECIMENTOS

No decorrer da execução desta dissertação, obtive apoios fulcrais para conseguir alcançar o objectivo a que me propus.

Ao meu orientador, Professor José Matos Silva, pela sua colaboração e amizade, a quem permanecerei reconhecido pela forma como me orientou e cativou na realização deste trabalho. Aludo aos ensinamentos que me transmitiu, a exactidão, empenho e rigor que me instruiu de modo a tornar mais esclarecedora e correcta a minha abordagem no decorrer da investigação científica. Ao responsável pela área científica de Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa, Professor Ionut Moldovan, pela disponibilidade e ajuda que me tem transmitido ao longo de toda a minha vida académica. Ao coordenador da disciplina Projecto Final e Tese II, Professor Rui Pires, agradeço ter aceite e validado os Relatórios de Progresso da minha dissertação.

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio de algumas instituições, como:

- Departamento de Arquitectura Paisagista e Planeamento Ambiental e Programa de Estudos Portugueses da Universidade da Califórnia, Berkeley (Secção 7.1);
- Câmara Municipal do Bombarral (Secções 7.2 e 7.3);
- Departamento de Monitorização e Sistemas de Informação do Domínio Hídrico (DMSIDH) do Instituto da Água (INAG) (Secção 7.3);

Um reconhecimento pessoal é devido ao Professor Mathias Kondolf (Universidade da Califórnia, Berkeley), Eng.º Rui Rodrigues (DMSIDH, INAG), Arqt. Jorge Jerónimo (Câmara Municipal do Bombarral – Secções 7.1 e 7.3), Professor José Costa Miranda (Secções 5.4.3.3 e 6.2), ao Eng.º Carlos Cupeto (ARH-Tejo), pelas sugestões acerca da concepção de vários temas aprofundados nesta tese, a Marco Cardoso (Técnico de Serviço Municipal de Protecção Civil no Município de Óbidos) e Mara Santos (Geógrafa do Município de Óbidos) pela ajuda fornecida no que respeita a documentação referente ao concelho de Óbidos.

Aos Meus Pais, Avós, Mana por me facultarem todo o apoio para o meu desenvolvimento como Ser Humano, bem como pela paciência demonstrada em todas as palavras e acções de incentivo desde o início desta obra. Aos meus amigos e colegas, que me têm acompanhado no decorrer do meu percurso de vida. A todos aqueles que de uma forma directa ou indirecta auxiliaram a que fosse possível a execução desta dissertação e que por lapso da minha parte não tenham sido mencionados.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMENTOS	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
LISTA DE SÍMBOLOS	xiv
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO. METODOLOGIA	1
CAPÍTULO 2 – ANÁLISE GERAL	3
2.1. Análise geográfica e administrativa	3
2.2. Análise institucional e normativa	4
CAPÍTULO 3 – ANÁLISE BIOFÍSICA	11
3.1. Clima	11
3.2. Temperatura do ar	14
3.3. Precipitação	16
3.4. Humidade relativa do ar	25
3.5. Evapotranspiração	26
3.6. Vento	27
3.7. Geologia e Hidrogeologia	30
3.7.1. Geologia	30
3.7.2. Hidrogeologia	33
3.8. Solos	38
3.8.1. Classificação de solos	38
3.8.2. Capacidade de uso dos solos	40
3.8.3. Carta de Ordenamento Agrário	42
3.8.4. Declive. Erosão Hídrica	44
3.8.4.1. Declive	45
3.8.4.2. Erosão Hídrica	46
3.8.4.2.1. Equação Universal de Perda de Solo	46
3.8.4.2.2. Factor de Erosividade de Precipitação (R)	48
3.8.4.2.3. Factor de Erodibilidade dos Solos (K)	48
3.8.4.2.4. Factor Fisiográfico (LS)	48
3.8.4.2.5. Factor de Coberto vegetal (C) e Práticas agrícolas (P)	49
3.8.4.2.6. Aplicação do Modelo de Erosão	50
3.8.4.2.7. Transporte Sólido e Extracção de Inertes	51
3.8.5. Ocupação do Solo	51
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DEMOGRÁFICA	53
CAPÍTULO 5 – REDE FLUVIAL. CARACTERIZAÇÃO E VULNERABILIDADES	58
5.1. Lagoa de Óbidos	58
5.2. Rio Real	60

5.2.1. Barragem da Sobrena	61
5.3. Rio Arnóia	62
5.3.1. Barragem de Óbidos	63
5.4. Caudais Ecológicos	64
5.4.1. Introdução	64
5.4.2. Situação Actual dos Caudais Ecológicos em Portugal	65
5.4.3. Determinação de Caudais Ecológicos	66
5.4.3.1. Pressupostos e Conceitos	66
5.4.3.2. Divisão do País em Regiões Hidrológicas	67
5.4.3.3. Método para Determinação do Regime de Caudal Ecológico	68
CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DE CHEIAS E SECAS	70
6.1. Caracterização de Cheias	70
6.2. Caudais de Ponta de Cheia	70
6.2.1. Metodologia	70
6.2.1.1. Fórmula de Meyer	71
6.2.1.2. Método Racional	71
6.2.1.3. Hidrograma de Giandotti	74
6.2.1.4. Métodos do Soil Conservation Service (SCS)	76
6.2.2. Determinação do Caudal de Ponta de Cheia para alguns períodos de retorno	77
6.2.2.1. Fórmula de Meyer	77
6.2.2.1.1. Rio Real (secção terminal)	77
6.2.2.1.2. Rio Arnóia (secção terminal)	77
6.2.2.2. Método Racional	78
6.2.2.2.1. Rio Real	78
6.2.2.2.2. Rio Arnóia	78
6.2.2.3. Hidrograma de Giandotti	79
6.2.2.3.1. Rio Real	79
6.2.2.3.2. Rio Arnóia	80
6.3. Controlo de Cheias	81
6.3.1. Cheia, Inundação, Tempo de Concentração e Cheia Repentina	82
6.3.2. Medidas Estruturais e Não Estruturais	83
6.3.3. Controlo Passivo de Cheias	84
6.3.3.1. Introdução	84
6.3.3.2. Protecção de Terras Agrícolas e Florestais Sujeitas a Cheias	86
6.3.3.3. Controlo do Uso do Solo em Planícies de Inundação	87
6.3.3.4. Medidas Não Estruturais ou Regulamentares	87
6.4. Caracterização de Secas	89
6.4.1. Índice de precipitação padrão (Standardized Precipitation Index - SPI)	90
6.4.2. Cálculo do SPI, Escala Temporal de Análise e Severidade da Seca	90
6.4.3. Seca nas Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste	92
CAPÍTULO 7 – ESTUDOS DE CASOS	94
7.1. Restauração e Gestão do Rio Real para Alcançar um Bom Estado Ecológico	94

7.1.1. Gestão de Bacia Hidrográfica em Clima Mediterrânico	94
7.1.2. Gestão de Cheias na Bacia do Rio Real	97
7.1.2.1. Introdução	97
7.1.2.2. Características da Bacia do Rio Real	99
7.1.2.3. Em Favor de uma Gestão Integrada das Cheias	100
7.1.3. Planeamento e Práticas Agrícolas a Adohtar para Proteger a Qualidade e Quantidade de Água	104
7.1.4. Riscos da Cana Comum (<i>Arundo Donax</i>)	107
7.1.5. Gestão da Água Urbana	110
7.1.6. Conclusões	115
7.2. Soluções Possíveis para Resolver o Problema Existente com a Barragem da Sobrena	116
7.3. Caudais de cheia associados aos períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na secção da ponte EN 8 do Rio Real, próximo a Bombarral Norte. Caracterização da cheia de 24NOV2006	118
7.3.1. Introdução. Objectivos	118
7.3.2. Elementos de Base	120
7.3.3. Localização, Delimitação e Caracterização da Bacia Hidrográfica em Análise	120
7.3.4. Caudais de cheia para os períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos	121
7.3.5. Caracterização da cheia de 24NOV2006	121
7.3.5.1. Introdução	121
7.3.5.2. Primeira Análise Metodológica sobre o Caudal de Ponta de Cheia	122
7.3.5.3. Análise Realizada pelo INAG	124
7.3.5.4. Análise Realizada com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra	124
7.3.5.4.1. Precipitação ocorrida no dia 24 de Novembro de 2006	124
7.3.5.4.2. Reconstrução do hidrograma da cheia de 24 de Novembro na secção de estudo	126
7.3.5.5. Recomendações para o Município	128
7.3.5.5.1. Registos de Marcas de Inundação	128
7.3.5.5.2. Caracterização Física da Bacia	128
CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES	130
REFERÊNCIAS	133
ANEXO: GLOSSÁRIO	139

LISTA DE TABELAS

		Pág.
2.1	– Área (%) dos vários concelhos abrangidos pela BHLO	4
3.1	– Caracterização sumária das Estações Meteorológicas e Hidrométricas	12
3.2	– Valores médios das principais variáveis climáticas relativas às BHRO	13
3.3	– Temperaturas do ar mínima, média e máxima, mensal e anual (°C)	14
3.4	– Amplitudes Térmicas Média Mensal e Anual (°C)	15
3.5	– Valores da Precipitação Anual das Estações Meteorológicas	17
3.6	– Precipitações Anuais Médias na BHRO	18
3.7	– Humidade relativa do ar média mensal e anual (%)	25
3.8	– Velocidade do vento média mensal e anual (m/s)	27
3.9	– Frequência do vento média mensal e anual em Óbidos (17C/07C)	28
3.10	– Frequência do vento média mensal e anual em Pragança (18C/01G)	28
3.11	– Frequência do vento média mensal e anual em Vermelha (18C/03UG)	29
3.12	– Massas de água subterrâneas abrangidas pela Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos	34
3.13	– Informação relativa a piezómetros situados sobre o sistema aquífero Caldas da Rainha – Nazaré	36
3.14	– Classificação dos solos	39
3.15	– Classificação da Capacidade de Uso dos Solos	40
3.16	– Distribuição da Capacidade de Usos dos Solos	41
3.17	– Classificação do Ordenamento Agrário	43
3.18	– Distribuição de Ordenamento Agrário	44
3.19	– Estimativas do Factor C para os casos mais comuns em Portugal	49
3.20	– Valores do Factor de Práticas Agrícolas	50
3.21	– Classes de perda potencial anual de solo	50
3.22	– Perda potencial de solo média em ano médio para a BHLO	50
3.23	– Resumo da ocupação do solo da BHLO	51
4.1	– População, Área e Densidade populacional do concelho do Bombarral	53
4.2	– População, Área e Densidade do concelho do Cadaval	53
4.3	– População, Área e Densidade do concelho das Caldas da Rainha	53
4.4	– População, Área e Densidade do concelho da Lourinhã	54
4.5	– População, Área e Densidade do concelho de Óbidos	54
4.6	– Evolução da População Residente dos Concelhos da BHLO de 1900 a 2011	56
5.1	– Distribuição da Hipsometria na bacia hidrográfica do Rio Real	60
5.2	– Distribuição da Hipsometria na bacia hidrográfica do Rio Arnóia	62
5.3	– Perímetro de rega da Barragem de Óbidos. Classificação dos solos	63
5.4	– Variáveis utilizadas na definição de regiões hidrologicamente homogéneas	67
5.5	– Critérios para a definição de regimes de caudal ecológico para a região identificada	68
6.1	– Períodos de Retorno (T) e coeficiente de escoamento (C)	71
6.2	– Valores dos parâmetros a e b para vários períodos de retorno	72
6.3	– Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno, em S. J. do	

	Tojal	73
6.4	– Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno, em Pragança	73
6.5	– Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno, no geral	73
6.6	– Valores do coeficiente C da fórmula racional	74
6.7	– Valores dos parâmetros ρ e γ em função da área (A)	75
6.8	– Valores de K_c para vários períodos de retorno	76
6.9	– Valores de cálculo do Hidrograma de onda afluente	76
6.10	– Caudais de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Real	77
6.11	– Caudais de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Arnóia	77
6.12	– Intensidades médias da precipitação para vários períodos de retorno, Rio Real	78
6.13	– Caudal de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Real	78
6.14	– Intensidades médias da precipitação para vários períodos de retorno, Rio Arnóia	79
6.15	– Caudal de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Arnóia	79
6.16	– Valores de precipitação total e útil, intensidade média da precipitação para vários períodos de retorno	79
6.17	– Valores de cálculo do Hidrograma de onda afluente	79
6.18	– Valores de precipitação total e útil, intensidade média da precipitação para vários períodos de retorno	80
6.19	– Valores de cálculo do Hidrograma de onda afluente	80
6.20	– Evolução na gestão de emergências	82
6.21	– Medidas Estruturais e Medidas Não Estruturais para Cheias Repentinas	84
6.22	– Aspectos fundamentais do controlo passivo de cheias	85
6.23	– Principais diferenças entre cheias e secas	89
6.24	– Classificação dos valores de SPI e tempo na categoria de seca	90
6.25	– Classificação da severidade da seca com o SPI, para A_c variável	92
7.1	– Desvantagens de diques longitudinais no controlo de cheias	100
7.2	– Benefícios do uso de planícies de inundação no controlo de cheias	101
7.3	– Recomendações para uma gestão integrada das cheias	102
7.4	– Recomendações quanto ao planeamento e práticas agrícolas para cumprir a DQA	106
7.5	– Benefícios de Zonas Húmidas para Tratamento de Águas Residuais	114
7.6	– Características fisiográficas da Bacia do Rio Real pertencente ao concelho do Bombarral	121
7.7	– Caudais de ponta de cheia obtidos através dos métodos seleccionados e das curvas IDF, para períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos	121
7.8	– Caudais de ponta de cheia na ponte da EN 8 para diferentes períodos do retorno	122
7.9	– Intensidades médias da precipitação para vários períodos de retorno	123
7.10	– Caudal de ponta de cheia para vários períodos de retorno	123
7.11	– Precipitação Mensal no Mês de Novembro, nas BHRO	123

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
2.1	– a) Região “Ribeiras do Oeste” em Portugal; b) Bacia da Lagoa de Óbidos nas Ribeiras do Oeste	3
2.2	– Leito de Cheia	5
2.3	– Directiva Quadro da Água	7
2.4	– Planeamento e Gestão da Água	8
3.1	– Distribuição espacial das estações meteorológicas e postos udométricos	11
3.2	– a) Estação meteorológica de Pragança; b) estação hidrométrica da Ponte de Óbidos	13
3.3	– Valores mínimos, médios e máximos da temperatura do ar média mensal (°C)	15
3.4	– Amplitude Térmica Média Mensal (°C)	16
3.5	– Precipitação anual entre 1961/1990	16
3.6	– Precipitação mensal média, máxima e mínima na estação de Pragança desde 1916 a 2002	18
3.7	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Janeiro na estação de Pragança desde 1916 a 2002	19
3.8	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Fevereiro na estação de Pragança desde 1916 a 2002	19
3.9	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Março na estação de Pragança desde 1916 a 2002	20
3.10	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Abril na estação de Pragança desde 1916 a 2002	20
3.11	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Maio na estação de Pragança desde 1916 a 2002	21
3.12	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Junho na estação de Pragança desde 1916 a 2002	21
3.13	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Julho na estação de Pragança desde 1916 a 2002	22
3.14	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Agosto na estação de Pragança desde 1916 a 2002	22
3.15	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Setembro na estação de Pragança desde 1916 a 2002	23
3.16	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Outubro na estação de Pragança desde 1916 a 2002	23
3.17	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Novembro na estação de Pragança desde 1916 a 2002	24
3.18	– Precipitação mensal correspondente ao mês de Dezembro na estação de Pragança desde 1916 a 2002	24
3.19	– Humidade Relativa do Ar Média Mensal (%)	26
3.20	– Valores médios anuais de evapotranspiração nas BHRO	26
3.21	– Velocidade do vento média mensal (m/s)	27
3.22	– Rosa-dos-ventos em Óbidos (17C/07C)	28
3.23	– Rosa-dos-ventos em Pragança (18C/01G)	29
3.24	– Rosa-dos-ventos em Vermelha (18C/03UG)	30
3.25	– Enquadramento geográfico e tectónico da BHLO na Bacia Lusitaniana e em outras bacias da Margem Ocidental Ibérica	31
3.26	– Carta geológica	32

3.27	–	Identificação de massas de água subterrâneas	33
3.28	–	Enquadramento geográfico do sistema aquífero Caldas da Rainha - Nazaré	35
3.29	–	Enquadramento geográfico do sistema aquífero Cesareda	37
3.30	–	Enquadramento geográfico do sistema aquífero Torres Vedras	38
3.31	–	Distribuição da capacidade de uso dos solos	42
3.32	–	Distribuição de ordenamento agrário	44
3.33	–	Carta de Declives da Bacia do Rio Real	45
3.34	–	Carta de Declives da Bacia do Rio Arnóia	46
3.35	–	Esquema de cálculo da carta de erosão	47
3.36	–	Factor Fisiográfico (LS)	49
3.37	–	Ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Real	52
3.38	–	Ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Arnóia	52
4.1	–	Populações, Áreas e Densidades populacionais dentro da BHLO	55
4.2	–	Evolução da População Residente dos Concelhos da BHLO de 1900 a 2011	57
5.1	–	Lagoa de Óbidos há 4000 anos	58
5.2	–	Lagoa de Óbidos: Vista aérea actual da embocadura	58
5.3	–	Bacia hipsométrica do Rio Real	60
5.4	–	Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Real	61
5.5	–	Albufeira da Sobrena, vista do paredão	61
5.6	–	Bacia hipsométrica do Rio Arnóia	62
5.7	–	Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Arnóia	63
5.8	–	Regime de escoamento natural e caudal ecológico proposto para o Rio Arnóia	69
6.1	–	Curvas de intensidade - duração - frequência (IDF), aplicáveis a Portugal Continental	72
6.2	–	Intensidade média máxima de precipitação em função do tempo de concentração	73
6.3	–	Hidrograma de Giandotti	74
6.4	–	Relação entre precipitação total (P_t) e precipitação útil (P_u) para vários números de escoamento (CN)	75
6.5	–	Hidrograma de onda afluente para o Rio Real	80
6.6	–	Hidrograma de onda afluente para o Rio Arnóia	81
6.7	–	Leito Normal (zona de escoamento), 2. Leito de cheia (zona de escoamento), 3. Zona de inundação (zona de armazenamento), 4. Zona que pode vir a ser afectada pela inundação	87
6.8	–	Exemplo de regulamentação da planície de cheia, segundo o U.S. Corps of Engineers	88
7.1	–	Áreas de clima mediterrânico	94
7.2	–	Estado das Águas Superficiais	96
7.3	–	Bacia do Rio Real	97
7.4	–	Fotografias da cheia de Novembro de 2006, no Bombarral	98
7.5	–	Divisão da Bacia do Rio Real	99
7.6	–	Precipitação em Vermelha	100
7.7	–	Gestão das Cheias Naturais	101

7.8	–	Recomendações tipo para uma Gestão Integrada das Cheias, no caso do Bombarral	104
7.9	–	a) Uso do Solo na Bacia do Rio Real; b) uso do Solo Agrícola	105
7.10	–	Inventariação de <i>Arundo Donax</i> ao longo do Rio Real	108
7.11	–	Vista aérea dos dois locais propostos para tratamento de águas pluviais no Bombarral	112
7.12	–	Vista aérea do local proposto para tratamento de águas pluviais no Vilar	113
7.13	–	Secção esquemática da bacia de retenção e zona húmida de tratamento para águas pluviais	113
7.14	–	Secção esquemática para zonas húmidas de tratamento de águas residuais, a) Condições existentes; b) Condições Propostas	115
7.15	–	Carta militar 1:25.000 com a vila do Bombarral	120
7.16	–	Precipitação (mm) diária do mês de Novembro de 2006 nas EMA's da APAS	125
7.17	–	Valores de precipitação acumulada, em mm, ocorrida nas EMA's da APAS, em 24/11/2006	125
7.18	–	Hietogramas acumulados do dia 24 de Novembro de 2006, nas EMA's da APAS	126
7.19	–	Rede hidrográfica e bacia hidrográfica do rio Real na secção de estudo	127
7.20	–	Hidrograma de cheia do dia 24NOV2006 na secção de estudo	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACP – Análise em Componentes Principais
- AIA – Avaliação de Impacte Ambiental
- APAS – Associação de Produtores Agrícolas da Sobrena
- ARH – Administração da Região Hidrográfica
- BHLO – Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos
- BHRO – Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste
- BMP – Boas Práticas de Gestão (Best Management Practices)
- CCDR – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
- CE – Comunidade Europeia
- CEE – Comunidade Económica Europeia
- CLC – CORINE Land Cover
- CMB – Câmara Municipal do Bombarral
- CN – Curve Numbers (Números de Escoamento)
- DGADR – Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento
- DMSIDH – Departamento de Monitorização e Sistemas de Informação do Domínio Hídrico
- DPH – Domínio Público Hídrico
- DPM – Domínio Público Marítimo
- DQA – Directiva Quadro da Água
- DRALVT – Direcção Regional do Ambiente de Lisboa e Vale do Tejo
- DRAPLVT – Direcção Regional da Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo
- DRARO – Direcção Regional de Agricultura do Ribatejo e Oeste
- e.g. – exempli gratia; nomeadamente
- EMA – Estação Meteorológica Automática
- EN – Engenharia Natural
- EN 8 – Estrada Nacional n.º8
- EUA – Estados Unidos da América
- FAO – Food and Agriculture Organization
- FEADER – Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural
- FEOGA – Fundo Europeu de Orientação e Garantia Agrícola
- GAP – Boas Práticas Agrícolas (Good Agricultural Practices)
- IDF – Intensidade, Duração e Frequência
- IM – Instituto de Meteorologia, I.P. (substituído, em Março de 2012, por IPMA)
- INAG – Instituto da Água
- INE – Instituto Nacional de Estatística

IP – Instituição Pública
IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera
MADRP – Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas
MAMAOT – Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
NPA – Nível de Pleno Armazenamento
NWS – National Weather Service
OOIBRO – Orla Ocidental indiferenciado das bacias das Ribeiras do Oeste
PAC – Política Agrícola Comum
PBH – Plano de Bacia Hidrográfica
PCIP – Prevenção e Controlo Integrado da Poluição
PDM – Plano Director Municipal
PEE – Plano de Emergência Externo
PEGA – Planos Específicos de Gestão das Águas
PEOT – Plano Especial de Ordenamento do Território
PGBH – Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas
PIOT – Plano Intermunicipal de Ordenamento do Território
PNA – Plano Nacional da Água
POAAP – Planos de Ordenamento das Albufeiras de Águas Públicas
POAP – Plano de Ordenamento de Áreas Protegidas
POE – Plano de Ordenamento de Estuários
POOC – Plano de Ordenamento da Orla Costeira
POVT – Programa Operacional Valorização do Território
PP – Plano de Pormenor
PREMO – PREvenção nas MONTanhas para a protecção dos vales
QCA – Quadro Comunitário de Apoio
REN – Reserva Ecológica Nacional
RH – Região Hidrográfica, Recursos Hídricos
SCS – Soil Conservation Service dos Estados Unidos da América
SIBHLO – Sistema de Informação da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos
SIG – Sistemas de Informação Geográfica
SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SPI – Standardized Precipitation Index (Índice de Precipitação Padrão)
SROA – Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário
UCLA – Universidade da Califórnia em Los Angeles
UE – União Europeia

LISTA DE SÍMBOLOS

Latinas Maiúsculas

- A – Aluvião; Área da bacia de drenagem; Erosão específica ou perda de solo média anual
- Ac – Acácia; Área crítica
- Ar – Afloramento de rocha
- As – Aluvião salino
- At – Aluvião antigo
- Az – Azinheira
- B – Barros não calcários
- Bc – Barros calcários
- C – Celsius; coeficiente adimensional, que depende do tipo e uso dos terrenos superficiais e do respectivo declive e ainda do período de retorno; Factor de coberto vegetal
- Cv – Carvalho
- CV – Cavalos
- Ec – Eucalipto
- H – Hortícolas; Solos hidromórficos
- I – Intensidade média máxima de precipitação; materiais originários soltos
- I_c – Intensidade de precipitação crítica
- K – Factor de erodibilidade do solo
- L – Comprimento da linha de água; Factor de comprimento da encosta; Solo litólico
- N – Norte; Número de Escoamento
- NOV – Novembro
- NNE – Nor-nordeste
- P – Factor de práticas agrícolas; Solo pardo
- Pnb – Pinheiro bravo
- Pnh – Pinheiro de alepo
- Pnm – Pinheiro manso
- P_t – Precipitação total
- P_u – Precipitação útil
- Q – Caudal
- Q_{max} – Caudal máximo
- Q_{med} – Caudal médio
- Q_p – Caudal de ponta de cheia
- R – Factor de erosividade da precipitação; Regossolo
- S – Factor de declive da encosta

Sb – Sobreiro

SSW – Su-sudoeste

T_c – Tempo de concentração

V – Solos vermelhos

W – Oeste

Z – Solos podzolizados

Zb - Zambujeiro

Latinas Minúsculas

a – argiluiado; coeficientes de ajustamento de regressão que dependem do período de retorno

b – basalto ou rocha afim; coeficientes de ajustamento de regressão que dependem do período de retorno

c – solo calcário ou argiluiado sobre calcários duros

g – drenagem interna deficiente

ha – hectare

hab – habitante

hm – Altura média da bacia

km – quilómetro

m – metro

mm – milímetro

q – caudal

q_{med} – caudal médio mensal

s – segundo; materiais margosos

t – duração da chuvada em minutos, ou tempo de concentração

t_c – tempo de concentração

Gregas

γ – Coeficiente adimensional

ρ – Relação entre o caudal máximo e o caudal médio da cheia, função da área

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO. METODOLOGIA

A compreensão da estrutura das bacias hidrográficas e de processos naturais é fundamental para entender como as actividades humanas podem deteriorar ou serem deterioradas pelo estado das mesmas, incluindo a fauna, a flora, a qualidade da água e de vida da comunidade dos intervenientes que nela se encontram. Conhecer as características estruturais e funcionais das bacias hidrográficas e de como as pessoas podem afectá-las “abre o pano de fundo” para uma gestão eficaz das mesmas.

Vivendo em sociedade, com leis e regras que nos orientam para boas práticas nas mais diversas áreas, é objecto deste estudo analisar a melhor metodologia a ser seguida para servir uma bacia hidrográfica e os condicionantes a que tal obedece.

Muitas vezes, devido à falta de regulamentação, ordenamento do território, limpeza e monitorização de cursos de água, e de planeamento, ocorrem prejuízos de grande proporção, e.g., no caso de cheias repentinas.

Os rios Real e Arnóia são afluentes da Lagoa de Óbidos, fazendo ambos parte das chamadas Ribeiras do Oeste, Portugal. Estas têm sido objecto de Planos de Bacia Hidrográfica, os quais visam identificar e prevenir problemas, de âmbito territorial, associados a uma gestão sustentável da água, para uma ou mais bacias hidrográficas. O primeiro Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste foi publicado em 2001, antes pois da transposição da Directiva-Quadro da Água para o direito português, concretizada em Dezembro de 2005, pela chamada Lei da Água. O segundo Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste iniciou-se em 2010, sob iniciativa da ARH-Tejo, estando ainda a decorrer.

Este estudo visa aprofundar o trabalho realizado, no que respeita ao caso particular da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos, mais propriamente, rios Real e Arnóia. Não é possível, num Plano único para todas as Ribeiras do Oeste, ir ao pormenor, no caso de cada ribeira, em particular. Assim, às administrações e demais agentes locais deparam-se lacunas difíceis de colmatar e a que este estudo procura responder. Documentam-se linhas directrizes para algumas intervenções a efectuar em secções críticas desta bacia hidrográfica, a título de demonstração. Para além da sua especificidade, este trabalho propõe uma metodologia para casos semelhantes, dentro e fora de Portugal.

Nos três Capítulos seguintes faz-se, respectivamente, uma análise geral, biofísica e demográfica da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos (BHLO).

O Capítulo 5 é dedicado à Rede Fluvial e inclui, para além de uma caracterização da Lagoa de Óbidos e dos rios Real e Arnóia, uma apresentação do conceito de caudal ecológico, o qual tem vindo a ganhar relevo em fóruns nacionais e internacionais.

Uma análise de cheias e secas é objecto do Capítulo 6.

O Capítulo 7 inclui três estudos de casos, respectivamente:

1. Restauração e Gestão do Rio Real para Alcançar um Bom Estado Ecológico;
2. Soluções Possíveis para Resolver o Problema Existente com a Barragem da Sobrena;
3. Caudais de cheia associados aos períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na secção da ponte EN 8 do Rio Real, próximo a Bombarral Norte. Caracterização da cheia de 24NOV2006.

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE GERAL

2.1. Análise geográfica e administrativa

A Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos compreende as bacias hidrográficas dos rios Real, Arnóia e Cal, mais as bacias adjacentes que drenam directamente para esta Lagoa.

Embora este trabalho se refira nominalmente à Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos, ele incide em particular sobre as bacias hidrográficas dos Rios Real e Arnóia, os seus dois maiores afluentes. Estes dois rios confluem já muito perto da Lagoa de Óbidos. Por razões administrativas, as entidades reguladoras portuguesas têm denominada bacia hidrográfica do Rio Arnóia ao conjunto dos dois rios, Real e Arnóia.

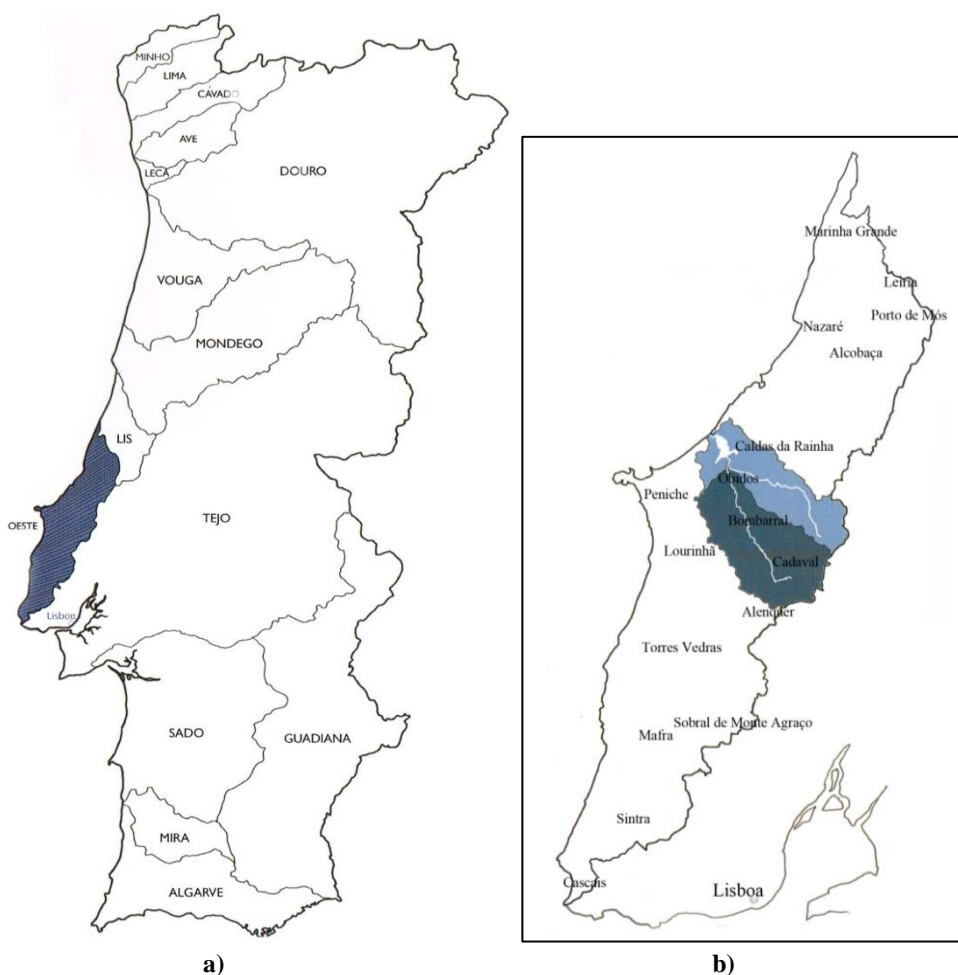


Figura 2.1 – **a)** Região “Ribeiras do Oeste” em Portugal; **b)** Bacia da Lagoa de Óbidos nas Ribeiras do Oeste (Natali *et al.*, 2009)

A Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos está inserida nas Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste (BHRO), que por sua vez integram a região hidrográfica do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste – Região Hidrográfica 4 (RH4) – definida pelo Decreto-Lei n.º 347/2007, de

19 de Outubro. As Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste constituem uma faixa, com cerca de 120 km de extensão, que apresenta uma orientação de NNE-SSW e uma largura máxima da ordem dos 35 km (ARH-Tejo, 2011)

Oito concelhos (Alenquer, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Óbidos, Rio Maior e Torres Vedras) estão incluídos total ou parcialmente na BHLO (Figura 2.1 e Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Área (%) dos vários concelhos abrangidos pela BHLO

Concelho		Área abrangida pela bacia (%)
1	Bombarral	100
2	Cadaval	85
3	Óbidos	59
4	Caldas da Rainha	47
5	Alenquer	9
6	Lourinhã	8
7	Torres Vedras	6
8	Rio Maior	0,4

2.2. Análise institucional e normativa

Desde finais do século XIX, em particular, o Estado português produziu legislação moderna no domínio dos recursos hídricos, tarefa que veio a ser potenciada com a adesão de Portugal à União Europeia e consequente transposição de directivas comunitárias, sem que, todavia, tenha ainda existido igual preocupação de unificação e de sistematização. A miríade de diplomas legais sobre esta matéria e as constantes revogações, de normas conduzem a que actualmente seja difícil abarcar convenientemente todo o quadro normativo.

Referem-se:

O Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, tem por objecto os sistemas de distribuição pública e predial de água e de drenagem pública e predial de águas residuais, de modo que seja assegurado o seu bom funcionamento global, preservando-se a segurança, a saúde pública e o conforto dos utentes. Faz parte integrante deste diploma o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

O Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de Novembro, estabelece a obrigatoriedade de elaboração da carta de zonas inundáveis nos municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias.

O Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de Setembro, estabelece as normas e os critérios para a delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público, designados por perímetros de protecção, com a finalidade de proteger a qualidade das águas dessas captações. As captações de água subterrânea destinadas ao

abastecimento público de água para consumo humano de aglomerados populacionais com mais de 500 habitantes, ou cujo caudal de exploração seja superior a 100 m³/dia, ficam abrangidas pelo disposto no presente diploma para todas as zonas de protecção previstas e definidas nos termos do presente Decreto-Lei. Todas as captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público de água para consumo humano são abrangidas pelo disposto no presente diploma no que diz respeito à delimitação da zona de protecção imediata.

O Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de Maio, aprova o regime jurídico da Avaliação de Impacte Ambiental, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 85/337/CEE, com as alterações introduzidas pela Directiva n.º 97/11/CE, do Conselho, de 3 de Março, e que revoga legislação anterior sobre este assunto datada de 1990, tem permitido estabelecer no âmbito do Processo de Avaliação de Impacte Ambiental de aproveitamentos hidráulicos caudais ecológicos para a minimização dos impactes ambientais gerados.

A Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro, estabelece a titularidade dos recursos hídricos, abrangendo as águas e ainda os respectivos leitos e margens, zonas adjacentes, zonas de infiltração máxima e zonas protegidas. Em linhas de água não navegáveis nem fluviáveis, incluindo linhas de água que secam temporariamente, a margem tem a largura de 10m.

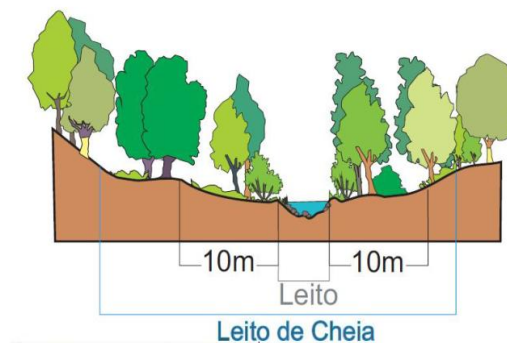


Figura 2.2 – Leito de Cheia (Seixas, 2010)

A Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (Lei da Água), transpõe para o ordenamento jurídico nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, designada resumidamente por Directiva Quadro da Água (DQA), estabelecendo as bases para a gestão sustentável das águas interiores, de transição, costeiras e subterrâneas, e o quadro institucional para o respectivo sector, assente no princípio da região hidrográfica como unidade principal de planeamento e gestão. A DQA preconiza uma abordagem abrangente e integrada de protecção e gestão dos recursos hídricos, tendo em vista alcançar o bom estado de todas as massas de água em 2015. A Lei da Água revoga:

- Decreto-Lei n.º 70/90, de 2 de Março;

- Decreto-Lei n.º 45/94, de 22 de Fevereiro;
- Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro;
- Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro;
- Decreto-Lei n.º 254/99, de 7 de Julho.

A transposição da DQA foi complementada pelo Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março, que faz alterações significativas ao modelo institucional de gestão dos recursos hídricos, instituindo o Instituto da Água, I.P., como Autoridade Nacional da Água e criando as Administrações de Região Hidrográfica (ARH), como organismos regionais responsáveis pelo licenciamento e fiscalização das utilizações dos recursos hídricos.

Nas Figuras 2.3 e Figura 2.4, ilustra-se, de forma esquemática, a estrutura organizacional da Lei da Água e respectivos diplomas complementares (Alves e Bernardo, 2003).

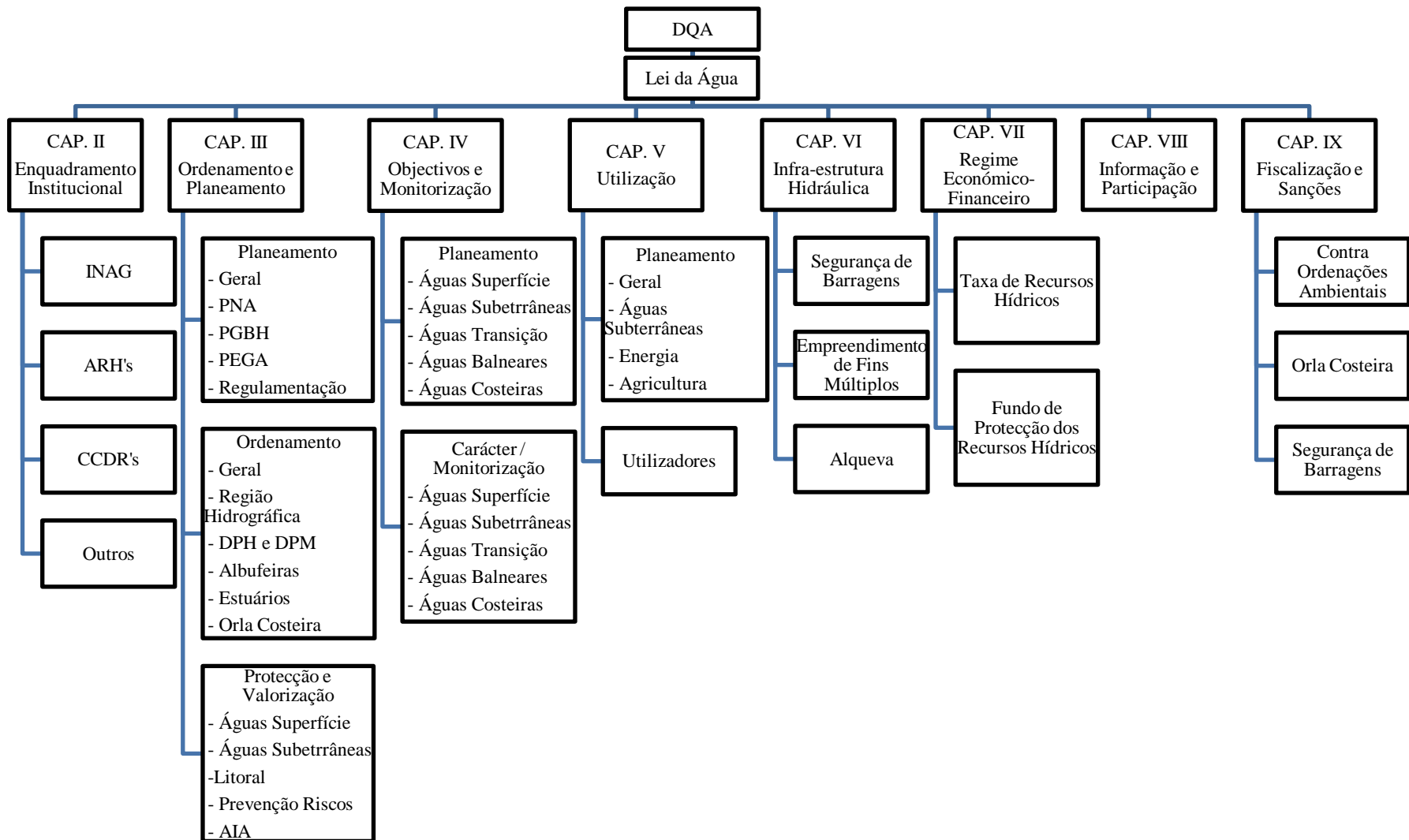


Figura 2.3 – Directiva Quadro da Água (Fonte: <http://portaldaagua.inag.pt/>)

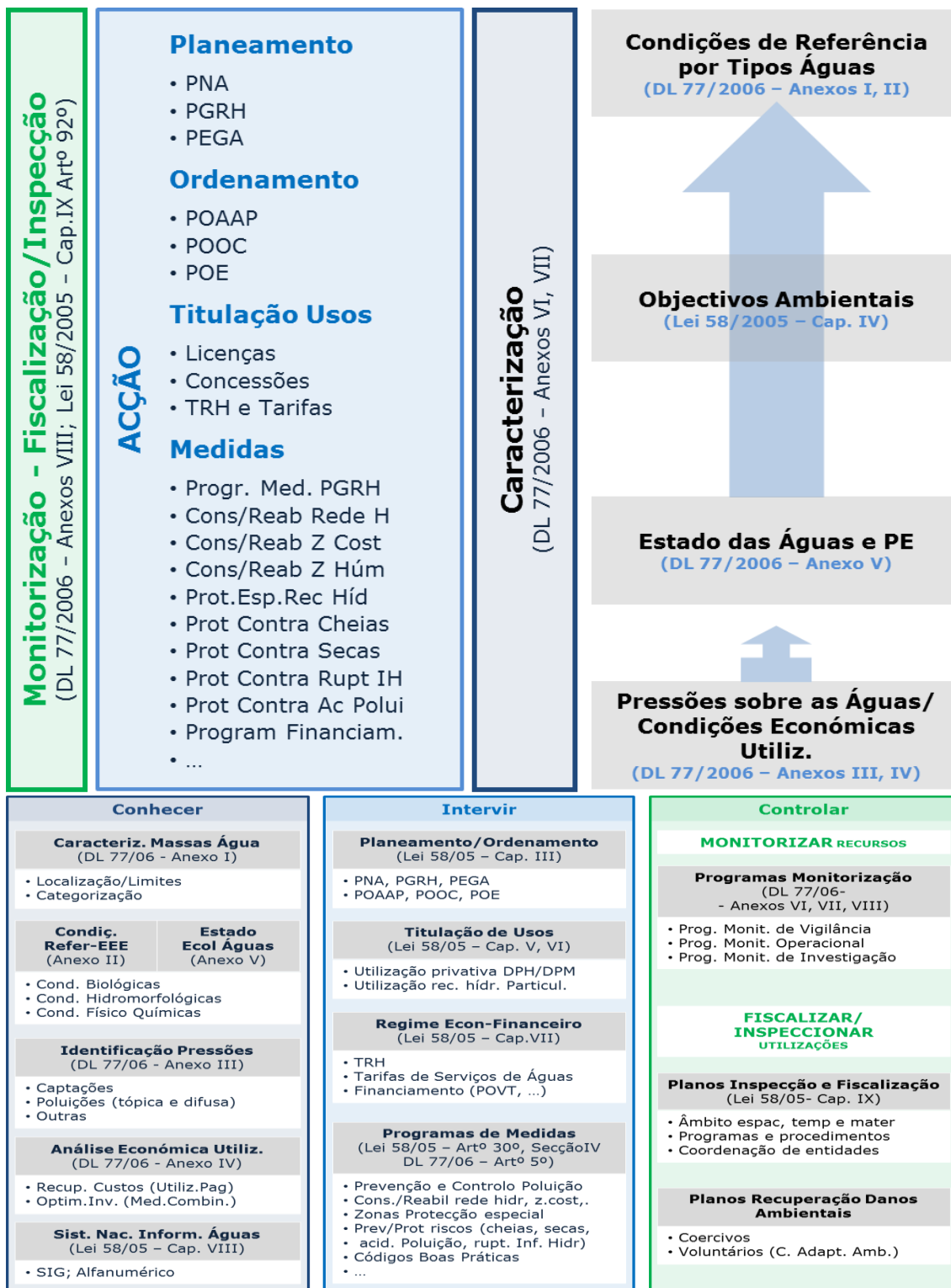


Figura 2.4 – Planeamento e Gestão da Água (Alves e Bernardo, 2003)

A entrada em vigor do actual governo (Junho de 2011) trouxe consigo a fusão de alguns destes organismos. Assim por exemplo, o Instituto da Água, I.P., bem como todas as Administrações de Região Hidrográfica (ARH) foram integradas numa única instituição: a Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Não houve ainda porém alterações de competências.

O Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos. O novo regime tem também preocupações de simplificação administrativa, encetando mecanismos que visam tornar mais célere a atribuição de títulos de utilização. Ao lado das figuras da concessão e da licença, é introduzida a figura da autorização para algumas utilizações de recursos hídricos particulares, tais como construções, implantação, demolição, alteração ou reparação de infra-estruturas hidráulicas e captação de águas. O pedido de autorização pode ser tacitamente diferido decorrido um prazo de 2 meses contado desde a apresentação do pedido e verificadas as condições para a utilização. A autorização pode ser substituída por uma mera comunicação prévia às autoridades competentes, quando estejam em causa captações de água com potência igual ou inferior a 5 CV, ou nos casos previstos nos regulamentos dos planos de gestão de bacia ou nos planos especiais de ordenamento do território aplicáveis. De um modo geral, adopta-se o recurso aos meios informáticos como método de agilização da tramitação procedimental e desloca-se a obrigação de obter informação detida por autoridades públicas para a esfera da administração. Uma outra importante inovação é a introdução da possibilidade de transaccionar títulos entre utilizadores de uma mesma bacia hidrográfica, desde que, entre outros requisitos, o respectivo plano de bacia preveja essa possibilidade e não esteja em causa o abastecimento público. Finalmente, é criado o Sistema Nacional de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos, passando as entidades competentes para a emissão dos títulos de utilização a estar obrigadas a proceder ao seu registo. Este sistema, permanentemente actualizado, permitirá melhorar o desempenho da administração da água.

O Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro, aprova a delimitação georreferenciada das regiões hidrográficas.

A Resolução da Comissão Nacional de Protecção Civil n.º 25/2008, refere que todos os municípios devem estar munidos de Planos Municipais de Emergência de Protecção Civil de acordo com as normas definidas por esta deliberação.

O Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro, transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/118/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Dezembro, que estabelece o regime de protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração.

O Despacho n.º 18313/2009, de 7 de Agosto, determina a elaboração do plano de gestão das bacias hidrográficas que integram a região hidrográfica do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste (RH4).

A Portaria n.º 1284/2009, de 19 de Outubro, estabelece o conteúdo dos planos de gestão de bacia hidrográfica.

O Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de Outubro, transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, de avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objectivo de reduzir as suas consequências prejudiciais para a saúde humana, incluindo perdas humanas, o ambiente, o património cultural, as infra-estruturas e as actividades económicas.

Este regime estabelece a obrigatoriedade de elaboração, de cartas de zonas inundáveis para áreas de risco potencial significativo, com a identificação de cenários de probabilidades de inundação - elevada, quando associada a períodos de retorno inferiores a 100 anos; média, quando associada a períodos de retorno de 100 anos; ou baixa, para ocorrências ou cenários associados a fenómenos extremos. Para cada um destes cenários devem ser indicados: as áreas inundadas, a profundidade de água (cotas) ou níveis de água (nível hidrométrico), o caudal de cheia e cartas de riscos de inundações (ordem de grandeza do número de pessoas afectadas, actividades económicas afectadas e instalações abrangidas pela Directiva Europeia 96/61/CE do Conselho de 24 de Setembro de 1996 - Directiva PCIP¹) até 22 de Dezembro de 2013, devendo igualmente ser elaborados para cada região hidrográfica ou unidade de gestão planos de gestão de riscos de inundações para determinadas zonas (centrados na prevenção, protecção e preparação; definição de objectivos e respectivas medidas, privilegiando as iniciativas não estruturais de redução da probabilidade de inundação) até 22 de Dezembro de 2015.

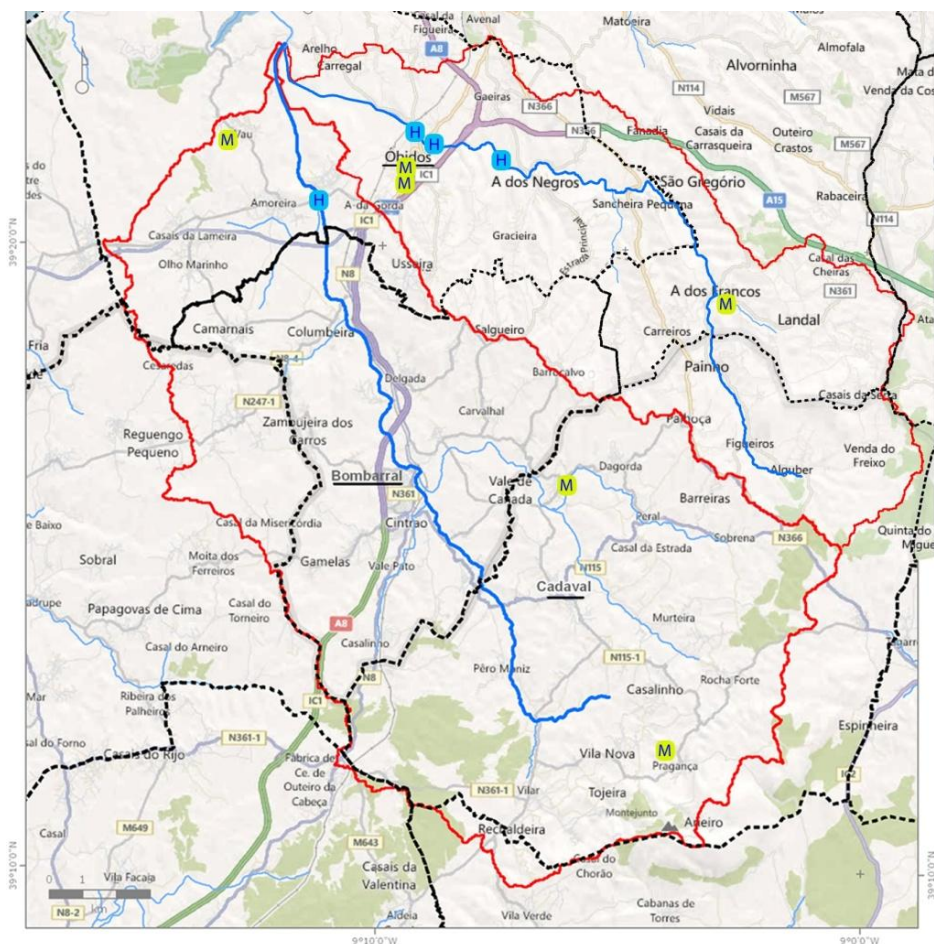
Em cada região hidrográfica, importa proceder à avaliação preliminar do risco de inundação e à necessidade de serem estabelecidas medidas suplementares para a sua mitigação, pelo que os planos de gestão de bacias hidrográficas assumem um papel relevante neste domínio, nomeadamente quanto à articulação de políticas de planeamento e gestão ao nível da região hidrográfica. Por outro lado, os instrumentos de gestão territorial de natureza estratégica são fundamentais para uma adequada ponderação e articulação ao fenómeno das cheias, bem como em relação à gestão do risco de inundações, sem prejuízo da necessária articulação dos instrumentos de prevenção destes fenómenos como Planos Distritais e Municipais de Emergência e as Directivas Operacionais de Protecção Civil. A fim de evitar e reduzir os impactos negativos das inundações nas zonas em causa, devem igualmente ser elaborados planos de gestão dos riscos de inundações, centrados na prevenção, protecção, preparação e previsão destes fenómenos. Em termos globais, descrevem-se os instrumentos técnicos, de planeamento e gestão a considerar na implementação da Directiva relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações.

¹ PCIP: Prevenção e Controlo Integrado de Poluição

CAPÍTULO 3 – ANÁLISE BIOFÍSICA

3.1. Clima

A caracterização climática na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos, teve por base a análise dos respectivos valores, associados a 10 estações de monitorização (6 estações meteorológicas e 4 estações hidrométricas). A Figura 3.1 mostra a localização destas estações.



Legenda:





-  BHLO
-  Limite de concelho
-  Estação Meteorológica
-  Estação Hidrométrica

Figura 3.1 – Distribuição espacial das estações meteorológicas e postos udométricos (ARH-Tejo, 2012)

Tabela 3.1 – Caracterização sumária das Estações Meteorológicas e Hidrométricas (Fonte: www.snirh.pt)

Estação	Código	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Altitude (m)	Tipo de Estação (Automática)	Entrada em Funcionamento (Automática)	Encerramento (Automática)	Tipo de Estação (Convencional)	Entrada em Funcionamento (Convencional)	Encerramento (Convencional)
A-Dos-Francos	18C/02U	39°32'	9°05'	62	–	–	–	Udométrica	01-10-1979	30-09-1983
Barragem de Óbidos (DGADR)	17C/08C	39°36'	9°16'	46	Climatológica	01-03-2005	–	–	–	–
Gaeiras	17C/05H	39°36'	9°13'	26	–	–	–	Limnigráfica	25-09-1980	30-09-1985
Óbidos	17C/07C	39°36'	9°16'	53	Climatológica	29-11-2001	–	Climatológica	01-10-1979	–
Óbidos	17C/03H	39°36'	9°15'	12	–	–	–	Limnigráfica	24-03-1977	30-09-1981
Ponte de Óbidos	17C/04H	39°36'	9°15'	9	Sensor de Nível	12-06-2002	–	Limnigráfica	25-02-1981	–
Pragança	18C/01G	39°20'	9°06'	183	Udográfica	02-10-2001	–	Udográfica	01-01-1916	–
Sobral da Lagoa	17B/01H	39°35'	9°19'	13	Sensor de Nível	14-02-2002	–	–	–	–
Vau	17B/01U	39°37'	9°22'	39	–	–	–	Udométrica	01-10-1980	30-09-1983
Vermelha	18C/03UG	39°27'	9°10'	50	Udográfica	10-08-2004	–	Udométrica	01-10-1980	–

Verificam-se pois:

- seis estações meteorológicas, das quais duas estão extintas (A-Dos-Francos – 18C/02U e Vau – 17B/01U) e quatro activas [Barragem de Óbidos (DGADR) – 17C/08C, Óbidos – 17C/07C, Pragança – 18C/01G e Vermelha – 18C/03UG] e
- quatro estações hidrométricas, metade está extinta (Gaeiras – 17C/05H e Óbidos – 17C/03H) e a outra metade activa (Ponte de Óbidos – 17C/04H e Sobral da Lagoa – 17B/01H).

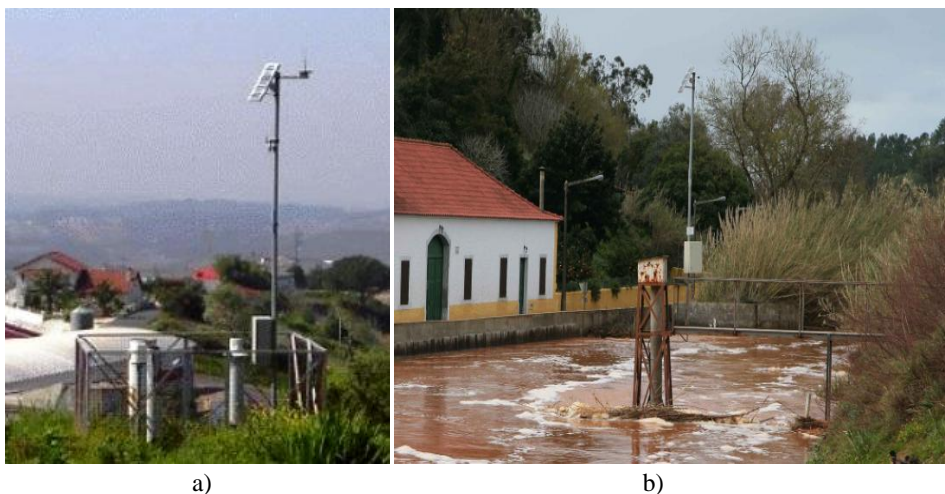


Figura 3.2 – a) Estação meteorológica de Pragança (Fonte: www.snirh.pt); b) estação hidrométrica da Ponte de Óbidos (Foto gentilmente cedida por Mara Santos e Marco Cardoso)

A caracterização climática efectuada contemplou a análise das seguintes variáveis:

1. Temperatura do ar;
2. Precipitação;
3. Humidade relativa do ar;
4. Evapotranspiração;
5. Vento.

Em termos de BHRO, apresentam-se, na Tabela 3.2, os valores médios das principais variáveis climáticas associadas a estas bacias hidrográficas (PROCESL *et al.*, 2001).

Tabela 3.2 – Valores médios das principais variáveis climáticas relativas às BHRO

Variável Climática	Valor Médio	Página
Humidade Relativa Média do Ar	80%	79/545
Temperatura Anual Média	15°C	78/545
Velocidade do Vento Anual Média	11,2 km/h	79/545
Evapotranspiração Anual Média	970 mm ⁽¹⁾	79/545
Precipitação Anual Média	818 mm	136/545

⁽¹⁾ Valor elevado, comparando com as ordens de grandeza referidas na Figura 3.20, página 26.

3.2. Temperatura do ar

A temperatura do ar foi medida nas seis estações meteorológicas integrantes da BHLO, exprimindo-se em graus Celsius (°C). A falta de dados nas séries de valores de temperatura foi colmatada por interpolação linear.

A Tabela 3.3 descreve os valores médios mensais e anuais relativos à temperatura do ar das duas estações mais relevantes para este estudo, Barragem de Óbidos (17C/08C) e Óbidos (17C/07C). As temperaturas médias do mês e do ano calculam-se pela média aritmética das temperaturas médias de todos os dias desse mês e dos doze meses desses anos hidrológicos, respectivamente. A série de valores refere-se aos anos hidrológicos de 2005 a 2007 (1 de Outubro de 2005 a 30 Setembro de 2008), por ser o registo com dados mais completos e recentes.

Tabela 3.3 – Temperaturas do ar mínima, média e máxima, mensal e anual (°C) (Fonte: ww.snirh.pt)

Estações Meses	Barragem de Óbidos (17C/08C)			Óbidos (17C/07C)		
	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)
Janeiro	2,0	9,3	14,3	2,2	10,1	14,5
Fevereiro	4,5	10,8	15,8	5,9	11,5	15,6
Março	6,9	12,1	16,7	8,2	12,5	16,5
Abril	9,4	14,2	19,8	9,7	14,5	21,1
Maió	11,4	15,4	24,5	12,1	15,8	25,4
Junho	15,0	17,9	21,5	15,8	18,4	22,9
Julho	16,6	19,3	25,1	16,9	19,7	25,5
Agosto	16,3	19,3	25,1	16,3	19,7	25,5
Setembro	13,9	18,6	23,1	14,6	19,1	25,0
Outubro	11,4	16,7	22,6	12,4	17,5	22,7
Novembro	6,0	12,4	18,3	6,7	13,3	18,7
Dezembro	3,6	9,3	16,1	4,6	10,2	16,3
Anual	9,8	14,6	20,2	10,5	15,2	20,8

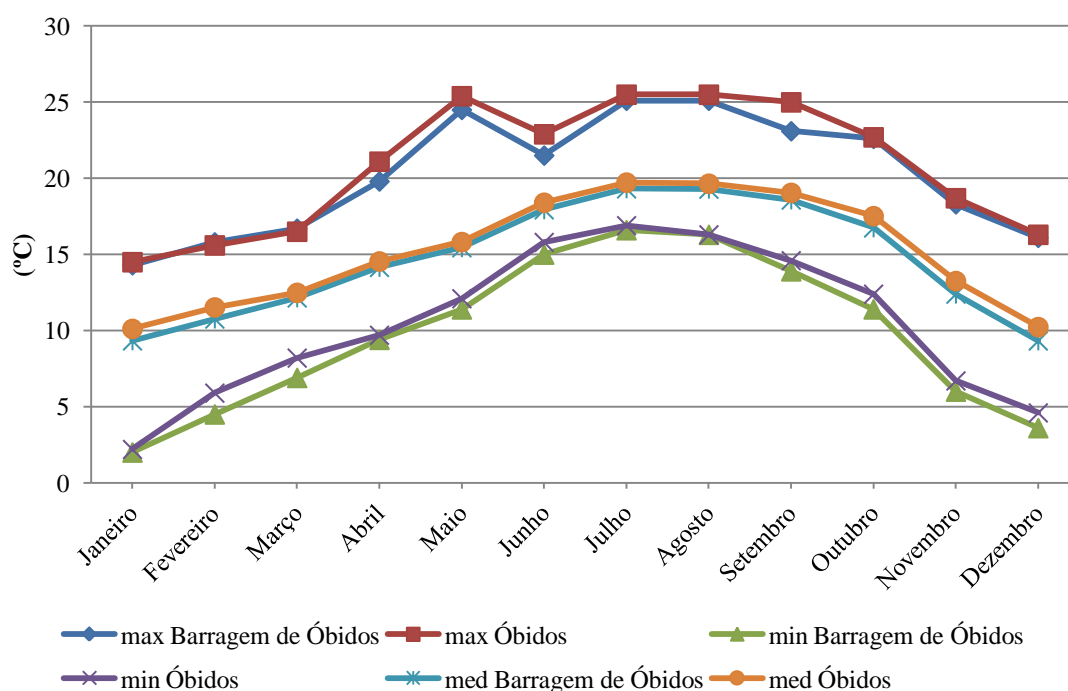


Figura 3.3 – Valores mínimos, médios e máximos da temperatura do ar média mensal (°C)

A amplitude, que resulta da subtração do valor máximo pelo valor mínimo, é um indicador eficaz para a variabilidade do clima ao longo do ano e na mesma época mas para um período de vários anos. Assim, quanto maior for a amplitude anual, menos ameno será o clima. Quanto maiores forem as amplitudes mensais maior será a instabilidade do clima. As épocas do ano mais instáveis são a Primavera, o Outono e o Inverno, com as maiores amplitudes mensais, e as menores amplitudes mensais verificam-se no Verão (Tabela 3.4 e Figura 3.4).

Tabela 3.4 – Amplitudes Térmicas Média Mensal e Anual (°C) (Fonte: www.snirh.pt)

Meses	Estações	
	Barragem de Óbidos (17C/08C)	Óbidos (17C/07C)
Janeiro	12,3	12,3
Fevereiro	11,3	9,7
Março	9,8	8,3
Abril	10,4	11,4
Maio	13,1	13,3
Junho	6,5	7,1
Julho	8,5	8,6
Agosto	8,8	9,2
Setembro	9,2	10,4
Outubro	11,2	10,3
Novembro	12,3	12,0
Dezembro	12,5	11,7
Anual	10,5	10,4

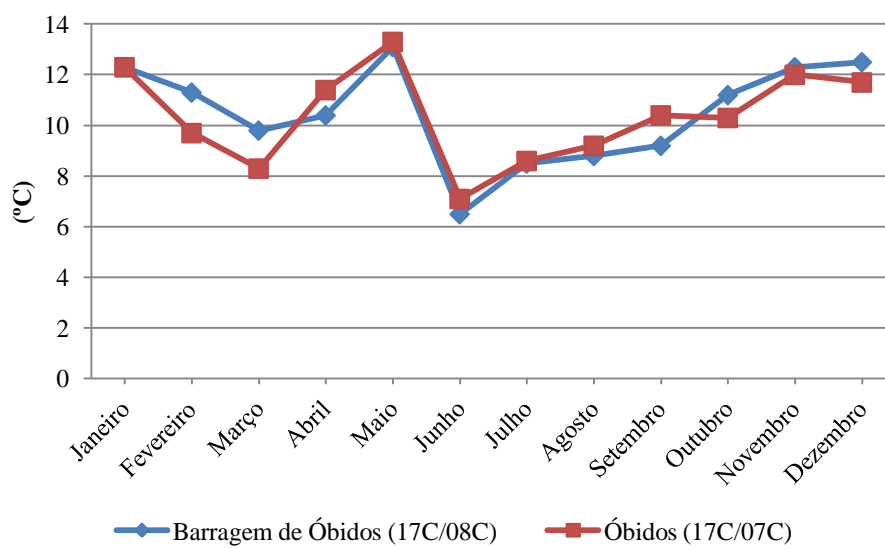


Figura 3.4 – Amplitude Térmica Média Mensal (°C)

3.3. Precipitação

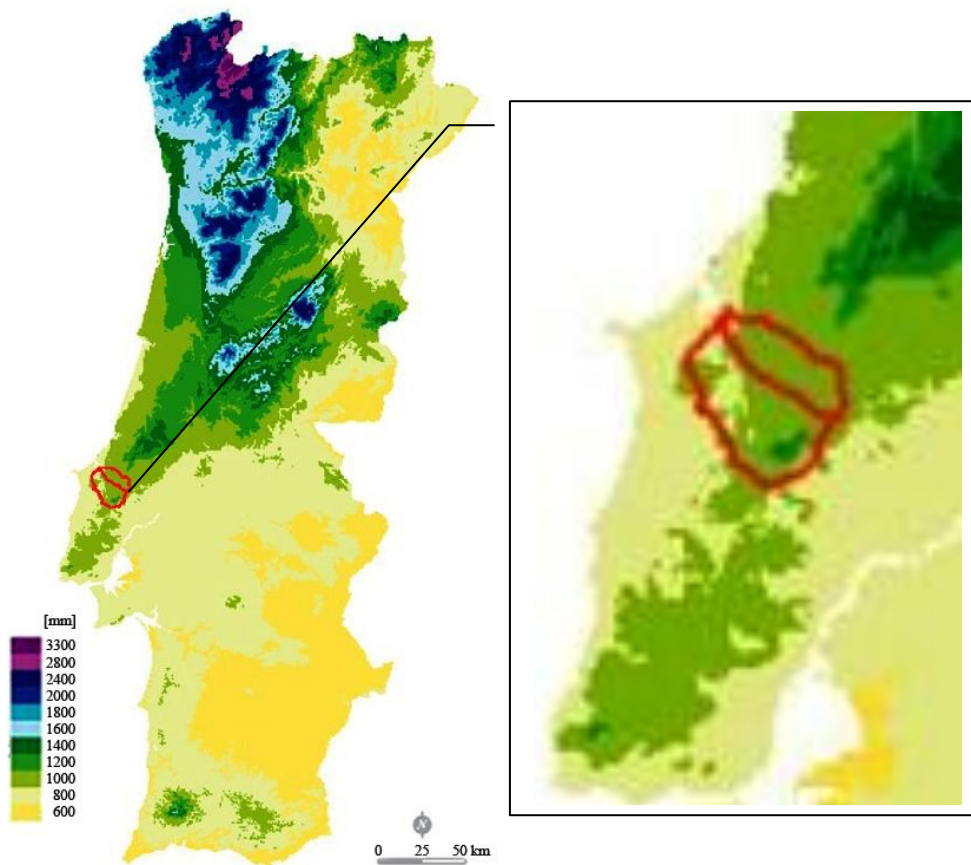


Figura 3.5 – Precipitação anual entre 1961/1990 (Fonte: www.igeo.pt)

A Figura 3.5 mostra a precipitação anual em Portugal Continental, servindo de referência.

A Tabela 3.5 ilustra os valores da precipitação anual (mm) entre os anos hidrológicos de 1979 a 2010, a partir dos quais as estações de Óbidos e Vermelha começam a ter dados relativos a esta variável. Só a estação de Pragança tem dados de precipitação anual desde o ano hidrológico de 1916. Os valores de precipitação anual obtidos a partir do SNIRH para cada ano hidrológico, correspondem ao primeiro dia de Outubro desse ano até ao último dia de Setembro do ano seguinte.

Tabela 3.5 – Valores da Precipitação Anual das Estações Meteorológicas (Fonte: www.snirh.pt)

Data (ano hidrológico)	Pragança (18C/01G)	Vermelha (18C/03UG)	Óbidos (17C/07C)
	Precipitação anual (mm)	Precipitação anual (mm)	Precipitação anual (mm)
1979	799,4	695,2	630,9
1980	498,8	417,8	491,6
1981	756,0	717,6	701,9
1982	535,8	564,0	553,4
1983	907,3	870,8	732,3
1984	1039,8	929,7	841,8
1985	676,9	736,9	761,3
1986	730,4	711,4	739,7
1987	1101,5	760,5	1133,8
1988	705,7	641,2	614,4
1989	1211,7	1086,3	1116,1
1990	909,5	715,3	837,4
1991	519,6	485,5	501,9
1992	677,6	583,1	613,0
1993	889,9	790,5	875,5
1994	418,8	442,4	489,4
1995	1366,2	1089,4	1108,3
1996	916,2	682,9	704,3
1997	1232,2	965,5	985,2
1998	639,6	558,9	581,1
1999	756,8	730,8	751,9
2000	1395,7	1133,2	1151,8
2001	605,7	596,6	618,5
2002	669,2	639,7	661,4
2003	398,3	455,7	478,5
2004	265,8	365,7	389,1
2005	890,3	556,0	584,4
2006	796,8	750,6	777,0
2007	557,8	-	-
2008	664,4	-	-
2009	1105,7	-	-
2010	1093,4	-	-

As estações de Pragança, Vermelha e Óbidos tiveram o seu valor máximo no ano 2000. As estações de A-Dos-Francos, Barragem de Óbidos e Vau não apresentam valores suficientes para constarem na Tabela 3.5, daí a sua exclusão.

Em termos de BHRO, apresentam-se, na Tabela 3.6, as precipitações anuais médias associadas a diferentes períodos de retorno, ou seja, a diferentes probabilidades de não excedência.

Tabela 3.6 – Precipitações Anuais Médias na BHRO (PROCESL *et al.*, 2001, Tabela 3.26, p. 136)

Período de Retorno (anos)	Prob. de não excedência (%)	Pp. anual BHRO (mm)
2	50,0	817
10	90,0	1089
25	96,0	1192
100	99,0	1323

Justifica-se um estudo mais aprofundado dos dados de precipitação relativos à estação de Pragança, onde existe o maior número de observações.

As precipitações mensais médias, máximas e mínimas, representadas na Figura 3.6, contrapõem-se aos valores correspondentes em termos de temperatura do ar, configurando um regime mediterrânico típico, com Invernos húmidos e Verões secos.

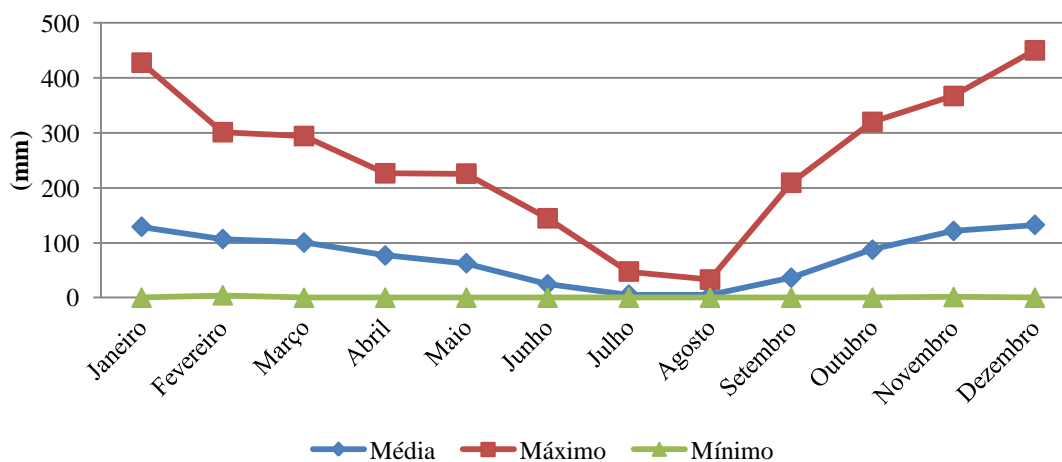


Figura 3.6 – Precipitação mensal média, máxima e mínima na estação de Pragança desde 1916 a 2002

As Figuras 3.7 a 3.18 visam analisar cada um dos doze meses do ano em termos de probabilidade de precipitação. Elas apresentam o valor médio relativo a esse mês, ao longo dos anos de 1916 (Janeiro de 1916) a 2002 (Dezembro de 2002), juntamente com um desvio padrão e dois desvios padrões, os quais, numa distribuição Normal, representam cerca de 68% e 95% do conjunto de observações. A distribuição real não é obviamente Normal, mas estas referências dão uma indicação geral sobre a magnitude e frequência de valores extremos (“outliers”). As precipitações médias do mês e do ano calculam-se pela média aritmética das precipitações médias de todos os dias desse mês e dos doze meses desse ano hidrológico.

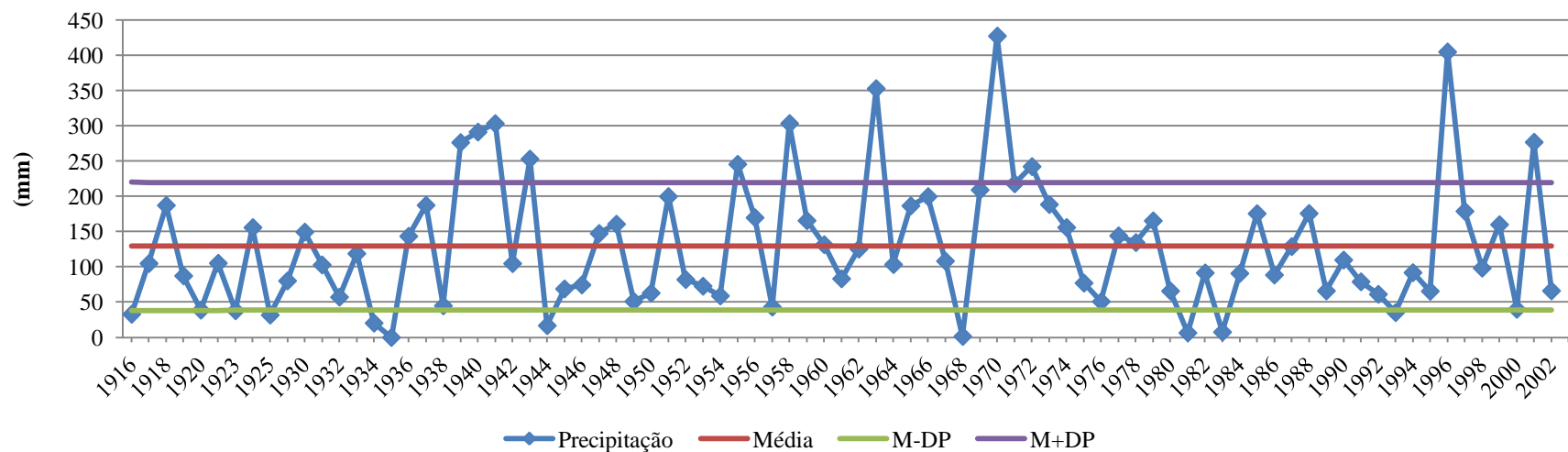


Figura 3.7 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Janeiro na estação de Pragança desde 1916 a 2002

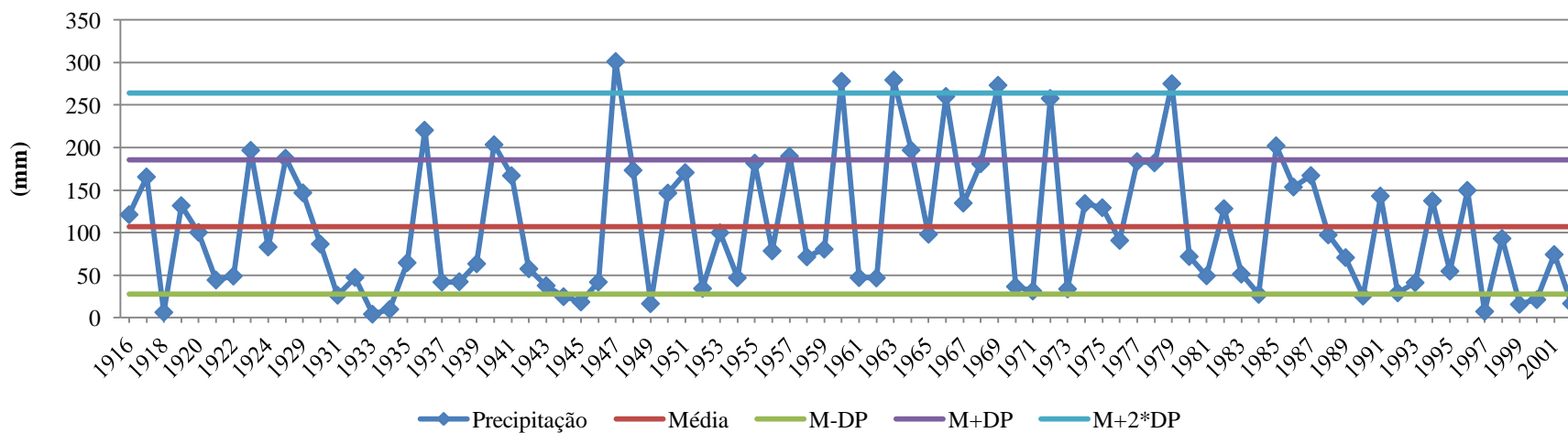


Figura 3.8 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Fevereiro na estação de Pragança desde 1916 a 2002

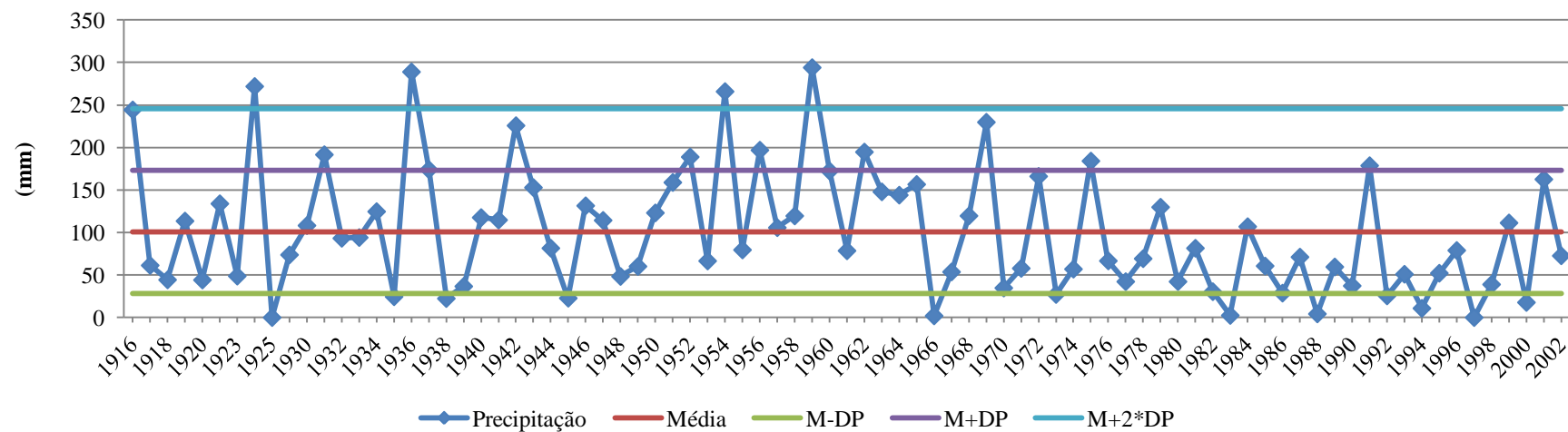


Figura 3.9 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Março na estação de Pragança desde 1916 a 2002

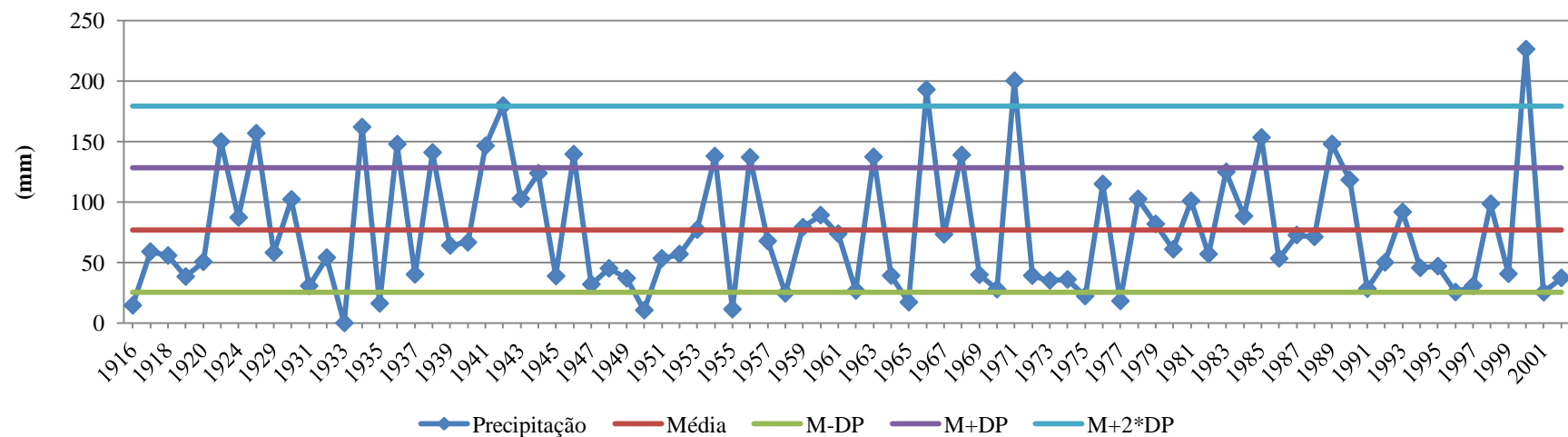


Figura 3.10 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Abril na estação de Pragança desde 1916 a 2002

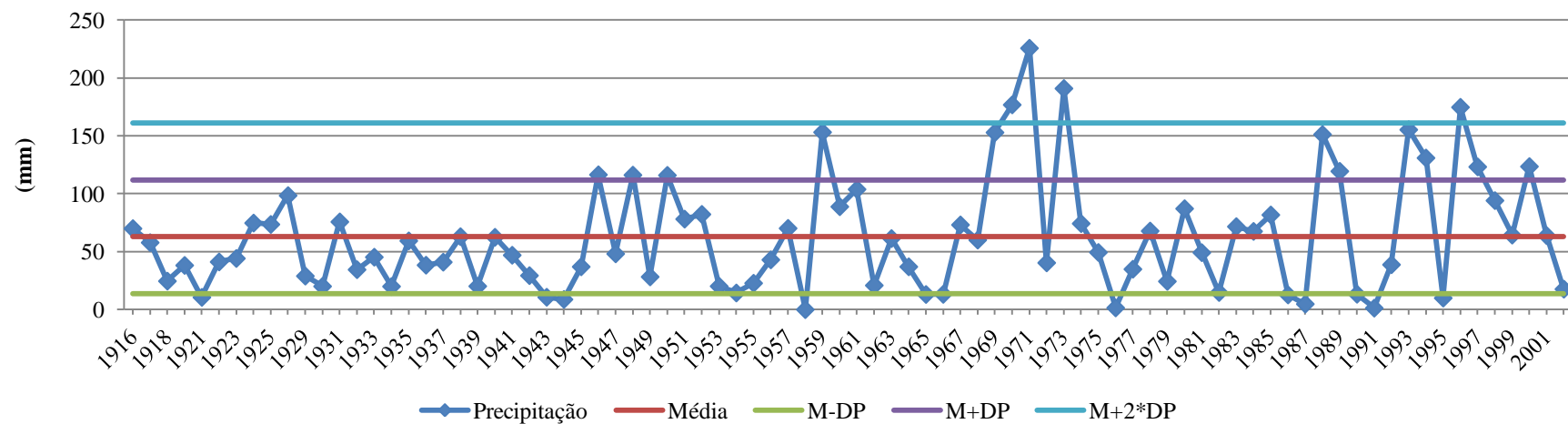


Figura 3.11 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Maio na estação de Pragança desde 1916 a 2002

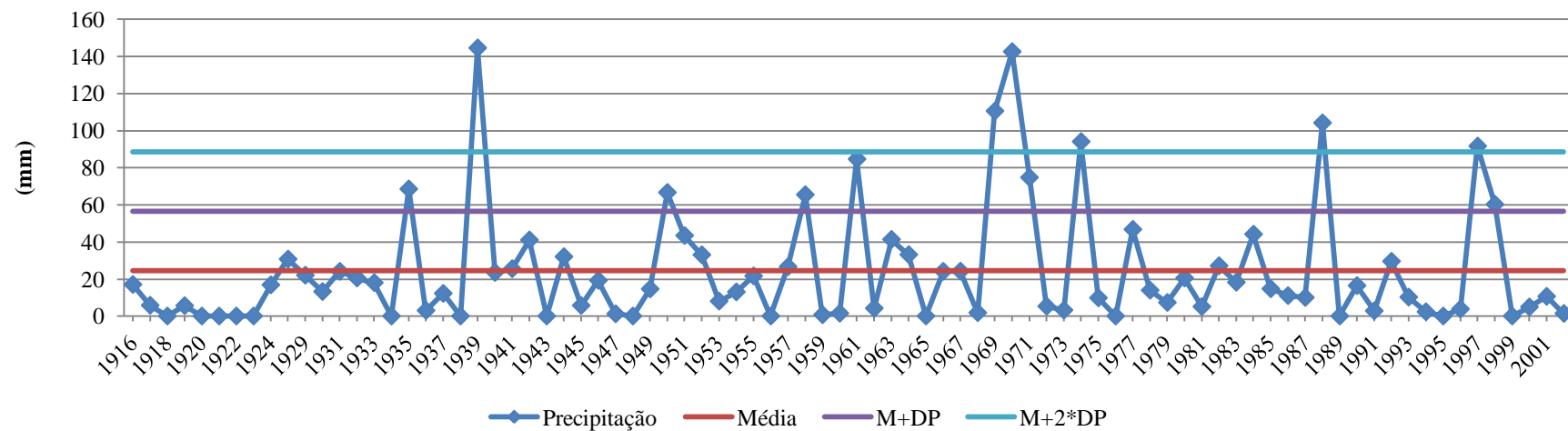


Figura 3.12 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Junho na estação de Pragança desde 1916 a 2002

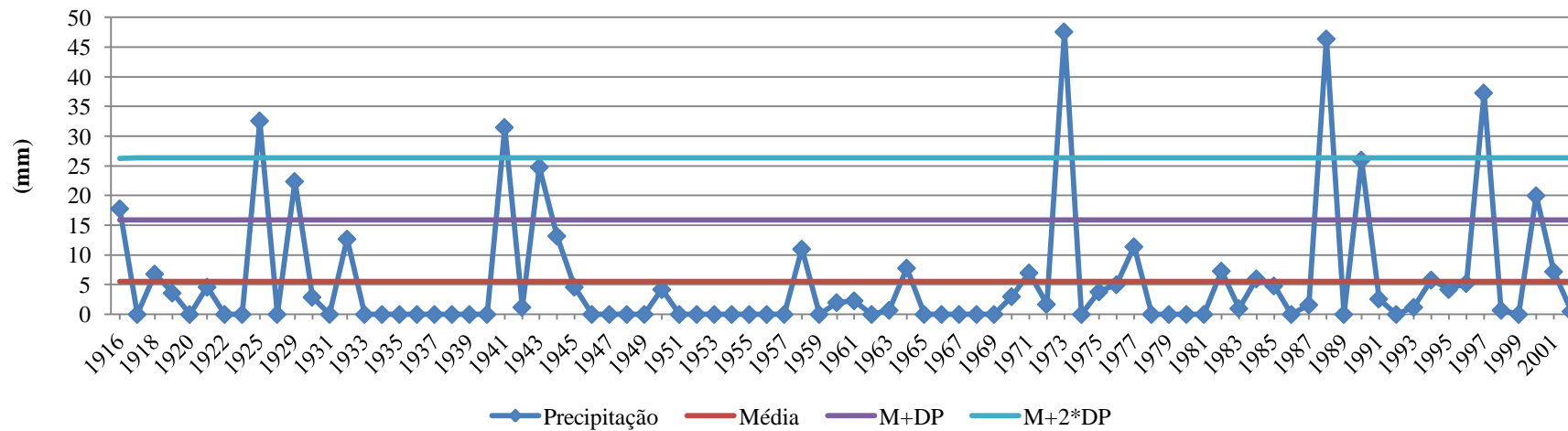


Figura 3.13 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Julho na estação de Pragança desde 1916 a 2002

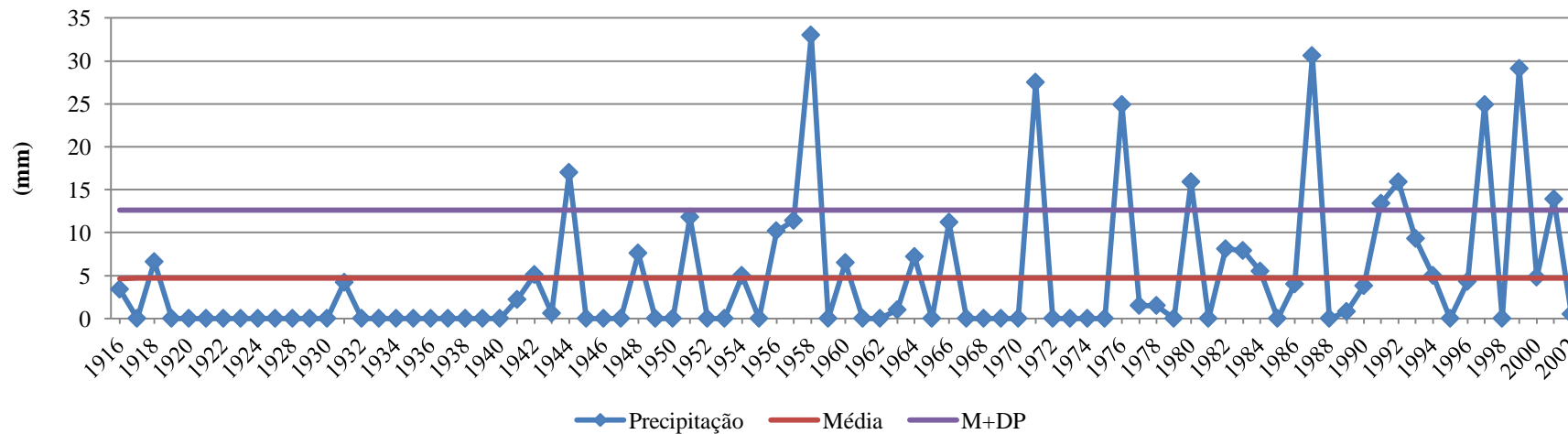


Figura 3.14 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Agosto na estação de Pragança desde 1916 a 2002

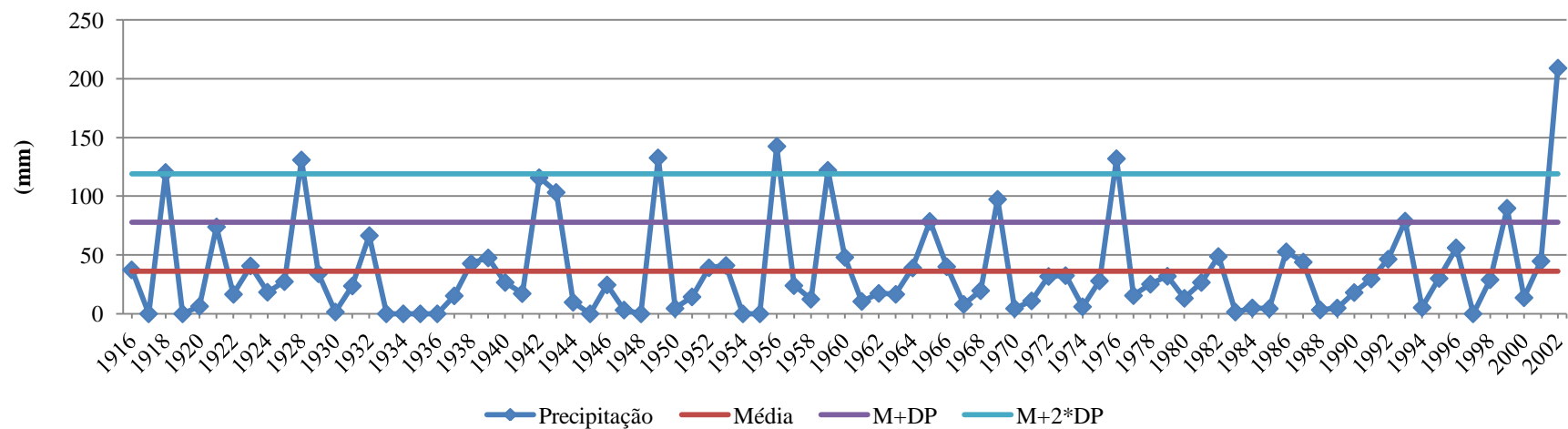


Figura 3.15 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Setembro na estação de Pragança desde 1916 a 2002

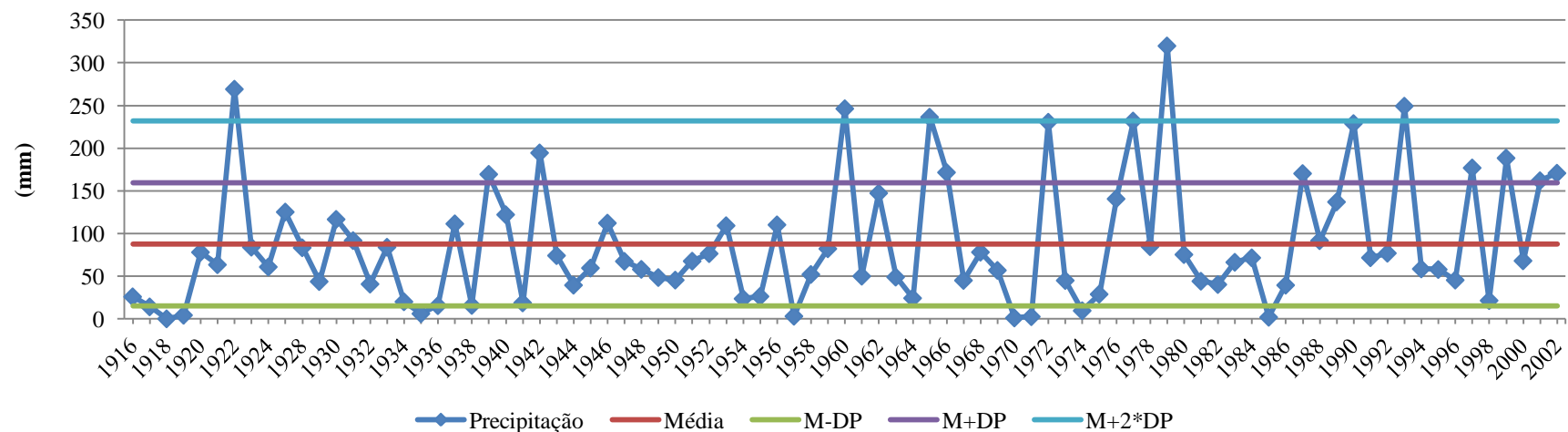


Figura 3.16 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Outubro na estação de Pragança desde 1916 a 2002

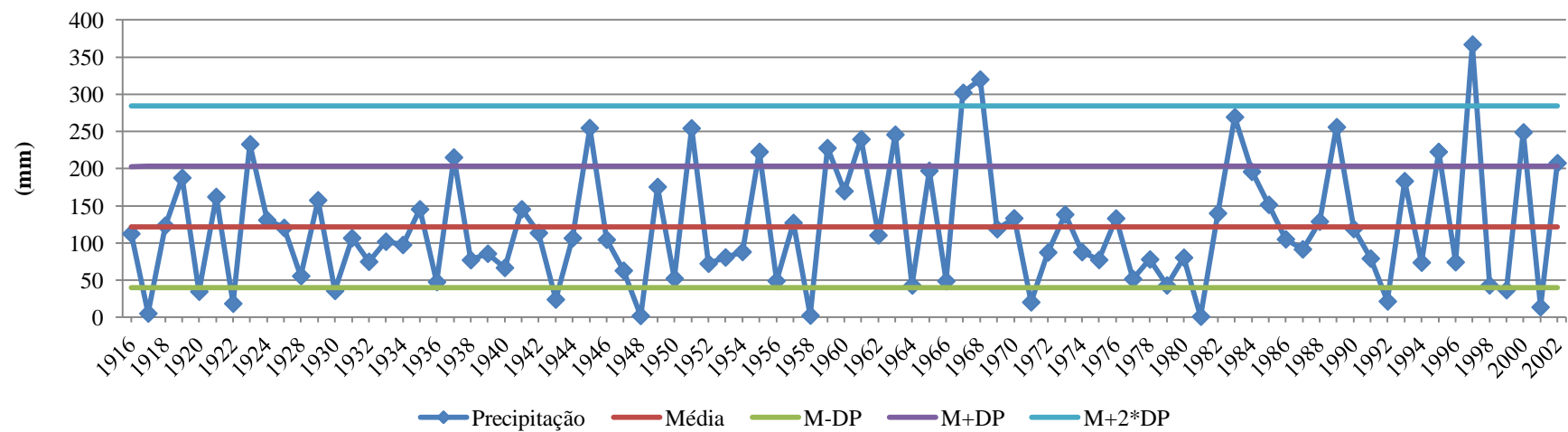


Figura 3.17 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Novembro na estação de Pragança desde 1916 a 2002

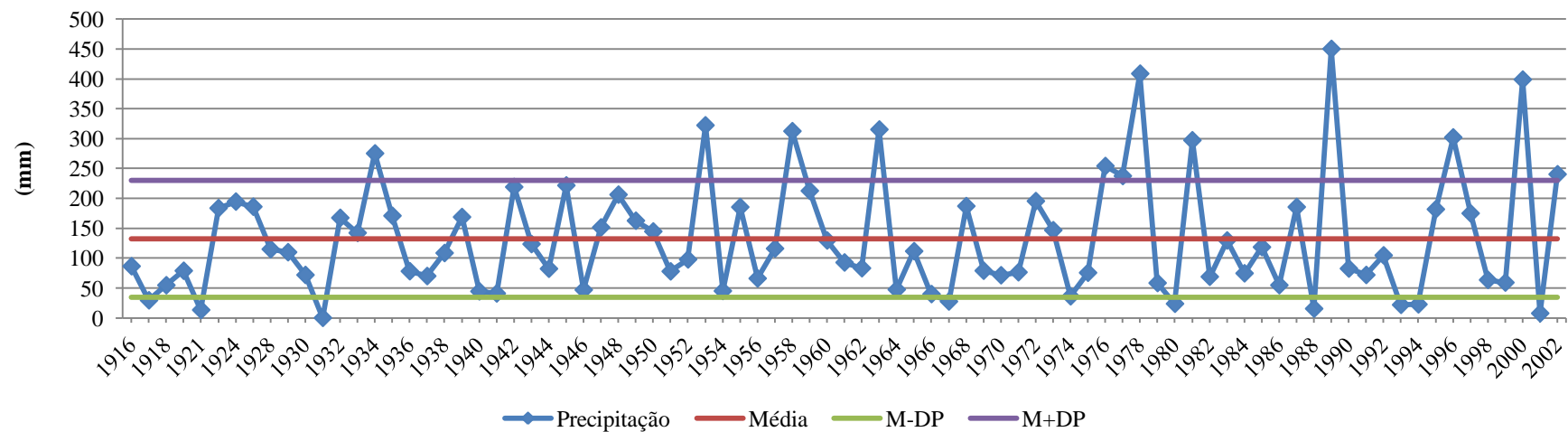


Figura 3.18 – Precipitação mensal correspondente ao mês de Dezembro na estação de Pragança desde 1916 a 2002

3.4. Humidade relativa do ar

A humidade relativa do ar define o estado higrométrico do ar e representa a razão entre a massa de vapor de água que existe num determinado volume de ar húmido e a massa de vapor de água que existiria se o ar estivesse saturado à mesma temperatura no mesmo local e instante considerado. A quantidade máxima de vapor de água que pode existir na atmosfera aumenta com a temperatura.

Na Tabela 3.7, apresentam-se os valores médios da humidade relativa do ar mensal e anual. A humidade relativa média do mês e do ano calcula-se pela média aritmética das humidades relativas médias de todos os dias desse mês e dos meses relativos aos anos hidrológicos compreendidos entre 2005 a 2007. A falta de dados nas séries de valores de precipitação mensal foi colmatada por interpolação linear.

Tabela 3.7 – Humidade relativa do ar média mensal e anual (%) (Fonte: www.snirh.pt)

Estações Meses	Barragem de Óbidos (17C/08C)	Óbidos (17C/07C)
Janeiro	86	86
Fevereiro	85	84
Março	80	80
Abril	80	82
Maio	80	82
Junho	80	81
Julho	81	82
Agosto	80	81
Setembro	83	81
Outubro	81	81
Novembro	84	82
Dezembro	83	82
Anual	82	82

Dado tratarem-se de estações meteorológicas próximas uma da outra, os valores são naturalmente iguais ou semelhantes.

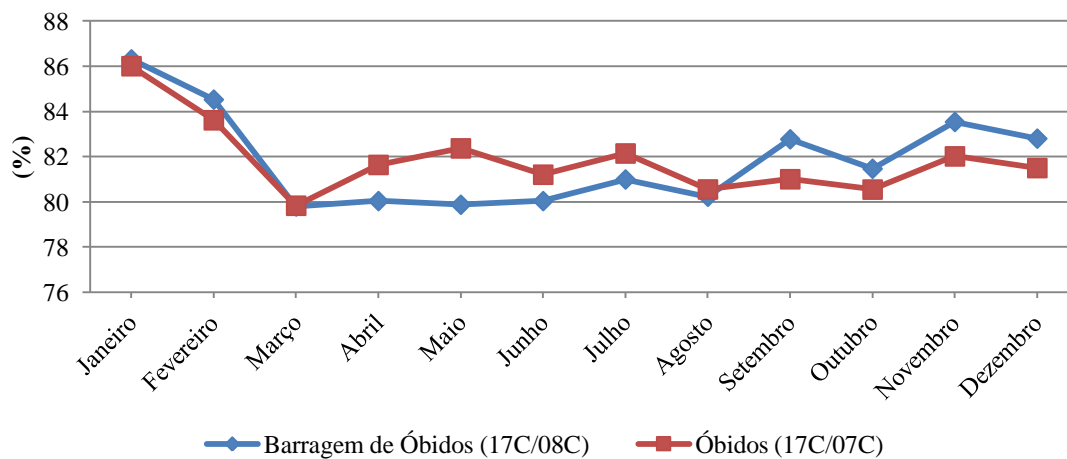


Figura 3.19 – Humidade Relativa do Ar Média Mensal (%)

3.5. Evapotranspiração

A Figura 3.20, relativa às Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, apresenta uma estimativa para os valores da evapotranspiração anual, indicando para a BHLO valores anuais compreendidos entre 400 e 700 mm, valores presumivelmente subestimados (Silva e Pacheco, 1997).

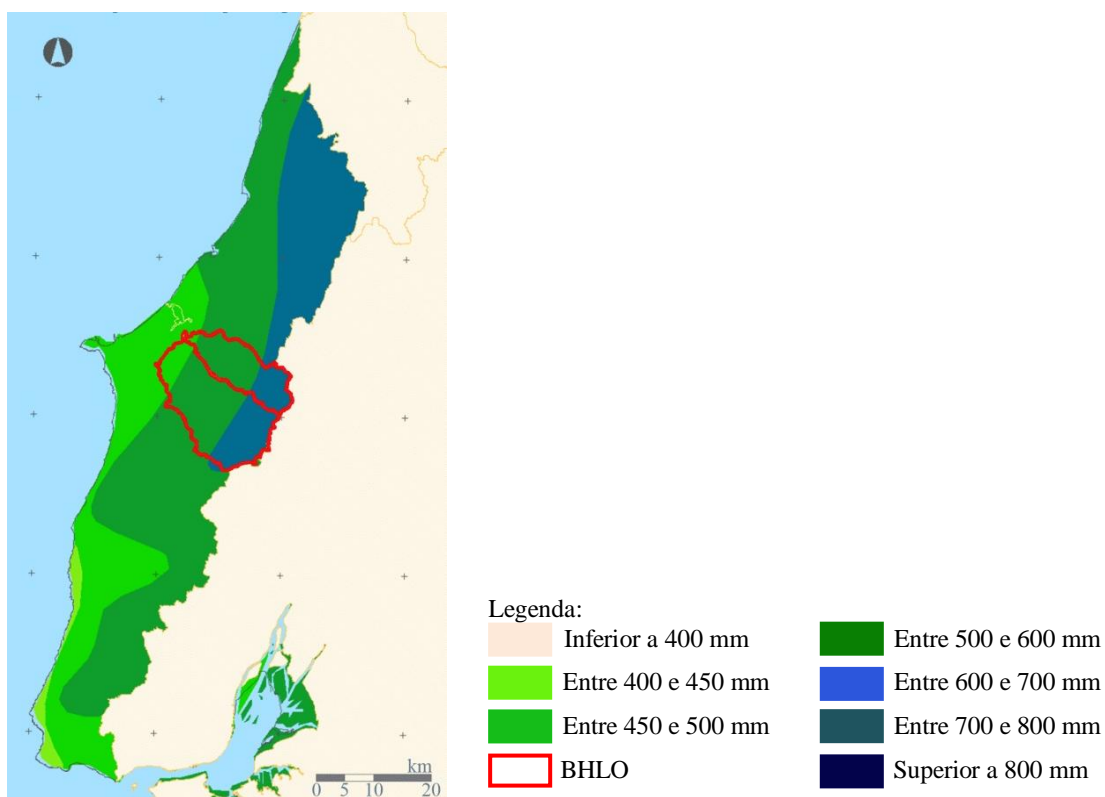


Figura 3.20 – Valores médios anuais de evapotranspiração nas BHRO (1931-1960, Fonte: www.snirh.pt)

3.6. Vento

Os parâmetros caracterizadores do vento num local são o rumo ou direcção e sentido, isto é, donde ele sopra, e a velocidade, expressa aqui em m/s. Quando a velocidade do vento é igual ou inferior a 0,28 m/s (sensivelmente 1 km/h) e não há rumo definido, diz-se ser uma situação de calma (Silva e Pacheco, 1997).

Foram seleccionadas as estações meteorológicas da Barragem de Óbidos (17C/08C), Pragança (18C/01G), Vermelha (18C/03UG) e Óbidos (17C/07C). Apresentam-se, na Tabela 3.8 e Figura 3.21, os valores mensais médios correspondentes aos anos hidrológicos de 2005 e 2006, da velocidade do vento em cada um dos oito rumos principais.

Tabela 3.8 – Velocidade do vento média mensal e anual (m/s) (Fonte: www.snirh.pt)

Estações Meses	Barragem de Óbidos (17C/08C)	Pragança (18C/01G)	Vermelha (18C/03UG)	Óbidos (17C/07C)
Janeiro	1,1	1,4	0,6	0,4
Fevereiro	1,6	2,0	0,9	0,6
Março	1,8	2,3	1,3	1,0
Abril	1,9	1,6	1,0	0,8
Maio	2,3	1,3	1,1	1,0
Junho	2,3	1,5	1,2	1,1
Julho	2,7	1,5	1,5	1,3
Agosto	2,6	1,4	1,3	1,2
Setembro	1,8	1,1	0,8	0,8
Outubro	1,3	1,9	0,8	0,6
Novembro	1,2	1,7	0,5	0,4
Dezembro	1,3	2,1	0,6	0,4
Anual	1,8	1,7	1,0	0,8

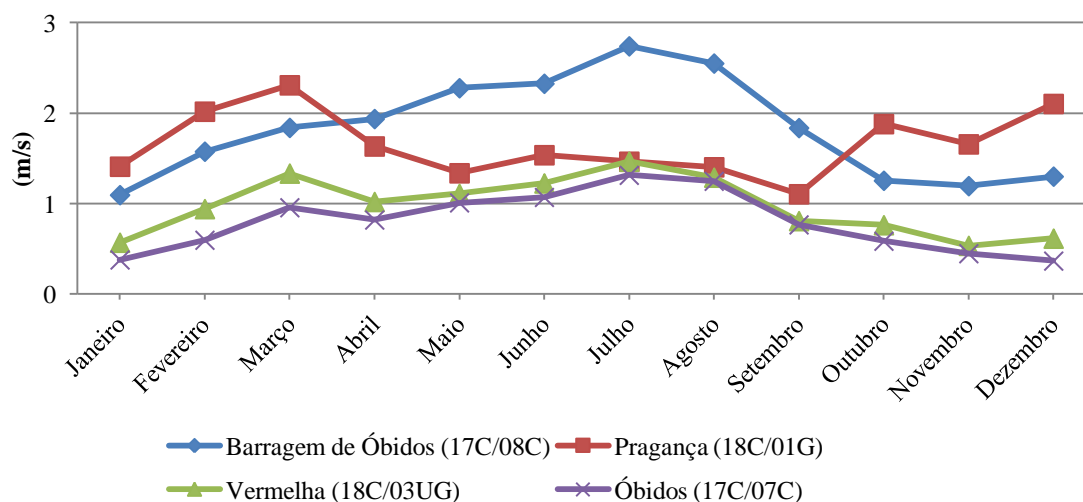


Figura 3.21 – Velocidade do vento média mensal (m/s)

Apresentam-se, nas Tabelas 3.9, 3.10 e 3.11, os valores mensais médios correspondentes aos anos hidrológicos de 2005 e 2006, da frequência de ocorrência do vento em cada um dos oito rumos principais, bem como rosas-dos-ventos trimestrais (Figuras 3.22, 3.23, 3.24).

Tabela 3.9 – Frequência do vento média mensal e anual em Óbidos (17C/07C) (Fonte: www.snirh.pt)

Rumo Meses	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Janeiro	11,0	13,8	31,9	12,6	5,5	3,2	9,3	12,7
Fevereiro	12,6	13,2	21,9	9,1	4,3	2,8	14,4	21,7
Março	9,9	14,4	27,2	7,7	3,2	2,9	16,3	18,4
Abril	11,5	20,0	30,4	9,0	3,5	2,8	11,2	11,6
Maiο	9,3	20,1	34,3	11,1	3,0	2,3	8,9	11,0
Junho	12,6	19,7	29,0	9,2	2,7	2,2	12,0	12,6
Julho	11,0	23,0	38,2	9,9	2,4	1,8	6,3	7,4
Agosto	10,0	21,4	33,0	10,5	4,6	2,3	7,0	11,2
Setembro	9,7	16,0	29,1	9,9	3,7	2,6	11,2	17,8
Outubro	13,4	9,3	18,6	8,2	3,2	3,2	18,0	26,1
Novembro	13,9	12,4	22,5	11,2	4,3	4,1	12,7	18,9
Dezembro	12,5	12,2	24,4	11,8	5,5	5,4	12,0	16,2
Anual	11,4	16,3	28,4	10,0	3,8	3,0	11,6	15,5

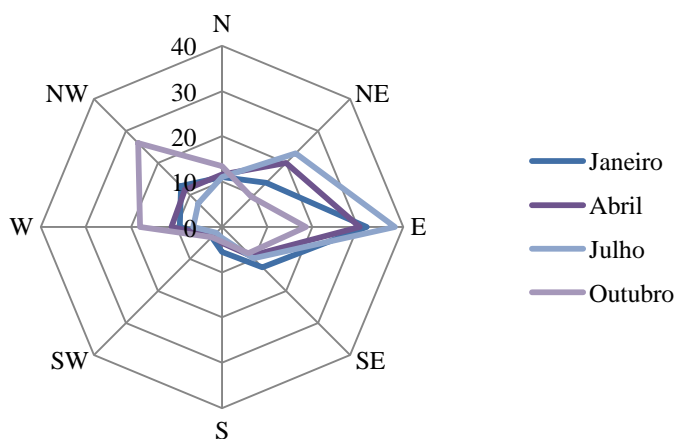


Figura 3.22 – Rosa-dos-ventos em Óbidos (17C/07C)

Tabela 3.10 – Frequência do vento média mensal e anual em Pragança (18C/01G) (Fonte: www.snirh.pt)

Rumo Meses	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Janeiro	12,0	13,7	21,2	20,6	8,8	7,6	7,8	8,3
Fevereiro	7,9	6,5	13,2	17,1	10,4	19,5	14,2	11,2
Março	16,1	5,9	7,7	12,4	12,7	19,6	11,2	14,4
Abril	13,1	8,5	11,3	11,9	8,7	14,6	14,5	17,4
Maiο	17,5	6,8	8,5	8,5	8,1	11,8	16,6	22,2
Junho	20,4	7,2	5,7	6,6	8,5	14,2	16,8	20,6
Julho	23,9	6,9	5,6	3,8	4,4	7,7	18,9	28,8

Agosto	19,1	6,3	8,7	6,7	7,5	10,3	18,8	22,6
Setembro	11,9	8,6	7,6	9,0	11,6	15,7	18,1	17,5
Outubro	5,8	4,4	10,9	20,0	19,9	17,6	13,0	8,4
Novembro	7,6	9,8	16,4	23,8	13,3	14,1	8,1	6,9
Dezembro	7,5	11,7	21,8	20,8	9,7	13,6	8,9	6,0
Anual	13,6	8,0	11,5	13,4	10,3	13,9	13,9	15,4

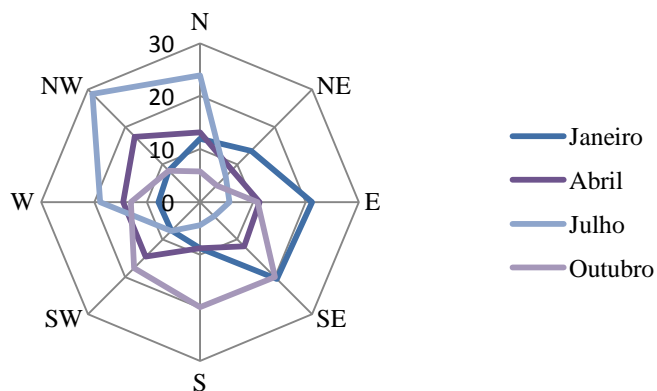


Figura 3.23 – Rosa-dos-ventos em Pragança (18C/01G)

Tabela 3.11 – Frequência do vento média mensal e anual em Vermelha (18C/03UG) (Fonte: www.snirh.pt)

Rumo Meses	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Janeiro	33,7	19,4	19,7	8,2	5,4	6,0	3,0	4,6
Fevereiro	32,3	13,1	10,7	5,9	8,9	16,0	5,7	7,4
Março	38,2	12,2	5,6	4,5	9,9	16,9	6,5	6,2
Abril	36,7	16,2	7,6	5,3	8,5	11,0	5,2	9,5
Maio	42,7	18,7	4,6	3,5	7,4	7,3	4,6	11,2
Junho	37,8	18,1	5,3	3,3	8,1	10,3	5,8	11,3
Julho	44,1	20,5	4,7	3,0	5,7	5,2	5,7	11,1
Agosto	39,7	20,0	6,3	4,2	6,9	7,3	5,2	10,4
Setembro	32,4	17,6	6,9	4,2	10,2	11,5	7,8	9,4
Outubro	21,7	14,2	13,1	7,0	19,3	15,5	4,4	4,8
Novembro	20,6	18,1	22,4	8,8	12,7	9,7	2,9	4,8
Dezembro	26,5	18,6	21,1	8,4	8,9	9,3	3,4	3,8
Anual	33,9	17,2	10,7	5,5	9,3	10,5	5,0	7,9

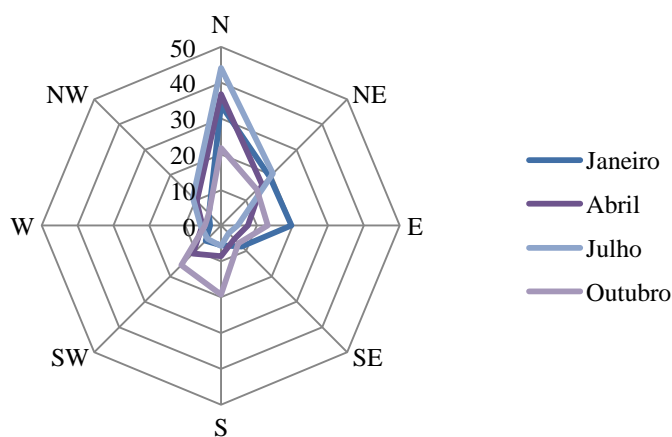


Figura 3.24 – Rosa-dos-ventos em Vermelha (18C/03UG)

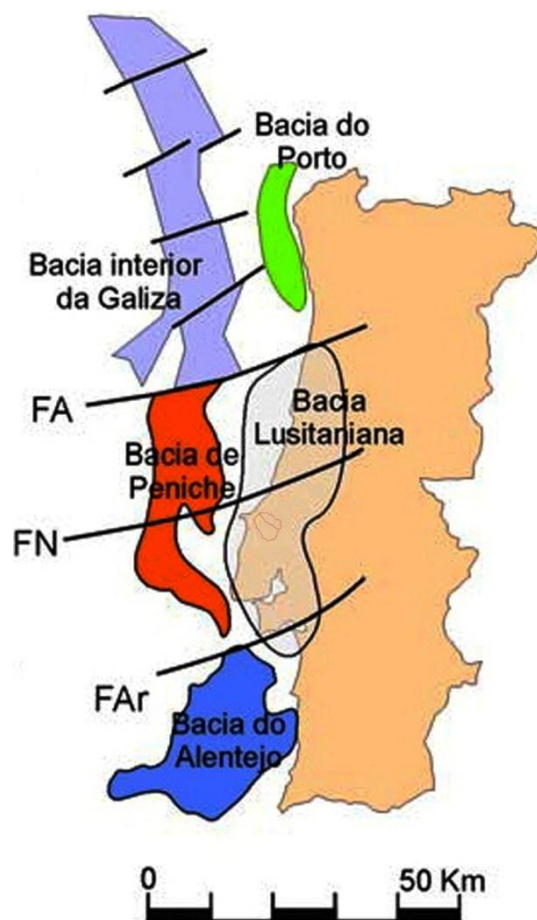
De notar as diferenças visíveis de rumo dos ventos consoante a estação seleccionada. Assim, o vento predominante em Óbidos vem de Este, em Pragança de Noroeste e de Vermelha vem de Norte. De notar ainda que ventos de outros rumos, embora menos frequentes, podem atingir velocidades elevadas.

3.7. Geologia e Hidrogeologia

3.7.1. Geologia

A área das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste na qual a Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos está inserida, ocupa uma parte importante da unidade morfo-estrutural da Orla Mesoceno-zóica Ocidental, uma das unidades morfo-estruturais em que se decompõe o território continental português (ARH-Tejo, 2011).

Os terrenos que constituem a Orla Ocidental depositaram-se numa bacia sedimentar, cuja abertura coincide com os primeiros estádios da abertura do Atlântico, a Bacia Lusitaniana. Esta, forma uma depressão alongada, com orientação NNE-SSW, onde os sedimentos acumulados, na zona axial, atingem cerca de 5 km de espessura.



Legenda: FA – Falha de Aveiro; FAr – Falha da Arrábida; FN – Falha da Nazaré

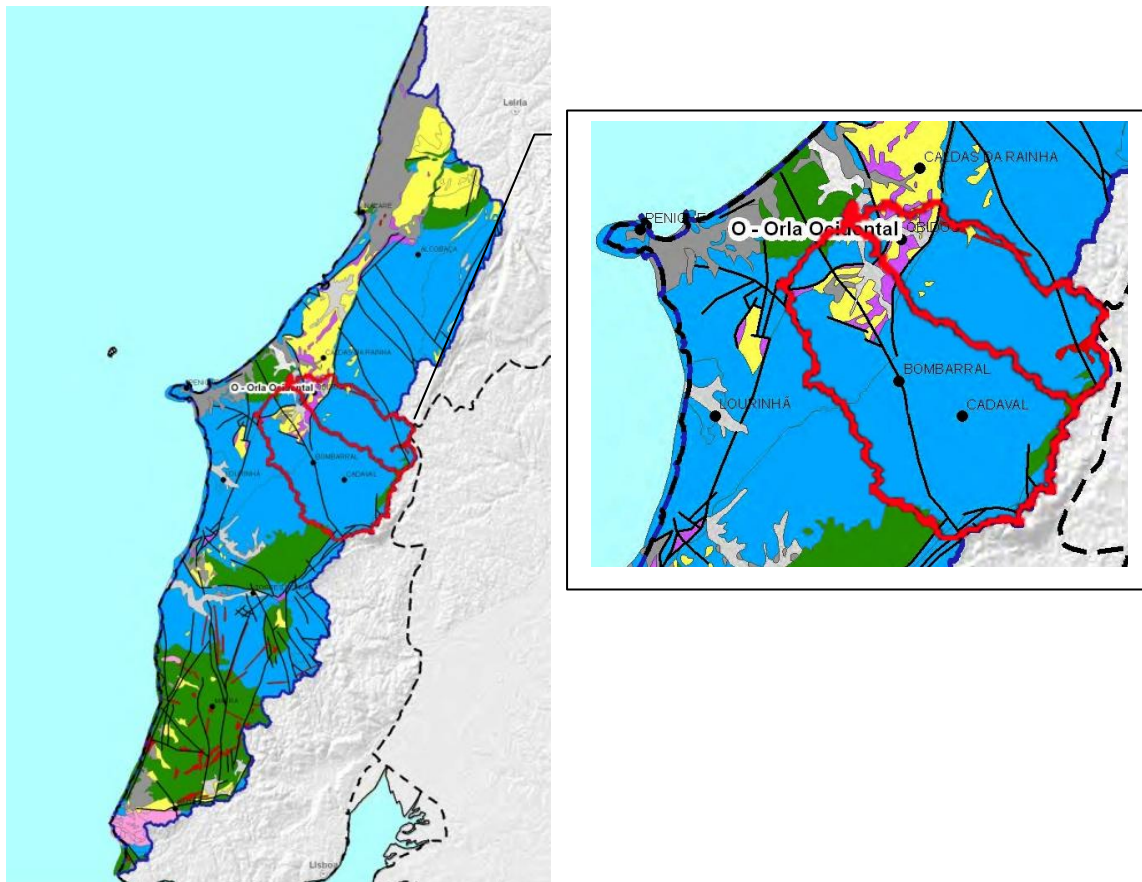
Figura 3.25 – Enquadramento geográfico e tectónico da BHLO na Bacia Lusitânica e em outras bacias da Margem Ocidental Ibérica (Kulberg *et al.*, 2006)

As formações geológicas mais antigas são do Triássico-Jurássico inferior e apenas afloram num contexto tectónico peculiar que são os diapiros. Esta formação é constituída, essencialmente, por arenitos e conglomerados de cor avermelhada, termina com um complexo argilo-margoso designado por Formação das Margas da Dagorda, que tem incorporadas massas de gesso e sal-gema. Sucedem-se formações, de natureza calco-margosa, constituídas por dolomias, calcários dolomíticos, calcários compactos, calcários margosos e margas pertencentes ao Jurássico inferior (ARH-Tejo, 2011).

No Jurássico médio, afloram calcários mais puros, compactos e espessos, que constituem a estrutura principal da serra de Montejunto. Sequências de margas e calcários margosos, com algumas intercalações de calcários betuminosos, marcam o início do Jurássico superior. Sobre põe-se uma sequência de natureza detrítica de espessura considerável. Na base desta sequência, ocorrem margas e arenitos que, para o topo, se tornam progressivamente mais detríticos. A série detrítica é constituída por arenitos, de granularidade variável. Estes arenitos, com importante matriz argilosa têm, por vezes, intercalações calcárias e margosas. As

formações detríticas, de natureza continental, que se lhe sobrepõem, em continuidade de sedimentação, que por vezes se tornam feldspáticas, pertencem ao Cretácico Inferior e estão presentes desde a região da Nazaré a Torres Vedras.

A actividade tectónica na orla ocidental caracteriza-se pela presença de um conjunto de fracturas, com orientações várias. As orientações principais da fracturação dominante são: NNE-SSW, ENE-SSW e NW-SE (Ribeiro *et al.*, 1979). A orientação NNE-SSW corresponde ao principal alinhamento diapírico, que caracteriza o estilo tectónico característico da orla. Alguns destes acidentes estão preenchidos por filões de rochas eruptivas básicas (Figura 3.26).



Legenda:

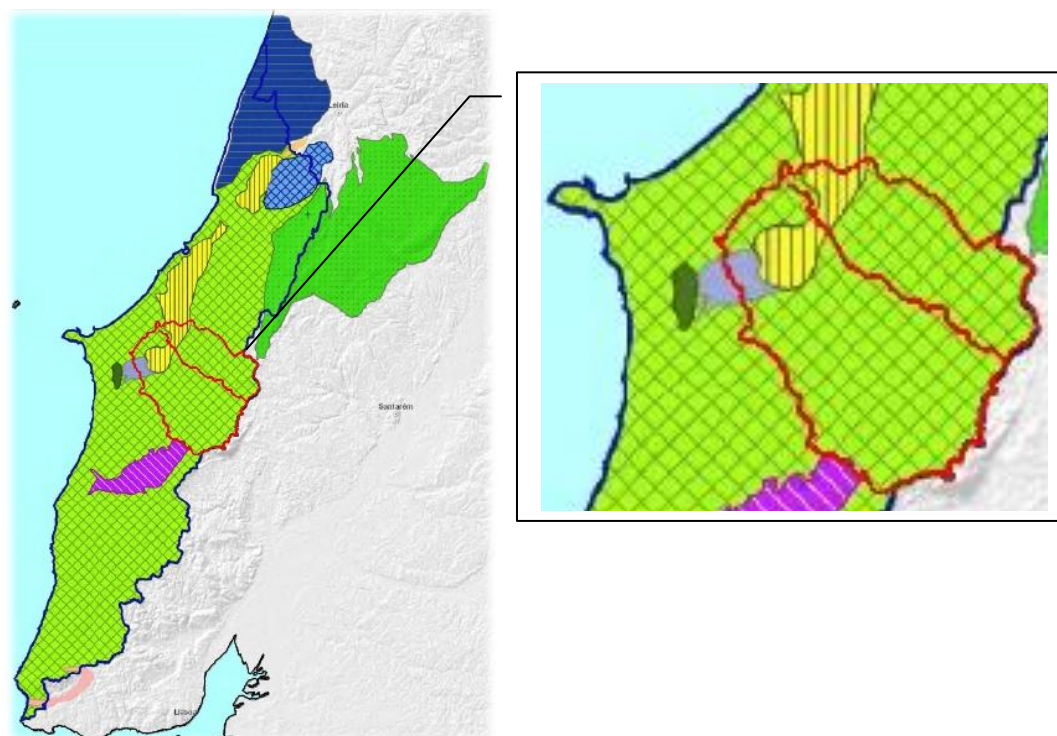
- | | | | |
|---|------------------|---|----------------------------|
|  | Cretácico |  | Rochas magmáticas |
|  | Holocénico |  | Rochas filoneanas |
|  | Jurássico |  | Terciário não diferenciado |
|  | Plistocénico |  | Triásico |
|  | Falha |  | Unidades morfo-estruturais |
|  | BHLO |  | BHRO |
|  | Sede de concelho | | |

Figura 3.26 – Carta geológica (ARH-Tejo, 2011)

3.7.2. Hidrogeologia

As Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste abrangem duas unidades hidrogeológicas, a Orla Ocidental e a Bacia do Tejo-Sado, tendo sido delimitadas 10 massas de água subterrâneas (Alpedriz, Caldas da Rainha-Nazaré, Cesareda, Maceira, Maciço Calcário Estremenho, Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste, Paço, Pisões-Atrozela, Torres Vedras, Vieira de Leiria-Marinha Grande). Destas, quatro fazem parte da BHLO (Caldas da Rainha-Nazaré, Cesareda, Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste e Torres Vedras). A Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste agrega todas as formações geológicas que não foram consideradas como sistemas aquíferos (ARH-Tejo, 2011).

A Figura 3.27 e Tabela 3.12 identificam as massas de água subterrâneas e respectivas áreas.



Legenda:













	Alpedriz		OOIBRO
	Caldas da Rainha - Nazaré		Paço
	Cesareda		Pisões – Atrozela
	Maceira		Torres Vedras
	Maciço Calcário Estremenho		Vieira de Leiria – Marinha Grande
	BHLO		BHRO

Figura 3.27 – Identificação de massas de água subterrâneas (ARH-Tejo, 2011)

Tabela 3.12 – Massas de água subterrâneas abrangidas pela Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos (ARH-Tejo, 2011)

Designação da massa de água	Designação da massa de água	Meio Hidrogeológico	Área Total (km ²)	Área incluída na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos (km ²)
Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste	Lagoa de Óbidos: Complexo gresoso de Olhos Amarelos e Pousio da Galeota e Gansaria	Poroso	1801	338 (88,2%)
	Montejunto: Calcários do Batoniano Bajociano; Formações do Caloviano; Camadas de Montejunto; Camadas de Cabaços (Oxfordiano)	Poroso		
Cesareda	Camadas de Cabaços e de Montejunto (Jurássico superior), Calcários (Jurássico médio)	Cársico	17	9 (2,3%)
Caldas da Rainha – Nazaré	Areias marinhasossilíferas e Areias continentais (Pliocénico superior)	Poroso	166	34,5 (9,1%)
Torres Vedras	Formação de Torres Vedras (Cretácico inferior)	Poroso	80	1,5 (0,4%)

Na BHLO, tal como nas Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste predominam as massas de água do tipo poroso, ocupando neste caso, cerca de 98% da área da região. O meio poroso predomina nesta bacia hidrográfica, devido à extensa área ocupada pela Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste.

Aquífero de Caldas da Rainha - Nazaré

Os concelhos que envolvem esta massa de água e estão incluídos na bacia em estudo são Bombarral, Caldas da Rainha e Óbidos (Figura 3.28).

O sistema aquífero de Caldas da Rainha – Nazaré tem uma área aproximada de 166 km² e é composto por dois aquíferos separados, o Norte e o Sul. O sector Norte em nada interfere com a BHLO. O sector Sul deste sistema aquífero ocupa 34,5 km², tem um carácter multicamada, livre a confinado, apresentando algumas captações, aquando da sua construção, níveis piezométricos situados acima da cota do terreno. As transmissividades, para o mesmo vale tifónico, estimadas a partir de caudais específicos, variam entre 30 e 450 m²/dia (Saraiva e Cristo, 1994).

O Rio da Cal possui a cabeceira dentro deste sistema, com uma cota de cerca de 10 m, terminando na Lagoa de Óbidos, quando esta ainda se encontra na área do aquífero. Comparando a cota com os valores de potencial hidráulico máximos registados pelos piezómetros mais próximos (338/2 e 338/31), verifica-se que este curso de água não recebe caudal de base por parte deste sistema aquífero.

Tabela 3.13 – Informação relativa a piezómetros situados sobre o sistema aquífero Caldas da Rainha – Nazaré (Paz, 2009)

Estação Piezométrica	Início / Fim da série	N.º de dados	Piezométrica Máximo (m)	Piezométrica Mínima (m)	Amplitude (m)
338/2	23-01-2002 / 25-03-2009	79	21,43	10,77	10,66
338/31	28-12-2000 / 25-03-2009	83	25,91	21,72	4,19

Aquífero de Cesareda

O aquífero da Cesareda envolve os concelhos do Bombarral, Lourinhã, Óbidos e Peniche (Figura 3.29).

O maciço de Cesareda, com cerca de 17 km², corresponde essencialmente a um planalto, cortado nos calcários do Dogger e Malm, com limites bem marcados a oeste e norte. A espessura total das formações aquíferas é de cerca de 200 m. Ele é limitado a norte e oeste por dois importantes acidentes. A norte, a falha da Serra de El Rei, estabelece a fronteira entre o maciço e o bordo sul do vale tifónico das Caldas da Rainha. A sul e leste, a transição das formações que constituem o sistema para as formações envolventes, faz-se de forma gradual (Almeida *et al.*, 2000).

A principal área de recarga do sistema é o planalto de Cesareda, que corresponde a uma superfície de aplanção bem conservada, com várias depressões cársicas e cavidades subterrâneas. A principal descarga do sistema localiza-se na pequena povoação de Olho Marinho. Existem alguns afloramentos de tufos quaternários relacionados com aquela exsurgência, onde foram implantados furos para abastecimento de água. Na aldeia de Pó, perto do limite entre os calcários jurássicos e os depósitos do vale tifónico das Caldas da Rainha, foram também implantados três furos para abastecimento ao concelho de Bombarral. Perto destas captações existem algumas exsurgências temporárias, assim como no vale de Columbeira.

A textura do solo está relacionada com a distribuição das dimensões das partículas. A percentagem em que cada um dos elementos de areia, silte e argila entram na composição do solo define as classes de textura para as quais têm sido propostas várias classificações.

A bacia está localizada numa zona climática de transição pelo que a distribuição dos solos está estreitamente relacionada com a geologia. Grande parte dos solos ocorrentes são derivados de calcários e grés ou de outras rochas detríticas consolidadas, por vezes mais grosseiras, apresentando estes solos um perfil diferenciado em função não só da natureza da rocha-mãe e do declive, mas também dos fenómenos erosivos e da drenagem externa dependentes destes, por sua vez, ainda das características do relevo (Ribeiro, 1994).

A classificação adoptada é a mesma da fonte, excepto terem sido eliminadas as unidades cartográficas não existentes na bacia. Essa classificação é apresentada na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 – Classificação dos solos (Silva e Pacheco, 1997)

Ordem	Subordem	Grupo	Subgrupo	Símbolo
Incipientes	Regossolos	Psamíticos	Normais	R
Incipientes	Regossolos	Psamíticos	Para hidromórficos	Rg
Incipientes	Aluviosolos	Modernos	–	A
Incipientes	Aluviosolos	Antigos	–	At
Litólicos	Não húmicos	Pouco insaturados	Normais	Lt
Litólicos	Não húmicos	Pouco insaturados	Normais	Lb
Litólicos	Não húmicos	Pouco insaturados	Normais	Ll
Calcários	Pardos	Clima xérico	Normais	Pcs
Calcários	Pardos	Clima xérico	Para barros	Pcs'
Calcários	Vermelhos	Clima xérico	Normais	Vcs
Calcários	Vermelhos	Clima xérico	Para barros	Vcs'
Barros	Não calcários	-	-	B
Barros	Calcários	-	-	Bc
Argiluvitados	Mediterrâneos pardos	Materiais calcários	Para hidromórficos	Pgs
Argiluvitados	Mediterrâneos Pardos	Materiais não calcários	Normais	Pat
Argiluvitados	Mediterrâneos Pardos	Materiais não calcários	Para barros	Pat'
Argiluvitados	Mediterrâneos Pardos	Materiais não calcários	Para hidromórficos	Pag
Argiluvitados	Mediterrâneos vermelhos	Materiais calcários	normais	Vac
Argiluvitados	Mediterrâneos vermelhos	Materiais calcários	Para barros	Vas'
Argiluvitados	Mediterrâneos vermelhos	Materiais calcários	Para hidromórficos	Vgs
Argiluvitados	Mediterrâneos	Materiais não	Normais	Vat

	vermelhos	calcários		
Argiluvitados	Mediterrâneos vermelhos	Materiais não calcários	Para barros	Vat'
Argiluvitados	Mediterrâneos vermelhos	Materiais não calcários	Para hidromórficos	Vag
Podzolizados	Materiais arenáceos soltos	-	-	Zt
Podzolizados	Sobre arenitos	-	-	Zl
Halomórficos	-	De aluviões	-	As
Hidromórficos	Sem horizonte eluvial	Para aluissolos	-	H
Afloramentos rochosos de arenitos				Art
Afloramentos rochosos de calcários				Arc

A – aluvião; At – aluvião antigo; As – aluvião salino; Ar – afloramento de rocha; B – barros não calcários; Bc – barros calcários; H – solos hidromórficos; L – solo litólico; P – solo pardo; R – regossolo; V – solos vermelhos; Z – solos podzolizados; a – argiluvitado; b – basalto ou rocha afim; c – solo calcário (2º lugar) ou argiluvitado sobre calcários duros (3º lugar); g – drenagem interna deficiente; l – materiais originários soltos; s – materiais margosos (3º lugar); t – geralmente conectado com arenito (3º lugar); ‘ – para barro

3.8.2. Capacidade de uso dos solos

A Carta de Capacidade do Uso do Solo é uma interpretação da Carta dos Solos em que estes são agrupados de acordo com as suas potencialidades e limitações, isto é, de acordo com a sua capacidade para suportarem, durante um período de tempo longo e sem sofrerem deteriorações, as culturas mais frequentemente cultivadas, excluindo as arbustivas e arbóreas ou que não necessitem de condições especiais, como o arroz.

Deve sublinhar-se que a capacidade de uso dos solos é definida em função da aptidão para culturas arvenses, pelo que não é lícito afirmar que outras culturas não são produtivas em solos de capacidade mais baixa. Por exemplo, no critério declive, para culturas que não necessitem de grandes mobilizações como o pomar. Assim, as conclusões a tirar devem ser cuidadosas em relação a cada tipo de cultura.

A classificação utilizada é igual à da fonte, tal como descrita na Tabela 3.15. De notar que esta classificação não é imutável, pois os solos podem ser melhorados, nomeadamente com obras de drenagem ou de controlo de erosão, ou degradados, logo podem subir ou descer de classe.

Tabela 3.15 – Classificação da Capacidade de Uso dos Solos (Silva e Pacheco, 1997)

Classe	Capacidade de uso dos solos	Descrição
A	Muito elevada	Solos com capacidade de uso muito elevada; poucas ou nenhuma limitações; sem riscos de erosão ou com riscos ligeiros; susceptíveis de utilização agrícola intensiva.

B	Elevada	Solos com capacidade de uso elevada; limitações moderadas; riscos de erosão moderados, no máximo; susceptíveis de utilização agrícola moderadamente intensiva.
C	Mediana	Solos com capacidade de uso moderada; limitações acentuadas; riscos de erosão elevados, no máximo; susceptíveis de utilização agrícola pouco intensiva.
D	Baixa	Solos com capacidade de uso baixa; limitações severas; riscos de erosão elevados a muito elevados, no máximo; não susceptíveis de utilização agrícola, salvo casos muito especiais.
E	Muito baixa	Solos com capacidade de uso muito baixa; limitações muito severas; riscos de erosão muito elevados; não susceptíveis de utilização agrícola; limitações severas a muito severas para pastagens, matos e exploração florestal ou servindo apenas para vegetação natural ou floresta de protecção ou recuperação.

A distribuição da capacidade de uso dos solos pela bacia está apresentada na Tabela 3.16. Através dela e da Figura 3.31, pode observar-se que os solos da bacia têm no conjunto uma capacidade mediana a baixa já que a maior parte pertence a classes ou complexos de classes C, D e E.

Tabela 3.16 – Distribuição da Capacidade de Usos dos Solos (Silva e Pacheco, 1997)

Capacidade de uso	Área total (ha)	Área relativa (%)	Capacidade de uso	Área total (ha)	Área relativa (%)
A	1102,1	2,47	DC	2831,6	6,34
BA	255,0	0,57	D	4514,5	10,10
B	2189,5	4,90	DE	10128,4	22,67
BC	937,6	2,10	ED	395,8	0,89
CB	5240,2	11,73	E	1585,1	3,55
C	5859,5	13,11	Área Social	868,6	1,94
CD	8445,0	18,90	si	330,4	0,74

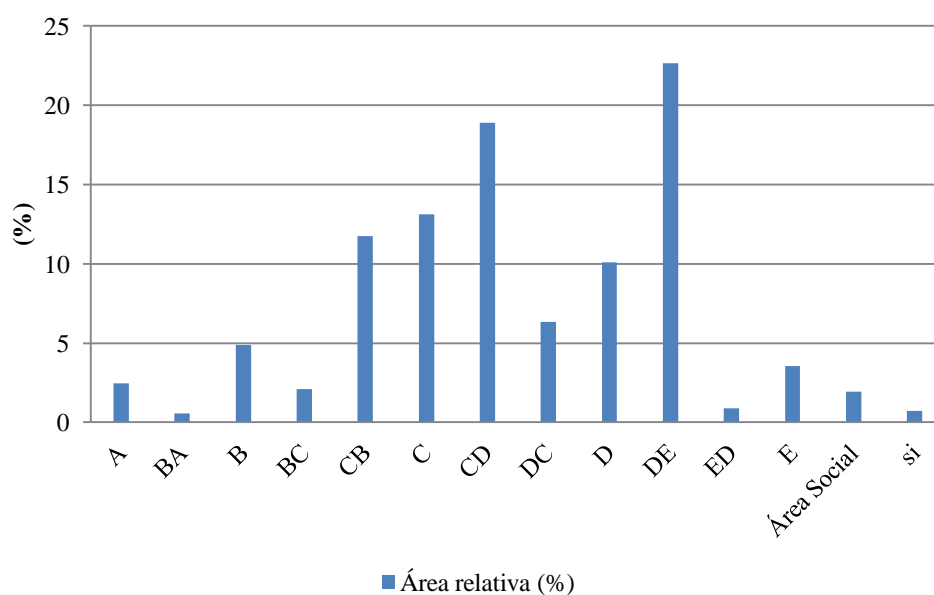


Figura 3.31 – Distribuição da capacidade de uso dos solos

Os complexos DE e CD com 22,67% e 18,90%, respectivamente, estão à cabeça, seguidos da classe C e do complexo CB com 13,11% e 11,73%.

Conclui-se não serem de esperar grandes produtividades para as culturas que definem a capacidade de uso dos solos e que muitos dos solos da bacia terão problemas de erosão ou drenagem.

3.8.3. Carta de Ordenamento Agrário

Esta é uma carta interpretativa destinada ao planeamento das culturas. A sua necessidade justifica-se atendendo a que a agricultura é uma actividade económica privada, nem sempre conduzida da forma mais sustentável, como sejam as mobilizações de terreno segundo linhas de maior declive, ou a cultura da vinha em solos de aluvião, ainda hoje presentes em grande extensão.

Os outros planos de ordenamento e planeamento, como os PDM's, aumentam a sua razão de ser, pois como estes últimos devem definir os usos de solo, necessitam de cartas de ordenamento agrário, elaboradas pelas instituições competentes.

A classificação desta carta foi adaptada da classificação da fonte, recorrendo a DRARO (1991), procurando harmonizar esta carta com a Carta do Uso do Solo. A classificação resultante está descrita no Tabela 3.17.

Tabela 3.17 – Classificação do Ordenamento Agrário (Silva e Pacheco, 1997)

Cultura		Símbolo
Arvense	De sequeiro	Ca
Arvense	De regadio	Cr
Mosaico de culturas composto por arvenses de sequeiro, regadio e hortícolas	Dominado por Cr	Ag1
	Dominado por H	Ag2
	Dominado por Ca	Ag3
Oliveira		Ol
Pomar		Pm
Vinha		V
Floresta de solos ácidos e textura ligeira	Com Pnb, Ec, Sb	Fa1
Floresta de solos ácidos ou neutros e textura mediana ou pesada	Com Ec, Pnb, Sb, Cv	Fa2
Floresta de solos calcários	Com Ec, Pnh, Pnm, Az, Zb	Fc
Floresta de solos simultaneamente calcários e não calcários	Com Pnb, Pnm, Pnh, Ec, Sb, Cv, Az, Zb	Fca
Floresta pioneira	Com Ac, Pnm, Pnb	Fp
Prado permanente	De sequeiro	Pps
Sapal		Sp
Inculto		Ic

Ac – acácia; Az – azinheira; Cv – carvalho; Ec – eucalipto; H – hortícolas; Pnb – pinheiro bravo; Pnh – pinheiro de alepo; Pnm – pinheiro manso; Sb – sobreiro; Zb – zambujeiro.

Os tipos de ocupação descritos agregam-se, por vezes, em dois grupos:

- a) Grupos de culturas onde qualquer uma pode ser praticada;
- b) Grupos de culturas que devem ser alternadas.

Existem ainda manchas de solos de capacidade de uso mais elevada, em que a vinha deve ser reduzida e, em casos extremos, eliminada. Contudo, de notar que a fonte foi elaborada em 1983 e que, entretanto, muita vinha foi abandonada ou substituída por outras culturas.

Na Tabela 3.18, é apresentada a distribuição das culturas, referida à área sob alçada da então DRARO, hoje DRAPLVT.

Deve ter-se em conta que cada valor de área total ou relativa representa a soma de todas as parcelas assinaladas como adequadas para essa cultura, o que não significa que esta venha efectivamente a ocupar esse espaço. Portanto, estes valores representam o tecto máximo considerado adequado para cada cultura.

A excepção provém das áreas sociais, pois sendo esta carta de ordenamento agrário, não foram consideradas áreas urbanas mas apenas a cartografia dos seus limites.

Tabela 3.18 – Distribuição de Ordenamento Agrário (Silva e Pacheco, 1997)

Ordenamento agrário	Área total (ha)	Área relativa (%)	Ordenamento agrário	Área total (ha)	Área relativa (%)
Ag	3598,5	8	Pm	23974,1	54
Ca	28242,2	63	Pps	79,7	0,2
Cr	3465,9	8	Sp	94,9	0,2
F	21011,6	47	V	32877,4	74
Ic	2081,2	5	Área Social	5057,0	11
Ol	2570,9	6	si	1321,6	3

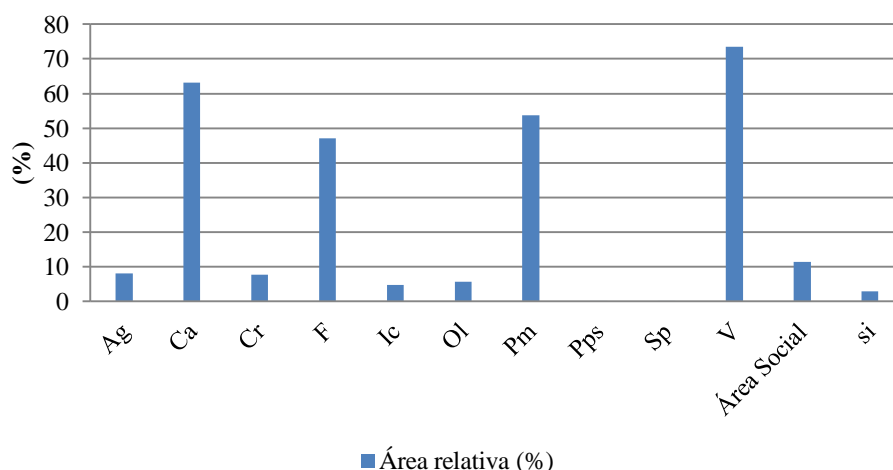


Figura 3.32 – Distribuição de ordenamento agrário

As culturas com maior potencial são a vinha, arvense de sequeiro, pomar e floresta. Contudo, atendendo à evolução da agricultura portuguesa desde 1983, pode afirmar-se que, caso a fonte fosse mais recente, as opções poderiam ser diferentes. Nomeadamente, a vinha e a arvense de sequeiro veriam a sua área muito reduzida e as hortícolas, que não são consideradas aqui isoladamente, viriam muito aumentadas.

Note-se também que a floresta só atinge 47% quando é sabido que a maior parcela da superfície agrícola portuguesa tem vocação florestal e a sub-região do Oeste não é exceção.

3.8.4. Declive. Erosão Hídrica

A erosão aumenta com os seguintes factores (Silva e Pacheco, 1997):

- Declive do solo;
- Destruição do coberto vegetal do solo;
- Intensidade da chuva e vento;
- Teor de areia do solo;
- Inversamente com o teor de matéria orgânica;
- Má exploração.

Pode ser combatida (Silva e Pacheco, 1997):

- Fazendo as culturas segundo as curvas de nível e nos solos acentuadamente declivosos construir terraços ou socalcos;
- Fazendo os trabalhos aratórios de modo a evitar a pulverização excessiva do terreno, diminuindo os riscos da destruição da estrutura;
- Pelo estabelecimento de culturas de protecção do solo;
- Pela adequada rotação das culturas;
- Pela instalação de sistemas adequados de drenagem;
- Pelo estabelecimento de cortinas de abrigo nas zonas ventosas.

3.8.4.1. Declive

O declive interfere com a velocidade de escoamento superficial e a capacidade de infiltração. As Figuras 3.33 e 3.34 representam a Carta de Declives para o Rio Real e Arnóia, respectivamente.

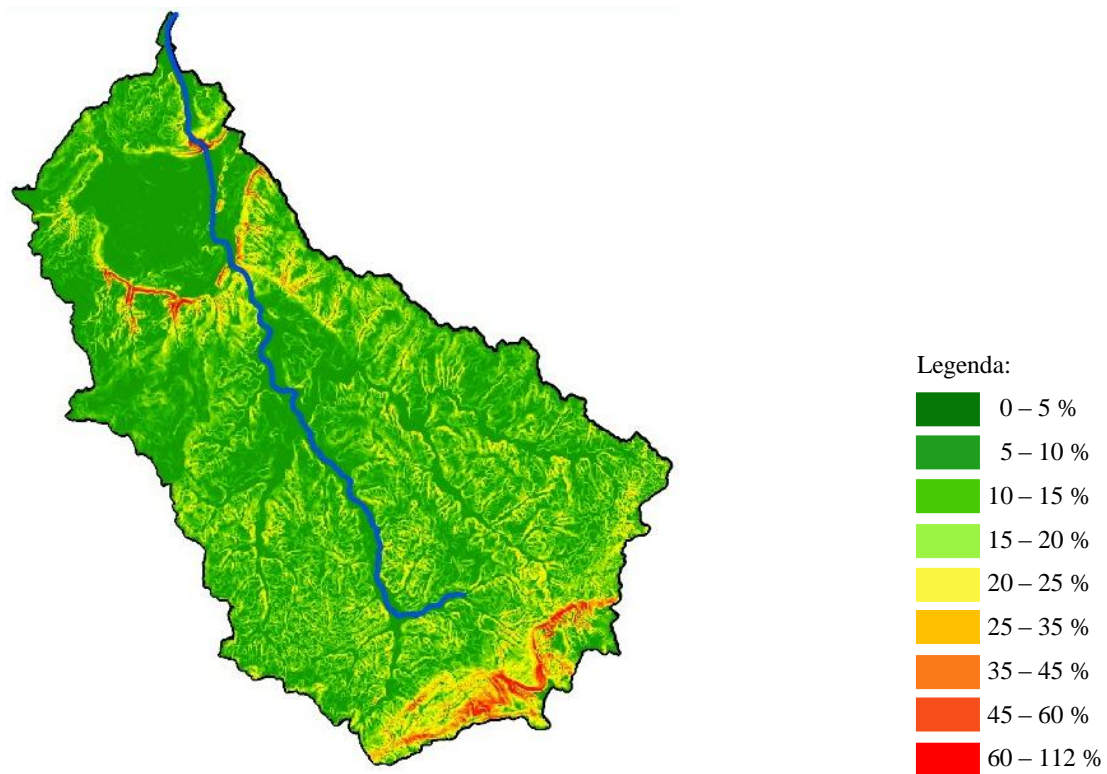


Figura 3.33 – Carta de Declives da Bacia do Rio Real (ARH-Tejo, 2012)

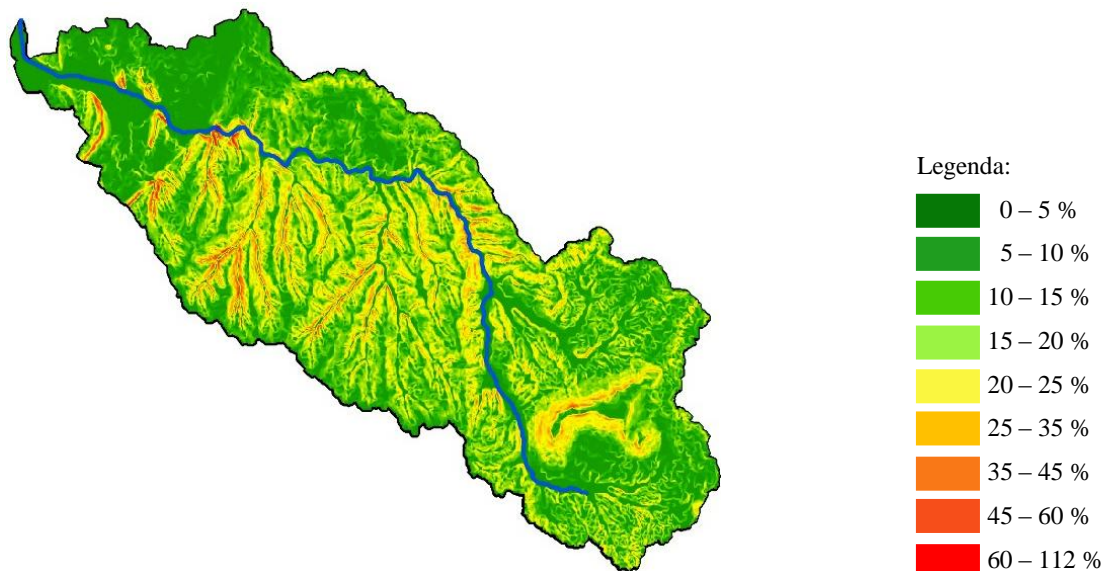


Figura 3.34 – Carta de Declives da Bacia do Rio Arnóia (ARH-Tejo, 2012)

3.8.4.2. Erosão Hídrica

A erosão hídrica do solo é um processo natural que se caracteriza pela perda de material sólido, levando ao empobrecimento do solo e, em situações extremas, à desertificação.

A variabilidade da erosão do solo resulta de uma combinação de factores que são dependentes e interligados entre si, apresentando grande variabilidade espacial e temporal. Os factores que influenciam os processos erosivos são: a erosividade da precipitação (medida pela sua intensidade e energia cinética); erodibilidade dos solos (definida pelas suas características físicas e químicas); coberto vegetal (pela sua maior ou menor protecção do solo); declives e comprimento de encostas, e as práticas de conservação existentes.

3.8.4.2.1. Equação Universal de Perda de Solo

Em Portugal, a principal causa da erosão é a acção da chuva e do escoamento superficial recomendando-se como modelo de referência para a determinação da perda de solo a Equação Universal da Perda de Solo, desenvolvida inicialmente por Wischmeier e Smith em 1965, com as actualizações entretanto sugeridas em 1978 e outras adaptações introduzidas pelo formalismo da Equação Universal de Perda de Solo Revista (RUSLE), da versão provisória de 1995, incluindo novos processos de cálculo em computador e um conjunto de dados meteorológicos mais alargado sob a forma de base de dados.

A Equação Universal de Perda de Solo – USLE e a versão revista – RUSLE foram concebidas para prever ao longo de um período de tempo a perda anual média de solo (A). Ambos os

modelos são representados pela equação envolvendo seis factores de erosão, a erosividade da chuva, a erodibilidade dos solos, o comprimento de encostas, o declive de encostas, a cobertura e práticas agrícolas.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

- A – Erosão específica ou perda de solo média anual ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$);
- R – Factor de erosividade da precipitação ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$);
- K – Factor de erodibilidade do solo ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$);
- L – Factor de comprimento da encosta (adimensional);
- S – Factor de declive da encosta (adimensional);
- C – Factor de coberto vegetal (adimensional entre 0 a 1);
- P – Factor de práticas agrícolas (adimensional entre 0 a 1).

Limitações do uso da equação universal de perda de solo (Brito, 2011):

- É empírica;
- Prevê perdas anuais médias de solo;
- Não considera as perdas por canais contínuos;
- Não considera a deposição de sedimentos (nas zonas baixas do talude ou submersas).

A carta de erosão foi elaborada com base na Equação Universal de Perda de Solo, a partir de um modelo de avaliação de risco de erosão, por modelação geográfica de álgebra de cartas, conforme a representação esquemática da Figura 3.35.

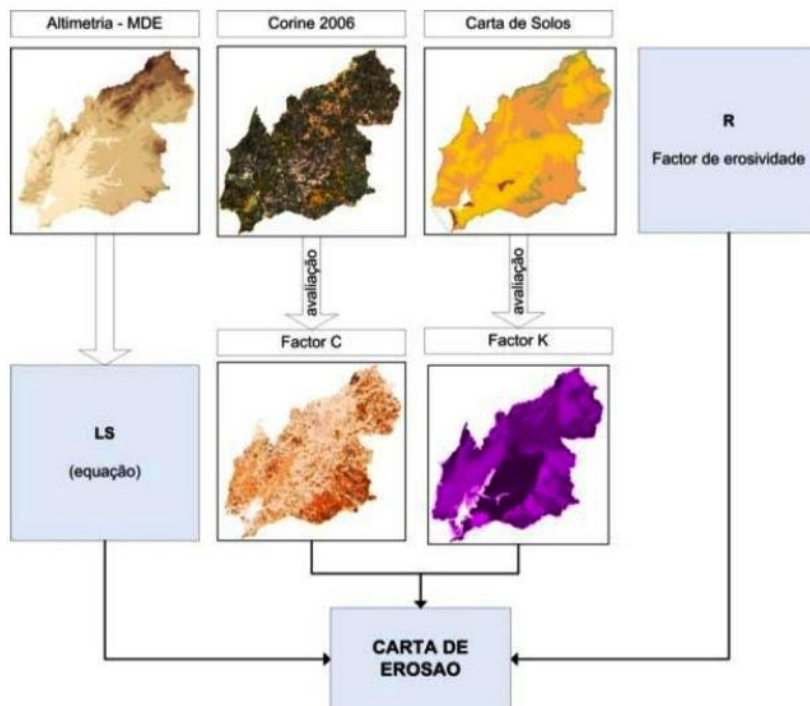


Figura 3.35 – Esquema de cálculo da carta de erosão (ARH-Tejo, 2011)

3.8.4.2.2. *Factor de Erosividade de Precipitação (R)*

Para o factor da erosividade de precipitação (R) considerou-se o valor médio de 1.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹ (Coutinho, 1986), como representativo para a área das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. O valor não é uniforme, variando espacialmente ao longo da região. Este coeficiente foi ajustado espacialmente através da relação entre a precipitação média na área do plano e a precipitação média em determinado local no período 1959-90 e determinado para ano médio, seco e húmido.

3.8.4.2.3. *Factor de Erodibilidade dos Solos (K)*

Para o factor de erodibilidade dos solos (K), recorreu-se à cartografia de solos segundo a classificação da FAO, que cobre a totalidade do País. Para este efeito, considerou-se a relação, estabelecida por Cardoso *et al.*, (1973), entre a classificação da FAO e a classificação adoptada no SROA, esta última, usada nas cartas à escala 1:25.000 e 1:50.000, tendo por base o trabalho de campo efectuado por Cardoso (1965) em diferentes perfis de solo. Com base nesta relação, Pimenta (1998) sistematizou os valores do factor K para os dois tipos de classificações (FAO e SROA), tornando, assim, possível estabelecer os valores K para as classes e tipos de solos presentes à escala 1:1.000.000 (ARH-Tejo, 2011). Este tema foi abordado com maior pormenor por Brito (2011).

3.8.4.2.4. *Factor Fisiográfico (LS)*

Os factores comprimento de encosta (L) e declive (S), quando combinados, correspondem ao factor fisiográfico e representam a taxa relativa de perda de solo para um solo sem coberto, quando comparado com a parcela de referência (Jenny, 1983). Tanto o valor do factor de comprimento de encosta (L) bem como o factor de declive da encosta (S) são adimensionais.

Considera simultaneamente o comprimento e o declive do talude. É o produto das relações de comprimento L e de declive S que correspondem respectivamente ao quociente entre a perda de solo num talhão com um dado comprimento e um talhão com um comprimento de 22,1 metros, em condições idênticas, e ao quociente entre a perda de solo num talhão com um dado declive e um talhão com um declive de 9%.

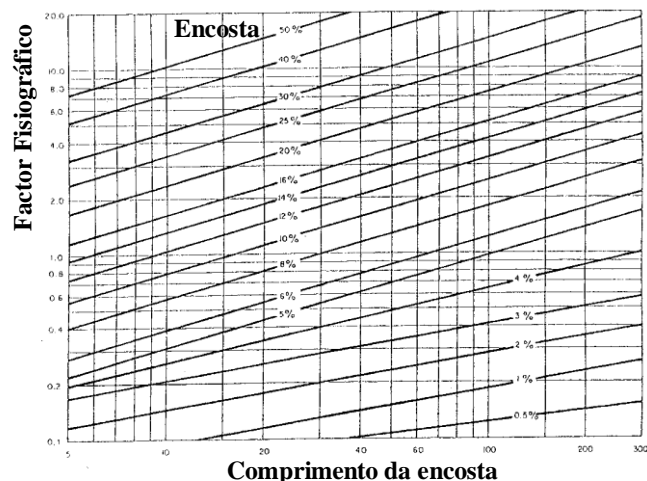


Figura 3.36 – Factor Fisiográfico (LS) (FAO)

3.8.4.2.5. Factor de Coberto vegetal (C) e Práticas agrícolas (P)

A metodologia para a determinação do coberto vegetal (factor C), proposta por Wischmeier e Smith (1978), segundo Tomás (1993), exige um conhecimento razoável das culturas e maneiras da zona em que se pretende calcular a erosão. No factor C, segundo Tomás (1992), para as condições de uso do solo devem ser contempladas várias variáveis, nomeadamente: culturas e as suas fases de crescimento e sistemas de rotação inter-anual; períodos de sementeira; densidade de coberto vegetal e desenvolvimento das raízes; produções agrícolas e estado do solo e quantidades de resíduos deixados após a colheita. Deve, igualmente, dar-se especial atenção à distribuição da erosividade ao longo do ano e à sua relação com o estado de desenvolvimento das culturas. Ainda segundo Tomás (1993), a protecção oferecida pela cobertura vegetal necessita de ser suportada por práticas agrícolas que reduzam a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão.

Tabela 3.19 – Estimativas do Factor C para os casos mais comuns em Portugal (Brito, 2011)

Cobertura vegetal	Factor C
Ocupação Urbana	0,01
Arvoredo frutífero misto	0,05
Inculto	0,02
Mato	0,02
Pomar	0,05
Povoamento florestal misto	0,05
Resinosas	0,05
Vinha + Arvoredo frutífero misto	0,05
Vinha + Pomar	0,05
Olival	0,10
Pinheiro bravo + Mato	0,02
Vinha	0,10

Vinha + Olival	0,10
Culturas de regadio	0,20
Montado de sobre / Azinho	0,10
Vinhas + Culturas arvenses de sequeiro	0,20
Culturas arvenses de sequeiro	0,40

O factor de práticas agrícolas (P) traduz essas práticas, tendo-se considerado, no presente estudo, e na ausência de melhor informação, o valor um para este factor.

Tabela 3.20 – Valores do Factor de Práticas Agrícolas (Brito, 2011)

Inclinação da superfície (%)	Práticas Agrícolas		
	Cultura em curvas de nível	Cultura em faixas	Cultura em terraços
2 – 7	0,50	0,25	0,10
8 – 12	0,60	0,30	0,12
13 – 18	0,80	0,40	0,16
19 – 24	0,90	0,45	0,18

3.8.4.2.6. Aplicação do Modelo de Erosão

Como resultado da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo, obtiveram-se malhas da perda potencial do solo para ano médio, húmido e seco em t/ha, procedeu-se à sua classificação por perigosidade, de acordo com o critério apresentado no Tabela 3.21.

Tabela 3.21 – Classes de perda potencial anual de solo (ARH-Tejo, 2011)

Perda potencial do solo (t/ha)	<5	5 – 12	12 – 50	50 – 100	100 – 200	>200
Classes de perda potencial anual de solo	Muito baixo	Baixo	Moderado	Grave	Muito Grave	Extremamente grave

Esta classificação, utilizada em estudos recentes sobre erosão, foi, também, a utilizada no último PBHRO (ARH-Tejo, 2011), que se considera a mais adequada.

As massas de água pertencentes à área das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste classificam-se em termos da perda de potencial de solo média, em ano médio, como pertencentes às classes de risco muito baixo a baixo. Na Tabela 3.22, apresenta-se a estimativa da perda potencial média de solo por erosão hídrica, em ano médio, para a BHLO (ARH-Tejo, 2011).

Tabela 3.22 – Perda potencial de solo média em ano médio para a BHLO (ARH-Tejo, 2011)

Bacia	Área da bacia (ha)	Perda de solo (t/ha/ano)
BHLO	44.964	6,3

3.8.4.2.7. Transporte Sólido e Extracção de Inertes

A erosão hídrica e o transporte sólido são processos interdependentes, cada vez mais afectados por aspectos antropogénicos.

Nas Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, não foram ainda realizados estudos suficientes que permitam relacionar a produção de sedimentos com a erosão específica. Nestas ribeiras, o regime fluvial é descontínuo e ocorre apenas no semestre húmido havendo condições para permitir o transporte sólido. Tal como é referido no plano anterior, após chuvadas intensas, podem observar-se zonas de águas barrentas junto às fozes dos rios. Não existem porém, para esta zona, registos de caudais sólidos nas ribeiras, nem estudos científicos sobre este assunto, não sendo também significativa a extracção de inertes nestas bacias (ARH-Tejo, 2011).

3.8.5. Ocupação do Solo

As cartas CORINE Land Cover (CLC) 2000 e 2006 permitem identificar e caracterizar os usos e ocupações do solo de cada bacia nesses anos. Esta cartografia foi desenvolvida à escala 1:100.000, e possui como área mínima cartográfica entre 5 a 25 ha (ARH-Tejo, 2011). Apesar destas limitações, esta base constitui a aproximação à realidade que melhor se enquadra no âmbito do presente estudo.

Desta forma, concluiu-se que, a ocupação do solo ao nível das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, realizada com base nas CLC 2000 e 2006, revela um predomínio das áreas agrícolas e agro-florestais, que representam aproximadamente 58% da área total. As áreas afectas a florestas e meios naturais e seminaturais constituem a segunda classe mais representativa (32%). As bacias onde os territórios artificializados têm maior preponderância estão geograficamente mais próximas da área metropolitana de Lisboa e da faixa litoral, o que revela a influência da área metropolitana na dinâmica territorial dos municípios abrangidos pelas Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste.

Tabela 3.23 – Resumo da ocupação do solo da BHLO (ARH-Tejo, 2011)

Classes de ocupação do solo														
Territórios artificializados			Áreas agrícolas e agro-florestais			Florestas, meios naturais e seminaturais			Zonas húmidas			Corpos de água		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
381	3.134	6,5	-65	29.948	67	-315	11.151	25	0,0	213	0,5	0,0	518	1,2

Legenda:

A – Variação da ocupação entre 2000 e 2006 (ha);

B – Ocupação em 2006 (ha);

C – Representatividade da classe de ocupação face à área da bacia (%).

Na bacia do Rio Real, a área predominante é preenchida por áreas agrícolas e agro-florestais (53,7 %). A segunda maior ocupação do solo pertence a florestas e meios naturais e semi-naturais (38,6 %), seguida de territórios artificializados (7,5 %) com a mesma percentagem de ocupação que na bacia do Rio Arnóia. As zonas húmidas (0,1 %) e corpos de água (0,1 %) são as menos visíveis (Figura 3.37).

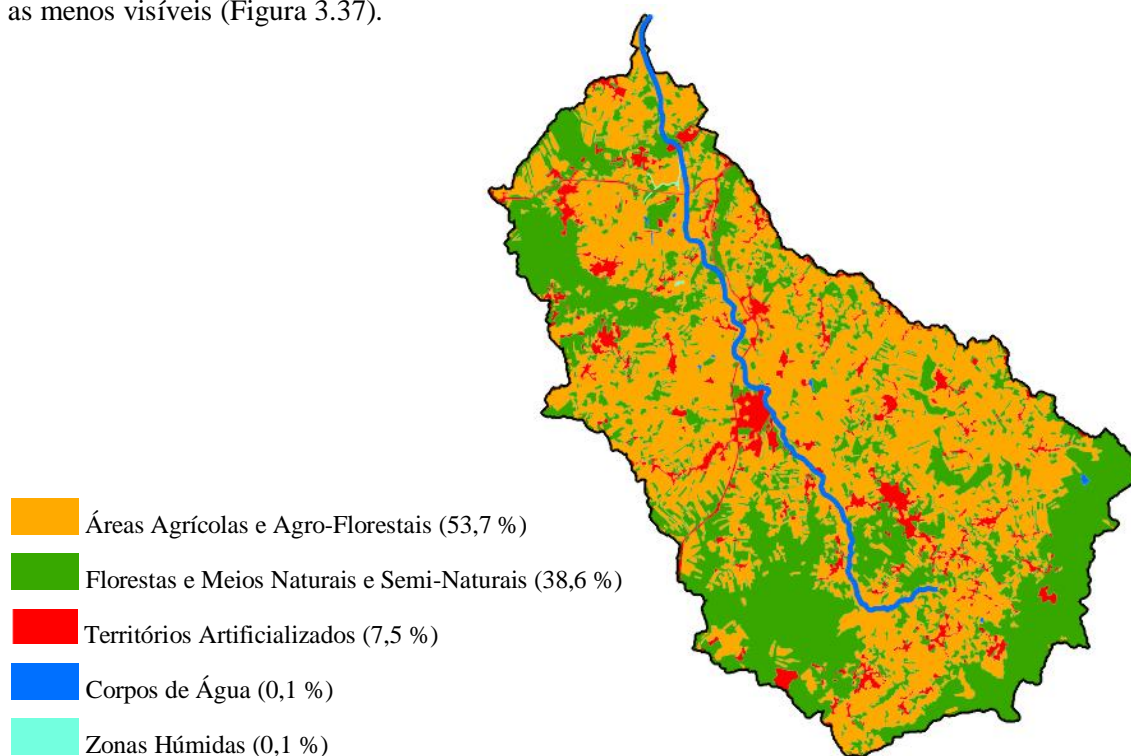


Figura 3.37 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Real (ARH-Tejo, 2012)

Similarmente, na bacia do Rio Arnóia, a distribuição de áreas de ocupação do solo é descrita na Figura 3.38.

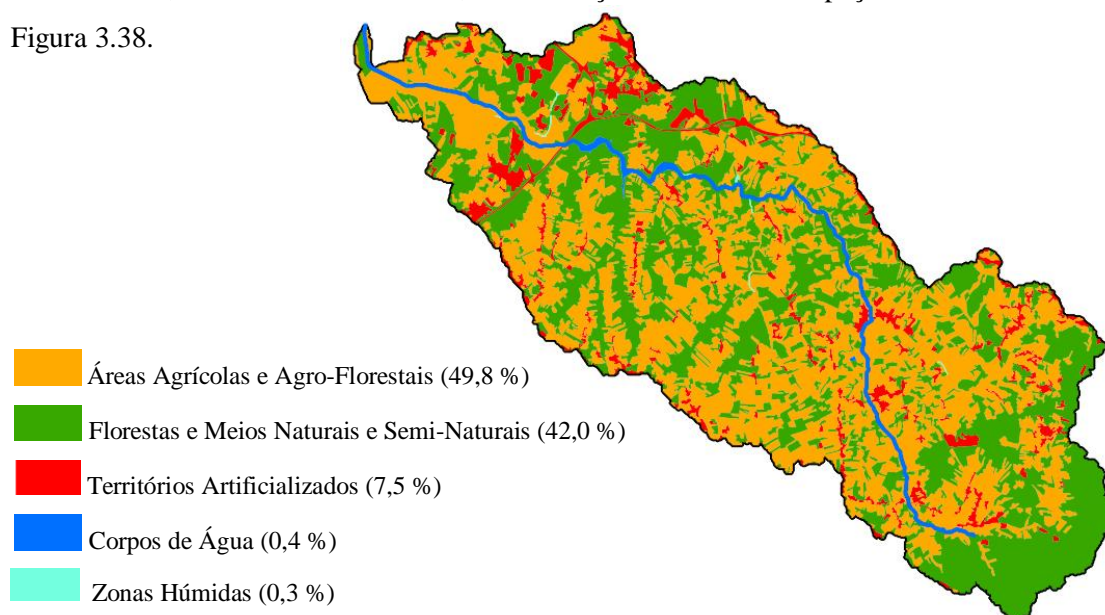


Figura 3.38 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Arnóia (ARH-Tejo, 2012)

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DEMOGRÁFICA

O Bombarral, com 5 freguesias, é o único concelho em que toda a sua área (91,3 km²) se insere na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos. O concelho de Torres Vedras é o concelho com menor área (0,33 km²) inserida na mesma bacia.

Tabela 4.1 – População, Área e Densidade populacional do concelho do Bombarral (INE, 2011)

Freguesia	População (hab)	Área (km ²)	Densidade (hab/km ²)
Bombarral	5664	18,3	308,7
Carvalhal	2634	32,3	81,4
Pó	930	6,8	137,4
Roliça	2808	22,6	124,1
Vale Covo	1157	11,2	103,4

O concelho do Cadaval tem 10 freguesias e apenas 3 não estão totalmente inseridas na BHLO.

Tabela 4.2 – População, Área e Densidade do concelho do Cadaval (INE, 2011)

Freguesia	População (hab)	Área (km ²)	Densidade (hab/km ²)
Alguber (*)	803	16,16	49,7
Cadaval	3113	12,75	244,2
Cercal (*)	48	1,76	27,5
Figueiros	690	5,14	134,2
Lamas (*)	2689	32,94	81,6
Painho	1320	8,73	151,2
Peral	905	16,46	55,0
Pêro Moniz	639	25,68	24,9
Vermelha	1288	11,99	107,4
Vilar	1684	16,93	99,5

(*): só parcialmente pertencentes à BHLO.

O concelho das Caldas da Rainha tem 16 freguesias e apenas 5 fazem parte da bacia hidrográfica.

Tabela 4.3 – População, Área e Densidade do concelho das Caldas da Rainha (INE, 2011)

Freguesia	População (hab)	Área (km ²)	Densidade (hab/km ²)
A-dos-Francos	1701	18,93	89,8
Caldas da Rainha (Nossa Senhora do Pópulo) (*)	196	0,15	1342,9
Landal (*)	1051	10,21	103,0
S. Gregório (*)	405	5,92	68,5
Vidais (*)	26	0,48	53,7

(*): só parcialmente pertencentes à BHLO.

O concelho da Lourinhã tem 11 freguesias e apenas 3 estão na bacia hidrográfica, integrando-a parcialmente.

Tabela 4.4 – População, Área e Densidade do concelho da Lourinhã (INE, 2011)

Freguesia	População (hab)	Área (km²)	Densidade (hab/km²)
Moita dos Ferreiros (*)	196	2,80	69,8
Reguengo Grande (*)	43	0,41	104,3
S. Bartolomeu dos Galegos (*)	68	0,85	80,0

(*): só parcialmente pertencentes à BHLO.

O concelho de Óbidos tem 9 freguesias e todas elas integram a bacia hidrográfica.

Tabela 4.5 – População, Área e Densidade do concelho de Óbidos (INE, 2011)

Freguesia	População (hab)	Área (km²)	Densidade (hab/km²)
A-dos-Negros	1489	17,5	85,1
Amoreira (*)	259	5,21	49,7
Gaeiras (*)	1973	8,73	226,0
Óbidos – Sta. Maria (*)	1084	11,55	93,9
Óbidos – S. Pedro	1308	10,25	127,6
Olho Marinho (*)	979	13,87	70,6
Sobral da Lagoa	439	4,69	93,5
Usseira	953	7,24	131,6
Vau (*)	144	4,84	29,9

(*): só parcialmente pertencentes à BHLO.

Os concelhos de Alenquer, Torres Vedras e Rio Maior só contêm uma única freguesia integrando a BHLO pelo que não são mencionados. Tais freguesias são, respectivamente, Vila Verde dos Francos, Outeiro da Cabeça e Rio Maior.

No que respeita à densidade populacional, a freguesia de Nossa Senhora do Pópulo, do concelho de Caldas da Rainha, é a que registou o valor mais elevado (1342,9 hab/km²), bem acima do valor médio para Portugal (114,5 hab/km²). Das 35 freguesias incluídas na bacia, 23 têm valores inferiores ao valor médio para Portugal.

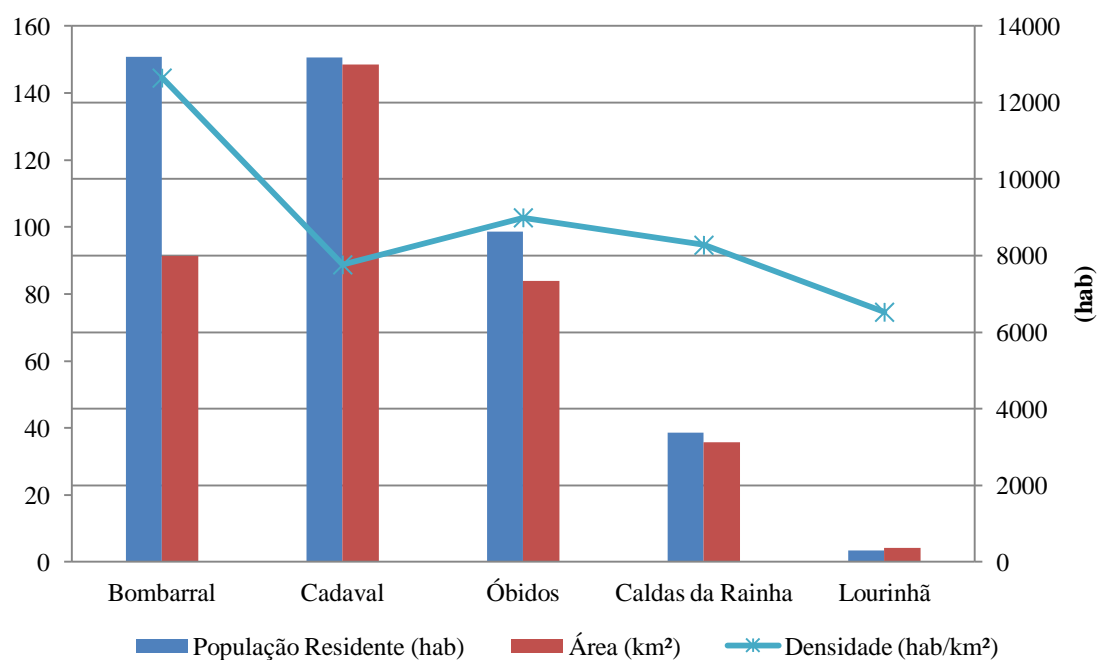


Figura 4.1 – Populações, Áreas e Densidades populacionais dentro da BHLO

De modo a caracterizar melhor o território, interessa examinar como tem evoluído a população residente nos cinco concelhos mais representativos da BHLO, juntamente com os dados relativos a Portugal, como referência. Na Tabela 4.6, está representada esta evolução, de 1900 a 2011.

Tabela 4.6 – Evolução da População Residente dos Concelhos da BHLO de 1900 a 2011 (Fonte: INE 1900-2011)

Ano	Bombarral	1900: base 100	Cadaval	1900: base 100	Caldas da Rainha	1900: base 100	Lourinhã	1900: base 100	Óbidos	1900: base 100	Portugal	1900: base 100
1900	9024	100	10731	100	20971	100	12154	100	8635	100	5.446.760	100
1911	9796	109	11620	108	24516	117	13708	113	9467	110	5.999.146	110
1920	11206	124	12584	117	26027	124	15177	125	9584	111	6.032.991	111
1930	12669	140	14728	137	29207	139	17049	140	9877	114	6.808.719	125
1940	14535	161	15737	147	33523	160	20040	165	10799	125	7.755.423	142
1950	15413	171	17012	159	37165	177	21820	180	11716	136	8.510.240	156
1960	15209	169	17287	161	37430	178	22927	189	11316	131	8.889.392	163
1970	13745	152	14165	132	35585	170	19070	157	9465	110	8.663.252	159
1981	13758	152	14474	135	41018	196	21245	175	10538	122	9.833.014	181
1991	12727	141	13516	126	43205	206	21596	178	11188	130	9.867.147	181
2001	13428	149	14059	131	49487	236	23526	194	10925	127	10.356.117	190
2011	13193	146	14228	133	51729	247	25735	212	11772	136	10.561.614	194

Nesta tabela, pode verificar-se que a população aumentou gradualmente de 1900 a 1960 nos cinco concelhos, salientando-se Caldas da Rainha, com o maior aumento. Na década de sessenta, a população diminuiu em todos os concelhos, em consequência da emigração. Na década de setenta, a população voltou a subir com a chegada de “retornados”. Desde a década de 1980, as populações do Bombarral, Cadaval e Óbidos têm decrescido, enquanto nos restantes concelhos registou-se um aumento da população, salientando-se novamente o de Caldas da Rainha.

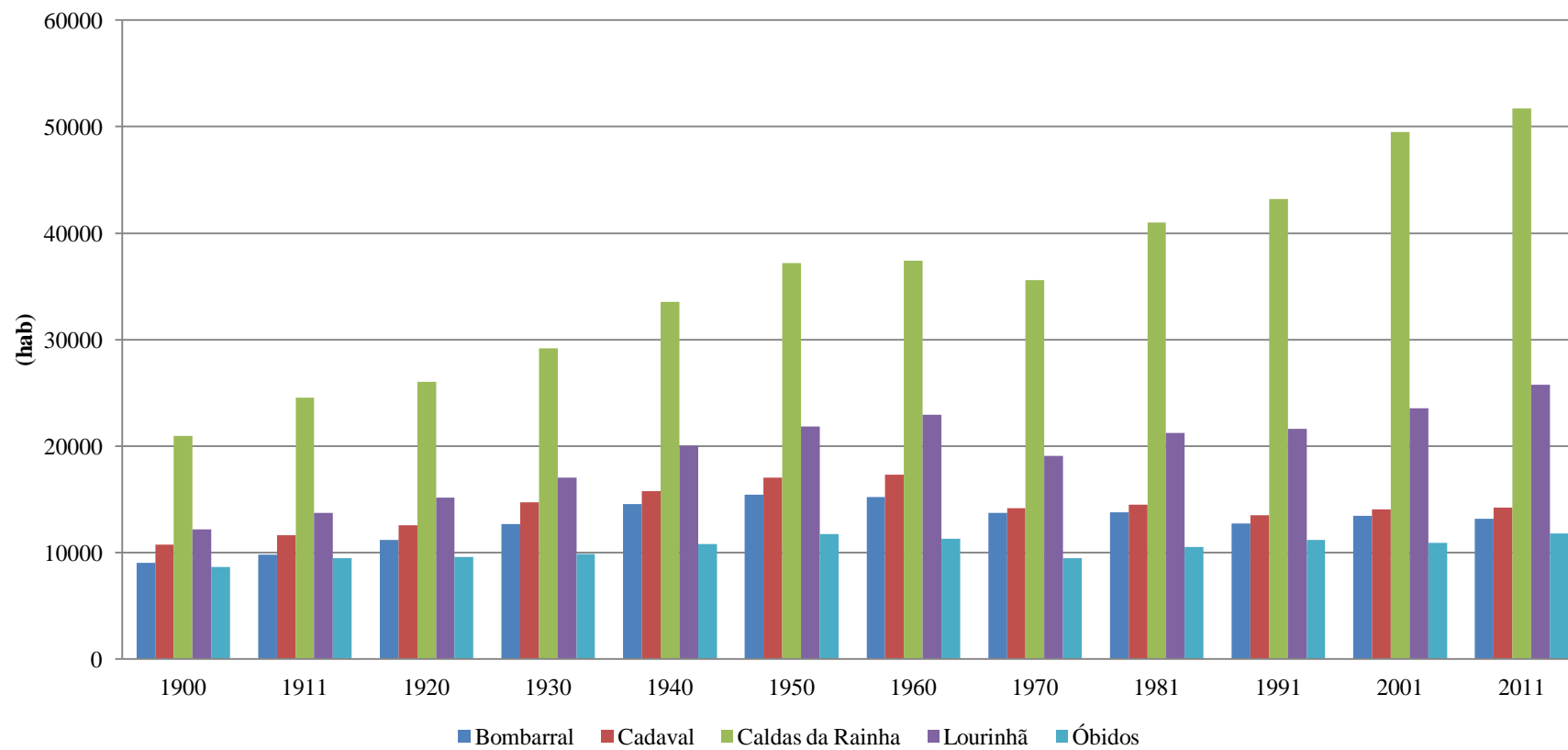


Figura 4.2 – Evolução da População Residente dos Concelhos da BHLO de 1900 a 2011

CAPÍTULO 5 – REDE FLUVIAL. CARACTERIZAÇÃO E VULNERABILIDADES

5.1. Lagoa de Óbidos

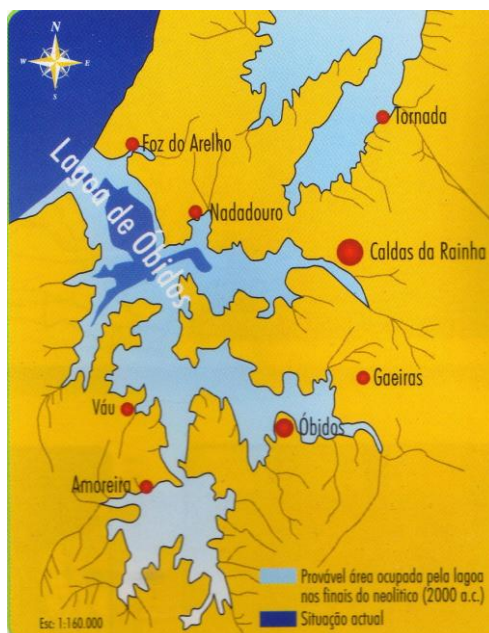


Figura 5.1 – Lagoa de Óbidos há 4000 anos (INAG, sem data)



Figura 5.2 – Lagoa de Óbidos: Vista aérea actual da embocadura (Fonte: <http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt>)

A Lagoa de Óbidos, onde desaguam os rios Real e Arnóia, constitui um sistema costeiro natural com uma longa história de ocupação humana marginal, dependente das várias evoluções morfológicas motivadas por alterações climáticas e variações do nível médio do mar. Por sua

vez, a própria presença do homem produziu alterações no equilíbrio e evolução destes sistemas, nomeadamente através das desflorestações para a prática agrícola, desde épocas pré-históricas.

Os principais problemas associados à Lagoa de Óbidos são o seu assoreamento e a poluição do solo e das águas proveniente dos seus afluentes, levando a cenários de eutrofização. Ultimamente, tem-se registado um aumento significativo da pressão exercida pela actividade humana, com o aumento da área de construção sobre a praia e sobre o sistema dunar e com o aumento da circulação automóvel nas margens da lagoa. Para agravar esta situação, o fecho da barra e conseqüente assoreamento tem levado à manutenção da abertura artificial da mesma.

A migração, fecho e abertura da embocadura da Lagoa como resultado dos efeitos de tempestades ou das variações sazonais do clima de agitação e do escoamento superficial na sua bacia hidrográfica, fazem parte de um processo natural sensível observado e relatado desde há séculos. A intensificação da actividade agrícola levou a uma situação de crescente assoreamento deste sistema lagunar e já no século XVI o Rei D. Manuel confirma nas Cortes a decisão da Câmara de Óbidos de obrigar o povo das vilas de Atouguia, Cadaval e Coutos Velhos a abrir a Lagoa de Óbidos sempre que fosse necessário.

A Lagoa de Óbidos apresenta hoje uma área líquida de cerca de 6 km², muito assoreada, quer por sedimentos de origem marítima quer de origem continental, sendo a profundidade média de 2 m, com cotas que vão dos 0,5 m aos 5 m. Estende-se para montante essencialmente por dois canais, o da *Barrosa*, a Oeste, e o do *Bom Sucesso*, a Este.

O processo de assoreamento acentuou-se nas últimas décadas devido à ocupação indevida das margens e à intensificação do uso e ocupação do solo ao longo da sua bacia hidrográfica. Simultaneamente, aumentou a carga de poluentes e de nutrientes entrados na lagoa, excedendo largamente a sua pequena capacidade assimilativa, vindo em consequência uma acentuada degradação da qualidade das suas águas e das suas condições ecológicas.

Não havendo qualquer tipo de intervenção, a Lagoa de Óbidos estaria condenada a desaparecer, a curto prazo, como sistema lagunar, em resultado do progressivo agravamento do processo de assoreamento existente, que se reflete nomeadamente no enfraquecimento e instabilidade da sua ligação ao mar, sem a qual a lagoa não pode existir. Por iniciativa do INAG, têm-se efectuado estudos e intervenções, desde 1994, bem como uma monitorização da entrada da lagoa. Algumas destas acções, como é o caso das dragagens de manutenção e de reabilitação das cabeceiras e do corpo da lagoa, prolongar-se-ão por vários anos (Fonte: INAG).

5.2. Rio Real

O Rio Real é um rio de carácter torrencial, com uma extensão de 27.349 m, nasce na Serra de Montejunto a 666 m acima do nível médio do mar, na freguesia de Vila Verde dos Francos e vai desaguar na Lagoa de Óbidos, atravessa longitudinalmente o centro do Concelho do Bombarral no sentido Sudeste/Norte.

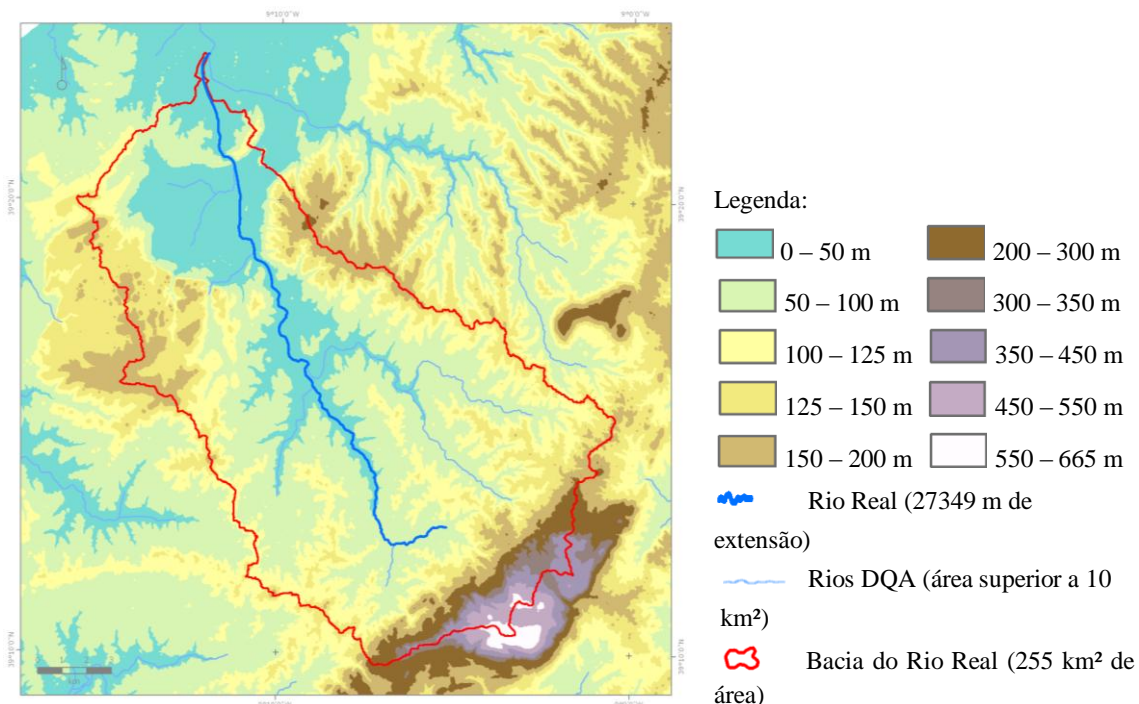


Figura 5.3 – Bacia hipsométrica do Rio Real (ARH-Tejo, 2012)

Tabela 5.1 – Distribuição da Hipsometria na bacia hidrográfica do Rio Real

Altimetria	Área (km²)
0-50 m	51,2
50-100 m	90,5
100-125 m	53,5
125-150 m	29,2
150-200 m	16,1
200-300 m	6,5
300-350 m	3,0
350-450 m	2,9
450-550 m	1,7
550-665 m	0,4

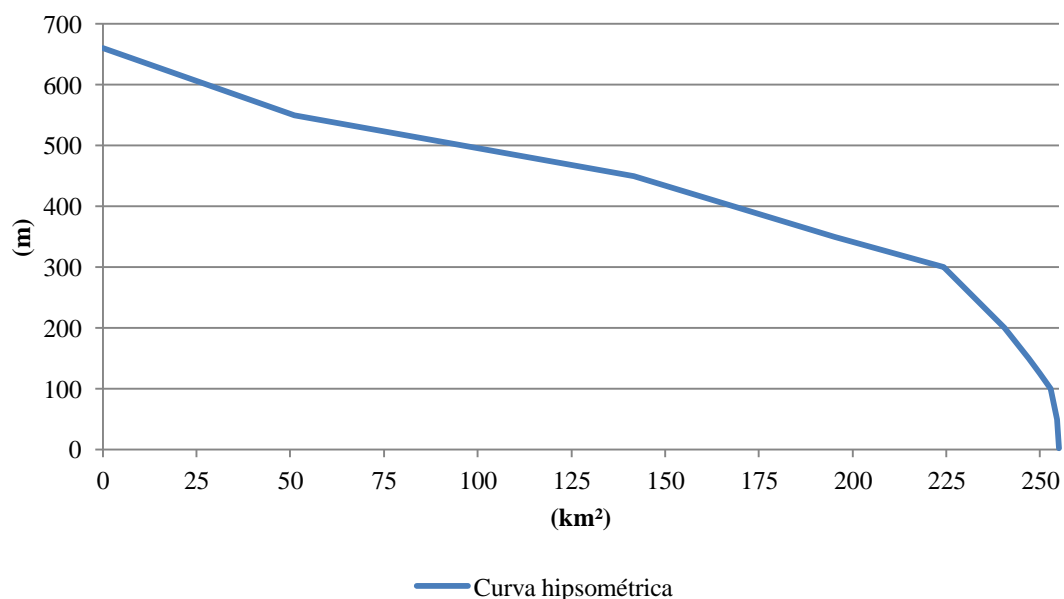


Figura 5.4 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Real

5.2.1. Barragem da Sobrena

O Rio Real foi objecto, no seu leito, da construção de uma barragem para fins agrícolas, e respectivo plano de rega – a barragem da Sobrena.

Esta barragem foi levada a cabo pela Direcção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo (DRAPLVT) e está localizada no concelho do Cadaval, mais precisamente, na sua freguesia de Peral.

O curso de água envolvido é a Ribeira da Sobrena, afluente do Rio Bogota, por sua vez, afluente do Rio Real. O projecto apresenta uma área total de regadio de 105 ha e um total previsto de 120 beneficiários, sendo a gestão assegurada pela “Junta de Agricultores do Regadio de Sobrena”, em fase de constituição.



Figura 5.5 – Albufeira da Sobrena, vista do paredão (Fonte: www.oesteonline.pt)

Trata-se de uma barragem de aterro, concluída em 1997, com uma altura máxima acima da fundação de 18,5 m e um comprimento do coroamento de 146 m, vindo uma albufeira com uma capacidade de 450.000 m³ e um volume útil armazenável (NPA – Nível de Pleno Armazenamento) de 380.000 m³. Não houve qualquer intervenção no período 2000-2008 (QCA III - Quadro Comunitário de Apoio).

Existe um problema sério com a sustentabilidade deste aproveitamento, que será abordado, como estudo de caso na Secção 7.2.

5.3. Rio Arnóia

O rio Arnóia tem igualmente um carácter torrencial, nasce nas faldas da Serra de Todo o Mundo, a 250 m de altitude, e o seu percurso faz-se por Alguber, Figueiros e Painho, passando depois ao concelho de Caldas da Rainha, e fundindo-se junto ao Arelho com o rio Real, cujas águas desagüam, um pouco adiante, na Lagoa de Óbidos.

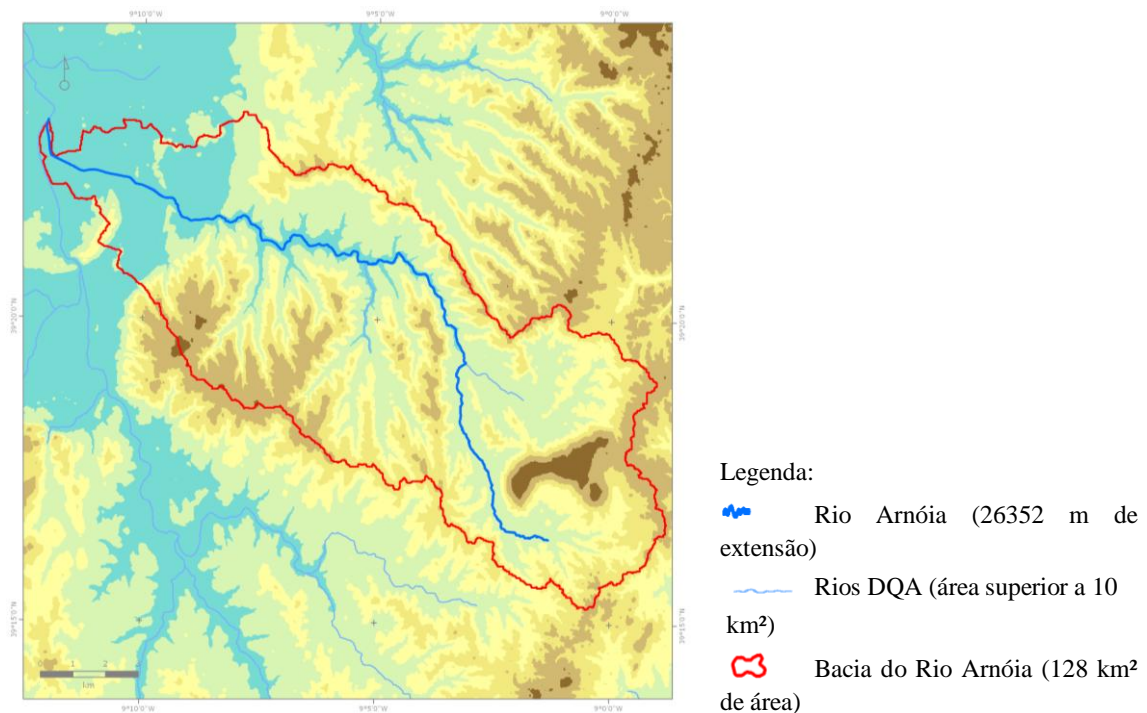


Figura 5.6 – Bacia hipsométrica do Rio Arnóia (ARH-Tejo, 2012)

Tabela 5.2 – Distribuição da Hipsometria na bacia hidrográfica do Rio Arnóia

Altimetria	Área (km ²)
0-50 m	22,4
50-100 m	41,8
100-125 m	28,7
125-150 m	19,4

150-200 m	13,3
200-300 m	2,4

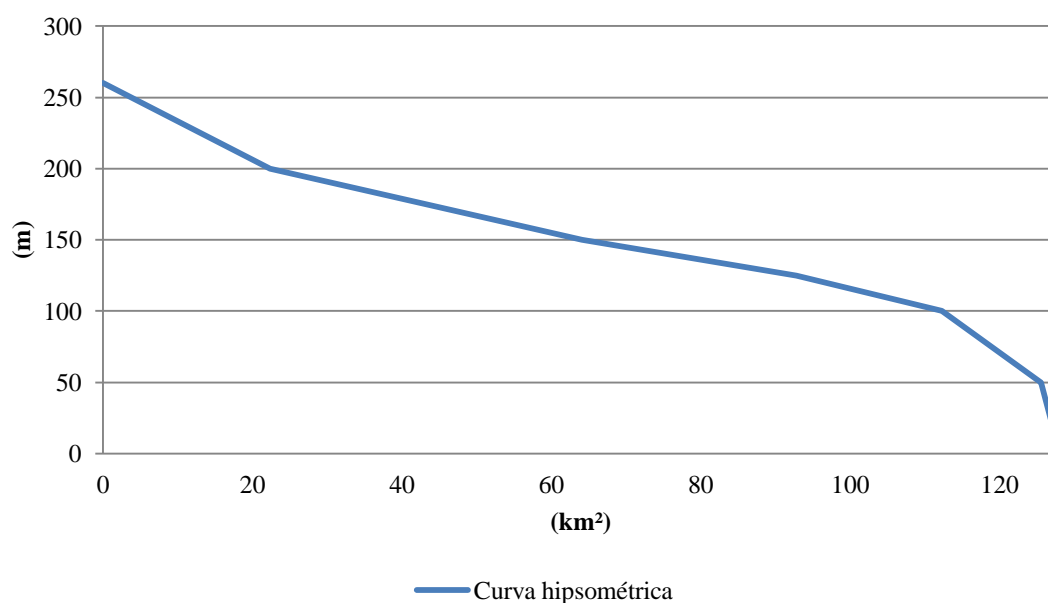


Figura 5.7 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Arnóia

Também o Rio Arnóia foi objecto, no seu leito, da construção de uma barragem para fins agrícolas, e respectivo plano de rega – a barragem de Óbidos.

5.3.1. Barragem de Óbidos

A Barragem de Óbidos faz parte do chamado “Aproveitamento Hidroagrícola das Baixas de Óbidos e Bloco da Amoreira”, levado a cabo pela Direcção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo (DRAPLVT). Ela inclui os concelhos de Óbidos e Bombarral, mais precisamente, as freguesias de Amoreira, Santa Maria, S. Pedro, Sobral da Lagoa, Vau, Olho Marinho, Pó, Roliça e Gaeiras.

Os cursos de água envolvidos são o Rio Arnóia, Rio Real (área de rega), Rio Galvão e Ribeira da Amoreira. O projecto apresenta uma área total de regadio de 1.185 ha e um total de 813 beneficiários, sendo a gestão assegurada pela “Associação de Beneficiários do Plano de Rega de Óbidos”, em fase de constituição.

Tabela 5.3 – Perímetro de rega da Barragem de Óbidos. Classificação dos Solos (DGADR e MADRP)

Solos dominantes	72,08 % total do AH	Classificação	Aptidão ao regadio
Aac	27,03	Solos Incipientes - Aluviosolos Modernos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura pesada.	1, 2, (3)

Ac	19,21	Solos Incipientes - Aluviosolos Modernos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura mediana.	1, 2, (3)
Alc	9,82	Solos Incipientes - Aluviosolos Modernos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura ligeira.	2, 1
Pz	6,34	Solos Podzolizados - Podzóis, (Não Hidromórficos), Com Surraipa, com A2 bem desenvolvido, de areias ou arenitos.	3
Asac	5,00	Solos Halomórficos - Solos Salinos, de Salinidade Moderada, de Aluviões, de textura pesada, calcários.	3, 4 (culturas resistentes, e/ou com drenagem/recuperação)
Ap	4,70	Solos Podzolizados - Podzóis (Não Hidromórficos), Sem Surraipa, Normais, de areias ou arenitos.	3

Aptidão potencial ao regadio:

1 – Elevada

2 – Moderada

3 – Marginal

4 – Condicionada para usos restritos

Ocupação cultural: Culturas horto industriais e fruteiras

A barragem tem uma altura máxima acima da fundação de 24 m e um comprimento do coroamento de 150 m, vindo uma albufeira com uma Área inundada de 97 ha, uma capacidade de 6,8 hm³ e um volume útil armazenável (NPA) de 5,5 hm³. O descarregador de cheias tem um caudal de dimensionamento (5000 anos) de 608 m³.s⁻¹ e a descarga de fundo um caudal de dimensionamento de 2,74 m³.s⁻¹. A torre de tomada de água tem um caudal de dimensionamento de 1,11 m³.s⁻¹. Os estudos e obras decorreram no período 2000-2008 (QCA III - Quadro Comunitário de Apoio), estando presentemente suspensos por insuficiência de dotação orçamental.

5.4. Caudais Ecológicos

5.4.1. Introdução

No sentido de evitar ou minorar impactes desfavoráveis sobre os ecossistemas dulciaquícolas a jusante de aproveitamentos hidráulicos, têm sido desenvolvidos esforços de forma a definir para cada aproveitamento hidráulico um regime de caudais ecológicos, i.e., um regime de caudais mínimos a manter no curso de água, que permitam assegurar a conservação e manutenção dos ecossistemas aquáticos e ripícolas, dos aspectos estéticos da paisagem ou outros de interesse científico ou cultural.

O estabelecimento de um regime de caudais ecológicos apenas com base nas necessidades das espécies piscícolas ou outras pode resultar na degradação do leito, alteração dos processos

geomorfológicos, redução ou alteração da vegetação ripícola e alteração das funções da planície aluvial. Assim, a recomendação de um regime de caudais ecológicos deve ser acompanhada pela definição de caudais de limpeza (*flushing flows*, na terminologia anglo-saxónica) para remoção de materiais finos depositados e prevenção do crescimento da vegetação, caudais para manutenção da estrutura do leito e da capacidade de transporte. O conjunto destes caudais, incluindo também os caudais ecológicos, permite definir o regime de caudais ambientais.

A inclusão desta secção sobre caudais ecológicos, justifica-se a dois níveis. Por um lado, já existem em cada um dos rios em análise, Real e Arnóia, barragens para armazenamento de água com fins agrícolas, respectivamente, a barragem da Sobrena (vide 5.2.1) e a barragem de Óbidos (vide 5.3.1). Por outro lado, trata-se de um tema da Hidráulica Fluvial que tem vindo a ganhar relevo dentro e fora de Portugal, nas últimas décadas.

5.4.2. Situação Actual dos Caudais Ecológicos em Portugal

A determinação do caudal ecológico em Portugal baseia-se, actualmente, no regime hidrológico natural, assumindo-se que uma dada percentagem do módulo anual garantirá o pretendido grau de integridade do ecossistema lótico e ribeirinho.

Mais recentemente e para os denominados grandes aproveitamentos hidráulicos, ou ainda no âmbito dos Planos de Bacia Hidrográfica dos Rios Internacionais, têm sido adoptadas metodologias que consideram não só o regime hidrológico natural do curso de água, mas também as características dos ecossistemas aquáticos e ripícolas.

Em Portugal Continental, e apenas desde 1989, o regime de caudais ecológicos tem sido estabelecido do modo seguinte:

- Aproveitamentos mini-hídricos e outros aproveitamentos a Norte do rio Tejo: o caudal ecológico é definido como um valor não inferior entre 2,5 a 5% do caudal modular do curso de água, a manter ao longo de todo o ano, sempre que o caudal instantâneo que ocorre em regime natural o permita;
- Aproveitamentos Hidroagrícolas a Sul do rio Tejo: o caudal a manter na linha de água a jusante da barragem deverá ser, para cada mês, igual ou superior a 5% do módulo, em ano médio, sempre e só se o caudal assim determinado for inferior ou igual ao caudal médio mensal, caso contrário deverá manter-se o caudal médio nesse mês, o que poderá significar um caudal nulo nos meses de estiagem;
- Grandes Aproveitamentos Hidráulicos;
- Planos de Bacia Hidrográfica dos Rios Internacionais.

5.4.3. Determinação de Caudais Ecológicos

Considera-se que distintas regras de definição de regimes de caudal ecológico devem ser adoptadas para as seguintes situações:

- a) cursos de água em geral, para os quais se apresenta o método que foi desenvolvido no âmbito do Plano Nacional da Água, a qual tem em conta inexistência de registos de caudais para muitos cursos;
- b) grandes aproveitamentos hidráulicos, para os quais se considera justificável uma abordagem mais exigente, em termos de estudos a realizar, do que a anterior;
- c) rios internacionais, cujos regimes provisórios integram os respectivos Planos de Bacia Hidrográfica.

A definição de um regime eficaz de caudal ecológico só será cabalmente conseguida se houver uma monitorização que permita adoptar uma estratégia de *ajustamento progressivo*. Ou seja, que sejam introduzidas alterações ao regime de caudais previamente estabelecido, à medida que seja conhecida, através dos resultados do programa de monitorização, a resposta dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos ao novo regime hidrológico, dada a complexidade do funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a incerteza quanto à resposta às medidas correctivas ensaiadas.

Por outro lado, parece inadequado passar-se de uma situação de ausência de regras, como a actual, para a adopção generalizada de métodos, em fase de desenvolvimento, de aplicação complexa e morosa. É preferível avançar desde já com medidas eventualmente menos correctas mas que permitam iniciar imediatamente a urgente resposta a este problema.

Finalmente, chama-se a atenção para a necessidade de desenvolvimento de instrumentos jurídicos para a obrigatoriedade de implementação de caudais ecológicos e dos respectivos métodos de cálculo, lacuna existente no actual quadro legislativo.

5.4.3.1. Pressupostos e Conceitos

O método de determinação de caudais ecológicos assenta em bases ecológicas resultando da identificação dos principais constrangimentos que poderão afectar diversas componentes dos ecossistemas devido às alterações do regime hidrológico. Este método assenta na definição de regiões hidrologicamente homogéneas, admitindo-se que os critérios estabelecidos para cada uma dessas regiões, ao atenderem às particularidades das respectivas características hidrológicas, acabam por considerar, de uma forma global, as principais características dos ecossistemas associados aos cursos de água.

Mais detalhadamente, a natureza dos constrangimentos que constituem justificação para os caudais ecológicos é a seguinte:

- a) Período de recolonização/migração outono-invernal (Outubro-Março);
- b) Período dos processos de maturação sexual e postura (Dezembro-Abril);
- c) Período correspondente à persistência e manutenção das "condições favoráveis" dos pegos estivais (Março-Setembro);
- d) Manutenção da vegetação ripícola, assegurando um escoamento que permita a inundação do leito maior (*bankfull discharge*), para garantir a manutenção da vegetação ripícola.

5.4.3.2. Divisão do País em Regiões Hidrológicas

Com a divisão do país em regiões hidrologicamente homogéneas, pretendeu-se que os critérios estabelecidos para a definição de regimes de caudais ecológicos fossem coerentes com as características hidrológicas dos vários tipos de cursos de água e, conseqüentemente, com as respectivas características ecológicas. Esta regionalização foi realizada recorrendo à Análise em Componentes Principais (ACP) de variáveis hidrológicas relativas a (i) caracterização da variabilidade global do escoamento, (ii) variabilidade sazonal do escoamento, (iii) caudais elevados (iv) escoamentos de base, variáveis estas apresentadas na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Variáveis utilizadas na definição de regiões hidrologicamente homogéneas (Alves e Bernardo, 2003)

Variáveis	Definições
Caracterização Global da Bacia e da Variabilidade Global do Escoamento	
A	Área de drenagem da bacia delimitada a jusante pela estação hidrométrica (km ²)
Qmediano	Caudal mediano diário, (m ³ .s ⁻¹)
Qmedio	Caudal médio diário (m ³ .s ⁻¹)
Qa	Escoamento médio anual (mm.ano ⁻¹)
P	Índice de predictabilidade de Colwell, constitui uma medida da incerteza relativa em conhecer um estado num dado tempo, P = constância + contingência
C	Índice de constância de Colwell, medida do grau de uniformidade entre estados no ciclo temporal
M	Índice de contingência de Colwell, medida do grau de dependência entre tempo e estado (periodicidade ou sazonalidade no que refere ao clima)
C/P	Razão de C sobre P, proporção da predictabilidade explicada pela constância
L-Cv	Equivalente ao coefic. de variação do escoamento anual, calculado com os momentos lineares (-)
Variabilidade Sazonal do Escoamento	
OUT, NOV, ... SET	Escoamento médio mensal, em percentagem do escoamento anual
Caracterização de Caudais Elevados e Regime de Cheias	
q2	Caudal máximo diário com tempo de retorno de 2 anos, correspondendo a um valor conservativo de bankfull discharge (m ³ .s ⁻¹)
Mmxid	Valor médio dos máximos anuais de caudais médios com duração de 1, 3, 7, 30,

	90,120 e 183 dias, em que i é igual à duração considerada (1,3, etc. dias)
FLODFREQ	Frequência de cheias: no médio de cheias por ano
FLODINTRA	Intervalo mediano entre cheias, a nível intra-anual (dia)
FLODINTER	Intervalo mediano entre cheias, a nível interanual (dia)
FLODDUR	Duração média das cheias (dia)
FLOD60D	Índice de predictabilidade de cheias: máximo da razão entre o n° de dias com cheia existentes num período de 60 dias, comum a todos os anos hidrológicos, e o n° total de dias com cheia
FLODFREE	Índice de predictabilidade de cheias: n° de dias, comuns a todos os anos hidrológicos, sem cheias (dia)
FLODTIME	Mediana dos dias do ano hidrológico com cheias
Caracterização de Escoamentos de Base	
BFIali	Índices de escoamento de base calculados com o método de alisamento (-)
BFIfil	Índices de escoamento de base calculados com o método de filtragem (-)
K	Constante de recessão dos caudais médios diários (-)
a	Coefficiente de exaurimento (dia ⁻¹)
q25, q50, q75, q90 q90/q25, q75/q25, q50/q25	Quantis das curvas medianas de duração dos caudais médios diários (m ³ .s ⁻¹) em que o valor numérico do símbolo representa a probabilidade de não excedência, em percentagem
DQZMN	Número médio de dias por ano com caudal nulo (dias)
DQZMD	Número mediano de dias por ano com caudal nulo (dias)
Mmnid	Valores médios dos mínimos anuais de caudais médios com duração de 1,3, 7,30, 90,120 e 183 dias (m ³ .s ⁻¹). Os símbolos utilizados são com i igual à duração considerada (1,3, etc. dias)

5.4.3.3. Método para Determinação do Regime de Caudal Ecológico

Para cada uma das regiões hidrologicamente homogêneas, foram definidos critérios expeditos para a determinação do regime de caudal ecológico a garantir a jusante dos aproveitamentos hidráulicos (Tabela 5.5). Considera-se apenas a região que abrange a BHLO.

Tabela 5.5 – Critérios para a definição de regimes de caudal ecológico para a região identificada (q_{med} - caudal médio mensal) (Alves e Bernardo, 2003)

Região	Regime de Caudal Ecológico											
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Norte do Rio Tejo	q75	q75	q75	q75	q90	q90	q90	q90	q90	q75	q75	q75

A definição do regime de caudais ecológicos foi feita à escala mensal, com base nos quantis obtidos a partir das curvas de duração, para cada mês. A título exemplificativo, apresenta-se, na Figura 5.6, um regime de caudais ecológicos para o Rio Arnóia, na secção da Ponte de Óbidos. No Rio Real, não existem hoje dados hidrométricos suficientes para permitir esta análise.

A situação de ano seco deverá ser salvaguardada no mês de Março, quando já é possível avaliar, em função da precipitação ocorrida até então, se o ano é ou não seco. Em consonância deverá

ser adoptado um regime de ano seco ou de ano médio. Este regime manter-se-á até Maio, altura em que é então estabelecido de forma definitiva se o ano é ou não seco. Como consequência o regime de caudal ecológico que vinha a ser seguido será mantido ou alterado. O factor de redução será dado pela razão entre o escoamento anual em ano seco, com a probabilidade de não excedência de 20%, e o escoamento anual em ano médio.

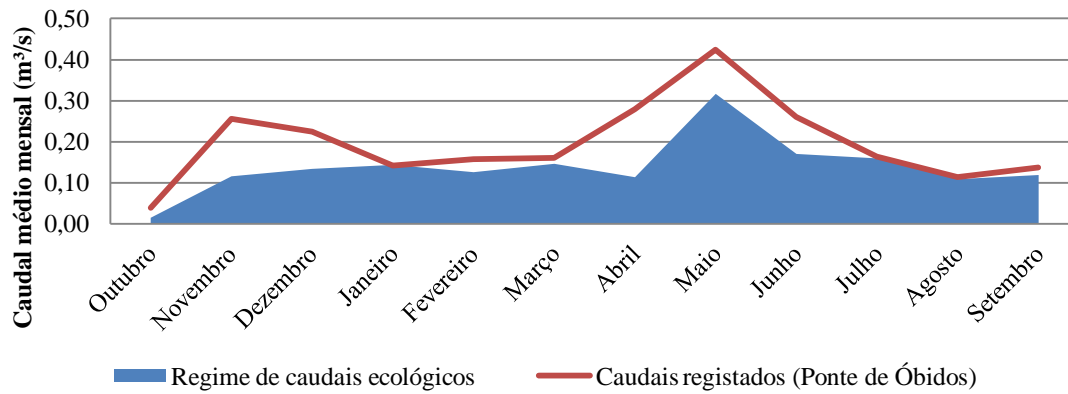


Figura 5.8 – Regime de escoamento natural e caudal ecológico proposto para o Rio Arnóia

CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DE CHEIAS E SECAS

6.1. Caracterização de Cheias

Desde 1971, e posteriormente confirmada pela Lei da Água, em 2005, que existe a possibilidade de considerar *zonas ameaçadas pelas cheias* como áreas com condicionantes à ocupação edificada. Estas zonas são definidas como as áreas contíguas à margem dos cursos de água ou do mar que se estendem até à linha alcançada pela maior cheia com a probabilidade de ocorrência num período de retorno de um século. As zonas ameaçadas por cheias podem ser classificadas como *Zonas Adjacentes* sempre que a sua classificação ocorra por acto regulamentar, passando, então, a estar sujeitas ao regime previsto na legislação, definindo áreas de ocupação edificada proibida e condicionada (Seixas, 2010).

Em 1983, na sequência das cheias ocorridas em Lisboa, foram criados grupos de trabalho (Grupo de Trabalho das Cheias) e de projecto (Projecto de Controle de Cheias da Região de Lisboa), no sentido de identificar as causas e resolver as consequências associadas a estas ocorrências. Pela primeira vez, considerou-se que havia uma forte interligação com o ordenamento do território. Em paralelo, a delimitação da REN levou à demarcação para todo o território, no âmbito dos Planos Municipais de Ordenamento do Território, das áreas ameaçadas pelas cheias com um período de retorno de 100 anos. Na ausência de estudos específicos, considerou-se, neste âmbito, uma faixa com a largura de 100 m para cada lado do leito das linhas de água. Esta marcação foi feita com recurso a cartas geológicas, com reconhecimento dos aluviões, testemunhos sobre a máxima cheia conhecida e poucas zonas têm por base estudos hidrológicos fiáveis. Em 2007, a Comissão Europeia apresentou a Directiva n.º 2007/60/CE, sobre avaliação e gestão de riscos de inundações, transposta para o quadro legislativo nacional pelo Decreto-Lei n.º 115/2010 de 22 de Outubro.

6.2. Caudais de Ponta de Cheia

6.2.1. Metodologia

Em estudos preliminares recorre-se frequentemente à fórmula de Meyer. Para estimar o caudal de ponta de cheia, INAG (2009) refere oito métodos adaptados a bacias hidrográficas naturais: Racional, Giandotti, Soil Conservation Service (quatro métodos), Temez. Para além destes métodos, empírico-cinemáticos, refere-se (INAG, 2009) o método estatístico baseado numa série de caudais instantâneos máximo anuais, disponível na proximidade geomorfológica (Óbidos).

6.2.1.1. Fórmula de Meyer

Não havendo praticamente dados hidrológicos, recorre-se a fórmulas empíricas como a fórmula de Meyer. Esta representa as curvas médias de dados observados de caudais máximos, e tem uma validade regional. A fórmula é do tipo:

$$Q = C \times A^\alpha$$

O parâmetro A corresponde à área da bacia hidrográfica, vem expresso em km², enquanto o Q ou caudal, vem expresso em m³/s. Os valores de C e α foram baseados no trabalho de Loureiro e Costa (1980) e de Loureiro (1984). Para cada região, o expoente α é constante e o coeficiente C é uma função do período do retorno. Os valores do parâmetro C ($\alpha = 0,784$), para certos períodos do retorno, como os indicados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Períodos de Retorno (T) e coeficiente de escoamento (C)

T (anos)	10	25	100
C	4,40	5,40	7,09

6.2.1.2. Método Racional

Em Portugal, verifica-se hoje uma utilização quase generalizada do método racional e do método racional generalizado (Matos, 2003). O método racional, aplicado à determinação de caudais de ponta pluviais, pode ser expresso pela equação dimensionalmente homogénea:

$$Q_p = C \times I \times A$$

onde:

Q_p = caudal de ponta (m³/s)

C = coeficiente adimensional, que depende do tipo e uso dos terrenos superficiais e do respectivo declive e ainda do período de retorno, aumentando com este

I = intensidade média máxima de precipitação (m.s⁻¹), de duração igual ao tempo de concentração

A = área da bacia de drenagem (m²)

Para I em mm.h⁻¹, e A em km², a fórmula escreve-se (Hipólito e Vaz, 2011):

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Os valores de intensidade média máxima, para qualquer duração e período de retorno, são obtidos directamente a partir de expressões analíticas ou de gráficos das curvas intensidade-duração-frequência (IDF), como o da Figura 6.1, do tipo:

$$I (mm/h) = a \times t^b$$

onde:

I = intensidade média máxima de precipitação (mm/h)

a, b = coeficientes de ajustamento de regressão que dependem do período de retorno

t = duração da chuvada em minutos, ou tempo de concentração (minutos)

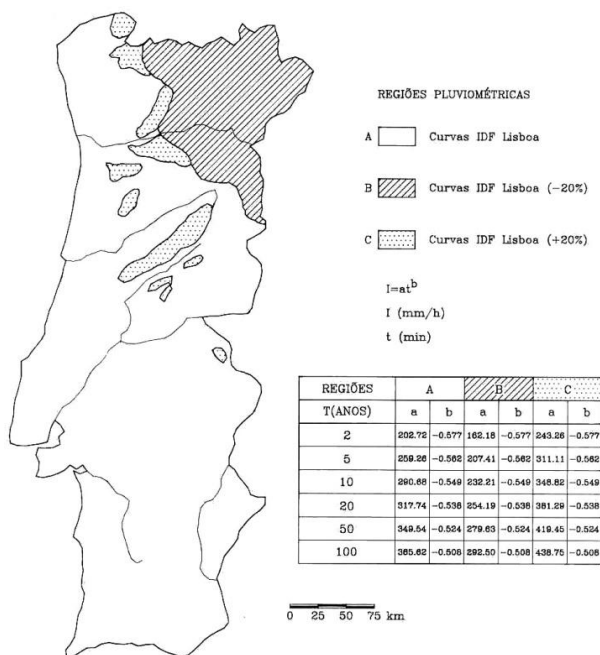


Figura 6.1 – Curvas de intensidade - duração - frequência (IDF), aplicáveis a Portugal Continental [Anexo IX do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto]

Os valores dos parâmetros *a* e *b* foram calculados por Matos e Silva (1986). No caso vertente (Região A, em Portugal Continental), eles são dados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Valores dos parâmetros a e b para vários períodos de retorno

T (anos)	a	b
2	202,72	- 0,577
5	259,26	- 0,562
10	290,68	- 0,549
20	317,74	- 0,538
50	349,54	- 0,524
100	365,62	- 0,508

Em bacias rurais ou semi-rurais, com maior dimensão e maior tempo de concentração, como é o caso, a aplicação dos métodos atrás referidos deve ser encarada com reserva, dispondo a comunidade técnico-científica de outros modelos, mais complexos e mais apropriados, caso se justifiquem.

Efectuando uma análise à informação meteorológica mais próxima, INAG (2009) refere São Julião do Tojal como o posto udográfico mais próximo com curvas IDF disponíveis. Para os períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, PROCESL (2001) calculou (Tabela 6.3):

Tabela 6.3 – Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno, em S. J. do Tojal

Períodos de retorno	100 anos		20 anos		10 anos	
Parâmetros	a	b	a	b	A	b
IDF (Válido dos 30min às 6h)	355,32	-0,4932	292,01	-0,5118	265,17	-0,5246

INAG (2009) tentou também uma particularização para a região em estudo, através da estimação de uma curva para Pragança. Com base no estudo dos máximos em diárias, 24 horas e 48 horas (para uma série com 60 anos de registos), combinando com a admissão da premissa de que o expoente da curva entre 6h e 48h era homotética em relação às curvas de São Julião do Tojal, foram estimadas três curvas IDF, associadas a três períodos de retorno (Tabela 6.4):

Tabela 6.4 – Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno, em Pragança

Períodos de retorno	100 anos		20 anos		10 anos	
Parâmetros	a	b	a	b	a	b
IDF (Válido dos 30min às 6h)	338,19	-0,4905	291,45	-0,5108	273,81	-0,525

A Tabela 6.5 e Figura 6.2 comparam os diversos valores indicados para os parâmetros a e b . O posto de Pragança apresenta os valores mais elevados.

Tabela 6.5 – Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno, no geral

Períodos de retorno	100 anos		20 anos		10 anos	
Parâmetros	a	b	a	b	a	b
D.R. 23/95, de 23 de Agosto	365,62	-0,508	317,74	-0,538	290,68	-0,549
São Julião do Tojal	355,32	-0,4932	292,01	-0,5118	265,17	-0,5246
Pragança	338,19	-0,4905	291,45	-0,5108	273,81	-0,525

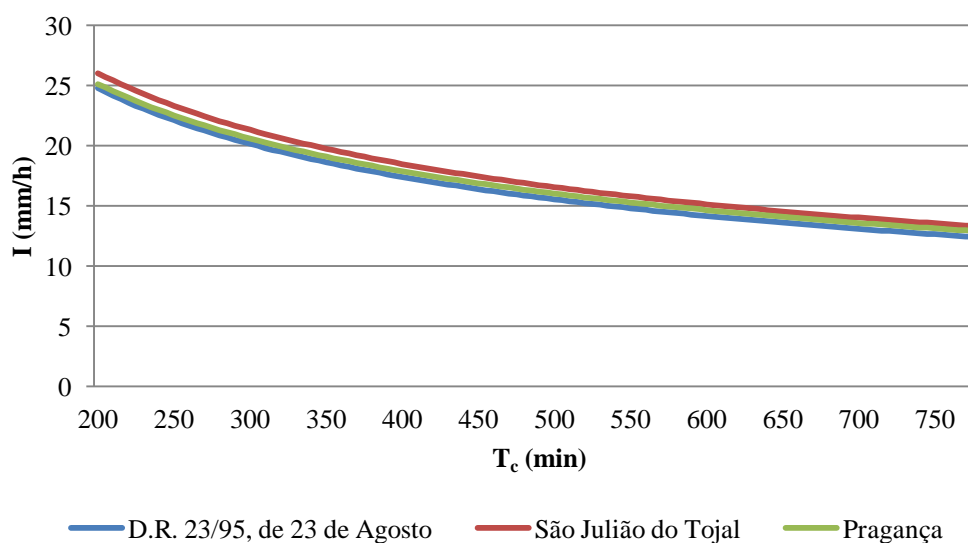


Figura 6.2 – Intensidade média máxima de precipitação em função do tempo de concentração

Para o coeficiente C da fórmula racional, adoptaram-se, neste estudo, os seguintes valores (Hipólito e Vaz, 2011, p. 508):

Tabela 6.6 – Valores do coeficiente C da fórmula racional

T (anos)	2	5	10	25	50	100
C	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53

O tempo de concentração corresponde ao tempo necessário para que a gota de água caída no ponto da bacia hidrográfica cinematicamente mais distante da secção de referência a atinja em percurso superficial, ou mais, estritamente, o tempo que medeia entre o fim da precipitação útil e o fim do escoamento directo na secção de referência. Ele pode obter-se por aplicação de uma fórmula empírica, como seja a de Giandotti, a seguir especificada:

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{h_m}}$$

onde:

T_c – Tempo de concentração (h)

A – Área da bacia hidrográfica (km²)

L – Comprimento da linha de água (km)

h_m – Altura média da bacia (m)

Note-se que esta fórmula de Giandotti foi derivada a partir de dados de um grande número de bacias hidrográficas italianas, sendo teoricamente aplicável a bacias com áreas superiores a 300 km² (Hipólito e Vaz, 2011).

Existem outras fórmulas para calcular o tempo de concentração, tais como, Kirpich, Temez e SCS – Soil Conservation Service (INAG, 2009).

6.2.1.3. Hidrograma de Giandotti

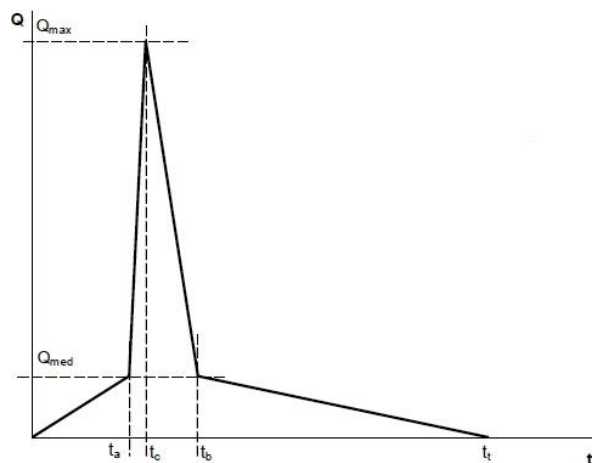


Figura 6.3 – Hidrograma de Giandotti (Oliveira, 2010)

Através das seguintes fórmulas e da Tabela 6.7, obtém-se os vários parâmetros que compõem o hidrograma de Giandotti.

$$Q_{max} = \rho \times Q_{med}$$

em que:

ρ – Relação entre o caudal máximo e o caudal médio da cheia, função da área (adimensional)

t_a, t_b, t_c, t_t – Tempos de concentração (s)

Tabela 6.7 – Valores dos parâmetros ρ e γ em função da área (A)

A (km ²)	ρ	γ
]0 – 300]	10	4,0
]300 – 500]	8	4,0
]500 – 1.000]	8	4,5
]1.000 – 8.000]	6	5,0
]8.000 – 20.000]	6	5,5
]20.000 – 70.000]	6	6,0

Na Figura 6.4, apresenta-se a relação entre a precipitação total e a precipitação útil para vários números de escoamento. O PBHRO de 2011 refere dois Números de Escoamento (*Curve Numbers*), CN(I) – Curve Number (I), para o limite inferior, e CN(II) – Curve Number (II) para o limite superior, consoante as condições de humedecimento do solo se aproximam dos seus valores extremos. No caso em estudo, tem-se, respectivamente, os valores de 74,00 e 86,75. Adopta-se o valor mais elevado, porque é o que conduz a maior precipitação útil e consequente caudal de ponta.

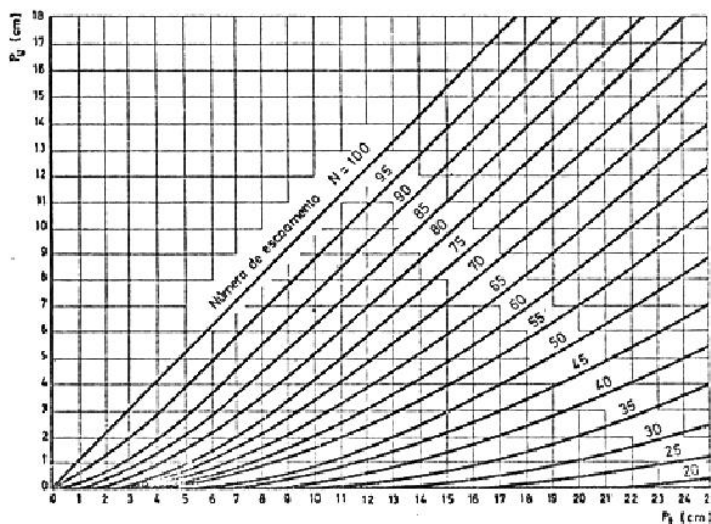


Figura 6.4 – Relação entre precipitação total (P_T) e precipitação útil (P_U) para vários números de escoamento (CN) (Miranda, 2012)

Através da precipitação total e do valor do número de escoamento, recorrendo à Figura 6.4, retira-se o valor de P_U.

A intensidade da precipitação crítica (I_c) vem em m/s:

$$I_c = \frac{P_u}{T_c}$$

em que:

P_u – Precipitação útil (m)

T_c – Tempo de concentração (s)

Desta forma, torna-se agora possível obter o valor do caudal de ponta e do caudal médio:

$$Q_{max} = K_c \times I \times A$$

$$Q_{med} = \frac{Q_{max}}{\rho}$$

em que:

Q_{max} – Caudal de ponta (m^3/s)

Q_{med} – Caudal médio (m^3/s)

K_c – Factor correctivo (Tabela 6.8)

I_c – Intensidade da precipitação crítica (m/s)

A – Área da bacia (m^2)

Tabela 6.8 – Valores de K_c para vários períodos de retorno

T (anos)	K_c
5 a 10	1
25	1,1
50	1,2
100	1,5

O hidrograma da onda afluyente, segundo Giandotti, pode ser esquematizado por uma poligonal definida pelos seguintes pares de valores (Tabela 6.9).

Tabela 6.9 – Valores de cálculo do Hidrograma de onda afluyente

Tempo (h)	Caudal (m^3/s)
0	0
$0,85 \times T_c$	Q_{med}
T_c	Q_{pont}
$1,45 \times T_c$	Q_{med}
$4 \times T_c$	0

6.2.1.4. Métodos do Soil Conservation Service (SCS)

INAG (2009) refere quatro métodos baseados na metodologia do SCS:

1. SCS: método SCS cujas perdas iniciais determinam-se pela fórmula original do SCS (1972 e 1973), dependendo estas exclusivamente do número de escoamento (CN); a duração da chuvada útil será igual ou superior ao tempo de concentração de modo a obter o máximo caudal de ponta de cheia.

2. SCS unitário: método hidrograma unitário adimensional do SCS, cujas perdas iniciais são obtidas pela fórmula original do SCS (1972 e 1973), dependendo estas exclusivamente do número de escoamento (CN); a duração da chuvada útil será igual ou superior ao tempo de concentração de modo a obter o máximo caudal de ponta de cheia.
3. SCS modificado por Correia: método SCS, cujas perdas iniciais determinam-se em função da intensidade de precipitação e do número de escoamento (CN); a duração da chuvada útil é igual ao tempo de concentração.
4. SCS unitário modificado por Correia: método hidrograma unitário adimensional do SCS, cujas perdas iniciais são obtidas em função da intensidade de precipitação e do número de escoamento (CN); a duração da chuvada útil é igual ao tempo de concentração.

A aplicação destes métodos exige a selecção de curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), atrás referidas, referentes a postos udométricos localizados na bacia hidrográfica em estudo ou próximo dela.

6.2.2. Determinação do Caudal de Ponta de Cheia para alguns períodos de retorno

6.2.2.1 Fórmula de Meyer

6.2.2.1.1 Rio Real (secção terminal)

O Rio Real, nesta secção, tem uma bacia hidrográfica de cerca de 255 km², vindo (Tabela 6.10):

Tabela 6.10 – Caudais de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Real

T (anos)	Q _p (m ³ /s)
10	339
25	416
100	546

6.2.2.1.2. Rio Arnóia (secção terminal)

No caso da secção terminal do Rio Arnóia (A = 128 km²), tem-se:

Tabela 6.11 – Caudais de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Arnóia

T (anos)	Q _p (m ³ /s)
10	197
25	242
100	318

6.2.2.2 Método Racional

6.2.2.2.1. Rio Real

A – Área da bacia hidrográfica (km²) = 255 km²

L – Comprimento da linha de água (km) = 27,349 km

h_m – Altura média da bacia (m) = 104 m

$$T_c = \frac{4\sqrt{255} + 1,5 \times 27,349}{0,8 \times \sqrt{106 - 2}} \approx 12,86h \approx 771,46 \text{ min} \approx 46.287,59 \text{ s}$$

vindo (Tabela 6.12):

Tabela 6.12 – Intensidades médias da precipitação para vários períodos de retorno, Rio Real

Região	A		I (mm/h)
	a	b	
T (anos)			
2	202,72	- 0,577	4
5	259,26	- 0,562	6
10	290,68	- 0,549	8
20	317,74	- 0,538	9
50	349,54	- 0,524	11
100	365,62	-0,508	12

Vindo para o caudal de ponta de cheia:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Tabela 6.13 – Caudal de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Real

T (anos)	Q _p (m ³ /s)
2	115
5	175
10	225
20	290
50	373
100	469

6.2.2.2.2. Rio Arnóia

A – Área da bacia hidrográfica (km²) = 128 km²

L – Comprimento da linha de água (km) = 26,352 km

h_m – Altura média da bacia (m) = 100 m

$$T_c = \frac{4\sqrt{128} + 1,5 \times 26,352}{0,8 \times \sqrt{102 - 2}} \approx 10,60 \text{ h} \approx 635,87 \text{ min} \approx 38.152,28 \text{ s}$$

vindo (Tabela 6.14):

Tabela 6.14 – Intensidades médias da precipitação para vários períodos de retorno, Rio Arnóia

Região	A		I (mm/h)
	a	b	
T (anos)			
2	202,72	- 0,577	5
5	259,26	- 0,562	7
10	290,68	- 0,549	8
20	317,74	- 0,538	10
50	349,54	- 0,524	12
100	365,62	- 0,508	14

E para o caudal de ponta de cheia (Tabela 6.15):

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Tabela 6.15 – Caudal de ponta de cheia para vários períodos de retorno, Rio Arnóia

T (anos)	Q _p (m ³ /s)
2	64
5	98
10	125
20	161
50	207
100	259

6.2.2.3. Hidrograma de Giandotti

6.2.2.3.1. Rio Real

Para um tempo de concentração de 12,86 h, temos (Tabela 6.16):

Tabela 6.16 – Valores de precipitação total e útil, intensidade média da precipitação para vários períodos de retorno

T (anos)	P _t (mm)	P _u (mm)	I _{med} (m/s)
2	56	29	3
5	79	49	5
10	97	65	6
20	114	81	8
50	138	105	10
100	160	123	12

Vindo (Tabela 6.17 e Figura 6.5):

Tabela 6.17 – Valores de cálculo do Hidrograma de onda afluente

T = 5 anos		T = 10 anos		T = 50 anos		T = 100 anos	
Tempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Tempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Tempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Tempo (h)	Caudal (m ³ /s)
0	0	0	0	0	0	0	0
10,93	27	10,93	36	10,93	69	10,93	102
12,86	270	12,86	358	12,86	694	12,86	1.016
18,65	27	18,65	36	18,65	69	18,65	102
51,44	0	51,44	0	51,44	0	51,44	0

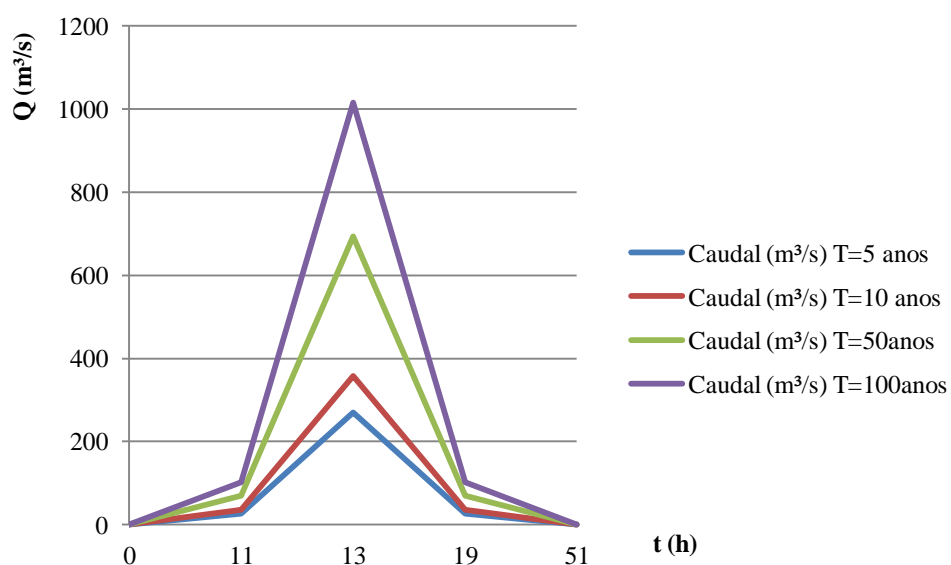


Figura 6.5 – Hidrograma de onda afluente para o Rio Real

6.2.2.3.2. Rio Arnóia

De igual modo, para um tempo de concentração de 10,60 h, temos (Tabela 6.18):

Tabela 6.18 – Valores de precipitação total e útil, intensidade média da precipitação para vários períodos de retorno

T (anos)	P _t (mm)	P _u (mm)	I _c (m/s)
2	52	27	3
5	73	45	4
10	89	57	5
20	104	72	7
50	126	91	9
100	146	110	10

Vindo (Tabela 6.19 e Figura 6.6):

Tabela 6.19 – Valores de cálculo do Hidrograma de onda afluente

T = 5 anos		T = 10 anos		T = 50 anos		T = 100 anos	
Tempo (h)	Caudal (m³/s)	Tempo (h)	Caudal (m³/s)	Tempo (h)	Caudal (m³/s)	Tempo (h)	Caudal (m³/s)
0	0	0	0	0	0	0	0
9,01	15	9,01	19	9,01	37	9,01	55
10,60	151	10,60	191	10,60	366	10,60	554
15,37	15	15,37	19	15,37	37	15,37	55
42,40	0	42,40	0	42,40	0	42,40	0

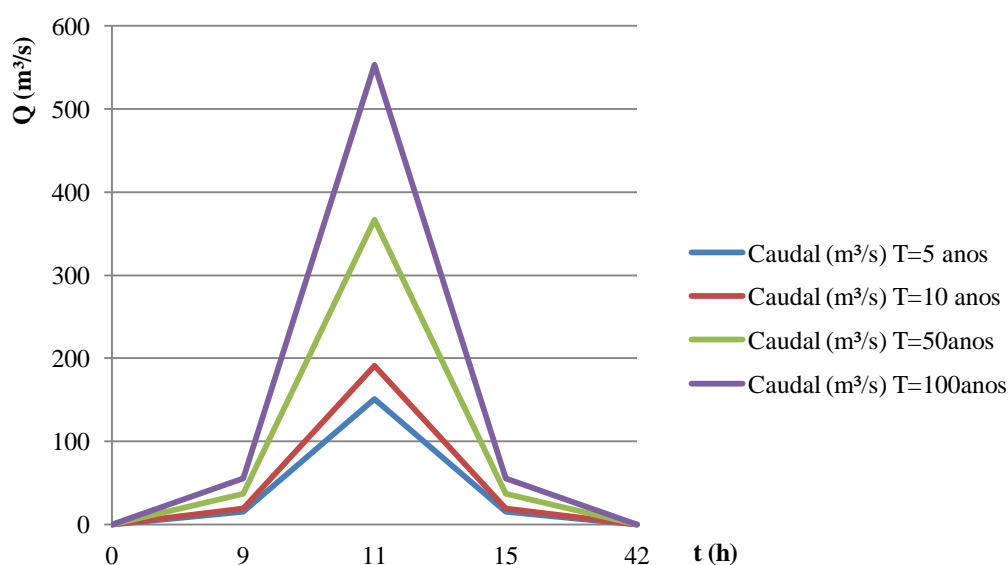


Figura 6.6 – Hidrograma de onda afluente para o Rio Arnóia

6.3. Controlo de Cheias

A gestão de inundações abrange uma série de fases: prevenção e mitigação, preparação, resposta e recuperação. Muitas vezes, é a fase de resposta que tem recebido mais atenção, em desfavor das fases de prevenção e mitigação, quando são estas fases que podem levar a maior retorno, em salvamento de vidas e redução de danos em infraestruturas e na economia.

Resumem-se aqui algumas recomendações que promovam a utilização adequada de estratégias de prevenção e mitigação, de modo a constituir uma base de apoio à decisão na gestão de cheias repentinas e de inundações.

Primeiro, o planeamento e o projecto de medidas estruturais devem considerar os possíveis efeitos negativos sobre a dinâmica do curso de água e do meio ambiente. Nesta medida, deve recorrer-se, sempre que possível à Engenharia Natural. A Engenharia Natural (EN) compreende um conjunto de técnicas e práticas que utilizam plantas vivas, preferencialmente autóctones, como elemento do processo construtivo, juntamente ou não com outros materiais (e.g., pedra, madeira, metal), no domínio da restauração ambiental.

Depois, é essencial que as medidas estruturais, em especial obras de EN, sejam complementadas com medidas não-estruturais, as quais devem ser efectivamente consolidadas e implementadas dentro de um quadro legal, para que tais estratégias possam ser sustentáveis, no futuro.

De facto, há necessidade de passar de uma abordagem clássica, reactiva, na prevenção e mitigação de cheias, para uma abordagem mais pró-activa, conforme o resumido na Tabela 6.20.

Tabela 6.20 – Evolução na gestão de emergências (Hodges, 1999)

De	Para
Foco no perigo	Foco na Vulnerabilidade
Estratégias reactivas	Estratégias pró-activas
Responsabilidades de um só organismo	Coordenação de vários organismos, envolvendo todo o governo
Abordagem tipo Ciência/Engenharia	Abordagem multidisciplinar
Gestão de respostas	Gestão de riscos
Planeamento para as comunidades	Planeamento com as comunidades
Comunicação às comunidades	Comunicação com as comunidades
Abordagem próxima de gestão de desastres	Contexto mais amplo de segurança pública

Os quadros legislativos e administrativos num país tendem a designar a responsabilidade pela segurança e protecção da propriedade aos Serviços de Emergência, quer antes quer durante as cheias. Mas, a responsabilidade de estratégias de prevenção e mitigação num país envolve os Serviços de Emergência, mas também um grande número de outras instituições governamentais, a nível local, regional e nacional. Assim, mais diálogo e colaboração devem ser promovidos entre todas as instituições envolvidas.

6.3.1. Cheia, Inundação, Tempo de Concentração e Cheia Repentina

A bacia hidrográfica de um rio em determinada secção transversal desse rio é o lugar geométrico dos pontos a partir dos quais o percurso superficial de uma gota de água passa na referida secção transversal, que se designa por secção de referência. O limite desse lugar geométrico designa-se por limite da bacia hidrográfica e constitui uma linha de separação de águas (Hipólito e Vaz, 2011).

Não existe uma definição única para cheia, uniformemente aceite por todos. Pode definir-se cheia como um fenómeno hidrológico extremo causado por precipitação intensa de duração mais ou menos prolongada numa bacia hidrográfica ou em parte dela, originando caudais que excedem a capacidade de vazão de leito menor do rio (Hipólito e Vaz, 2011). Com esta definição, o conceito de cheia fica associado ao de inundação de áreas que a tal não estão sujeitas durante a maior parte do tempo. Por vezes, utiliza-se a expressão também para designar um aumento do caudal, independentemente de se ter ultrapassado ou não a capacidade de vazão do leito menor do rio.

Uma cheia repentina é definida, pela World Meteorological Organization (WMO/Unesco, 1974), como uma cheia de curta duração com um caudal de ponta elevado. Nos E.U.A., o National Weather Service (NWS) adoptou uma definição mais geral de cheia repentina: cheia que se segue ao acontecimento que a motivou dentro de poucas horas. Assim, usa-se geralmente como critério de distinção entre *cheia* e *cheia repentina* o tempo que decorre entre uma cheia e o acontecimento que a motivou. Este tempo é o tempo de concentração da bacia hidrográfica na secção do curso de água que a define. Hall (1981) propôs um tempo de concentração de 6 h como o limite para que uma cheia se considere repentina.

Define-se (vide Secção 6.2.2.2.) tempo de concentração, t_c , como sendo o tempo necessário para que a gota de água caída no ponto da bacia hidrográfica cinematicamente mais distante da secção de referência a atinja em percurso superficial, ou mais, estritamente, o tempo que medeia entre o fim da precipitação útil e o fim do escoamento directo na secção de referência (Hipólito e Vaz, 2011).

Normalmente, admite-se que ele é aproximadamente constante em cada bacia. Para o seu cálculo, o percurso e o declive dos terrenos são os factores mais importantes, existindo diversas fórmulas empíricas para estimar o seu valor.

As cheias repentinas podem classificar-se em duas categorias, consoante resultem de:

- Precipitação intensa numa bacia hidrográfica;
- Libertação súbita de água armazenada pela ruptura duma barragem, avalanche, escorregamento de encosta, fusão de neve ou outro obstáculo, natural ou artificial.

O número de mortes originadas por ano devido a cheias repentinas em 1984 foi avaliado em 0,0001% da população nos E.U.A.. Países em desenvolvimento, com insuficiente previsão de cheias, devem sofrer um número de mortes médio anual várias vezes superior ao anteriormente referido. Em Portugal, não parece demasiado admitir o número de 800 mortes nos últimos quinze anos, originadas por cheias repentinas (Santos, 1984).

6.3.2. Medidas Estruturais e Não Estruturais

As zonas de inundação dos rios formaram-se naturalmente como canais de escoamento para caudais elevados. Historicamente, obras de envergadura têm sido construídas com o fim de evitar ou reduzir a extensão natural de inundação da cheia, tais como albufeiras, alargamento do leito, diques, leitos de cheia alternativos e outras medidas. Este tipo de medidas são normalmente designadas por medidas estruturais.

As medidas estruturais só parcialmente se têm revelado efectivas em relação a situações já criadas, não impedem que o crescimento das comunidades se verifique para além das áreas protegidas e criam muitas vezes um falso sentido de segurança nas populações.

Para reduzir o custo dos prejuízos causados pelas cheias, a ênfase inicial em medidas estruturais tem vindo a tender para um equilíbrio entre medidas estruturais e medidas não estruturais ou regulamentares. Outras vezes, opta-se por uma combinação das duas (Tabela 6.21).

Tabela 6.21 – Medidas Estruturais e Medidas Não Estruturais para Cheias Repentinhas (Silva *et al.*, 1999)

Medidas Estruturais
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obras de retenção de cheias <ul style="list-style-type: none"> - Áreas controladas de inundação, bacias de retenção, áreas naturais de inundação, tanques para retenção de águas residuais, etc. ➤ Obras de protecção transversal nos rios <ul style="list-style-type: none"> - Açudes de controlo, espigões, etc. ➤ Obras de protecção das margens ➤ Remodelação e limpeza da secção transversal ➤ Obras de hidráulica florestal ou agrícola, para aumentar a retenção e abrandar o escoamento superficial proveniente das encostas da bacia <ul style="list-style-type: none"> - Pequenas barragens de correcção, valas de drenagem, pequenos canais, trabalhos hidráulicos em estradas florestais, etc.

Medidas Não-Estruturais
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificação e obtenção de terra elegível para as intervenções necessárias ➤ Zonamento das áreas inundáveis ➤ Ajustamentos nos Planos Directores Municipais, quanto à protecção contra cheias <ul style="list-style-type: none"> - Se esses Planos não existem, eles devem ser realizados. ➤ Sistemas de alerta para pessoas em zonas propensas a inundações <ul style="list-style-type: none"> - Rede de monitorização, processamento e verificação de dados meteorológicos, sistemas de alerta e aviso rápido, etc. ➤ Seguros ➤ Gestão de serviços de emergência, após a ocorrência de inundação <ul style="list-style-type: none"> - Planos locais de protecção civil, medidas de protecção civil, etc.

6.3.3. Controlo Passivo de Cheias

6.3.3.1. Introdução

À medida que aumenta a procura de espaços urbanos apropriados, e estes vão escasseando, crescem também as pressões urbanísticas em torno de planícies de cheia, uma tendência bem visível em Portugal nas últimas décadas.

Desde há muito, medidas de protecção de vales contra os efeitos de cheias foram adoptadas em favor do povoamento. Contudo, registos de sérios danos em povoações causados por cheias

catastróficas demonstram a impossibilidade de atingir uma protecção absoluta contra tais eventos e que, por vezes, a intervenção humana só serviu para piorar mais ainda a situação a jusante, dada a eliminação de áreas de retenção naturais. Consequentemente, em conjunto com as referidas medidas activas, a gestão da água assegura protecção contra cheias através de medidas passivas, isto é, medidas que a longo prazo, tornam as medidas activas muitas vezes desnecessárias, o que traz efeitos favoráveis na economia nacional.

São exemplos de medidas passivas:

- Adaptar os cultivos na vizinhança do curso de água a eventuais cheias, considerando a resistência e susceptibilidade ao dano de diferentes cultivos;
- Transferir os cultivos locais para áreas mais seguras;
- Adquirir as áreas mais frequentemente sujeitas a cheias.

O objectivo fundamental do controlo passivo das cheias é assegurar áreas de contenção das cheias. Tal é conseguido fechando tais áreas e assegurando que elas são exploradas apenas com actividades compatíveis com o regime hídrico prescrito (Tabela 6.22).

Tabela 6.22 – Aspectos fundamentais do controlo passivo de cheias

Risco	Estratégia	Ação
Redução	Prevenção	Proteger as planícies de inundação
Redução	Compensação	Conter os caudais, através da retenção
Aceitação	Tolerância	Serviço de Previsão de Cheias
		Serviço de Alarme de Cheias
		Avaliação do risco; consciencialização pública
		Protecção Civil
		Seguros contra danos causados pelas cheias

As bacias de retenção podem contribuir significativamente para diminuir o risco de cheias. Elas são concebidas para substituir medidas lineares de combate à aceleração do escoamento, ou, pelo menos, reduzi-las ao mínimo. Para além dos seus aspectos económicos e técnicos, estes sistemas de protecção hidráulica devem ser protegidos e preparados para melhorar a função ecológica do escoamento. As bacias existentes podem ser melhoradas tendo em conta o mais recente estado-da-arte.

Os principais objectivos destas medidas são:

- Disponibilidade de áreas para amortecimento de cheias;
- Manutenção e criação e manutenção de áreas de retenção;
- Melhoramento das funções ecológicas;
- Melhoramento da água subterrânea;

- Qualidade da água;
- Redução de operações de manutenção e assistência;
- Retenção da água na paisagem (função de esponja);
- Evitamento de intervenções no equilíbrio natural.

As bacias de retenção baseiam-se nos seguintes pré-requisitos (PREMO 98):

- Salvar as zonas baixas propícias disponíveis, cobertas por árvores, arbustos ou pastos;
- Desenvolver formas de cultivo apropriadas para as condições locais;
- Proibir mais construções nas planícies de inundação;
- Restaurar áreas de retenção através da remoção e deslocamento de barragens, ou reactivação de antigos braços do rio;
- Preservar valas naturais, desenvolver sistemas hídricos existentes amigos do ambiente.

As bacias de retenção devem ser concebidas de modo que não haja qualquer intervenção, ou esta seja mínima, em caso de uma cheia correspondente a um certo período de retorno, na parte aluvionar do rio, permitindo, se possível, a sua renaturalização. Assim, a descarga de fundo é reduzida a uma única secção que assegure que o caudal máximo permitido não é ultrapassado.

Tal significa, em geral, analisar diferentes opções quanto ao tamanho da bacia e eventuais medidas lineares, e os diferentes modos como estas medidas podem ser combinadas entre si. A solução deve ser otimizada tendo em conta os aspectos económicos, técnicos, mas também a função ecológica do rio.

6.3.3.2. Protecção de Terras Agrícolas e Florestais Sujeitas a Cheias

Recentemente, o problema da erosão extensiva do solo em campos de cultura e consequente sedimentação do sedimento fino nos cursos de água tem vindo a ganhar expressão. A sedimentação resultante não só causa uma redução do escoamento no curso de água como piora consideravelmente a qualidade da água (nutrientes, pesticidas) prejudicando a função ecológica do curso de água.

Não é fácil influenciar as práticas de cultivo. Consequentemente, a gestão dos recursos hídricos deve focar-se na criação de faixas laterais adjacentes às margens (mínimo de 10 metros, em cada margem), funcionando como zonas de amortecimento contra a exploração agrícola intensiva e de albufeiras/reservatórios de sedimentação ao longo de ramos/braços laterais.

6.3.3.3. Controlo do Uso do Solo em Planícies de Inundação

A protecção de urbanizações e vias de comunicação deve estar garantida contra a cheia dos 100 anos (HQ_{100}). Em casos excepcionais, é possível baixar este nível de protecção para a cheia dos 30 anos (HQ_{30}). Consequentemente, HQ_{30} e HQ_{100} devem estar assinalados, ao longo dos trechos pertinentes de rios em causa (PREMO 98).

Medidas de controlo da cheia ou qualquer outra intervenção que conduza a redução da superfície de retenção numa planície de inundação só deveria poder ser financiada se medidas adequadas de compensação forem adoptadas.

6.3.3.4. Medidas Não Estruturais ou Regulamentares

O objectivo das medidas regulamentares é planear e regulamentar o desenvolvimento da utilização das zonas de cheia antes que se verifique a sua ocupação. Tal regulamentação baseia-se em normas que requerem que, nas zonas susceptíveis a inundações, certas utilizações sejam proibidas, enquanto em outras zonas, menos perigosas, haja limitações. Geralmente, consideram-se as seguintes zonas (Santos, 1984):

- Leito normal (zona de escoamento);
- Leito de cheia (zona de escoamento);
- Zona de inundação (zona de armazenamento);
- Zona que pode vir a ser abrangida pela inundação (zona de armazenamento).

As zonas citadas encontram-se definidas esquematicamente nas Figuras 6.7 e 6.8. Esta definição de zonas é usualmente designada por zonamento.



Figura 6.7 – Leito Normal (zona de escoamento), 2. Leito de cheia (zona de escoamento), 3. Zona de inundação (zona de armazenamento), 4. Zona que pode vir a ser afectada pela inundação (adaptado de Santos, 1984)

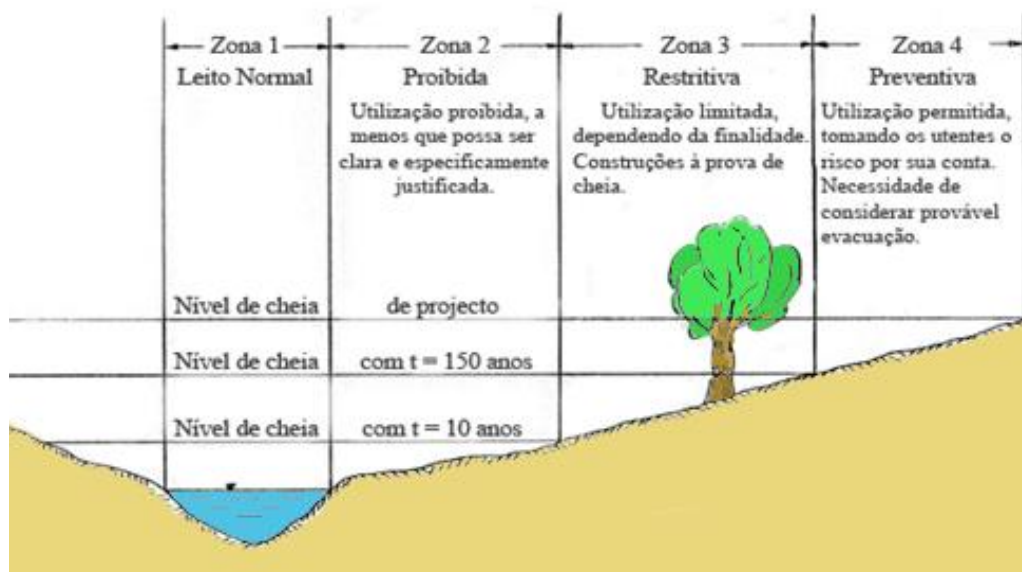


Figura 6.8 – Exemplo de regulamentação da planície de cheia, segundo o U.S. Corps of Engineers (adaptado de Santos, 1984)

Um programa para regulamentar uma planície de cheia deve contemplar os seguintes aspectos:

- Estabelecer os objectivos e planos comunitários;
- Recolher os dados e elaborar a cartografia adequada à definição do zonamento;
- Delimitar o leito de cheia.

Dos vários factores que influenciam a delimitação do leito de cheia e que devem ser tidos em conta referem-se:

- Caudal de cheia calculado para os diferentes níveis de probabilidade requeridos;
- Alturas de escoamento provocadas pelos obstáculos criados no leito;
- Critérios hidráulicos na delimitação das zonas;
- Alturas do escoamento e velocidades;
- Condicionamentos impostos pelo sistema de transportes, caminhos de ferro, estradas e pontes;
- Localização de obras de controlo de cheias;
- Condições de drenagem, e.g., cheias induzidas em afluentes;
- Desenvolvimento existente e planeado, no local e áreas adjacentes;
- Delimitação e fácil identificação das diferentes zonas;
- Disposições legais sobre os procedimentos adoptados ou a adoptar.

A previsão de cheias repentinas é um dos problemas mais difíceis que se põem no campo da meteorologia e da hidrologia, requerendo um trabalho de equipa, uma conjugação de esforços entre o meteorologista e o hidrologista, dado o curto espaço de tempo disponível para se efectuar a previsão em tempo útil (Santos, 1984).

Em Portugal, o intrincado sistema administrativo e a multitude de factores envolvidos leva a que ninguém se sinta directamente responsabilizado pelo problema das cheias repentinas. Sob o ponto de vista administrativo, a legislação existente não parece adequada para responder ao problema numa forma eficaz. Tomando em conta a experiência de outros países, a solução, no aspecto legislativo, seria uma lei com carácter metodológico que especificasse os estudos necessários e preconizasse os tipos de medidas a adoptar. Perante um caso concreto de cheia repentina, a respectiva autarquia realizaria um estudo do problema, de acordo com a referida lei, produzindo então regulamentação específica adequada para o caso em estudo. Assim, a autarquia, em vez de uma lei geral, normalmente pouco motivadora, passaria a ter a lei de cheias repentinas no local específico para as situações verificadas, que atende às particularidades do problema (Santos, 1984).

6.4. Caracterização de Secas

Se as secas se assemelham às cheias, nos seus impactes negativos, elas têm características bem distintas. A Tabela 6.23 sintetiza tais diferenças.

CHEIA		SECA
Bem definido, conhece-se de imediato	INÍCIO	Mal definido, só se conhece <i>a posteriori</i>
Rápida	PROGRESSÃO	Lenta, às vezes, imperceptível
Pequena (horas, dias, semanas)	DURAÇÃO TEMPORAL	Grande (semanas, meses, anos)
Bem definido, conhece-se de imediato	FIM	Mal definido, só se conhece <i>a posteriori</i>
Pequena (planícies que ladeiam os rios)	EXTENSÃO GEOGRÁFICA	Grandes regiões

Tabela 6.23 – Principais diferenças entre cheias e secas (Hipólito e Vaz, 2011)

A seca é definida como sendo uma ausência prolongada ou défice significativo de precipitação persistentemente inferior à média, que provoca uma diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos e uma redução na capacidade de suporte dos ecossistemas.

As secas têm uma frequência, duração e severidade incertas, cuja ocorrência não é fácil de prever. Importa pois o acompanhamento da situação de seca e a minimização dos seus efeitos.

Para a análise das secas na área das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, recorreu-se à avaliação do índice de precipitação padrão (*SPI: Standardized Precipitation Index*), proposto

por McKee *et al.*, (1993), com o objectivo de identificar períodos de seca e avaliar a sua severidade considerando várias escalas temporais.

6.4.1. Índice de precipitação padrão (Standardized Precipitation Index - SPI)

O índice de precipitação padrão (SPI) foi desenvolvido por McKee *et al.*, (1993) é calculado mensalmente a partir da distribuição de probabilidades da precipitação, ajustada a cada mês do ano, podendo ser obtido para diferentes escalas de tempo (6, 9, 12 meses ou mais). Deste modo, a precipitação acumulada nos últimos seis, nove e 12 meses é transformada no valor do índice SPI, por forma a reflectir os desvios observados em relação à precipitação ocorrida em períodos homólogos da série histórica. A escolha da escala temporal depende dos impactes que se pretendem avaliar. Períodos de tempo de 3 e 6 meses são os mais adequados para avaliar os efeitos da seca na agricultura, isto é, o teor de humidade do solo, os de 6 meses e 12 meses para o escoamento superficial, os de 12 e 24 meses, para o armazenamento em albufeiras, reservas hídricas subterrâneas e disponibilidade dos recursos hídricos em geral.

Valores negativos do índice SPI identificam meses secos, sendo a severidade da seca tanto maior quanto mais negativo for o valor do índice. Apesar de mais vulgarmente utilizado para identificar e caracterizar secas, o SPI permite também identificar períodos em que a ocorrência de precipitação é superior aos valores ‘normais’. O índice é adimensional e tem associada uma escala de severidade (Tabela 6.20). Os valores do índice dependem da função de distribuição escolhida, da amostra a partir da qual são estimados os parâmetros da distribuição e, ainda, do método utilizado na estimativa.

6.4.2. Cálculo do SPI, Escala Temporal de Análise e Severidade da Seca

Para o cálculo do índice SPI, usam-se, como dados de entrada, séries de precipitação mensal em cada local. O SPI é calculado para cada mês da série em causa. Escolheu-se uma escala temporal de análise de 12 meses, pelo que o valor do índice em cada mês reflecte a anomalia da precipitação acumulada nos últimos 12 meses (SPI-12). O SPI é classificado no que respeita à severidade de acordo com a Tabela 6.24.

Tabela 6.24 – Classificação dos valores de SPI e tempo na categoria de seca (Fonte: McKee *et al.*, 1995)

SPI	Categoria de seca	Probabilidade da categoria
0,00 a -0,99	Ligeira	0,3413
-1,00 a -1,49	Moderada	0,0918
-1,50 a -1,99	Severa	0,0441
≤ -2,00	Extrema	0,0228

Dada uma situação de seca, num dado mês, pretende-se estimar qual a precipitação necessária, no mês seguinte, para que a severidade da seca diminua, com base na classificação do SPI proposta por McKee *et al.*, (1993). A estimativa do déficit de precipitação acumulada, reportada aos 12 meses precedentes, num dado mês, para transição para classes de seca menos severas, dada a precipitação observada nos últimos 12 meses, baseou-se nos limites do SPI para as diferentes categorias (Tabela 6.24) e na função de distribuição Gama utilizada para calcular o SPI nesse mês.

Considera-se que uma seca ocorre sempre que o SPI é continuamente negativo atingindo valores inferiores a 1 e termina quando o SPI se torna positivo. Salienta-se que, de acordo com o exposto, o fim da seca só é atingido quando o SPI-12 se torna positivo, ou seja, quando no fim de um dado mês a precipitação acumulada nos últimos 12 meses atinge o valor normal, situação em que o déficit de precipitação acumulado se anula.

Cada mês em que o evento persiste é caracterizado por uma dada severidade. A duração de uma seca corresponde ao número de meses que decorrem entre o seu início e fim. A soma dos valores mensais do SPI durante a seca designa-se por magnitude e o quociente entre a magnitude e a duração define a intensidade da seca. O tempo de estabelecimento da seca corresponde ao número de meses decorridos desde que o SPI se torna negativo até que atinja o primeiro valor inferior a -1. Salienta-se que na aplicação desta metodologia de identificação das secas locais não foram consideradas secas com duração inferior a sete meses.

Em estudos anteriores (Santos, 1981 e Santos, 1996) e na análise de secas nos PBH, o limite crítico escolhido para a identificação de anos secos foi o percentil 20 da precipitação anual, observada em cada estação udométrica. Com a metodologia adoptada, a caracterização fez-se mensalmente e o índice de seca SPI, num dado mês, traduz a anomalia da precipitação acumulada nos últimos 12 meses. A probabilidade de ocorrência, num dado mês, de seca moderada ou de maior severidade é de 0,159, que corresponde aproximadamente ao percentil 16.

Note-se que, uma seca só se confirma quando, numa sequência de meses com $SPI < 0$, se atinge seca moderada ($SPI \leq -1$). Isto significa que uma seca ligeira, durante vários meses, só dá lugar à confirmação da seca quando evolui para categorias de maior severidade; caso tal não se verifique, essa sequência de meses em seca ligeira não é considerada.

Do ponto de vista do acompanhamento e monitorização das secas, o índice de seca SPI tem vantagens em relação a outras metodologias, pois a avaliação é feita mensalmente e o valor do índice tem uma probabilidade de ocorrência associada.

A monitorização em tempo real da evolução das condições hidrometeorológicas locais, através deste índice, permite avaliar, mensalmente, o grau de défice ou excesso de precipitação, reportado aos últimos meses. A gestão do risco de secas poderá basear-se nesta informação, complementada com indicadores de necessidades e consumos dos vários sectores, e na definição de níveis de alerta, que possam levar à adopção de medidas de preparação e/ou mitigação dos efeitos das secas.

6.4.3. Seca nas Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste

O conceito de área crítica, A_c , foi utilizado por Santos (1984) na definição de seca regional. Santos (1981) define seca regional como o intervalo de tempo durante o qual a proporção da área em défice iguala ou excede a A_c , a qual representa uma proporção arbitrária da área total da região.

A avaliação da seca nas Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste fez-se recorrendo a postos udométricos cuja área de influência esteja dentro da área das bacias hidrográficas. As séries de SPI determinadas mensalmente, em cada posto, fornecem a indicação do grau de severidade da seca no local. Calcularam-se, mensalmente, as percentagens de área em seca na região, por categoria de severidade. Uma seca regional foi identificada quando a área afectada por seca ligeira ou de severidade superior permanece continuamente acima da área crítica e, durante esse período de tempo, a área em que $SPI \leq -1$ excede a área crítica, num ou em mais meses. Esta proposta de identificação da seca regional corresponde a uma adaptação da identificação local proposta por McKee *et al.*, (1993).

A classificação da seca regional em termos de severidade utilizou diferentes limiares de A_c . A classificação num determinado grau de severidade implica que as condições exigidas para a classificação em menores graus de severidade se tenham verificado (Tabela 6.25).

Tabela 6.25 – Classificação da severidade da seca com o SPI, para A_c variável (ARH-Tejo, 2011)

Severidade Regional	Valor para A_c	Valores de SPI
Extrema	20 %	$SPI \leq -2$
Severa	30 %	$SPI \leq -1,5$
Moderada	40 %	$SPI \leq -1,0$
Ligeira	50 %	$SPI \leq 0$

Calculou-se, também, o SPI-12 regional que resulta da precipitação observada nos postos udométricos e ponderada pela respectiva área de influência.

Para as Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, foi calculado o índice de seca para 12 meses, SPI-12, com base em 6 séries de precipitação mensal referentes ao período Outubro de

1940 a Setembro de 1999. As secas mais severas, por ordem decrescente de severidade, ocorreram nos períodos:

- Novembro de 1943 a Abril de 1946 (SPI = -1,44);
- Outubro de 1994 a Janeiro de 1996 (SPI = -1,39);
- Outubro de 1991 a Novembro de 1993 (SPI = -1,35).

A seca de 1944/1945 foi a mais severa tendo uma área considerável da bacia, mais de 80%, estado em seca severa e/ou extrema durante 9 meses. Foi também a segunda seca mais longa, com uma duração de 29 meses. A seca que decorreu entre Janeiro e Abril de 1992 foi a que se agravou mais rapidamente, já que, em apenas 3 meses, atingiu a categoria de seca severa em toda a região. Por outro lado, a seca iniciada em Fevereiro de 1948, corresponde à seca com maior tempo de estabelecimento, já que só após 12 meses de permanência em seca ligeira houve um agravamento de severidade.

Tendo em conta a distribuição da duração média da seca, verifica-se que cerca de 50% da bacia apresenta uma duração média da seca inferior a 21 meses, enquanto apenas 7% apresenta uma duração superior a 22 meses.

O sector agrícola (e florestal) é o sector mais dependente do défice ou ausência de precipitação. Verifica-se que as zonas das bacias hidrográficas em que a seca se manifesta durante mais de 22 meses, são maioritariamente ocupadas por sistemas florestais (53,7%), seguindo-se sistemas agrícolas heterogéneos (22,8%). As culturas anuais de regadio e de sequeiro não têm neste caso representatividade. Conclui-se que, onde o efeito de secas é mais prolongado, o solo é ocupado por culturas mais resistentes à seca e logo com menores danos (ARH-Tejo, 2011).

CAPÍTULO 7 – ESTUDOS DE CASOS

7.1. Restauração e Gestão do Rio Real para Alcançar um Bom Estado Ecológico

7.1.1. Gestão de Bacia Hidrográfica em Clima Mediterrânico

Em climas mediterrânicos, temperaturas suaves durante todo o ano favorecem um povoamento acolhedor em regiões agrícolas férteis. Longos verões secos, um escoamento sazonal, uma precipitação inter-anual muito variável e cheias repentinas esporádicas ameaçam tais aglomerados rurais.

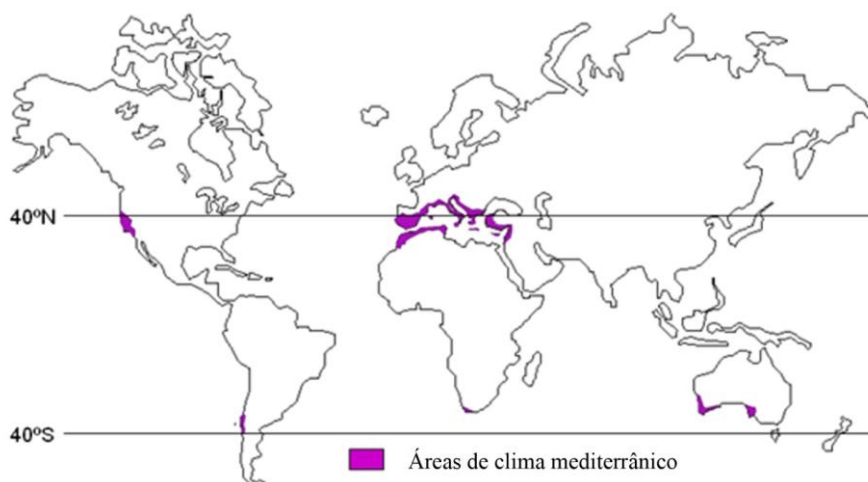


Figura 7.1 – Áreas de clima mediterrânico

O grau de alteração hidrológico e consequente mudança ecológica é tipicamente maior em rios de clima mediterrânico do que climas húmidos. Barragens, canais de rega, instalações de captação e de distribuição da água condicionam os regimes de escoamento, apoiam o desenvolvimento económico, mas tendem a prejudicar a comunidade biológica nativa. A restauração de sistemas fluviais de clima mediterrânico representa pois um desafio, obrigando, e.g., a superar as relações complexas entre economia, clima e instituições.

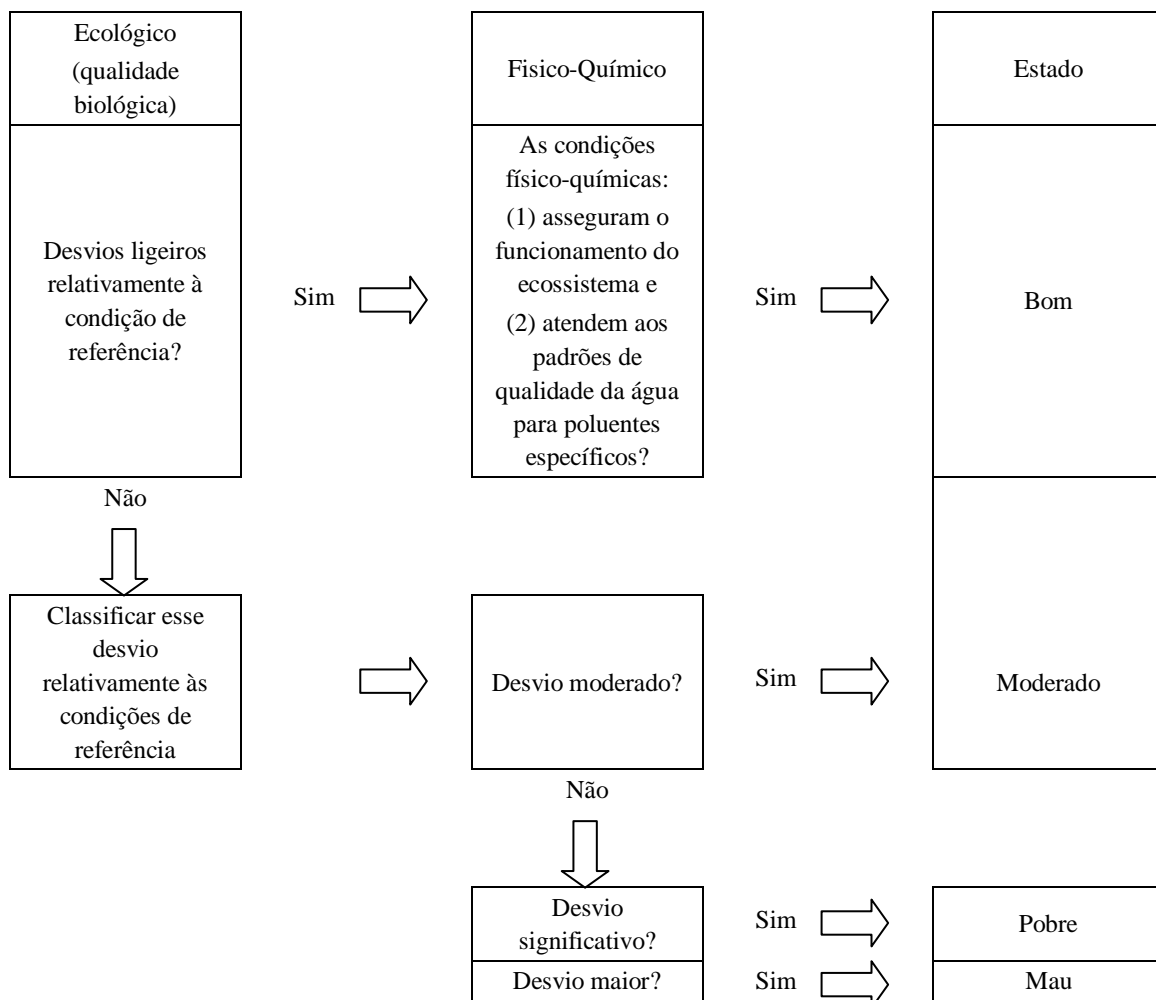
Em Portugal, 40% das 1.853 massas de água são classificadas como "em risco", incluindo as águas superficiais da bacia do Rio Real, enquanto outros 20% das massas de água têm dados insuficientes para ser avaliados¹. A nível da UE, cerca de 40% das águas superficiais estão classificadas como "em risco" de não atingirem um bom estado até 2015¹. As maiores ameaças nestas massas de água são as mudanças na hidrologia natural (regime de escoamento) e na morfologia (e.g., forma de canal, conectividade), resultantes de desvios, extração e abastecimento de água, bem como de infraestruturas de defesa contra cheias, servindo a agricultura, navegação, produção hidro-eléctrica e desenvolvimento urbano.

¹ Comissão das Comunidades Europeias 2007

Os objectivos da qualidade da água são muitas vezes vistos no âmbito meramente químico, a serem resolvidos com estações de tratamento de efluentes e redução das fontes de poluição.

Porém, não é possível ignorar os impactes ecológicos causados por alterações hidromorfológicas, normalmente associados a serviços de infraestruturas da água. Por vezes, como agravante, diques de proteção às cheias, barragens para armazenamento de água, captações de água para rega são geridos por agências diferentes, com mandatos sobrepostos conflitantes.

Enquanto a DQA promove uma estrutura institucional à escala da bacia - com âmbito e autoridade para desenvolver e regulamentar os planos de gestão da bacia - as necessidades locais de defesa contra cheias, o tratamento de água e infra-estruturas de abastecimento de água têm sido implementadas por municípios, proprietários de terras e agricultores, no terreno. Esta diferença aconselha a um estudo aprofundado de diversas soluções, algumas já testadas em outras regiões de clima mediterrânico, como é o caso da Califórnia, nos EUA (Figura 7.2).



O estado da água superficial é a expressão geral de uma massa de água de superfície, determinado em função

do pior dos estados, ecológico ou químico.
O objectivo geral para as massas de águas superficiais é "bom estado ecológico" e "bom estado químico" até 2015.
Elementos de qualidade biológica para rios incluem a composição e abundância de flora aquática, invertebrados bentónicos e fauna de peixes.

Figura 7.2 – Estado das Águas Superficiais (Fonte: Natali *et al.*, 2009)

A DQA exige que os seus 27 Estados-membros façam progressos substanciais para a melhoria do estado ecológico, químico e quantitativo de rios, lagos, águas subterrâneas, águas costeiras em prazos determinados. Ela estabelece um processo de tomada de decisão coerente e abrangente para o gestão de recursos hídricos, definindo uma abordagem sequencial, iterativa para alcançar um "*bom estado ecológico*" para todos as massas de água. O primeiro passo começou com uma caracterização básica de cada bacia hidrográfica, e foi concluído em 2004. As autoridades analisam então as pressões e impactes, a fim de planear, legislar e implementar práticas eficazes de gestão e melhorias, com vista a alcançar objetivos específicos para cada bacia em 2015. Todos os seis anos, estes passos repetem-se num ciclo de gestão adaptativo.

Na implementação da DQA, cada unidade da bacia hidrográfica define a sua própria e única autoridade institucional, a fim de abrir a comunicação entre as instituições locais, regionais e nacionais, e todos os interessados não-governamentais. A transparência na tomada de decisão, documentação e participação são requisitos explícitos. Cada bacia deve implementar o processo de classificação, definir objectivos ambientais, coordenar e executar as actividades de gestão e executar acção regulatória para alcançar tais objectivos.

Além da criação de planos e execução de políticas, cada autoridade de bacia deve desenvolver o seu próprio sistema de preços de água. A autoridade de bacia deve fazer um balanço das suas condições de oferta e procura, juntamente com as prioridades ambientais locais, económicas e sociais. Embora a DQA não defina os preços na UE, define um processo de preços comum. A contabilidade para quem usa, polui, paga e subsidia água em cada bacia será analisada, partilhada, debatida e redefinida em fórum aberto. Este princípio de recuperação de custos exige que os utentes de água façam uma contribuição adequada para os custos financeiros e ambientais dos serviços de água, desde as infraestrutura de fornecimento ao tratamento de resíduos.

A DQA reconhece a diversidade dos seus Estados membros, permitindo respostas flexíveis para os complexos desafios da gestão da água enfrentados pelas diversas culturas e climas. Em última análise, a DQA pode ajudar as sociedades a adaptarem-se a futuros desafios ambientais,

tais como os impactes das alterações climáticas, aumentando a resiliência dos ecossistemas e reduzindo os impactes de cheias e escassez de água.

7.1.2. Gestão de Cheias na Bacia do Rio Real

7.1.2.1. Introdução

Com cerca de 13.000 habitantes, a vila de Bombarral fica no centro da bacia do Rio Real (Figura 7.3). Os seus vales são revestidos de vinhas e pomares de pêra, tradicionais. Nas terras altas, florestais, predomina uma monocultura de eucalipto, enquanto turbinas extraem energia a partir de recursos eólicos da região. Pequenos aglomerados urbanos, como o Bombarral, apoiam economias de serviços e alguma indústria leve. Agricultura e silvicultura dominam o uso da terra, mas compreendem apenas 10% da economia da bacia. Serviços e construção empregam grande parte da população local.

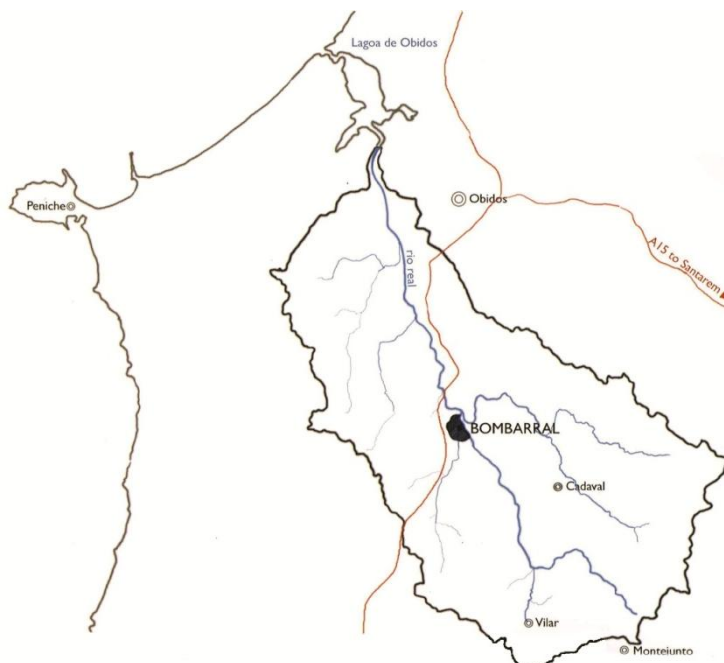


Figura 7.3 – Bacia do Rio Real

A 80 km a noroeste de Lisboa pela auto-estrada A8, Bombarral enfrenta promessas de expansão, enquanto testemunha um declínio na população - Bombarral e Cadaval planearam um crescimento urbano na década de 1990, mas a sua população realmente diminuiu. Com a emigração de jovens para as áreas metropolitanas, imóveis inabitados deixam vazios no tecido urbano. Alojamentos turísticos para viajantes, ou proprietários de segundas habitações poderiam representar um desenvolvimento significativo e investimentos para a área no próximo futuro.

Aglomerados urbanos e explorações agrícolas, dentro da bacia, lutam contra inundações, no Inverno, e a qualidade da água degradada, no Verão. Bombarral está ligado ao sistema de fornecimento de água e de esgotos, mas apenas 14% da população está ligada a uma estação de tratamento de águas residuais (Fonte: Natali *et al.*, 2009). O tratamento de efluentes industriais é insuficiente ou inexistente.

No Inverno, a vila do Bombarral está sujeita frequentemente a cheias repentinas, já que, nesta vila, afluem os escoamentos da bacia superior dos rios Real, Bogota e Corga. Quando o rio galga os diques e entra na sua planície de inundação natural, a água fica represada pelos diques, na ausência de drenagem de regresso ao canal principal. Esta  gua estagnada (efeito “banheira”) causa geralmente danos significativos nas culturas e na produtividade agrícola.

Inunda es representam sérios riscos para os agricultores, especialmente no período de pico do crescimento, de Março a Abril. Se a inunda o ocorrer na estac o de crescimento, em Março ou Abril, a perda de receita por danos às culturas e quebras de produ o na bacia pode variar entre  600.000 e  7.000.000¹.

Para dar um exemplo relativamente recente, em Novembro de 2006, a vila do Bombarral sofreu uma inunda o significativa, com um período de retorno estimado de 15 anos (vide Sec o 7.3), mais de 850 hectares de várzeas ficaram submersas pelo menos por dois dias. Como esta cheia ocorreu após a colheita de p ea e uva, a produ o agrícola não foi muito afectada. Os agricultores tiveram contudo que incorrer em despesas para reconstruir os diques danificados em sua propriedade, estimando-se um custo de reconstru o em  200 por metro linear.



Figura 7.4 – Fotografias da cheia de Novembro de 2006, no Bombarral

¹ Estimativa de “Anteprojecto, Regulariza o Fluvial”, Hidroprojecto, Rev 2 – 2005-12-07, admitindo que a água estagnada permanece por 2-3 dias.

7.1.2.2. Características da Bacia do Rio Real

Podemos identificar três trechos principais da bacia do Rio Real, o qual nasce na Serra de Montejunto, desagua na Lagoa de Óbidos e, finalmente, no Oceano Atlântico.

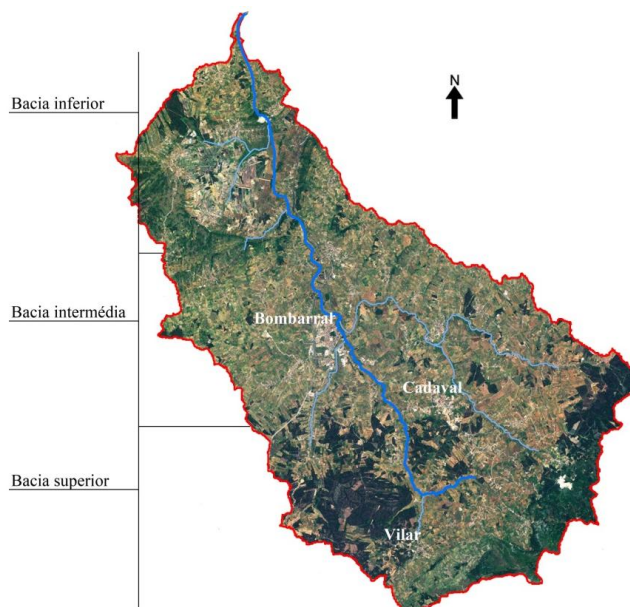


Figura 7.5 – Divisão da Bacia do Rio Real

Bacia Inferior

A bacia inferior inclui uma ampla planície de inundação que experimenta frequentes inundações. A Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) está a realizar um projeto de rega para a parte baixa da bacia de 1.300 m³ de água, a partir da barragem de Óbidos, construída no Rio Arnóia¹. A secção principal do Rio Real deveria ser alargada para comportar cheias com período de retorno até 2 anos.

Bacia Intermédia

A bacia intermédia inclui as várzeas, ou planície de inundação, do concelho de Bombarral, onde pomares de pêra e vinhas dominam a paisagem. Diques longitudinais, altos e estreitos, seculares, têm sido construídos ao longo de séculos, para proteger as povoações e respectivas terras agrícolas de inundação.

Bacia Superior

A parte superior da bacia é caracterizada por canais relativamente estreitos, com poucos problemas de inundação. Geralmente, não existem diques longitudinais nestas áreas e, portanto, quando ocorre inundação, elas oferecem um espaço de espraçamento e retenção para as águas valioso que, de outra forma, escoar-se-iam para jusante para as zonas já propensas a inundações.

¹ Vide Secção 5.3.1

Grande parte da zona ripária é usada na agricultura, de modo que a erosão do solo, o transporte sólido para o canal e posterior deposição aumentam frequentemente os problemas com sedimentos a jusante.

Os dados de precipitação colhidos, e.g., a partir da estação de Vermelha, a única existente na bacia, confirmam um padrão de chuvas típico dum clima mediterrânico. As chuvas na bacia atingem normalmente o máximo em Dezembro, diminuindo à medida que o Inverno termina e a Primavera chega, e subindo novamente no final de Março e início de Abril¹. Como foi dito anteriormente, as inundações durante este segundo pico interrompem o período de crescimento das árvores de frutos, podendo ser especialmente prejudiciais para os agricultores.

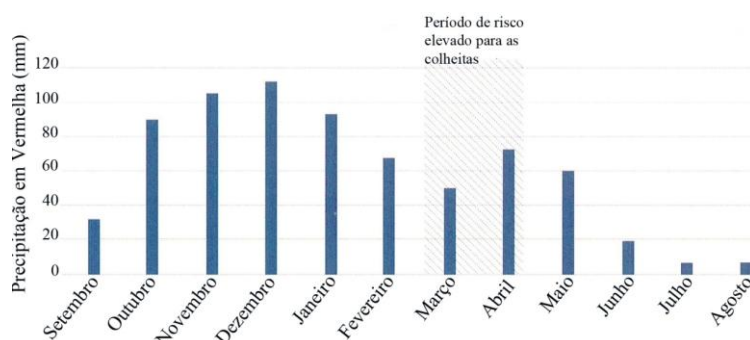


Figura 7.6 – Precipitação em Vermelha (Natali *et al.*, 2009)

7.1.2.3. Em Favor de uma Gestão Integrada das Cheias

Além dos custos de capital e de manutenção, as desvantagens de diques longitudinais constringentes no controlo de cheias incluem (Tabela 7.1):

Tabela 7.1 – Desvantagens de diques longitudinais no controlo de cheias

Item	Explicação
Sensação Falsa de Segurança	Os diques podem e irão falhar, normalmente durante as inundações maiores, mais perigosas e prejudiciais. No entanto, a presença de diques, muitas vezes incentiva o desenvolvimento de culturas em planícies de inundação, colocando edifícios, culturas e pessoas em risco.
Danos às Culturas pelo Efeito de Banheira	Os diques podem ter efeitos contraproducentes, retendo e armazenando a água em terras de cultivo. Embora a agricultura na bacia do Rio Real seja capaz de resistir a períodos limitados de água parada, os diques podem prolongar tais períodos, causando perda de produtividade e danos significativos às culturas.
Aumento da Erosão	Confinando o escoamento a um canal, aumenta a sua erosão, causando um abaixamento do leito. Tal faz diminuir o nível freático de várzea, minando pontes e outras estruturas.

¹ Precipitação média mensal na estação da Vermelha de 1980 a 2005. Disponível em: www.snirh.pt

Interrupção do Transporte Sólido	Os diques eliminam a função natural dos rios de transportar e espalhar sedimentos e nutrientes por toda a planície de inundação.
Habitat de Vida Selvagem Degradado	As plantas e os animais dependentes de um corredor ripícola estão limitados a uma faixa simplificada e estreita de vegetação limitada ao sistema de diques.

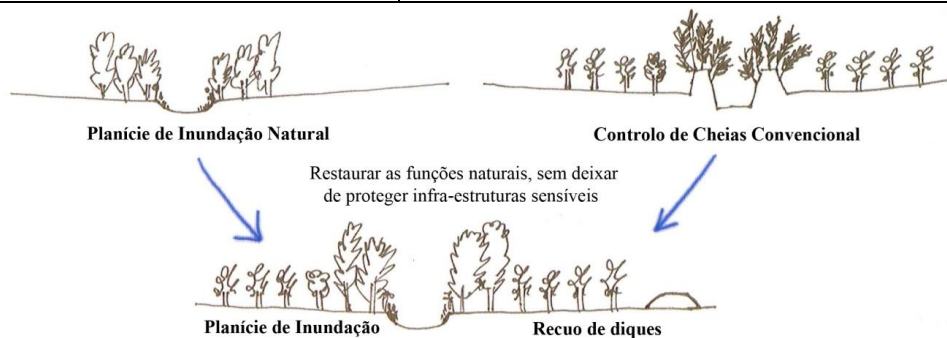


Figura 7.7 – Gestão das Cheias Naturais (Natali *et al.*, 2009)

Os diques contra inundações desempenharão sempre um papel importante nas políticas de gestão de cheias, mas não devem ser vistos como a única solução. Um leque de estratégias integradas, aplicadas de forma adequada, podem reduzir a vulnerabilidade sem afectar o potencial para o “bom estado ecológico” de um rio. Permitir que um rio extravase para suas várzeas oferece diversos benefícios ecológicos, além de maior segurança e previsibilidade, com velocidades de inundação mais lentas e previsíveis (Figura 7.7). Estes benefícios incluem (Tabela 7.2):

Tabela 7.2 – Benefícios do uso de planícies de inundação no controlo de cheias

Benefício	Explicação
Habitat e Biodiversidade	Permitir que um rio se mova naturalmente dentro de sua planície de inundação para um padrão de escoamento mais natural, criando um habitat mais complexo e mais rico para as plantas e animais,
Melhoramentos na Qualidade da Água	As planícies de inundação agem como um filtro natural absorvendo nutrientes da água.
Recarga do Aquífero	Retardar e armazenar as águas da inundação permite a infiltração e recarga dos aquíferos, uma importante fonte de água na bacia do Rio Real.
Prevenção da Erosão	A vegetação na planície de inundação estabiliza as margens do rio e filtra os sedimentos provenientes do escoamento superficial das encostas antes de estes chegarem ao curso de água.
Maior Flexibilidade	A expansão e mobilidade do canal permite às comunidades adaptarem-se a cheias mais imprevisíveis e intensas, próprias de um clima em mudança.

Na Tabela 7.3, sintetizam-se as recomendações para uma gestão integrada das cheias, neste caso.

Tabela 7.3 – Recomendações para uma gestão integrada das cheias (adaptado de Natali *et al.*, 2009)

ACÇÃO	Remover diques seleccionados	A menos que o dique esteja a proteger uma infra-estrutura existente, que não pode ser removida ou transferida. A remoção de diques vai permitir que o escoamento de cheia se difunda sobre a planície de inundação, deposite sedimentos, e drene mais rapidamente do que se confinado.
	Recuar diques	Os diques construídos ao longo do canal restringem a capacidade dos rios de se ampliarem durante a ocorrência de chuvas intensas, elevando assim os níveis de água e aumentando o risco de os diques serem galgados. Corredores ripários mais largos permitem maior flexibilidade para o rio aumentar em área e volume, serpenteando dentro do canal e reduzindo o risco de galgamento dos diques.
	Reforçar os diques existentes com vegetação nativa	Em áreas onde os diques devem permanecer, deve ser plantada vegetação nativa, para aumentar a sua estabilidade.
EDUCAÇÃO	Enfatizar os benefícios de uma gestão integrada de cheias	Novas abordagens de gestão de cheias não terão sucesso se os agricultores não entenderem os benefícios proporcionados pelo recuo de diques e conservação da vegetação nativa no corredor ripícola. Análises económicas que expliquem o aumento do dano que pode ocorrer nas áreas de cultivo são lições necessárias para incentivar mudanças nas práticas de gestão agrícola.
	Incentivar a retenção de águas pluviais com Boas Práticas de Gestão	Municípios e gestores de bacias hidrográficas devem incentivar os proprietários a armazenar a água em cisternas, bem como criar áreas de infiltração através da instalação de telhados verdes e conservação de áreas permeáveis em suas terras. Publicações com boas práticas de gestão fornecem informações sobre respectivos benefícios, aplicabilidade e implementação.
FINANCIAMENTO DA UE	Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER)	Este fundo vem da conta agrícola comum da UE para cada estado-membro. Embora a maior parte deste dinheiro sirva para subvenção directa da produção agrícola, Portugal pode dirigir estes fundos para compensação aos agricultores e projetos de infra-estruturas.
	Fundos Estruturais e de Coesão Europeus (QREN)	Estes fundos são distribuídos para as regiões do país com base nas necessidades de desenvolvimento económico. As Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste foram separadas da região de Lisboa, fazendo hoje parte da Região Hidrográfica Centro, estando pois favorecidos para mais fundos comunitários.

PLANEAMENTO	Identificar, analisar e mitigar os riscos de cheia em Planos de Urbanização	Actualmente, os Planos Directores Municipais (PDM's) não analisam ainda devidamente como o crescimento urbano ou políticas de zonamento do solo afectam inundações potenciais locais.
	Impor zonas de não-construção em planícies de inundação	Áreas dentro da Reserva Ecológica Nacional (REN), localizadas em planícies de inundação, devem ser claramente marcadas como zonas de não-construção nos mapas de inundação e nos documentos de planeamento urbano.
	Aumentar a retenção da precipitação	Os urbanistas devem trabalhar com os gestores de bacias hidrográficas para identificar áreas de retenção da precipitação dentro das urbes e campos para usar como armazenamento da água da chuva ou áreas de infiltração.
	Evitar o aumento líquido do escoamento superficial	Projectos de desenvolvimento propostos, incluindo novas estradas, devem ser obrigados a adoptar planos de escoamento de águas pluviais, antes de obter qualquer licenciamento.
	Desenvolver avisos de cheia, planos de resposta e de reconstrução	Desenvolver planos de reconstrução antes que ocorram danos de inundação, para evitar acções precipitadas incompatíveis com os objetivos a longo prazo da gestão de cheias.
	Implementar estações de monitorização de dados	Estações hidrométricas, monitores de qualidade da água e outros indicadores do estado físico e ecológico do rio devem ser instalados e usados para obter uma melhor compreensão do estado actual e função desse rio.

Na Figura 7.8, concretizam-se estas recomendações para uma gestão integrada das cheias, ao caso específico da vila do Bombarral, a título de exemplo.

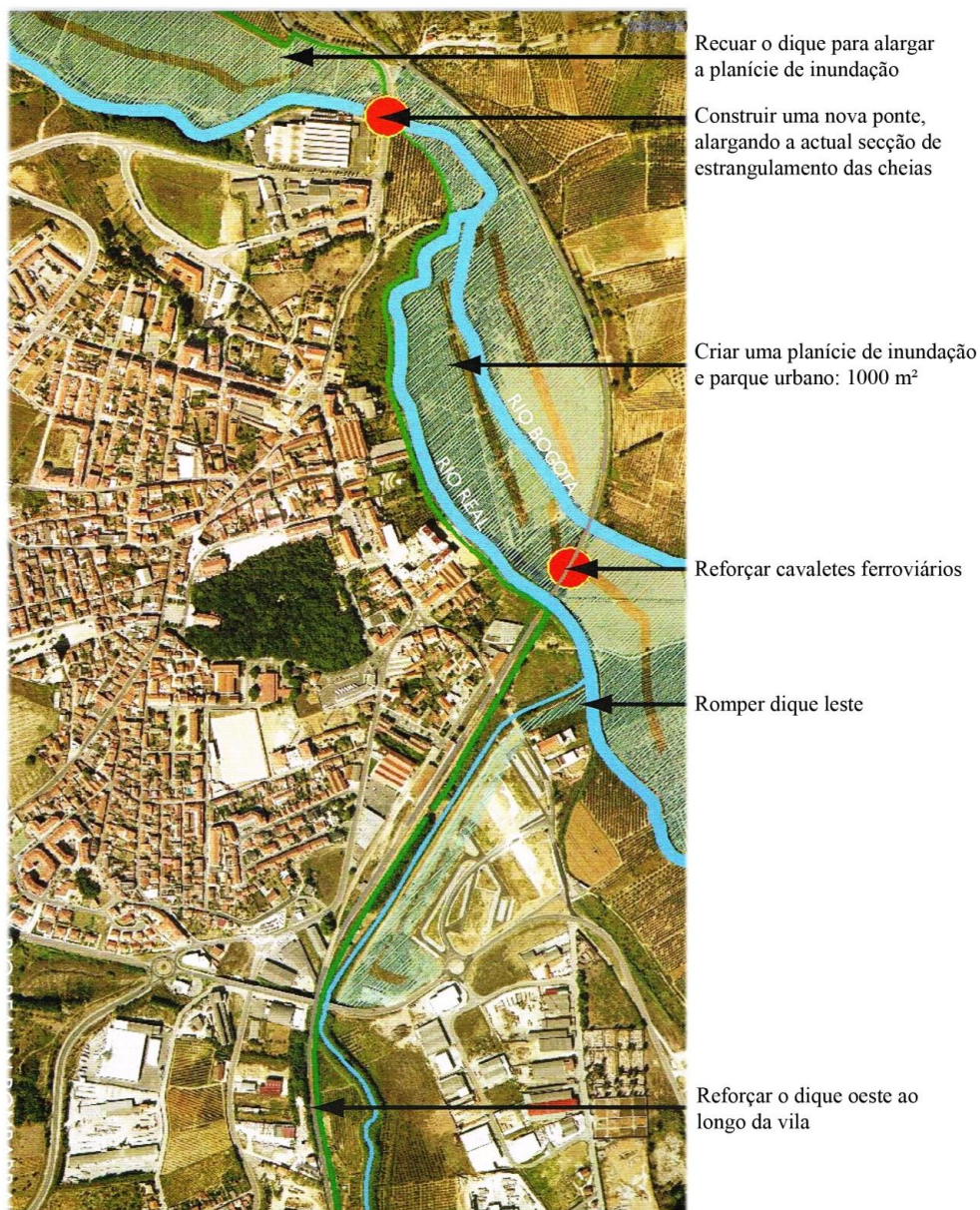


Figura 7.8 – Recomendações tipo para uma Gestão Integrada das Cheias, no caso do Bombarral (Natali *et al.*, 2009)

7.1.3. Planeamento e Práticas Agrícolas a Adotar para Proteger a Qualidade e Quantidade de Água

A agricultura abrange cerca de 23.000 hectares na bacia do Rio Real. Deste total, cerca de 10.700 hectares correspondem a pomares, vinhas e oliveiras. Policulturas, incluindo vegetais e culturas anuais, compreendem 10.200 hectares. Outras actividades agrícolas incluem explorações de suínos, estufas e produção de porta-enxertos de videira. A agrofloresta inclui

vastas extensões de monocultura de eucalipto, bem como a colheita tradicional da cortiça em florestas mistas e é praticada em cerca de 400 hectares na bacia.

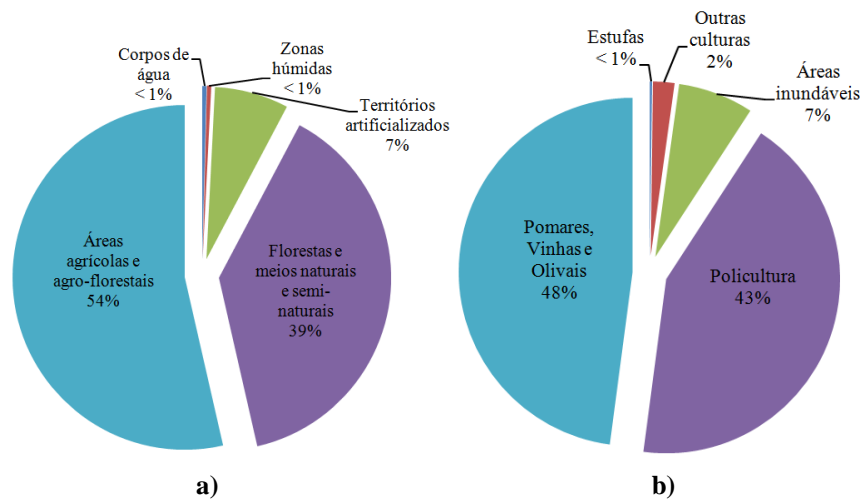


Figura 7.9 – **a)** Uso do Solo na Bacia do Rio Real (ARH-Tejo, 2012); **b)** uso do Solo Agrícola (Natali *et al.*, 2009)

Numa bacia hidrográfica, a agricultura extensiva pode afectar negativamente as massas de água por aumento da salinidade, redução dos escoamentos ecológicos, introdução de pesticidas, aumento de nutrientes e da turbidez.

Ao nível local, o problema da qualidade da água esgota-se muitas vezes no esgoto urbano, quando, na gestão de planos de ordenamento do território, os especialistas identificam o assoreamento, a poluição de agro-químicos e as criações de suínos como as fontes mais graves para a qualidade de água nesta bacia.

Em climas mediterrânicos, com longos períodos secos, a quantidade de água é outra preocupação importante, mas os regulamentos e políticas locais ignoram geralmente o assunto. Desde sempre, os lençóis freáticos têm sido suficientes para regar as culturas. As ameaças a este provimento vêm dos dois extremos da bacia. Perto da costa, a bombagem subterrânea acarreta a intrusão de água salgada, tornando o aquífero inadequado para rega, como já se verifica na freguesia do Pó. Nas cabeceiras, o chamado “Aterro Sanitário do Oeste” ameaça fontes de água subterrânea vizinhas quando chove intensamente. Em termos de risco, acresça-se que uma fenda no revestimento do aterro pode resultar numa poluição desastrosa deste aquífero. Mas, para além da contaminação, ao ritmo actual de extração de águas subterrâneas, o aquífero será insuficiente para as necessidades futuras. Novas fontes de água acima do solo não são previsíveis, mais do que as já existentes.

O planeamento dos recursos hídricos deve ainda ter em conta os efeitos da mudança do clima. A criação de incentivos económicos para uma melhor conservação, ao nível do uso da água, melhor gestão das cheias será importante para a viabilidade social e económica da região.

Na Tabela 7.4, sintetizam-se as recomendações quanto ao planeamento e práticas agrícolas para cumprir a DQA.

Tabela 7.4 – Recomendações quanto ao planeamento e práticas agrícolas para cumprir a DQA (Natali *et al.*, 2009)

<p>ZONAS DE PROTECÇÃO RIBEIRINHAS</p>	<p>Uma planície de inundação impede o desenvolvimento ou outras perturbações a uma determinada distância contada a partir do rio, a fim de reduzir a erosão das margens e garantir uma zona tampão ripícola valiosa. Trechos de mata ripícola nativa, não só estabilizam as margens, mas também podem diminuir a temperatura da água pelo sombreamento do rio, criando habitat para os organismos aquáticos e ribeirinhos, proporcionando ainda um bio-filtro para escoamento das águas pluviais.</p> <p>Ao retirar ou fazer recuar convenientemente os diques, para criar uma planície ripícola, as áreas entre o dique e o canal vão experimentar inundações mais frequentes mas, a longo prazo, o risco de dano de inundação diminui à medida que a planície providencia uma drenagem mais rápida e eficaz no recuo das águas de cheia. A maioria das culturas cultivadas na bacia Rio Real pode resistir ao alagamento, enquanto a água perdurar estagnada por um a três dias, não mais. Os diques que acabam por aprisionar a água em áreas de cultivo, causando danos extensos e caros, incluindo os custos de limpeza, desde o bombeamento de água à remoção de sedimentos.</p> <p>Segundo o antigo Decreto-Lei n.º 46/94, toda a terra a 10 metros de um rio é parte do "domínio público" de Portugal, para funcionar como zona ripícola de protecção. Contudo, também este regulamento parece ser uma "lei no papel", não mandatária, quando uma aplicação rigorosa desta lei pode beneficiar muito dos agricultores do Rio Real e melhorar a conformidade do Bombarral com os parâmetros ecológicos da DQA. Além disso, com o plantio de vegetação nativa nesses 10 metros ripícolas, os agricultores podem passar a receber pagamentos de sequestro de carbono, no âmbito do Protocolo de Quioto. Com uma zona de 10 metros em cada margem dos 104 km de rios e ribeiras da bacia do Rio Real, o "domínio público" da bacia pode gerar um total de €9.000 de receita anual para o sequestro de carbono (a 3 toneladas de carbono por hectare e €15 por tonelada).</p>
<p>RE-ZONAMENTO DE ÁREAS DECLIVOSAS</p>	<p>A retirada de encostas íngremes da produção agrícola em favor de reservas florestais visa evitar um uso inadequado do solo, bem como o assoreamento e a poluição das massas de água próximas, reduzindo a velocidade e a quantidade de escoamento superficial.</p>
<p>AGRICULTURA BIOLÓGICA E PRODUÇÃO INTEGRADA</p>	<p>Embora existam poucas quintas biológicas na bacia do Rio Real, a agricultura biológica tem vindo a aumentar em Portugal na última década, indicando uma procura crescente em supermercados europeus. Por outro lado, associações de agricultores, como a APAS (Associação de Produtores Agrícolas da Sobrena), incentivam práticas de "Produção Integrada", que promovem um uso menor de químicos e fertilizantes. As diretrizes da APAS alinham com EurepGAP (<i>GAP: Good Agricultural Practices</i>), um sistema de certificação para garantir a qualidade das exportações de alimentos da UE. Em Setembro de 2007, EurepGAP mudou o seu nome para</p>

	GLOBALGAP. Em geral, as normas GLOBALGAP são ambientalmente mais amigáveis do que muitas práticas agrícolas convencionais, e permitem que os agricultores tenham acesso a uma maior quota de mercado do que se estiverem fora desta conformidade.
INCENTIVOS DE MERCADO DA UNIÃO EUROPEIA	Uma das principais fontes de financiamento para a agricultura ambientalmente sustentável é a Política Agrícola Comum da UE (PAC). Os agricultores podem inscrever-se para financiamento de uma miríade de programas (AGRO, AGRIS, etc.) para projectos de desenvolvimento rural, como o eco-turismo ou agricultura biológica. Alguns programas de particular importância para a bacia do Rio Real são o FEOGA, que permite a reforma antecipada, e um outro programa da nova PAC que desencoraja o plantio de eucalipto invasivo subsidiando alternativas para o uso da terra.
PLANTAS DE COBERTURA	Práticas de plantio de pomares e vinhas segundo as curvas de nível ajudam a reduzir o potencial erosivo do solo, mas podem criar riscos no uso de equipamento na agricultura mecanizada. O plantio de culturas de cobertura entre as linhas é uma alternativa viável, que não só ajuda a reduzir a erosão, mas também aumenta a infiltração, e assim a recarga das águas subterrâneas.
CONCLUSÕES	<p>A economia de mercado global e da falta de legislação mandatória no uso da terra levaram a práticas agrícolas insustentáveis na bacia do Rio Real. A globalização tem tido um efeito bem documentado na redução dos preços dos produtos agrícolas e na redução do rendimento dos agricultores. Em resultado, no concelho do Bombarral, muitos agricultores estão recorrendo a práticas agrícolas mais baratas, "insustentáveis", ou deixando a agricultura para oportunidades de emprego mais lucrativas.</p> <p>Destinos típicos de terras agrícolas abandonadas incluem:</p> <p>1) desenvolvimento urbano, que constitui uma ameaça para a paisagem rural e cultura da região, e 2) plantio de eucalipto, uma espécie não-nativa que concorre com as plantas nativas, muda a química do solo e apresenta maior risco de incêndio.</p> <p>Uma segunda razão para práticas agrícolas insustentáveis é a falta de cumprimento da regulamentação. Apesar de os regulamentos incentivando boas práticas de uso agrícola existirem, eles não são obedecidos, levando à degradação da terra da região e dos recursos hídricos. A DQA pode ter um impacto positivo sobre as práticas agrícolas apenas se ela for aplicada e executada, em cooperação com as autoridades locais e os proprietários.</p>

7.1.4. Riscos da Cana Comum (*Arundo Donax*)

A cana-comum (*Arundo Donax*) é uma espécie invasora ripícola que foi agressivamente invadindo cursos de água mediterrânicos e planícies de inundação ao longo de décadas. Os impactos a nível desta bacia hidrográfica gerados por *Arundo* tornam-na uma espécie inimiga, candidata à remoção sob a DQA. No Bombarral, o grau de disseminação de *Arundo* no sistema ripícola leva a definir estratégias para a remoção de *Arundo*, a fim de promover o cumprimento por Portugal dos objectivos ecológicos da DQA.

A cana-comum é classificada como um hidrófita perene, que varia de 2 a 9 metros de altura e cresce em aglomerados que frequentemente se transformam em grandes colónias de infestação.

A planta é um membro da família *Poacea* (erva) e assemelha-se ao bambu com os seus robustos colmos ocos com 1 a 4 cm de espessura e o seu sistema de enraizamento raso. Reproduzindo-se assexuadamente através da distribuição de rizoma e partículas-tronco, *Arundo* usa a sua proximidade a cursos de água para transportar e espalhar para jusante a sua matéria reprodutiva.

Os regimes de cheias naturais dos rios mediterrânicos, juntamente com perturbações antrópicas, como o desmatamento de várzeas e áreas ribeirinhas, tem proporcionado à planta os meios e o território para se expandir muito além de habitat pretendido. A capacidade da planta para absorver grandes quantidades de água (1,2 a 7,5 m/ano, três vezes mais do que a maioria de espécies nativas ripícolas), em conjunto com a secura de sua folha e material da haste torna-a um perigo de incêndio e ainda uma perda nos recursos hídricos limitados de climas mediterrânicos. Além disso, infestações pesadas de *Arundo* podem obstruir o escoamento do rio, levando a um aumento de inundações e respectivos danos em propriedades confinantes.

Para identificar as melhores estratégias para remover com sucesso *Arundo* no Rio Real, seguiram-se os seguintes passos:

- Documentar o grau de infestação de *Arundo* na bacia hidrográfica do Rio Real;
- Identificar locais não-infestados que possam servir como condições de referência para um teste de "bom estado ecológico" da DQA;
- Encontrar meios legislativos e económicos adequados para iniciar e manter um esforço de remoção;
- Identificar procedimentos de remoção que possam efetivamente remover *Arundo*, evitando a deterioração da qualidade da água (conforme artigo 4º da DQA).

Usaram-se fotografias aéreas (0,5 m/pixel) coloridas de 2004 da bacia para verificar, medir e delinear todo o *Arundo* visível ao longo do Rio Real e dos seus dois maiores sistemas afluentes, Bogota e Corga (Natali *et al.*, 2009).



Figura 7.10 – Inventariação de *Arundo Donax* ao longo do Rio Real (Natali *et al.*, 2009)

Identificaram-se 68,3 hectares de *Arundo* nos 57 quilómetros de rio analisados, estimando-se que mais de 60% dos 10 metros de largura do "domínio público" estejam infestados de *Arundo* e outra espécie de erva não-nativa: *Phragmites australis* (Caniço). No geral, dada a grande extensão de *Arundo* no Rio Real, conclui-se ser necessária uma acção imediata para manter e recuperar o habitat das poucas espécies nativas ripícolas deixadas no Rio Real. A esta acção correspondem dois tipos de medidas: estruturais e não-estruturais.

Para restaurar o corredor ripícola nativo do Rio Real, a medida estrutural mais relevante é a remoção e erradicação definitiva das várzeas contíguas ao Rio Real de uma grande quantidade de *Arundo*. Dado o método de dispersão de *Arundo* (distribuição para jusante do material reprodutivo em momentos de cheia), os esforços de remoção devem começar logo após a época das cheias, no final da Primavera e início do Verão. Estes esforços de remoção devem começar e continuar de montante para jusante. Esforços de remoção mecânicos, tais como arrancar a planta inteira ou cortar a biomassa acima do solo cobrindo-o com lonas de sombreamento, têm sido seleccionados como sendo os métodos menos prejudiciais de remoção de *Arundo* para o ambiente. No caso de esta remoção pôr em causa a estabilidade das margens, devemos recorrer a outros métodos de estabilização das margens para diminuir a erosão e proteger a estrutura dos diques no Rio Real.

Usos para *Arundo*, colhidas e secas, incluem artesanato de cestaria, instrumentos musicais, telhados estruturais aligeirados e treliças, cobertura morta para pomares, ou intervenções criativas em margens de rios.

Estudos realizados por Gretchen Coffman (UCLA) revelam que algumas espécies ripícolas nativas têm um crescimento competitivo, com capacidade de impedir a regeneração de *Arundo* e serem utilizadas como plantas de estabilização das margens. Em particular, Coffman identificou membros da espécie *Salix* (salgueiro) como capazes de suportar os padrões de crescimento invasivo de *Arundo*. Projetos de estabilização de margens, que incluam plantações de salgueiro, terão maior oportunidade de sobreviver à invasão e rebrota de *Arundo*. Outras plantas que mostraram interações competitivas com *Arundo* incluem: *Fraxinus angustifolia*, *Alnus glutinosa*, *Tamarix africana*, e *Sambucus nigra*.

Relativamente às medidas não estruturais, o Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT), através do anterior Decreto-Lei n.º 46/94 (alterado pelo Decreto-Lei n.º 234/98) garante que os rios estarão "limpos e desbloqueados". Dado a propensão de *Arundo* para invadir a secção fluvial e restringir o escoamento do rio, a remoção de *Arundo* cai sob a jurisdição directa do MAMAOT e respectivas agências. Além disso, o

Decreto-Lei n.º 565/99 regula a introdução de espécies não-nativas e directamente identifica *Arundo* como espécie invasora cujo crescimento deve ser proibido e reduzido pelo MAMAOT. Estes dois decretos legislativos definem a jurisdição de remoção de *Arundo* a nível nacional. Estes decretos foram importantes no esforço generalizado de Portugal para remover o invasivo flutuante *Jacinto Aquático* de canais de transporte e rega. A redução generalizada de *Jacinto*, desde então, atesta a possibilidade de aplicar a mesma legislação para a remoção de *Arundo* em Portugal.

Pelo seu lado, embora a DQA não atribua directamente às espécies invasoras um interesse específico para a saúde da massa de água, onde rios de "alto status" devem apresentar as suas zonas ribeirinhas em condições "totalmente ou quase não perturbadas". Uma vez que *Arundo* é uma espécie não-nativa invasiva que prospera e cria distúrbios no corredor ripícola, a presença de *Arundo* no Rio Real compromete a qualidade morfológica do rio e a sua capacidade de passar no teste de bom estado ecológico da DQA.

Concluindo, as autarquias locais devem ver *Arundo* como uma ameaça que exige a remoção imediata. Os parâmetros ecológicos da DQA, e a sua ênfase em comunidades de plantas nativas, implicam que o crescimento excessivo de *Arundo* é um indicador de deterioração da bacia. No entanto, parece improvável que a legislação DQA sozinha vá convencer os municípios de que o crescimento excessivo *Arundo* justifica esforços de remoção intensivos, caros e demorados. Por isso, futuras investigações devem concentrar-se em técnicas de remoção a preços acessíveis, formas eficientes de educar e envolver o público, e fontes de financiamento razoáveis (e.g., subsídios de sequestro de carbono para corredores ripícolas nativos, fundos para habitats de plantas silvestres ou animais selvagens, bolsas para melhoria do solo).

7.1.5. Gestão da Água Urbana

A gestão "verde" da água, também chamada desenvolvimento de baixo-impacto, é uma forma de baixo custo e eficaz para reduzir o risco de cheias, melhorar a qualidade da água e mitigar os efeitos da urbanização sobre o volume total de escoamento de águas pluviais. Exemplos de estratégias bem-sucedidas para a gestão de águas pluviais urbanas, na UE e nos EUA, incluem cisternas, bacias de retenção, valas de infiltração, faixas de protecção plantadas, pavimentos permeáveis e telhados verdes. Estas estratégias ou boas práticas de gestão (BMP) detêm, recolhem, transmitem, infiltram e tratam a água da chuva que cai em ambiente construído.

Para identificar oportunidades de gestão de águas pluviais e de águas residuais no Bombarral e no Vilar, realizaram-se análises de viabilidade, constrangimentos e oportunidades. Entrevistas

com funcionários e moradores locais, permitiram uma melhor visão sobre os problemas existentes. Usando sistemas de informação geográfica (SIG's) e sobreposições de mapas aéreos, selecionaram-se locais apropriados para recolha, retenção e tratamento de águas pluviais e residuais. Em seguida, quantificou-se o benefício global hidrológico de implementação de zonas húmidas para recolha e tratamento de água da chuva, utilizando o Método Racional¹ e cálculo de volumes.

Foram identificados e dimensionados três locais candidatos, dois no Bombarral e um no Vilar.

Bombarral – Sítio 1

Uma parcela vaga entre dois edifícios industriais perto dos caminhos-de-ferro inclui uma bacia de betão existente, com potencial para reter as águas pluviais para a área de drenagem de todo o sítio. A vegetação de zonas húmidas requer uma submersão à profundidade de 1,5 metros. Se as lagoas tiverem 4 metros de profundidade no centro, com bordas de vegetação, 50% das águas pluviais de uma cheia de 24 horas, com o período de retorno de 20 anos, poderão ser retidas.

Outros dados:

Área: 1.300 m²

Área da Bacia Existente: 50 m²

Área de Drenagem: 305.000 m²

Volume de Cheia (cheia de 20 anos): 11.721 m³/dia

Volume de Armazenagem (mín): 2.025 m³

Volume de Armazenagem (máx): 5.861 m³

Bombarral – Sítio 2

A oeste da pequena rotunda ao sul do Bombarral, há um lote vago, na base de uma elevação, que poderia servir para uma zona húmida de águas pluviais eficaz. Com 1,5 metros de profundidade, poderá reter e tratar 80% das águas pluviais de uma cheia de 24 horas, com o período de retorno de 20 anos. A tubagem de águas pluviais e residuais adjacente pode ser encaminhada para esta zona húmida, tratando 80m³ por dia de efluente, gerado por 500 pessoas (assumindo 200 litros por dia por pessoa). Outros dados:

Área: 3.000 m²

Área de Drenagem: 147.100 m²

Volume de Cheia (cheia de 20 anos): 5.625 m³/dia

Volume de Armazenagem (mín): 4.500 m³

Volume para Águas Residuais: 80 m³/dia

¹ Vide Secção 6.2

A Figura 7.11 mostra uma vista aérea dos dois locais propostos para tratamento de águas pluviais no sudeste do Bombarral, perto da estação de caminho-de-ferro. Assumiu-se um coeficiente de escoamento de 0,7.

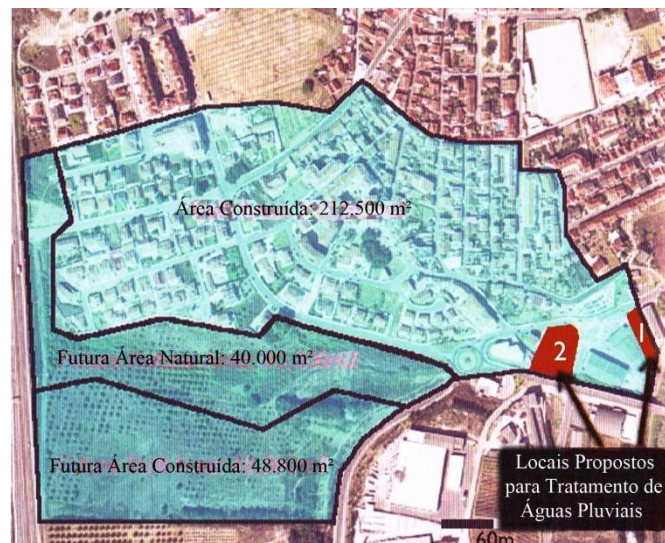


Figura 7.11 – Vista aérea dos dois locais propostos para tratamento de águas pluviais no Bombarral

Vilar – Sítio 1

A povoação de Vilar tem aproximadamente 0,3 km² e uma população de 800 habitantes. Quase metade da sua área é vegetada e portanto permeável. Devido ao tamanho relativamente reduzido da povoação e sua baixa densidade, assumimos que o desenvolvimento urbano tem um impacto relativamente pequeno sobre o escoamento de águas pluviais. Selecionou-se uma zona húmida de tratamento de águas pluviais numa área de vegetação natural, a sul da povoação. Dada uma área de drenagem de 43,9 ha, esta zona húmida para águas pluviais de 8.023 m² a 1,5 m de profundidade poderia reter e tratar 100% das águas pluviais de uma cheia de 24 horas, com o período de retorno de 20 anos. Outros dados:

Área: 8.023 m²

Área de Drenagem: 43.900 m²

Volume de Cheia (cheia de 20 anos): 12.035 m³/dia

Volume de Armazenagem (mín): 12.035 m³

A Figura 7.12 mostra uma vista aérea do local proposto para tratamento de águas pluviais a sul do Vilar.

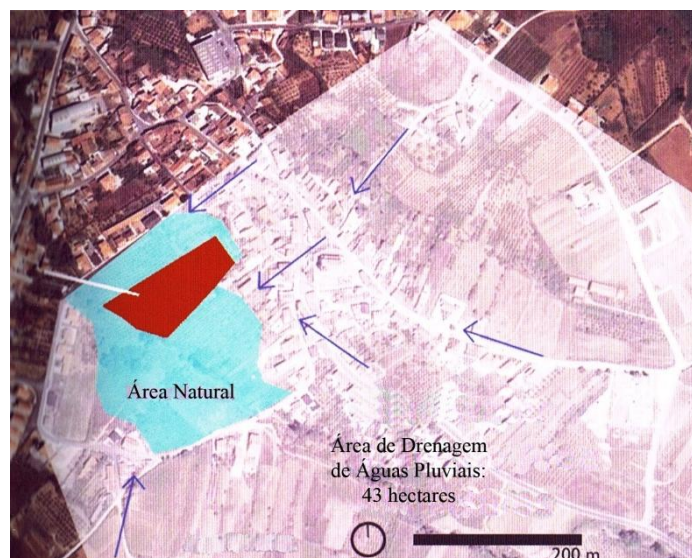


Figura 7.12 – Vista aérea do local proposto para tratamento de águas pluviais no Vilar (Natali *et al.*, 2009)

Na Figura 7.13, apresenta-se, em esquema, uma secção da bacia de retenção e zona húmida de tratamento para águas pluviais – a água flui da rua para a bacia, onde os sedimentos se depositam, em seguida, para uma zona húmida para tratamento, antes de desaguar no Rio Real.



Figura 7.13 – Secção esquemática da bacia de retenção e zona húmida de tratamento para águas pluviais (Natali *et al.*, 2009)

Pese embora o início do tratamento de águas residuais, em 2000, pelas “Águas do Oeste”, a qualidade da água continua a ser um problema significativo ao longo do Rio Real e seus afluentes. Verifica-se, de facto, que a água residual não tratada descarga diretamente em trechos urbanos destas ribeiras. Em 2001, o Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste classificou o Rio Real como “Águas muito contaminadas”. O Rio Real não cumpre pois, hoje ainda, as normas de qualidade de água da DQA.

A construção de zonas húmidas para tratamento oferece uma oportunidade quer para o escoamento de águas pluviais urbanas quer para mitigar a actual contaminação por esgotos no Bombarral e outras povoações portuguesas, que descarregam os esgotos domésticos directamente em cursos de água. As ligações ao sistema regional de tratamento de águas residuais das Águas do Oeste podem levar vários anos. Mesmo onde a recolha de esgoto foi

implementada, as águas residuais municipais encontram o seu caminho em ribeiras locais (comunicação pessoal SANEST).

Se os actuais diques de protecção contra cheias forem recuados, ao longo da margem adjacente à área urbana, o espaço entre os diques antigos e os novos poderia ser desenvolvido para um sistema húmido multiuso de tratamento de águas residuais urbana (Tabela 7.5). Com base numa população de 250 habitantes, uma zona húmida de tratamento de águas residuais requer uma capacidade de 40 m³/dia. Se as zonas húmidas tiverem 0,45 m de profundidade, torna-se necessária uma área de 400 m², correspondente a uma lagoa de oxidação de 200 m² e uma área húmida para tratamento de 200 m². Estas lagoas podem ajustar-se às margens ripícolas existentes.

Tabela 7.5 – Benefícios de Zonas Húmidas para Tratamento de Águas Residuais (Natali *et al.*, 2009)

Estado de Águas Residuais	Benefícios de Zonas Húmidas Construídas
Não existem ligações ao sistema de tratamento regional. Águas residuais e águas pluviais descarregam directamente no rio.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Providenciar tratamento de água com vista a alcançar um bom estado ecológico; ➤ Reduzir os riscos de saúde pública; ➤ Estratégia de tratamento de baixo custo; ➤ Devolver o rio, a terra e os processos ecológicos às pessoas.
Prevista ligação dos esgotos ao sistema de tratamento regional no próximo futuro. Descargas de águas pluviais directamente no rio.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Providenciar tratamento de água com vista a alcançar um bom estado ecológico, no curto prazo; ➤ Plano de redundância para tratamento de efluentes em caso de falha no sistema de tratamento regional; ➤ Melhorar a segurança hídrica local, face a mudanças climáticas.
Existe ligação das águas residuais ao sistema de tratamento regional. Descargas de águas pluviais directamente no rio.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Providenciar redundância no tratamento de efluentes, em caso de falha no sistema de tratamento regional; ➤ Acomodar futuros aumentos populacionais imprevistos que excedam as dimensões das tubagens no sistema regional; ➤ Manter a boa qualidade e quantidade dos escoamentos nas ribeiras locais, em vez de as desviar para as tubagens do sistema regional de saneamento.

A infiltração foi ignorada nesta análise, porque a maioria dos solos da bacia é de barro, sendo pois inadequados para bacias de infiltração.

A Figura 7.14, representa uma secção esquemática para zonas húmidas de tratamento de águas residuais, que deverá incluir: recuo conveniente de margens íngremes existentes, encurtando o comprimento de tubagem, para facilitar o escoamento não canalizado através do sistema de zonas húmidas, levantando diques do lado urbano, e implementando um projeto específico local, incluindo leitos vegetados submersos, lagoas de oxidação e de decantação e zonas húmidas para o tratamento.

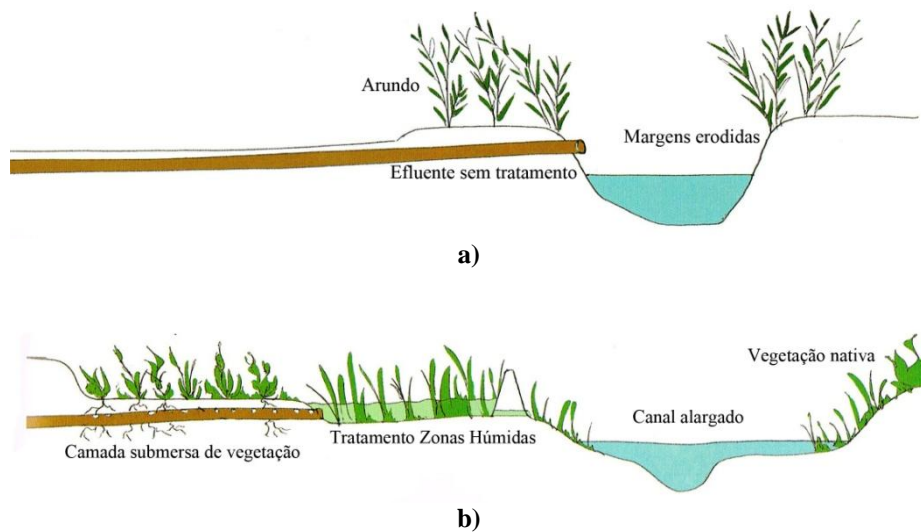


Figura 7.14 – Secção esquemática para zonas húmidas de tratamento de águas residuais, a) Condições existentes; b) Condições Propostas (Natali *et al.*, 2009)

7.1.6. Conclusões

A educação é uma componente crítica para a exigência da DQA de participação pública. Como alguém disse: "Se as pessoas nada sabem sobre o rio, não vão preocupar-se com ele". Também investigadores e decisores políticos precisam de mais informação e mais monitorização, a fim de caracterizar os sistemas fluviais, registo histórico de inundações e respostas biológicas, com vista a definir prioridades e objectivos, antes de poder recomendar medidas apropriadas.

A fim de pôr a DQA em prática, a cooperação das partes interessadas é essencial, mas as instituições locais não estão ainda preparadas para lidar com uma abordagem mais holística. Por exemplo, os Planos Directores Municipais (PDM's) concentram-se no desenvolvimento urbano, não estão sujeitos a revisões oportunas e não tratam de regulamentos ambientais, recomendações de gestão da água e práticas agrícolas.

Enquanto os requisitos da DQA de participação pública representam desafios para as comunidades portuguesas, os "Amigos" de alguns rios, na Europa e nos EUA, podem fornecer modelos para envolver o público na gestão da sua bacia. O próprio Rio Real tem, desde 1997, uma Associação de Defesa do Rio Real – Real 21 (www.real21.org), inscrita no Registo Nacional de Associações de Defesa do Ambiente, e pioneira, em Portugal, neste âmbito de actividade. Encontram-se disponíveis, e.g., na *Web*, estudos de casos bem-sucedidos de colaboração das partes interessadas na resolução de questões críticas de gestão de bacias hidrográficas. O financiamento, através de subsídios e bolsas de estudo, deve apoiar o desenvolvimento destes grupos cívicos dedicados à resolução de questões à escala da bacia.

A educação não deve concentrar-se apenas na recolha de dados, mas também sobre o modo de interagir, com vista a promover as mudanças social e ecológica.

Orientações práticas devem incluir estudos de caso, especificações de projecto, técnicas de manutenção e de monitorização e especificações para relatórios. Os projetos devem ser avaliados quanto à sua eficácia, em termos de metas estabelecidas, as quais devem incluir elementos ecológicos, económicos e sociais.

Projectos-piloto, como remoção de *Arundo*, recuo de diques, regeneração da frente ribeirinha urbana e implementação de zonas húmidas de tratamento de esgotos, devem ser financiados e estudados. Cada projeto pode informar a geração seguinte sobre as melhores práticas de gestão para promover a eficiência, reutilização e surgimento de uma cultura de poupança de água.

7.2. Soluções Possíveis para Resolver o Problema Existente com a Barragem da Sobrena

A barragem da Sobrena representa um empreendimento de dimensão regional, com a particularidade de se tratar da primeira barragem significativa em toda a bacia do Rio Real. Ela tornou-se num desastre, em termos de projecto, se não também na obra. Tanto quanto se sabe, decorre ainda, em tribunal, um processo de averiguação de responsabilidades, entre o MAMAOT, o projectista e o construtor.

Põe-se o problema do que fazer, partindo da situação de facto existente. Uma das hipóteses levantadas é a de efectuar um transvase a partir do Rio Maior. Ela envolve:

1. uma reavaliação do empreendimento da Sobrena, incluindo projecto, permeabilidade da albufeira e dotações de rega;
2. um diagnóstico da situação actual, incluindo uma avaliação dos recursos próprios, existentes e potenciais;
3. um estudo fundamentado das diversas alternativas possíveis.

Dados os problemas de infiltração detectados ao longo da albufeira da Sobrena, qualquer alternativa passa pela impermeabilização da albufeira, até ao coroamento da barragem, ou cota do descarregador. Dada a dimensão desta, parece de excluir uma solução baseada em telas impermeáveis, em favor de uma camada de argila, compactada, e.g., com 0,70 m de espessura mínima. Neste caso, haveria que averiguar da disponibilidade de argila nas redondezas.

Uma avaliação dos recursos próprios existentes passa por referenciar, com rigor, o perímetro e as dotações anuais de rega: áreas, regantes, protocolos – actuais e possíveis. E calcular,

rigorosamente, com base nos dados locais de precipitação, caudais e níveis de água acumulados (séries de tempo), e volume anual de água que aflui a esta albufeira.

À partida, pode supor-se uma dotação de rega de 5.000 m³/ha (pêra rocha), já contando com transporte e perdas. Para uma área a regar de 500 ha, vêm 2,5 milhões de m³/ano. Só depois de saber a resposta ao 3º quesito (uma vez salvaguardados os anteriores), poder-se-á chegar a um volume anual de água a captar no Rio Maior. Sem esquecer cerca de 30% para perdas.

A hipótese de transvase a partir do Rio Maior obriga-nos ainda a responder às seguintes questões:

1. Bombear quanto?
2. Onde?
3. Percurso?
4. Custo?

Relativamente ao Rio Maior, começar-se-ia por localizar a secção de rio correspondente, num mapa à escala 1:25.000 ou 1:10.000 (melhor), estimando depois os caudais que ocorrem a essa secção. Para isso, conviria ter o maior número de dados locais ou regionais fidedignos. Tais caudais devem ser pelo menos seis vezes o caudal a bombear, com vista a obter um assentimento público (administrações central, regional e local), o que obriga a descer para jusante até encontrar o caudal desejado. Haverá ainda necessidade de um açude e respectiva albufeira de armazenagem do caudal, digamos, por oito dias, procurando interferir o mínimo possível com os confinantes. Finalmente, há que prever o transporte da água entre as duas albufeiras, Rio Maior e Sobrena, com um percurso de alguns quilómetros, preferencialmente ao longo de rodovias. Esta captação e transporte seriam feitos durante a época húmida do ano (Inverno).

Trata-se pois de uma obra pública de dimensão efectivamente grande. Há que estudar a condições hidrológicas dos dois rios, as condições geotécnicas dos terrenos das duas bacias e dos eventuais percursos entre elas; e as condições económicas das diversas alternativas. Tal estudo envolve o recurso a serviços de hidrologia e geotecnia, entre outros. Nas condições descritas, qualquer documento que suporte esta hipótese deve ser rigoroso, idóneo, sólido e suficientemente fundamentado, para poder ser apresentado a quem de direito, e.g., o MAMAOT e os Municípios do Cadaval e de Rio Maior. Como estimativa orçamental para esse estudo, prevê-se um valor de trinta mil euros (+IVA) e uma duração de um ano.

7.3. Caudais de cheia associados aos períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na secção da ponte EN 8 do Rio Real, próximo a Bombarral norte. Caracterização da cheia de 24NOV2006

7.3.1. Introdução. Objectivos

Os riscos de cheia no Bombarral têm aumentado nos últimos anos, devido às alterações induzidas nas condições de drenagem natural, como sejam a condução insuficiente de águas pluviais pela rede de colectores e a impermeabilização e edificação sucessivas em áreas pertencentes ao leito de cheia, e conseqüente diminuição do volume disponível para o amortecimento de cheias. Sucessivas inundações e respectivos prejuízos ilustram, pela negativa, a situação actual. Requer-se um correcto ordenamento do território, com a reposição de “fusíveis” naturais, disponíveis ao longo do espaço ribeirinho, isto é, áreas susceptíveis de serem inundadas, de modo ordenado, por ocasião de cheias significativas, proporcionando volumes úteis no amortecimento das mesmas. A cheia verificada no dia 24 de Novembro de 2006, referida na Secção 7.1, sendo somente um exemplo mais do que não devia acontecer, pode contudo servir de alavanca para uma mudança de mentalidades, metodologias e procedimentos.

A demarcação da REN, no âmbito da elaboração dos PDM's, procurou responder a este tipo de preocupações. No entanto, em muitos Planos, incluindo o do Bombarral, foram excluídas da delimitação final da REN importantes áreas urbanas, e descurada a existência de volumes de retenção nos leitos de cheia, para amortecimento das cheias naturais.

O Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de Novembro, já respondia a estas contrariedades, estabelecendo a obrigatoriedade de elaboração da “Carta de Zonas Inundáveis” nos municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias, como é o caso do Bombarral. Assim, a Câmara Municipal do Bombarral adjudicou à firma “Municípiã, S.A.” a realização da “Carta de Zonas Inundáveis”, trabalho entregue em Fevereiro de 2007 (Municípiã, 2007 e Silva, 2007) e Setembro de 2008 (Municípiã, 2008 e Silva, 2009). O trabalho de *Municípiã* falha contudo num ponto crucial, a inexistência de uma verdadeira análise hidrológica, passo fundamental para o efeito.

A própria “Carta de Zonas Inundáveis” peca por defeito e não chega ao detalhe exigível para um aglomerado urbano sujeito a cheias. Refira-se, a título de exemplo, o caso emblemático do *Bairro dos Bacelos*. Existe, neste bairro, uma área inundável, com baixo período de retorno, que tem proporcionado, desde sempre, um volume útil no amortecimento das cheias. Esta área, pertence à REN, mas tem vindo ultimamente a ser sujeita a sucessivos aterros de entulho, todos

ilícitos, sob a complacência, quando não cumplicidade, da própria Câmara Municipal. Aliás, este mesmo *Bairro*, cujo desenvolvimento é anterior à definição da REN no concelho do Bombarral, tendo-se entretanto tornado já parte consolidada do tecido urbano do Bombarral, encontra-se em pleno leito de cheia. Mas, outras áreas da vila do Bombarral têm vindo a ser objecto deste tipo de intervenções insustentáveis.

Com efeito, o Anexo 1.2 do Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de Março define como área a considerar para efeitos de integração na REN nas zonas ribeirinhas, os "leitos dos cursos de água e zonas ameaçadas pelas cheias" (Anexo I, alínea a). Segundo o mesmo Decreto-Lei, zonas ameaçadas pelas cheias correspondem à "área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela maior cheia que se produza no período de um século ou pela maior cheia conhecida, no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior" (Anexo III, alínea j).

De facto, é fundamental preservar a existência de volumes de retenção nos leitos de cheia para a laminagem de cheias naturais. Estas bacias de retenção têm vindo a diminuir de modo visível no Bombarral, ao longo dos últimos anos, devido a sucessivos aterros, ditados pela sua urbanização. Esta impermeabilização indevida do solo conduz a um decrescente amortecimento de cheias. A ausência de volume de amortecimento no leito de cheia só pode originar um hidrograma de cheia efluente mimético em relação do hidrograma afluente.

A edificação em leitos de cheia é sempre uma matéria delicada na gestão fluvial, e uma ofensa do ponto de vista ambiental e funcional de um rio, devendo por isso ser sempre considerado como último recurso pelas autoridades competentes, nomeadamente as autarquias. Acresce que a vila do Bombarral encontra-se "encaixada" entre a auto-estrada A8 e o leito de cheia do Rio Real, um rio aluvionar relativamente grande, à escala regional (Pereira *et al.*, 2000) evidenciam que a inclusão dos leitos de cheia na REN, mesmo que correspondam por vezes a áreas muito pequenas, é fundamental. No mesmo sentido vão as tendências mais modernas, dentro e fora de Portugal, de recuperação, dentro dos perímetros urbanos, de todas as áreas semi-permeáveis, para amortecimento de cheias.

Este trabalho pretende preencher esta lacuna, e visa:

1. Estimar os caudais de ponta de cheia, com períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na bacia hidrográfica do rio Real, na secção da ponte na EN 8, junto a Bombarral norte.
2. Caracterizar a cheia ocorrida em 24 de Novembro de 2006, referida na Secção 7.1, nomeadamente, o tempo de concentração, caudal de ponta e correspondente período de retorno (ou probabilidade de não excedência).

7.3.2. Elementos de Base

Recorreu-se aos seguintes elementos de base:

- Cartografia militar à escala 1/25.000, editada pelo Instituto Geográfico do Exército;
- Cartografia 1/10.000, obtida junto da Câmara Municipal do Bombarral (CMB);
- Dados de precipitação fornecidos pela APAS - Associação dos Produtores Agrícolas da Sobrena (APAS, 2006).

Foram efectuadas visitas técnicas ao local, para complementar a informação topográfica.

7.3.3. Localização, Delimitação e Caracterização da Bacia Hidrográfica em Análise

A secção a analisar está situada no Rio Real e localiza-se na confluência com a ponte da EN 8. A Figura 7.15 representa a bacia hidrográfica em análise na carta militar 1:25.000.

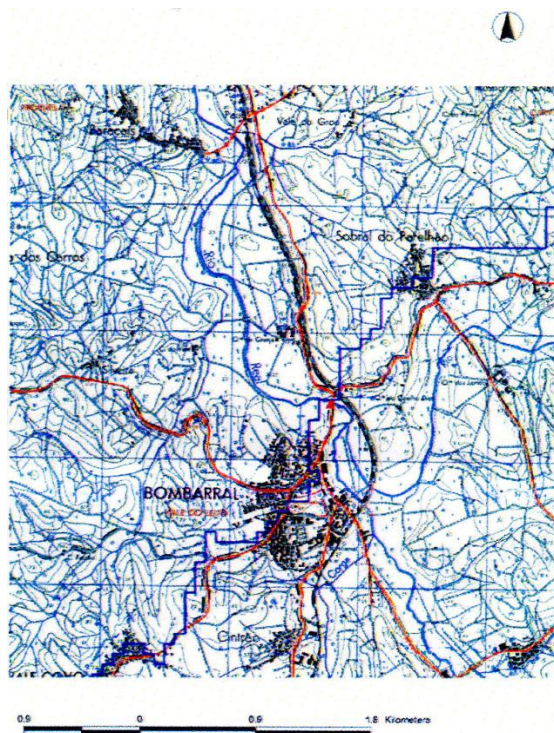


Figura 7.15 – Carta militar 1:25.000 com a vila do Bombarral

As características fisiográficas da bacia hidrográfica determinaram-se tendo em conta a informação do modelo de elevação do terreno à escala 1:80.000 (NASA-SRTM30). Na Tabela 7.6, apresentam-se as principais características fisiográficas da bacia hidrográfica, definida na secção supra mencionada (INAG, 2009).

Tabela 7.6 – Características fisiográficas da Bacia do Rio Real pertencente ao concelho do Bombarral (INAG, 2009)

Secção	Área da bacia (km ²)	Comprimento do curso de água (km)	Declive médio do curso de água	Declive médio da bacia	Altitude média da bacia (m)	Tempo de Concentração Kirpich (h)	Tempo de Concentração Temez (h)	Tempo de Concentração SCS (h)
EN 8, Rio Real	160	19	0,007	0,095	122	4,32	7,27	3,78

7.3.4. Caudais de cheia para os períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos

Os caudais de ponta de cheia obtidos através dos métodos seleccionados e das curvas IDF de Pragança, para períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na secção em análise, são (Tabela 7.7):

Tabela 7.7 – Caudais de ponta de cheia obtidos através dos métodos seleccionados e das curvas IDF, para períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos (INAG, 2009)

Período de Retorno	100 anos	20 anos	10 anos
Método	Caudal (m ³ /s)		
SCS	519	363	296
SCS Unitário	600	-	-
SCS (Correia)	654	474	392
SCS Unitário (Correia)	785	-	-
Racional	533	365	290
Temez (área <75 km ²)	598	377	287
Temez (área <3.000 km ²)	563	346	259
Giandotti (área <70.000 km ²)	522	395	339
Estatístico	88	61	34
Adoptado	600	363	296

Seleccionou-se o caudal obtido pelo método SCS, método do hidrograma unitário. Os caudais obtidos pelo método seleccionado estão adaptados às características hidromorfológicas da bacia hidrográfica, não conduzindo nem aos maiores ou menores caudais entre os métodos utilizados, que poderiam conduzir a subestimar ou sobrestimar os caudais. Os caudais adoptados correspondem aos caudais específicos 3,738 m³/s/km², 2,265 m³/s/km² e 1,844 m³/s/km² respectivamente para 100, 20 e 10 anos (INAG, 2009).

7.3.5. Caracterização da cheia de 24NOV2006

7.3.5.1. Introdução

No mês de Novembro de 2006, registaram-se, em todo o território nacional, valores da quantidade de precipitação muito superiores aos valores médios, tendo com tal sido classificado

como um mês muito chuvoso a extremamente chuvoso pelo IM – Instituto de Meteorologia, I.P. (IM, 2006). No relatório relativo ao mês de Novembro de 2006, o IM realça a elevada precipitação ocorrida no período entre 24 e 29 de Novembro e o facto da precipitação nestes cinco dias ter ultrapassado o valor médio do mês (indicador de potencial ocorrência de cheias). Como consequência desta elevada precipitação, ocorreu no Rio Real uma situação de cheia afectando toda a zona baixa da vila do Bombarral. A Norte da vila, a zona do *Bairro dos Bacelos* e a indústria "*Sandeman*", foi sujeita a inundações tendo ocorrido o galgamento da Estrada Nacional n.º 8 (EN 8). Cerca de 400 m a jusante da ponte sobre a EN 8, junto ao Choupal adjacente ao edifício da "*Sandeman*", ocorreu um rombo da margem esquerda; segundo relatos locais, esta ruptura do dique foi provocada pelo galgamento do dique a partir do leito de cheia para o interior do leito principal. Na margem oposta, verificou-se o galgamento do dique confinante com os terrenos da Quinta da Granja tendo uma grande área de pomar sido inundada e assoreada pela elevada quantidade de sedimentos transportados pelo rio. O assoreamento do pomar levou à perda de colheitas e a danos graves no sistema de drenagem e acessos a este.

7.3.5.2. Primeira Análise Metodológica sobre o Caudal de Ponta de Cheia

Aplicando a fórmula de Meyer¹ à secção Bombarral Norte (ponte na EN 8), cuja bacia hidrográfica tem cerca de 160 km², na Tabela 7.8, vêm os seguintes valores para os caudais de ponta e diferentes períodos do retorno:

Tabela 7.8 – Caudais de ponta de cheia na ponte da EN 8 para diferentes períodos do retorno

P. Retorno	Q _p (m ³ /s)
10	234
25	287
100	377

Esta metodologia só pode ser usada em estudos preliminares.

Aplicando o Método Racional² à mesma secção do Rio Real, temos:

A – Área da bacia hidrográfica (km²) = 160 km²

L – Comprimento da linha de água (km) = 19,377 km

h_m – Altura média da bacia (m) = 121,72 m

$$T_c = \frac{4\sqrt{160} + 1,5 \times 19,377}{0,8 \times \sqrt{121,72}} \approx 9 \text{ h} = 540 \text{ min} = 32.400 \text{ s}$$

¹ Vide Secção 6.2.2.1.

² Vide Secção 6.2.2.2.

vindo (Tabela 7.9):

Tabela 7.9 – Intensidades médias da precipitação para vários períodos de retorno

Região	A		I (mm/h)
	a	b	
T (anos)			
2	202,72	- 0,577	5
5	259,26	- 0,562	8
10	290,68	- 0,549	9
20	317,74	- 0,538	11
50	349,54	- 0,524	13
100	365,62	-0,508	15

O cálculo do caudal de ponta de cheia, medido em m³/s, obtém-se pela fórmula anterior:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Tabela 7.10 – Caudal de ponta de cheia para vários períodos de retorno

T (anos)	Q _p (m ³ /s)
2	88
5	134
10	172
20	220
50	282
100	353

Relativamente às BHRO, do Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste de 2001 (PROCESL *et al.*, 2001), é possível recolher os seguintes valores (Tabela 7.11):

Tabela 7.11 – Precipitação Mensal no Mês de Novembro, nas BHRO (PROCESL *et al.*, 2001, Tabela 3.27, p.138)

P. Retorno	Pp. (mm)
(Valor Médio)	(113)
10	210
25	256
50	289
100	321

A estação de Pragança regista uma precipitação mensal em Novembro de 2006 de 205,5 mm. A estação do Paúl da APAS registou nesse mesmo mês uma precipitação de 274,2 mm; de facto, superior, já que o respectivo sensor ficou submerso às 17 horas do dia 24. Com base nestes dados de precipitação e na informação disponível, pode dizer-se que, no dia 24 de Novembro de 2006, verificou-se uma cheia com um período de retorno superior a 25 anos. O caudal de ponta correspondente a esta cheia deverá ter rondado os 200 m³/s. A obtenção de uma estimativa mais rigorosa obriga a um estudo mais aprofundado de modelação hidrológica.

7.3.5.3. Análise Realizada pelo INAG

Durante o período compreendido entre 24 de Outubro e 26 de Novembro de 2006, ocorreram, na região do Oeste e na bacia hidrográfica do rio Tejo, três eventos hidrometeorológicos intensos (25/10/2006, 4/11/2006 e 24/11/2006). A análise dos registos de três estações udográficas, com influência na bacia hidrográfica do rio Real definida na secção da EN 8 (Alvorninha, Moledo e Pragança), permite concluir que ocorreram fenómenos intensos, de diferentes excepcionalidades consoante a duração analisada.

Assim, a estatística efectuada sobre os valores totalizados das 9h às 9h fornece, para a precipitação média diária observada na bacia a 24/11/2006 (55 mm/dia), um período de retorno de cerca de 15 anos. Considerando os máximos numa duração de 24 horas a precipitação regista um valor médio superior, 79 mm, mas a estatística fornece um período de retorno inferior (próximo de 10 anos). Para a duração de 6h, próxima do tempo de concentração da bacia, a excepcionalidade da precipitação desce para períodos de retorno próximos dos cinco anos.

Os caudais resultantes destes fenómenos pluviosos deverão ser de excepcionalidade semelhante, portanto entre 10 e 15 anos.

7.3.5.4. Análise Realizada com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra

7.3.5.4.1. Precipitação ocorrida no dia 24 de Novembro de 2006

Como dados de base de precipitação ocorrida no dia 24 de Novembro de 2006 na bacia hidrográfica do rio Real correspondente à secção em estudo, é utilizado o relatório da APAS - Associação dos Produtores Agrícolas da Sobrena (APAS, 2006). Neste consta o registo de precipitações diárias ocorridas no mês de Novembro e o registo de precipitação do dia 24 de Novembro com uma frequência de amostragem de 15 min. Os dados disponibilizados respeitam a três estações meteorológicas automáticas (EMA) propriedade da APAS:

Runa – Torres Vedras (N – 39°03'04,47"; W – 9°12'39,24"; Altitude – 122 m)

Sobrena – Cadaval (N – 39°15'30,76"; W – 9°03'48,48"; Altitude – 74 m)

Paúl – Bombarral (N – 39°17'29,50"; W – 9°09'38,63"; Altitude – 16 m)

Segundo APAS (2006), o registo da EMA do Paúl foi interrompido devido à submersão do equipamento às 17:00. Em APAS (2006), valida-se uma relação homotética entre os hietogramas de precipitação registados nas EMA's da Sobrena e do Paúl. A partir das 17:00, o

hietograma do Paúl é reconstruído com base nos registos da EMA da Sobrena e tendo em conta o valor acumulado diário assumido em APAS (2006) de 90 mm.

Nas figuras 7.16, 7.17 e 7.18, ilustra-se a evolução da precipitação durante o mês de Novembro nos dias em estudo para as três EMA's.

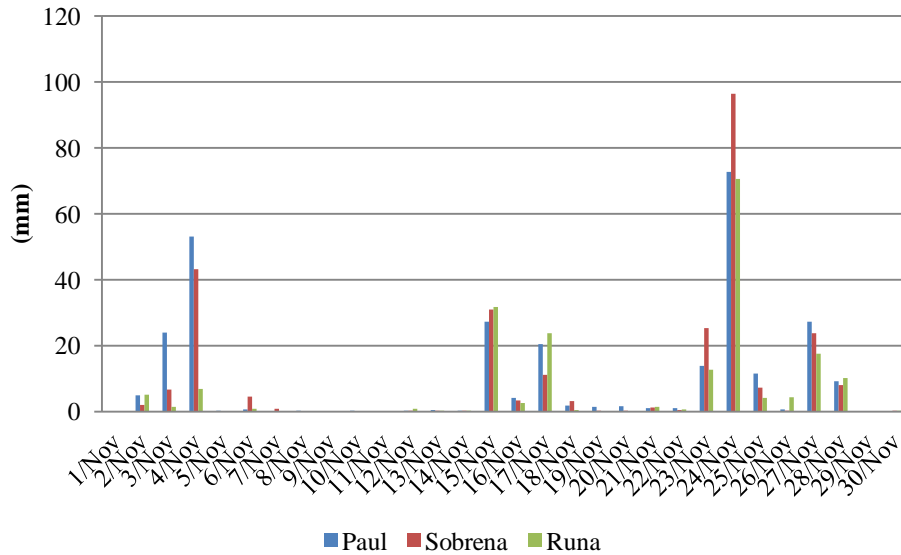


Figura 7.16 – Precipitação (mm) diária do mês de Novembro de 2006 nas EMA's da APAS

A Figura 7.17 apresenta os hietogramas de precipitação acumulada registados, confirmando-se que, a partir das 17 horas, a EMA do Paúl deixou de registar precipitação devido à submersão do sensor, continuando a ocorrer precipitação, pois as restantes EMA, Sobrena e Runa, continuam a registar valores, com tendência de subida, nos valores acumulados de precipitação para além das 17 horas.

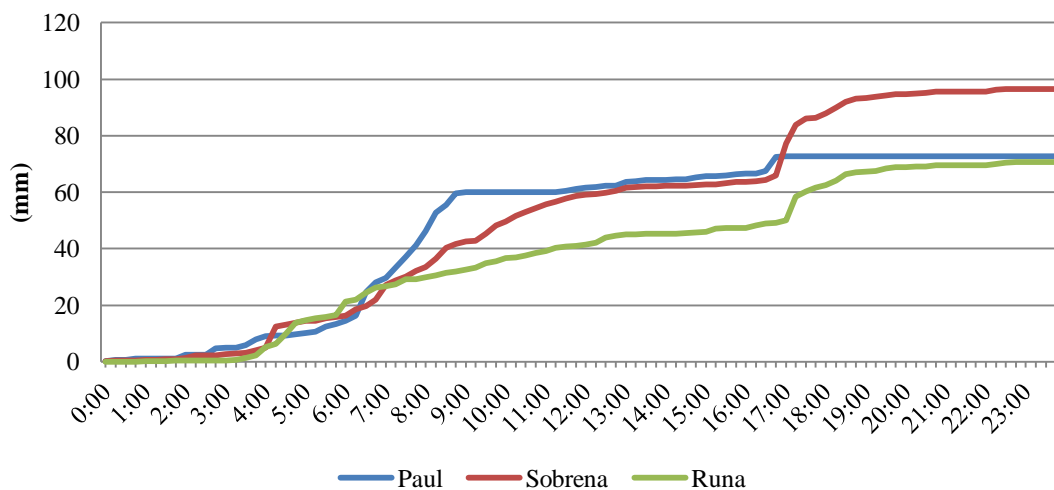


Figura 7.17 – Valores de precipitação acumulada, em mm, ocorrida nas EMA's da APAS, em 24/11/2006

A EMA da Sobrena ao longo dos anos tem registado valores relativamente semelhantes à EMA do Paúl, pois distam poucos km uma da outra. Assim através dos dados da primeira podemos extrapolar a tendência da precipitação que terá ocorrido após as 17 horas na EMA do Paúl, admitindo uma relação homotética entre os valores de precipitação das EMA's da Sobrena e do Paúl. Assim, conclui-se que, no dia 24/11/2006, apesar da EMA do Paúl ter registado 72.8 mm de precipitação acumulada, o valor real ocorrido foi superior, rondando provavelmente os 90 mm, valor obtido com uma recta de regressão, considerando os valores da EMA da Sobrena do dia 24/11/2006, com um R^2 de 96.5%.

A Figura 7.18 apresenta os hietogramas de precipitação acumulada, em mm, registados no dia 24NOV2006 para as três EMA's, com os valores de Paúl já corrigidos.

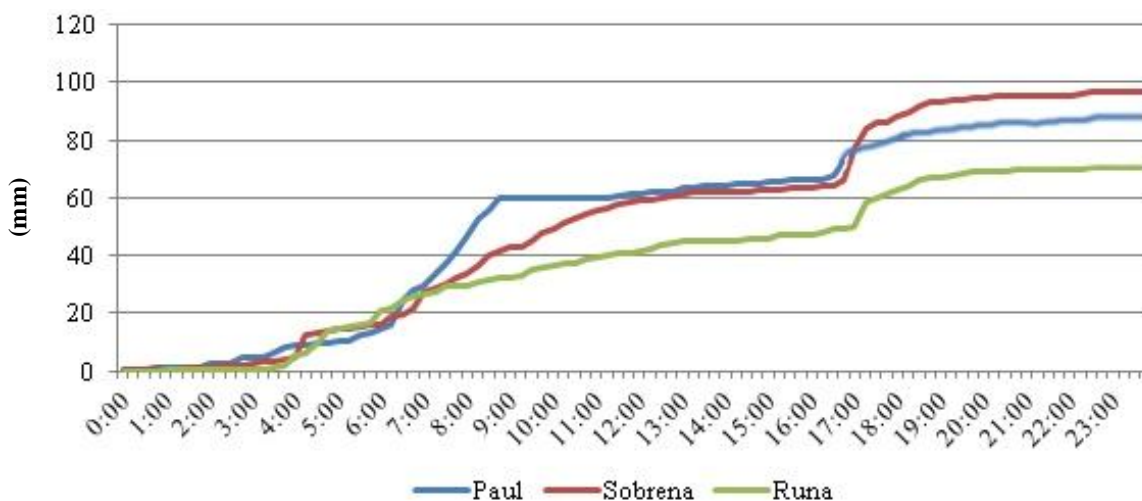


Figura 7.18 – Hietogramas acumulados do dia 24 de Novembro de 2006, nas EMA's da APAS

7.3.5.4.2. Reconstrução do hidrograma da cheia de 24 de Novembro na secção de estudo

Para a reconstrução do hidrograma de cheia afluente à secção em estudo foi utilizado o modelo computacional HEC-HMS - Hydrologic Modeling System (versão 3.1.0) desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers, com reconhecidos méritos na modelação meteorológica e hidrológica (Franca, 2007).

Para os dados de precipitação, utilizaram-se os hietogramas reais registados nas EMA'S de Sobrena e Paúl da APAS, já que a EMA de Runa situa-se fora da bacia hidrográfica do rio Real. A área total da bacia hidrográfica do rio Real, nesta secção, é de 160 km². A bacia hidrográfica foi traçada com base na cartografia militar à escala 1/25.000 (Figura 7.19).

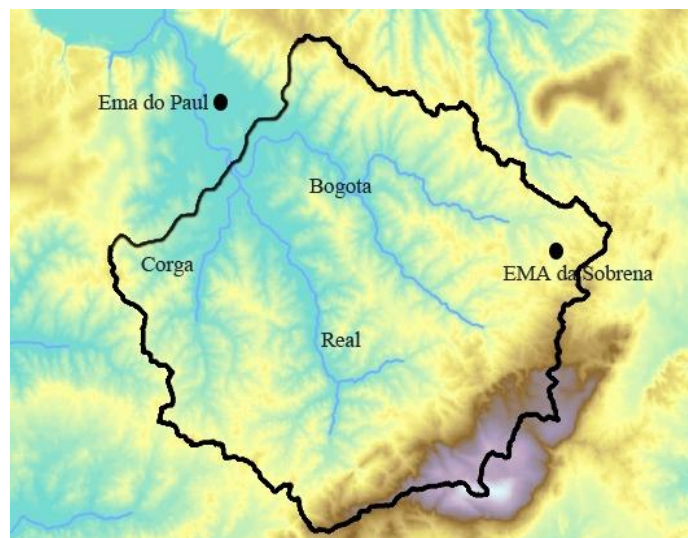


Figura 7.19 – Rede hidrográfica e bacia hidrográfica do rio Real na seção de estudo (adaptado Franca, 2007)

A simulação da transformação da precipitação sobre as bacias em escoamento superficial foi feita recorrendo ao modelo paramétrico de Hidrograma Unitário proposto por Soil Conservation Services (SCS) norte-americano. O parâmetro de intervalo temporal t_{lag} é tomado igual a 60% do tempo de concentração (t_c). Para o tempo de concentração, recorreu-se à fórmula de Temez (Franca, 2007). O cálculo das perdas da precipitação para escoamento foi feito com o método Curve Number (CN), estabelecido pelo Soil Conservation Service (SCS), disponível no modelo computacional HEC-HMS. A parametrização do modelo foi feita de um modo simplificado: perdas iniciais nulas e valor de CN igual a 85. Na Figura 7.20, apresenta-se o hidrograma total afluente à seção em estudo no dia 24 de Novembro de 2006 (Franca, 2007).

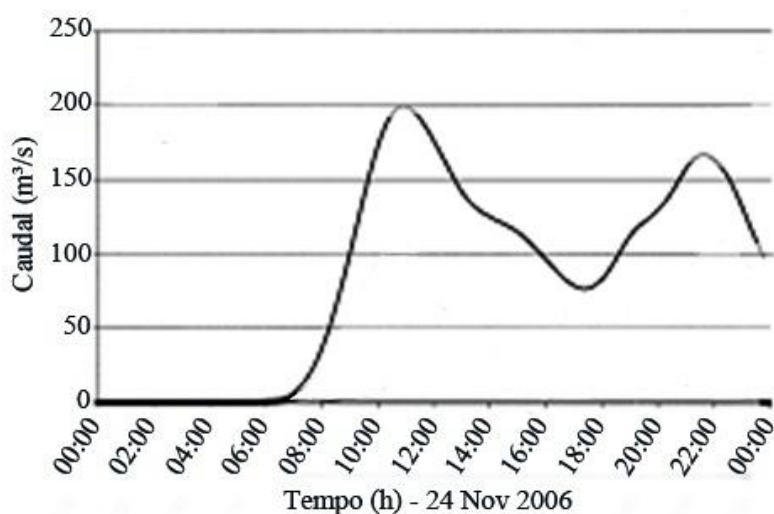


Figura 7.20 – Hidrograma de cheia do dia 24NOV2006 na seção de estudo (Franca, 2007)

7.3.5.5. Recomendações para o Município

Será crucial a disponibilização, por parte do município, dos seguintes dados:

1. marcas de inundação;
2. perfis transversais de zonas inundáveis;
3. batimetria de zonas inundáveis, em regiões cujas inundações provocam prejuízos potenciais significativos;
4. outro tipo de elementos (recortes de imprensa, fotografias, estudos, etc.).

7.3.5.5.1. Registos de Marcas de Inundação

Marcas geo-referenciadas de inundação, rigorosas e idóneas, não substituem a análise hidrológica, mas constituem uma referência fundamental, constituindo o melhor modo de calibrar modelos hidrológicos, operação obrigatória qualquer que seja o modelo. Sempre que possível, estas marcas deverão ter um carácter perene, como poderá ser o caso de edifícios urbanos, pontes ou outras estruturas hidráulicas estrategicamente seleccionadas. Cada marca deveria estar inequivocamente referenciada e caracterizada, nomeadamente o seu carácter perene, nas respectivas fotos, *shapefiles* e plantas.

O registo geo-referenciado de 28 Marcas de Inundação, efectuado por *Município*, é positivo, desde que tenha havido rigor na sua caracterização, particularmente quanto às cotas atingidas em cada cheia. Importante será também assegurar, por parte do município, um carácter perene a um número estratégico destas marcas. Estas marcas devem ser comunicadas ao INAG (Departamento de Monitorização e Sistemas de Informação do Domínio Hídrico), no âmbito dos trabalhos de transposição para a legislação nacional da Directiva Europeia 2007/60/CE de 23 de Outubro relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações.

7.3.5.5.2. Caracterização Física da Bacia

Os caudais calculados e a excepcionalidade do fenómeno intenso ocorrido em 24 de Novembro de 2006 deverão ser considerados como uma avaliação determinística dos eventos, cuja caracterização está obrigatoriamente associada a uma incerteza. O facto de esta cheia ter tido impactos dos mais gravosos de que há memória, face à relativa reduzida excepcionalidade da precipitação, faz supor que as condições de escoamento foram fortemente alteradas, provavelmente pela ocupação indevida de zonas não apropriadas (zonas inundáveis ou zonas de natural retenção de caudais) e por obstruções nos diversos cursos de água existentes na bacia hidrográfica, que conduzem a uma alteração do regime de escoamento natural.

Por outro lado, a análise hidrogeológica é importante e o escoamento subterrâneo não deve ser ignorado, já que ele interfere com o escoamento superficial, contribuindo para maiores ou menores níveis de cheia. Conviria identificar, em formato SIG, as áreas de baixa, média e alta permeabilidade, e os trechos de conexão hidráulica entre águas superficiais e subterrâneas, com as efluências e as influências.

Seria ainda importante considerar a componente sedimentológica, na medida em que a água que se escoar nos cursos de água transporta consigo diversos tipos de sedimentos, em maior ou menor grau, que interessa tomar em consideração.

CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES

Os rios Real e Arnóia são afluentes da Lagoa de Óbidos, fazendo ambos parte das chamadas Ribeiras do Oeste, Portugal. Estas têm sido objecto de Planos de Bacia Hidrográfica (PBHRO), os quais visam identificar e prevenir problemas, de âmbito territorial, associados a uma gestão sustentável da água. O primeiro PBHRO foi publicado em 2001, o segundo PBHRO iniciou-se em 2010 e está ainda a decorrer.

Este estudo visa aprofundar o trabalho realizado, no que respeita ao caso particular da Lagoa de Óbidos, mais propriamente, dos seus principais afluentes, rios Real e Arnóia. Não é possível, num Plano único para todas as Ribeiras do Oeste, ir ao pormenor, para cada ribeira em particular, defrontando-se as administrações e demais agentes locais com lacunas difíceis de colmatar e a que este estudo procura responder. Assim, procurou-se analisar a melhor metodologia a ser seguida na gestão destas duas bacias hidrográficas e os condicionantes a que tal obedece. Documentam-se ainda, a título de demonstração, três estudos de casos concretos, correspondendo a outros tantos problemas prementes associados à gestão destas bacias hidrográficas.

Nos primeiros Capítulos, faz-se uma análise geral, biofísica e demográfica da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos (BHLO). A adesão de Portugal à União Europeia e consequente transposição de directivas comunitárias veio, já neste século XXI, marcar definitivamente a agenda relativamente à caracterização institucional e normativa do país, e destas bacias hidrográficas em particular. Neste aspecto, assumem especial relevo:

1. A Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, designada resumidamente por Directiva Quadro da Água (DQA), e a Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (Lei da Água), que a transpõe para o ordenamento jurídico nacional.
2. A Directiva n.º 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, de avaliação e gestão dos riscos de inundações, e o Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de Outubro, transpõe para a ordem jurídica interna.

Trata-se de um território mediterrânico predominantemente rural, com uma ocupação do solo maioritária de áreas agrícolas e agro-florestais, com tendência de aumento da área florestal. Regra geral, os solos não têm grande produtividade para uma agricultura intensiva, apresentando em boa parte problemas de erosão ou drenagem. As partes inferiores de ambos os rios, assim como a Lagoa de Óbidos, onde desaguam, apresentam graves problemas de assoreamento.

Cada um dos rios, Real e Arnóia, apresenta um aproveitamento hidroagrícola, representado, respectivamente, pelas barragens de Sobrena e de Óbidos. Ambos os casos são exemplos práticos de planeamento mal feito, ou insuficiente, apresentam carácter casuístico e questionável, a sua continuidade é ainda uma questão em aberto, pondo em causa a sua sustentabilidade. O caso da Sobrena é gritante, já que não chove o suficiente para que a albufeira encha e, ainda que chovesse, tal não poderá acontecer porque ela está rota. Ainda a propósito destes dois empreendimentos, introduz-se a noção de caudal ecológico, que tem vindo a ganhar relevo em fóruns nacionais e internacionais.

Ambos os rios estão ainda sujeitos, nos seus trechos aluvionares, regra geral, ladeados de várzeas muito férteis, a cheias, muitas vezes, repentinas, com repetidos danos e prejuízos. Secas mais ou menos prolongadas introduzem mais um factor de incerteza na actividade agrícola, dificultando o seu planeamento e sustentabilidade. Daqui, um estudo detalhado sobre caudais de ponta de cheia, para vários períodos de retorno, úteis em estudos para novos empreendimentos, hidro-agrícolas ou de urbanização, estudo objecto do Capítulo 6.

No controlo de cheias, a exemplo do que se faz hoje, na Europa e no mundo, distinguem-se medidas estruturais e medidas não-estruturais, com ênfase nestas últimas, em nome da sustentabilidade. As medidas estruturais, muitas vezes inevitáveis, podem, por sua vez, classificar-se em medidas activas e medidas passivas. Dá-se preferência inequívoca a estas últimas, com a devida justificação.

O Capítulo 7 inclui três estudos de casos, respectivamente:

1. Restauração e Gestão do Rio Real para Alcançar um Bom Estado Ecológico
2. Soluções Possíveis para Resolver o Problema Existente com a Barragem da Sobrena;
3. Caudais de cheia associados aos períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na secção da ponte EN 8 do Rio Real, próximo a Bombarral norte. Caracterização da cheia de 24NOV2006.

O primeiro estudo dá continuidade a um trabalho feito com uma equipa mista de docentes e estudantes de pós-graduação da Universidade de Califórnia, Berkeley e de algumas Universidades portuguesas, no Verão de 2007, com o apoio dos municípios do Bombarral e Cadaval, visando respostas concretas aos problemas de gestão do território ribeirinhos, em ambos estes concelhos.

O segundo estudo pretende constituir um contributo positivo para o caso dramático, a nível local e regional, que representa hoje o empreendimento da Sobrena, referido na Secção 5.2.1, um

“elefante branco” para o qual não se vislumbram respostas nem sequer planos, por parte da administração pública.

Os riscos de cheia no Bombarral têm aumentado nos últimos anos, devido às alterações antrópicas induzidas nas condições de drenagem natural. Sucessivas inundações e respectivos prejuízos ilustram, pela negativa, a situação actual. Requer-se um ordenamento correcto e urgente do território, em particular, das áreas susceptíveis de serem inundadas. A cheia verificada no dia 24 de Novembro de 2006, referida na Secção 7.3, sendo um exemplo mais do que não devia acontecer, pode contudo servir de alavanca para uma mudança de mentalidades, metodologias e procedimentos. O Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de Novembro, já estabelecia a obrigatoriedade de elaboração da “Carta de Zonas Inundáveis” nos municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias, como é o caso do Bombarral. O Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de Outubro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2007/60/CE, de 23 de Outubro, reforça esta necessidade. O terceiro e último estudo pretende preencher esta lacuna, visando:

1. Estimar os caudais de ponta de cheia, com períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na bacia hidrográfica do rio Real, na secção da ponte na EN 8, junto a Bombarral norte.
2. Caracterizar a cheia ocorrida em 24 de Novembro de 2006, referida na Secção 7.3, nomeadamente, o tempo de concentração, caudal de ponta e correspondente período de retorno.

Procurou-se uma definição objectiva dos termos mais usados neste âmbito de estudos, a fim de remover ambiguidades. Em Anexo, condensam-se tais definições, na forma de Glossário.

Este trabalho constitui um levantamento, sistemático e exaustivo, da situação actual relativa à gestão dos Rios Real e Arnóia, com indicações práticas de BMP relativamente ao futuro, que poderá ser útil às autarquias locais, administrações regionais e nacionais, associações locais já existentes ou em formação. Para além da sua especificidade, este trabalho propõe uma metodologia tipo para casos semelhantes, dentro e fora de Portugal.

REFERÊNCIAS

Textos

Almeida, C., Mendonça, J.J.L., Jesus, M.R. e Gomes, A.J. (2000). “Actualização do Inventário dos Sistemas Aquíferos de Portugal Continental”, Centro de Geologia e Instituto da Água. 661 pp.

Alves, M.H. e Bernardo, J.M. (2003). “Caudais Ecológicos em Portugal”, INAG, Lisboa.

APAS (Associação dos Produtores Agrícolas da Sobrena). (2006). “Precipitação Ocorrida nas Estações Meteorológicas Automáticas da APAS”, Relatório.

ARH-Tejo. (2010). “Aquíferos das Bacias Hidrográficas do Rio Tejo e das Ribeiras do Oeste”, Departamento de Recursos Hídricos Interiores. ARH-Tejo, I.P. 211 pp.

ARH-Tejo. (2011). “Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, Síntese para consulta pública - versão extensa”, Lisboa.

ARH-Tejo. (2012). “Sistema de referência geográfica: EPSG 3763”, Documento interno, Lisboa.

Brito, M.A.M.C. de (2011). “Linhas Directrizes para a Engenharia Natural em Meio Mediterrânico”, Monografia de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa, Sintra. 106 pp.

Cardoso, J.C., Bessa, M.T., Marado, M.B. (1973). “Carta dos Solos de Portugal (1:1.000.000)”, Separata da Agronomia Lusitana, Volume XXXIII - Tomos I-IV. Estação Agronómica Nacional, Oeiras. pp. 481-602.

Cardoso, J.V.J.C. (1965). “Os Solos de Portugal - sua classificação, caracterização e génese. A Sul do Rio Tejo.”, DGSA, Lisboa.

Colombo, A.G., Hervás, J. e Arellano, A.L.V. (2002). “Guidelines on Flash Flood Prevention and Mitigation”, NEDIES Project, EC Joint Research Centre, EUR 20386EN, 64 pp.

Costa, J. P. P. (2006). “Calibração Inversa de um Modelo de Escoamento Subterrâneo, com Aplicação aos Sistemas Aquíferos de Albufeira-Ribeira de Quarteira e Quarteira”, Tese de Mestrado de Hidráulica e Recursos Hídricos, IST, Lisboa.

Coutinho, M.A., Tomás, P.P. (1986). “Erosividade da precipitação”, II Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa.

Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto. Diário da República n.º 194/95 - I Série B. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

Decreto-Lei n.º 70/90, de 2 de Março. Diário da República n.º 51/90 - I Série. Ministério do Planeamento e da Administração do Território.

Decreto-Lei n.º 45/94, de 22 de Fevereiro. Diário da República n.º 44/94 - I Série-A. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais.

Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro. Diário da República n.º 44/94 - I Série-A. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais.

Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro. Diário da República n.º 44/94 - I Série-A. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais.

Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de Novembro. Diário da República n.º 270/98 - I Série-A. Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território.

Decreto-Lei n.º 254/99, de 7 de Julho. Diário da República n.º 156/99 - I Série-A. Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território.

Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de Setembro. Diário da República n.º 222/99 - I Série-A. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de Maio. Diário da República n.º 102/00 - I Série-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março. Diário da República n.º 64/06 - I Série-A. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio. Diário da República n.º 105/07 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro. Diário da República n.º 202/07 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro. Diário da República n.º 209/08 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de Outubro. Diário da República n.º 206/10 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Despacho n.º 18313/2009, de 7 de Agosto. Diário da República n.º 152/09 - 2.ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional - Gabinete do Ministro.

DGADR e MADRP. “Aproveitamento Hidroagrícola das Baixas de Óbidos e Bloco da Amoreira”.

Directiva 85/337/CEE do Conselho de 27/06/1985. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 175/40 de 05/07/1985.

Directiva 96/61/CE do Conselho de 24/09/1996. Jornal Oficial n.º L 257 de 10/10/1996.

Directiva 97/11/CE do Conselho de 03/03/1997. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 73/5 de 14/03/1997.

Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23/10/2000. Jornal Oficial das Comunidades Europeias L 327/1 de 22/12/2000.

Directiva 2006/118/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12/12/2006. Jornal Oficial da União Europeia n.º L 372/19 de 27/12/2006.

Directiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23/10/2007. Jornal Oficial das Comunidades Europeias L 288/27 de 06/11/2007.

Dougal, M.D. (1969). “Flood Plain Management, Iowa's Experience”, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.

- DRARO. (1991). “Folhas explicativas da Carta de Ocupação do Solo”, Geometral, Lisboa.
- Franca, M.J. (2007). “Cheia de 2006 nos terrenos a Norte da vila do Bombarral e suas consequências na Quinta da Granja”, Nota Técnica, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 29 de Abril.
- Grimm, M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2002). “Soil erosion risk assessment in Europe using USLE and a K-factor modified by susceptibility to surface crusting”, Technical Report, European Soil Bureau JRC, Ispra. 44 pp.
- Hall, A.J. (1981). “Flash Flood Forecasting”, Operational Hydrology Report N.º 18, World Meteorological Organization N.º 577.
- Hipólito, J.R. e Vaz, A.C. (2011). “Hidrologia e Recursos Hídricos”. Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia, IST Press, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Novembro.
- Hodges. (1999). “Emergency Management”, Australia Website.
- IM (Instituto de Meteorologia). (2006). “Relatório de Informação Climática de Novembro de 2006”.
- INAG (sem data). “Lagoa de Óbidos”, Folheto Informativo, INAG, MAMAOT.
- INAG. (2009). “Caudais de cheia associados aos períodos de retorno de 100, 20 e 10 anos, na secção do Rio Real, próximo a Bombarral Norte (Ponte EN 8)”, DMSIDH, INAG, MAMAOT, 20 de Abril. 4 pp.
- INE. (1864 – 1 de janeiro). I Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1878 – 1 de janeiro). II Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1890 – 1 de dezembro). III Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1900 – 1 de dezembro). IV Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1911 – 1 de dezembro). V Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1920 – 1 de dezembro). VI Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1930 – 1 de dezembro). VII Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1940 – 12 de dezembro). VIII Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1950 – 15 de dezembro). IX Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1960 – 15 de dezembro). X Recenseamento Geral da População. Instituto Nacional de Estatística, I.P.

- INE. (1970 – 15 de dezembro). XI Recenseamento Geral da População, I Recenseamento Geral da Habitação. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1981 – 16 de Março). XII Recenseamento Geral da População, II Recenseamento Geral da Habitação. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (1991 – 15 de abril). XIII Recenseamento Geral da População, III Recenseamento Geral da Habitação. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (2001 – 12 de Março). XIV Recenseamento Geral da População, IV Recenseamento Geral da Habitação. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (2011). XV Recenseamento Geral da População, V Recenseamento Geral da Habitação. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- Irvem, A., Topaloglu, F. e Uygur, V. (2007). “Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey”. *Journal of Hydrology*. pp. 30-37.
- Jenny. (1983). “The soil resource. Origin and behaviour”, *Ecological Studies*, Springer-Verlag.
- Kullberg, J.C., Rocha, R.B., Soares, A.F., Rey, J., Terrinha, P., Callapez, P., Martins, L. (2006). “A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica”, em *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria* (R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg, Eds.), Universidade de Évora. pp. 317-368.
- Lei n.º 54/2005 de 15 de Novembro. Diário da República n.º 219/05 - I Série-A. Assembleia da República.
- Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro. Diário da República n.º 249/05 - I Série-A. Assembleia da República.
- Loureiro, J.M. (1984). “Expressão para o cálculo do caudal de cheia em cursos de água de Portugal”, *Recursos Hídricos*. pp. 53-78.
- Loureiro, J.M. e Costa, L.C. (1980). “Caudal Máximo de Cheia - Cursos de Água a Sul do Tejo”, *Recursos Hídricos*. pp. 57-74.
- Loureiro, J.M. e Oliveira, R. (1988). “A Cheia de 25 Novembro 1988 na Ribeira de Beliche”, *DSH-DGRN*, Dezembro.
- Matos, J.S. (2003). “Drenagem Urbana - Componente de Sistemas de Águas Pluviais e Unitárias”, *MHRH*, IST, Novembro.
- Matos, M.R. e Silva, A.M. (1986). “Estudos de Precipitação com Aplicação no Projecto de Sistemas de Drenagem Pluvial. Curvas Intensidade-Duração-Frequência da Precipitação em Portugal”, *ITH* n.º 24, LNEC.
- McKee, T.B., Doesken, N. J. e Kliest, J. (1993). “The relationship of drought frequency and duration to time scales”, In *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*, 17-22 Janeiro, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. pp. 179-184.
- Miranda, J.C.C. (2012). *Aulas de Saneamento, 2º ano de Mestrado de Engenharia Civil - 1º semestre*, Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa.
- Município. (2007). “Carta de Zonas Inundáveis, segundo DL 364/98. Memória Descritiva”, Versão Final, Câmara Municipal do Bombarral, Fevereiro.

- Município. (2008). “Carta de Zonas Inundáveis, segundo DL 364/98. Memória Descritiva, Versão 2.0 – Final”. Câmara Municipal do Bombarral, Setembro.
- Natali, J., Kondolf, M., Landeiro, C., Christian-Smith, J., Grantham, T. (2009). “Um Rio Vivo no Mediterrâneo. Restauração e Gestão do Rio Real, em Portugal, para Alcançar um Bom Estado ecológico”. Departamento de Arquitectura Paisagista e Planeamento Ambiental e Programa de Estudos Portugueses da Universidade da Califórnia, Berkeley, Instituto de Desenvolvimento Urbano e Regional. Relatório WP-2009-01, Fevereiro. 47 pp.
- Oliveira, R. P. de (2010). “Dinâmica de Bacias Hidrográficas e Aquíferos - Análise de Cheias”, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 71 pp.
- Paz, M.C.C. (2009). “Modelação matemática do escoamento e da poluição do sistema aquífero Caldas da Rainha – Nazaré”, Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 97 pp.
- Pereira, A.R., Ramos, C. e Laranjeira, M. (2000). “A Reserva Ecológica Nacional (REN). Sua Importância para o Ambiente e o Ordenamento do Território”, Finisterra XXXV, 70. pp. 7-40.
- Pimenta, M. (1998). “Erosão Hídrica dos Solos em pequenas bacias Hidrográficas – Aplicação da Equação Universal de Degradação dos Solos”, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Portaria n.º 1284/2009 de 19 de Outubro. Diário da República n.º 202/09 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- PROCESL/GIBB/HIDRORUMO. (2011). “Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste - Relatório Final”, Lisboa. 554 pp.
- Quintela, A.C. (2000). “Hidráulica”, 11ª edição portuguesa, 2009, Fundação Calouste Gulbenkian. 540 pp.
- Resolução n.º 25/2008. Diário da República n.º 138/08 - 2.ª Série. Comissão Nacional de Protecção Civil.
- Ribeiro A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, R.B., Soares, A.F., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, D. (1979). “Introdução à la Géologie Générale du Portugal”, Serviços geológicos de Portugal, Lisboa.
- Ribeiro, C.T. (1994). “Impacte da Urbanização e Uso do Solo nos Recursos Hídricos”, Volume I, Lisboa.
- Santos, E. G. (1984). “Zonamento de áreas de inundação”, Seminário sobre as cheias de Novembro de 1983, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Santos, M.A.B.A. (1981). “On the stochastic characterization of regional droughts”, Tese de especialista, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Santos, M.J.J. (1996). “Modelo de distribuição de secas regionais”, Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Saraiva, M.P.S. e Cristo, F.P.de (1994). “Aquífero do Vale Tifónico das Caldas da Rainha - Sua Importância para o Abastecimento Público”, 2.º Congresso da Água, o Presente e o Futuro da Água em Portugal, Volume II, Lisboa. pp. 39-47.

Seixas, A. (2010). “Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações - A nova Directiva”, Ingenium, Março/Abril. pp. 42-43.

Silva, A.C. e Pacheco, S. A. (1997). “Sistema de Informação da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Óbidos”, Projecto Final de Curso de Engenharia do Território, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Silva, J. M. (2007). “Parecer sobre Memória Descritiva de Municípa de Fevereiro de 2007”, CEHIDRO, 26 de Junho, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Silva, J. M. (2009). “Parecer sobre Memória Descritiva de Municípa, Versão2.0, Setembro de 2008”, CEHIDRO, 6 de Janeiro, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Silva, J.M. (Coord.) (1999). “Prevention in the Mountains for Protection of the Valleys, PREMO'98 Final Report: Principles and Guidelines for the Environmental Protection of Drainage Basins Prone to Flash Floods”, ARSIA e EC Joint Research Centre, Firenze, Itália.

Tomás, P.M.P.P. (1992). “Estudo da erosão hídrica em solos agrícolas. Aplicação à região sul de Portugal”, Dissertação para obtenção do grau de mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Tomás, P.P. e Coutinho, M.A. (1993). Erosão hídrica dos solos em pequenas bacias hidrográficas – Aplicação da Equação Universal de Degradação dos Solos”, Publicação CEHIDRO n.º 7, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Wischmeier, W.H. e Smith, D.D. (1978). “Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planni”, USDA, Washington/D.C. 58 pp.

WMO/UNESCO. (1974). “International Glossary of Hydrology”. 1ª edição. Genebra, Suíça.

Zbyszewski, G., Moitinho D'Almeida, F., Torre de Assunção, C. (1955). “Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50.000 e Notícia Explicativa da Folha 30-C Torres Vedras”, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 33 pp.

Internet

<http://intersig-web.inag.pt/intersig/> - Mapas - Continente - Directiva Quadro da Água (Temas de Base) - Massas de Águas Subterrâneas

<http://portaldaagua.inag.pt>

<http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt>

www.igeo.pt/ - Mapa Corine Land Cover 2006

www.oesteonline.pt/noticias/noticia.asp?nid=9937

www.snirh.pt

ANEXO: GLOSSÁRIO

Altitude

Corresponde à distância vertical, em metros, entre o nível médio do mar e um dado ponto.

Ano Hidrológico

Período contínuo de doze meses, escolhidos para que a variação global das reservas de água seja mínima, por forma a minimizar transferências de água de um ano para o seguinte. E.g., em Portugal, Angola e Moçambique este período está compreendido entre 1 de Outubro a 30 de Setembro. Mas, e.g., em São Tomé, ele inicia-se em 1 de Setembro, em Cabo Verde, em 1 de Julho e na Guiné em 1 de Maio.

Áreas Agrícolas e Agro-Florestais

Áreas utilizadas para agricultura, constituídas por terras aráveis, culturas permanentes, prados e pastagens permanentes. Inclui sistemas agro-florestais.

Assoreamento

Processo de deposição de sedimentos de um curso de água ou massa de água, que conduz à elevação do leito.

Bacia Hidrográfica

É o lugar geométrico dos pontos a partir dos quais o percurso superficial de uma gota de água passa na referida secção transversal, que se designa por secção de referência.

Bacia Lusitaniana

A Bacia Lusitaniana é uma bacia sedimentar que se desenvolveu na Margem Ocidental Ibérica (MOI) durante parte do Mesozóico, e a sua dinâmica enquadra-se no contexto da fragmentação da Pangeia, mais especificamente da abertura do Atlântico Norte.

Barros

Solos evoluídos de natureza argilosa, com abundante montmorilonite (também designados de Vertissolos).

Cheia

Fenómeno hidrológico extremo causado por precipitação intensa de duração mais ou menos prolongada numa bacia hidrográfica ou em parte dela, originando caudais que excedem a capacidade de vazão de leito menor do rio.

Cheia Repentina

Cheia de curta duração com um caudal de ponta elevado.

Conservação

Ações correctivas e de manutenção da integridade, da feição e do bem-estar do mesmo meio ambiente.

Corpos de Água

Superfícies de água doce que incluem cursos de água e planos de água, naturais e artificiais; superfícies de água salgada, que incluem oceanos, e/ou de água salobra que incluem lagoas costeiras e desembocaduras fluviais.

Ecossistema

Unidade que inclui os organismos vivos em conjunto numa dada área (comunidade biótica ou biocenose) e interagindo com o meio físico (biótopo), de forma que um fluxo de energia leva a uma estrutura biótica bem definida e a uma reciclagem entre materiais vivos e não vivos, no interior do sistema. O ecossistema representa o primeiro nível hierárquico dos sistemas ecológicos.

Engenharia Natural

Conjunto de técnicas e práticas que utilizam plantas vivas, preferencialmente autóctones, como elemento do processo construtivo, juntamente ou não com outros materiais (e.g., pedra, madeira, metal), no domínio da restauração ambiental.

Estação Hidrométrica

Estação na qual se obtêm dados relativos à água dos rios, lagos ou reservatórios, nomeadamente o nível, caudal, transporte e depósito de sedimentos, temperatura e outras propriedades físicas, químicas e biológicas da água.

Estação Meteorológica

Estação na qual se obtêm dados relativos à meteorologia: precipitação, temperatura e humidade do ar, velocidade do vento e outros. Se a estação apenas medir precipitação pode chamar-se udométrica ou udográfica. Se além disso também medir propriedades do ar e do vento diz-se climatológica.

Florestas e Meios Naturais e Semi-Naturais

Áreas onde se incluem florestas, vegetação arbustiva e herbácea e áreas naturais com pouco ou, mais raramente, nenhum coberto vegetal.

Limnígrafo

Aparelho que regista continuamente os níveis de água superficial ou subterrânea.

Medidas Estruturais

Ações para reduzir os efeitos de cheias que utilizam soluções físicas (bacias de retenção, aterros, dragagens, desvios, etc.).

Humidade Relativa do Ar

Razão entre a massa de vapor de água que existe num determinado volume de ar húmido e a massa de vapor de água que existiria se o ar estivesse saturado à mesma temperatura no mesmo local e instante considerado.

Medidas Não-Estruturais

Ações para reduzir os efeitos das inundações, utilizando soluções não-físicas (planos de ordenamento territorial, zonamento da planície de inundação, sistemas de aviso prévio, seguro de inundação, etc.).

Mitigação

Ações que visam minorar o impacto ambiental que decorre da actividade humana sobre o meio natural.

Orla Meso-cenozóica Ocidental

Abreviadamente designada por Orla Ocidental, a série mesozoica inicia-se por uma série continental detrítica com conglomerados, arenitos e argilas, geralmente de cor vermelha, formada no Triásico superior.

Precipitação Anual

Parâmetro calculado (soma) a partir do parâmetro Precipitação mensal, pela Base de Dados. As unidades deste parâmetro são mm.

Preparação

Actividades para assegurar que as pessoas estão preparadas para um desastre e para responder a ele de forma eficaz. A Preparação requer saber o que fazer se os serviços essenciais falharem, desenvolver um plano de contingências e praticar esse plano.

Preservação

Desenvolvimento de acções preventivas visando a não afectação degenerativa do meio ambiente (ou da natureza).

Prevenção

Actividades destinadas a providenciar protecção permanente contra desastres. Ela inclui medidas de engenharia e outras de protecção física, e também medidas não-estruturais (legislação, incentivos, sensibilização, divulgação de informação, etc.), medidas de controlo do uso da terra e planeamento urbano.

Recuperação

Actividades de reconstrução realizadas após um desastre. Elas incluem a reconstrução de casas, edifícios de comércio e públicos; limpeza de detritos, reparação de estradas, pontes e outras importantes infraestruturas, e recuperação de esgotos e outros serviços vitais.

Renaturalização

Reconstruir o meio ambiental, permitindo o desenvolvimento de espécies vegetais autóctones, as quais, ao longo do tempo, vão reestruturar um meio degradado aproximando-o do meio "natural".

Resposta

Actividades para enfrentar os efeitos imediatos e de curto prazo de uma emergência ou desastre. Actividades de resposta incluem ações imediatas para salvar vidas, proteger a propriedade, e ir ao encontro de necessidades humanas básicas.

Risco

Perdas esperadas (de vidas, pessoas feridas, bens danificados, actividade económica interrompida), devido a um evento específico para uma determinada área e período de referência. Risco é obtido pela combinação de perigo e vulnerabilidade.

Risco Aceitável

Grau de perdas humanas e materiais apercebido pela comunidade ou autoridades competentes como tolerável em acções para minimizar os riscos de desastres.

Solos Argiluvitados/Argilosos Pouco Insaturados

Solos evoluídos em que o horizonte B apresenta um grau de saturação superior a 35%.

Solos Calcários

Solos pouco evoluídos, formados em terrenos calcários, com percentagem variável de carbonato de cálcio ao longo do perfil e sem as características dos barros.

Solos Hidromórficos

Solos sujeitos a encharcamento temporário ou permanente que provoca fenómenos marcados de redução em todo ou parte do perfil.

Solos Incipientes

Solos em formação constituídos pela rocha desagregada. Formam-se de rochas não consolidadas, com baixo teor em matéria orgânica e apresentam grande espessura efectiva (Regossolos). Formam-se nas aluviões (Aluviossolos). São solos de origem coluvial, que resultam da acumulação de depósitos muito variados em vales, depressões ou base de encostas (Coluviossolos). Derivam de rochas consolidadas, sujeitos a erosão forte (Litossolos).

Solos Litólicos

Solos pouco evoluídos, de rochas não calcárias (também designados por Combissolos).

Solos Podzolizados

Solos evoluídos com horizonte eluvial.

Tempo de Concentração

Tempo necessário para que a gota de água caída no ponto da bacia hidrográfica cinematicamente mais distante da secção de referência a atinja em percurso superficial, ou mais, estritamente, o tempo que medeia entre o fim da precipitação útil e o fim do escoamento directo na secção de referência.

Territórios Artificializados

Superfícies artificializadas ou ajardinadas, destinadas a actividades relacionadas com as sociedades humanas. Esta classe inclui áreas de tecido urbano, áreas industriais, áreas comerciais, rede rodoviária e ferroviária, áreas de serviços, jardins ou parques urbanos e equipamentos culturais e de lazer.

Udógrafo

Instrumento de medição da precipitação que dispõe de um dispositivo de registo das alturas da precipitação em função do tempo.

Udómetro

Instrumento de medição da precipitação.

Vulnerabilidade

Características de uma sociedade em termos de sua capacidade de antecipar, lidar com, resistir e recuperar do impacto de um perigo natural. Envolve a combinação de factores que determinam o grau em que a vida, infra-estrutura, propriedades e serviços são colocados em risco por um evento discreto e identificável.

Zonas Húmidas

Zonas húmidas interiores que incluem zonas apaúladas (caniçais, canaviais e juncais) e turfeiras; zonas húmidas litorais que incluem sapais, juncais e caniçais halófitos; salinas e zonas entre-marés.