



FACULDADE DE LETRAS  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

Sara Martins Ferreira



# INUNDAÇÕES EM MEIO URBANO: O CASO DA CIDADE DE OLHÃO

Dissertação de Mestrado em Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território, orientada pela Professora Doutora Adélia de Jesus Nobre Nunes, apresentada ao Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2022

# FACULDADE DE LETRAS

## INUNDAÇÕES EM MEIO URBANO: O CASO DA CIDADE DE OLHÃO

### Ficha Técnica

<b>Tipo de trabalho</b>	Dissertação de Mestrado
<b>Título</b>	Inundações em meio urbano: o caso da cidade de Olhão
<b>Autora</b>	Sara Martins Ferreira
<b>Orientadora</b>	Adélia de Jesus Nobre Nunes
<b>Júri</b>	<b>Presidente:</b> Doutor Albano Augusto Figueiredo Rodrigues <b>Vogais:</b> Doutor Pedro Pinto Santos Doutora Isabel Maria Rodrigues Paiva Doutora Adélia de Jesus Nobre Nunes
<b>Identificação do Curso</b>	Mestrado em Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território
<b>Área científica</b>	Geografia
<b>Especialidade/Ramo</b>	Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território
<b>Ano</b>	2022
<b>Classificação</b>	19 valores

Ao Pedro.

## AGRADECIMENTOS

Concluída esta etapa do meu percurso académico, quero manifestar a minha gratidão e apreço a todos quantos contribuíram, de diversas formas, para a concretização deste objetivo.

À minha orientadora científica, diretora do departamento de Geografia e Turismo da FLUC, Professora Doutora Adélia Nunes, absolutamente incedível desde o momento em que aceitou orientar-me neste percurso, agradeço, com especial reconhecimento, o rigoroso acompanhamento do trabalho, a orientação científica, análise crítica e atenta revisão do texto. Agradeço-lhe, também, a permanente disponibilidade e atenção, mas, sobretudo, a amizade, o incentivo e a confiança que sempre me transmitiu e que me permitiram acreditar no sucesso deste estudo. Pela *coach* incrível que se revelou, o meu mais sincero e profundo agradecimento.

Ao meu Comandante e Coordenador Municipal de Proteção Civil de Olhão, Dr. Luís Gomes, agradeço o incentivo e o apoio que me transmitiu, as trocas de ideias e todas as dicas e *inputs* que me foi fornecendo no decurso deste trabalho e que se revelaram cruciais em algumas conclusões. Agradeço-lhe, ainda, por toda a disponibilidade manifestada, por sempre ter acedido aos meus pedidos e por todos os dias me fazer acreditar que sou capaz! Por tudo, Sr. Comandante, muitíssimo obrigada!

Ao Sr. Presidente da Câmara Municipal de Olhão, Dr. António Pina, pelo interesse e receptividade neste estudo, por ter partilhado o seu ponto de vista sobre a problemática das inundações urbanas em Olhão e as estratégias e políticas que existem para a sua mitigação. Agradeço-lhe, também, a oportunidade que me concedeu em fazer parte da sua equipa e a confiança que deposita no meu trabalho. Vestimos a mesma camisola... a de Olhão!

Ao Professor Doutor Sidónio Pardal, agradeço a pronta disponibilidade em partilhar comigo tanto do seu conhecimento, as suas preciosas dicas e contributos, e por estimular o meu pensamento crítico. Professor, tenho-o como referência e muito me honra ter o seu cunho neste trabalho!

Ao Comandante Distrital de Emergência e Proteção Civil do Algarve, Dr. Richard Marques, que mesmo assoberbado de trabalho, não hesitou em colaborar em tudo o que esteve ao seu alcance. Tendo participado no comandamento da operação de socorro analisada, as informações que prestou foram determinantes, tal como os contributos relativos ao aperfeiçoamento da resposta operacional. Obrigada, Sr. Comandante!



À Eng.<sup>a</sup> Clárisse Albino os importantes esclarecimentos sobre o trabalho desenvolvido pela empresa municipal Ambiolhão na gestão das águas pluviais, por me ajudar a identificar os principais constrangimentos, bem como as possíveis soluções. Muito agradecida!

Às instituições e empresas que cederam informação imprescindível à concretização deste estudo: GBMPC de Olhão, ANEPC (CREPC-Algarve), IPMA, Município de Olhão, Município de Faro, Ambiolhão e Algarve Drone, faço o meu grato reconhecimento.

Ao 2.º Comandante, Dr. Bruno Santos, pelo entusiasmo com que acompanhou o decorrer dos trabalhos, pela amizade, pelo companheirismo e pela incrível paciência que tem comigo. Obrigada, Bruno!

Ao meu Amigo Eng.º Carlos Martins, que acredito vai prosseguir o trabalho que aqui iniciei, pelas ideias que trocamos e discussões que mantivemos, mas, acima de tudo, por ouvir os meus desabafos e por me ajudar a manter a calma e sensatez nos momentos mais críticos. Serei sempre uma gaivota tentando aprender sobre a vida e sobre o voo...

Ao chefe Duarte e ao chefe Maria - os dois bombeiros mais antigos do Corpo de Bombeiros Municipais de Olhão - por terem partilhado comigo tanto do seu conhecimento e da sua experiência sobre o tema. Obrigada, Chefes!

À Isa, ao Lelo e à Sónia, colegas de trabalho fantásticos, sempre prontos a ajudar com a disponibilização de dados e relatórios de ocorrências, o meu obrigada. É um privilégio contar convosco!

Ao António e à Carlinha, que durante estes meses foram o meu suporte e a minha “sopa quentinha”, bem-hajam.

Aos meus Chicos, que nunca permitiram que me faltasse o ânimo e desculparam as minhas (tantas) ausências, “*thank you*”, “*merci*”, “*gracias*”, “*danke schön*”... todos os “obrigados” são poucos. Tenho tanta sorte por vos ter na minha vida!

Por último (*last but not least...*), à minha incansável família a quem devo tudo o que sou. Pais, manos, sobrinhos e tia: obrigada por tanto!

**RESUMO****Inundações em meio urbano: o caso da cidade de Olhão**

As cheias e inundações são dos riscos naturais com maior impacto nas sociedades. As suas repercussões, em particular das inundações urbanas, têm sido cada vez mais severas. O incremento da intensidade e frequência de fenómenos extremos de precipitação, aliado ao aumento da impermeabilização dos solos e ao subdimensionamento dos sistemas de drenagem artificiais provocados pelo crescimento das cidades, resultam na diminuição da infiltração e no aumento dos caudais de escoamento superficial direto, favorecendo a sua ocorrência. Por esse motivo constituem, indubitavelmente, uma das maiores preocupações atuais, tanto ao nível do ordenamento do território, como do planeamento de emergência, exigindo uma avaliação multidisciplinar e ações de gestão integradas.

A cidade de Olhão conta com um longo historial de inundações urbanas devidas a precipitações intensas, típicas do clima mediterrâneo em que se inscreve, e agravadas pelas características físicas, morfológicas e de ocupação do território.

Neste trabalho, a partir de um episódio de inundação específico, procurou-se compreender, escutar e sistematizar os fatores que influenciam a probabilidade da sua ocorrência, assim como analisar o modo como se processa a resposta à emergência.

Do estudo realizado conclui-se, por um lado, sobre a dificuldade em antecipar e prever fenómenos com esta natureza e, por outro, sobre a capacidade e preparação do sistema em lhes responder. São identificados os locais críticos relativos a inundações na cidade, dilucidada a influência da malha urbana na dinâmica do escoamento superficial, e apresentadas medidas concretas que visam a mitigação do problema, a diferentes níveis, tal como algumas sugestões para tornar a resposta operacional mais eficiente.

**Palavras chave:** Inundações Urbanas; Ordenamento do Território; Planeamento de Emergência; Gestão de Águas Pluviais; Olhão.

**ABSTRACT*****Flooding in urban areas: the case of Olhão's city***

*Floods are among the natural hazards with the greatest impact on societies. Their repercussions, mainly in urban flooding, have been increasingly severe. The increase in the intensity and frequency of extreme precipitation phenomena, combined with the advance of the soil's impermeability and the undersizing of artificial drainage systems which is caused by the growth of cities, result in a decrease in infiltration and an increase in direct surface run-off flows, favoring therefore the occurrence. For this reason, these undoubtedly constitute one of the highest current concerns, both in terms of urban planning and emergency planning, which require multidisciplinary assessment and integrated management actions.*

*The town of Olhão has a long history of urban flooding due to intense rainfall, typical of the Mediterranean climate in which it is located, and is aggravated by the physical, morphological and land use characteristics of the territory.*

*In this work, based on a specific flood episode, we sought to understand, scrutinize and systematize the factors that influence the probability of its occurrence, as well as to analyze the emergency response process.*

*From the study carried out, the conclusion is drawn about on one side the difficulty in anticipating and predicting phenomena of this nature and, on the other, the capacity and preparation of the system to respond to them. The critical locations regarding floods in the city are identified, the influence of the urban network on the dynamics of surface runoff is explained, and concrete measures aimed at mitigating the problem are presented, at different levels, as well as some suggestions to make the operational response more efficient.*

**Keywords:** *Urban Flooding; Territorial Planning; Emergency Planning; Stormwater Management; Olhão.*

**ÍNDICE GERAL**

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE GERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS .....	xiii
ÍNDICE DE QUADROS.....	xiv
LISTA DE ACRÓNIMOS, SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xv
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
A pertinência do estudo dos riscos hidrológicos em espaços urbanos.....	1
Justificação da escolha territorial .....	3
Definição do problema e objetivos.....	4
Metodologia .....	4
Estrutura da dissertação.....	5
<b>PARTE I - ENQUADRAMENTO TEÓRICO E CONCEPTUAL .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>8</b>
1. Os riscos naturais: aspetos conceptuais e tipologia.....	8
1.1. Conceitos e terminologias .....	8
1.1.1. Riscos “naturais”, vulnerabilidade e resiliência.....	8
1.1.2. Risco climático e risco hidrológico .....	12
1.1.3. Conceito de cheia e de inundação .....	14
1.2. Tipos de inundações e causas.....	16
1.3. A precipitação enquanto principal fator desencadeante das inundações urbanas .....	20
1.4. A importância dos sistemas de drenagem pluviais urbanos .....	22
1.5. Inundações urbanas como fenómeno perigoso.....	23

---

<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>26</b>
2. Governação do risco de cheias e inundações .....	26
2.1. Moldura legal e institucional.....	26
2.2. Instrumentos de gestão do risco de cheias e inundações.....	29
2.2.1. Instrumentos de gestão territorial e a gestão do(s) risco(s).....	32
2.2.1.1. Âmbito nacional.....	34
2.2.1.1.1. Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT).....	34
2.2.1.1.2. Programas setoriais .....	35
2.2.1.1.3. Programas especiais.....	36
2.2.1.2. Âmbito regional .....	36
2.2.1.3. Âmbito intermunicipal.....	37
2.2.1.4. Âmbito municipal .....	38
2.2.2. Instrumentos de gestão de emergência.....	39
2.2.3. Planos gerais de emergência .....	42
2.2.3.1. Planos especiais de emergência .....	45
2.2.3.2. Planos prévios de intervenção .....	46
2.3. Cartografia de risco de cheias e inundações.....	47
2.4. Sistemas de alerta e aviso.....	50
<b>PARTE II - ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>54</b>
3. Caracterização da área de estudo .....	54
3.1. Enquadramento geográfico .....	54
3.2. Caracterização física .....	55
3.2.1. Hipsometria e declives .....	56
3.2.2. Geologia e solos .....	58
3.2.3. Hidrografia e hidrologia .....	60

---

3.2.4. Clima .....	65
3.2.4.1. Precipitação.....	66
3.3. Caracterização da rede de drenagem artificial .....	72
3.4. Caracterização demográfica .....	75
3.5. Caracterização do edificado .....	78
3.6. Evolução da estrutura urbana e da ocupação do solo.....	80
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>86</b>
4. Eventos hidrológicos com impacto significativo na cidade de Olhão .....	86
4.1. Histórico de episódios de inundações .....	87
4.2. O caso da inundação de 26 de novembro de 2020 .....	91
4.2.1. Avaliação e antecipação operacional .....	91
4.2.2. Situação: fatores desencadeantes e agravantes.....	93
4.2.3. Influência da malha urbana .....	96
4.3. Resposta à emergência .....	99
4.3.1. Avaliação e antecipação operacional .....	99
4.3.2. Desenvolvimento das operações .....	100
4.3.3. Balanço das ocorrências .....	103
4.3.4. Meios e recursos envolvidos na operação .....	105
4.3.5. Estruturas de comando, coordenação e ações de suporte às operações .....	106
4.3.6. Ferramentas de apoio à decisão.....	108
4.3.7. Plano de comunicações .....	109
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>111</b>
5. Desafios na gestão do risco de inundação .....	111
5.1. Contributos para a mitigação e/ou adaptação ao risco de inundações urbanas na cidade de Olhão .....	112
5.1.1. Medidas não estruturais.....	114

---

5.1.2. Medidas estruturais .....	118
5.1.2.1. Controlo na origem .....	119
5.1.2.1.1. Recolha e armazenamento de águas pluviais.....	119
5.1.2.1.2. Coberturas verdes .....	120
5.1.2.1.3. Pavimentos permeáveis .....	120
5.1.2.1.4. Tanques de atenuação e bacias de detenção ou retenção.....	121
5.1.2.2. Tratamento primário .....	123
5.1.2.2.1. Dispositivos de recolha de resíduos sólidos .....	123
5.1.2.2.2. Bacias de sedimentação .....	124
5.1.2.3. Tratamento secundário.....	124
5.1.2.3.1. Faixas filtrantes.....	124
5.1.2.3.2. Swales .....	125
5.1.2.3.3. Filtros de areia .....	126
5.1.2.4. Tratamento terciário.....	126
5.1.2.4.1. Sistemas de biorretenção .....	126
5.1.2.4.2. Zona húmida artificial.....	127
5.1.2.5. Medidas de infiltração .....	128
5.1.2.5.1. Sistemas de infiltração .....	128
5.1.2.5.2. Recarga artificial de aquíferos e reutilização.....	130
5.2. Aperfeiçoamento da resposta operacional.....	131
5.3. Gestão do risco de inundação urbana em Olhão: considerações dos diferentes <i>stakeholders</i> .....	133
<b>SÍNTESE E CONCLUSÕES.....</b>	<b>136</b>
Considerações finais.....	136
Limitações dos resultados e outras dificuldades .....	139
Desafios futuros.....	140
<b>BIBLIOGRAFIA E FONTES CONSULTADAS .....</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo conceptual do Risco. ....	9
Figura 2: Eventos relacionados com o clima, na Europa .....	14
Figura 3: População afetada por eventos relacionados com o clima, na Europa .....	14
Figura 4: Perdas económicas totais por eventos relacionados com o clima, na Europa .....	14
Figura 5: Etapas operacionais do risco de inundação .....	30
Figura 6: Fases do ciclo de gestão de emergência. ....	31
Figura 7: Instrumentos de gestão territorial. ....	33
Figura 8: Carta de suscetibilidade a cheias e inundações.....	44
Figura 9: Exemplo dos diferentes tipos de cartografia relacionada com inundações. Carta de áreas inundáveis (à esquerda) e carta de perigosidade de inundação (à direita). ....	48
Figura 10: Exemplo dos diferentes tipos de cartografia relacionada com inundações. Carta de exposição a inundações (à esquerda) e carta de risco de inundações (à direita). ....	49
Figura 11: Enquadramento geográfico da área de estudo. ....	55
Figura 12: Hipsometria da bacia hidrográfica e da área de estudo. ....	56
Figura 13: Declives da bacia hidrográfica e da área de estudo. ....	57
Figura 14: Geologia e hidrogeologia da bacia hidrográfica e da área de estudo. ....	59
Figura 15: Solos da bacia hidrográfica e da área de estudo. ....	60
Figura 16: Representação da rede hidrográfica atual vs antiga; Classificação dos cursos de água segundo Horton-Strahler; Delimitação das microbacias hidrográficas.....	61
Figura 17: Variabilidade interanual da precipitação total, entre 2000 e 2021 na estação de Faro/Aeroporto. ....	67
Figura 18: Distribuição mensal da média da quantidade de precipitação total e do maior valor de precipitação diária entre 1981-2010, na estação de Faro/Aeroporto. ....	68
Figura 19: Distribuição mensal do número médio de dias com precipitação entre 1981-2010, na estação de Faro/Aeroporto. ....	68
Figura 20: Distribuição da precipitação máximas diárias anuais entre janeiro de 2000 e março de 2022, na estação de Faro/Aeroporto. ....	69
Figura 21: Distribuição mensal dos dias de precipitação superior a 40mm, no período entre janeiro de 2000 a março 2022, na estação de Faro/Aeroporto. ....	72
Figura 22: Rede de coletores pluviais, pontos de descarga e bacias de drenagem dos principais coletores. ....	73



Figura 23: Evolução da população residente em Portugal, na região do Algarve e no concelho de Olhão de 1964 a 2021 .....	75
Figura 24: População residente na área urbana de Olhão com idade superior a 65 anos; População residente na área urbana de Olhão; População residente no concelho de Olhão....	76
Figura 25: Densidade populacional no concelho de Olhão e na área de estudo. ....	77
Figura 26: Densidade de edificado no concelho de Olhão e na área de estudo. ....	78
Figura 27: Localização de edifícios estratégicos, vitais e/ou sensíveis na área de estudo. ....	80
Figura 28: Fotografia aérea e ortoimagem da área urbana de Olhão em 1972 e em 2018.....	81
Figura 29: Evolução dos territórios artificializados nas microbacias hidrográficas em estudo, entre 1995 e 2020, de acordo com a Carta de Uso e Ocupação do Solo.....	83
Figura 30: Uso e ocupação do solo na área de estudo.....	84
Figura 31: Comparação do escoamento em áreas urbanas e pré urbanização. ....	85
Figura 32: Locais frequentemente afetados por inundações na cidade de Olhão. ....	89
Figura 33: Tabela de previsões dedicadas para o concelho de Olhão, de 25 de novembro a 3 de dezembro de 2020, produzida por <i>Climateadviser</i> .....	92
Figura 34: Tabela de previsões dedicadas para o concelho de Olhão, de 25 de novembro a 3 de dezembro de 2020, produzida por <i>Climateadviser</i> .....	92
Figura 35: Tabela de previsões de risco para o concelho de Olhão, de 25 de novembro a 4 de dezembro de 2020, produzida por <i>Climateadviser</i> .....	92
Figura 36: Carta de Pressão referente ao dia 26 de novembro de 2020. ....	94
Figura 37: Carta Sinótica referente ao dia 26 de novembro de 2020.....	94
Figura 38: Imagem de satélite no 26 de novembro de 2020, pelas 17H25. ....	94
Figura 39: Imagem de satélite no 26 de novembro de 2020, pelas 19H. ....	94
Figura 40: Precipitação horária registada na estação meteorológica de Olhão, no dia 26 de novembro de 2020. ....	95
Figura 41: Gráfico de preia-mares e baixa-mares, no porto de Faro-Olhão, no dia 26 de novembro de 2020.....	96
Figura 42: Sentido do escoamento superficial na área de estudo.....	98
Figura 43: Organização do posto de comando operacional. ....	107
Figura 44: Localização do parque urbano da cidade de Olhão proposto, e respetiva planta de implantação. ....	123
Figura 45: Hidrograma de cheia em diferentes cenários de desenvolvimento urbano.....	130

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Exemplo da falta de capacidade do sistema de drenagem em situação de pluviosidade intensa. ....	73
Fotografia 3: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Mercados”. ....	74
Fotografia 2: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Jardins”. ....	74
Fotografia 4: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Tange”. ....	74
Fotografia 5: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Brejo”. ....	74
Fotografia 6: Fotografia de drone da zona mais antiga da cidade. ....	82
Fotografia 7: Inundações no dia 11 de março de 1993. Av. Dr. Bernardino da Silva. ....	82
Fotografia 8: Inundações no dia 11 de março de 1993. Praça Agadir. ....	90
Fotografias 9 e 10: Inundações no dia 11 de março de 1993. Túnel / passagem desnivelada que liga a Av. Dr. Bernardino da Silva à Av. da República. ....	90
Fotografias 11 e 12: Nuvens de desenvolvimento vertical na tarde de 26 de novembro de 2020, a partir de Quarteira. ....	94
Fotografia 13: Avenida Dr. Bernardino da Silva, no outono. ....	96
Fotografia 14: Ribeira junto à entrada poente da Cidade de Olhão. ....	96
Fotografia 15: Vias que canalizam o escoamento para a passagem desnivelada. ....	99
Fotografia 16: Inundação Rua Almirante Reis. ....	104
Fotografia 17: Inundação Rua de Olivença. ....	104
Fotografia 18: Inundação Rua Caíque Bom Sucesso. ....	104
Fotografia 19: Inundação estrada principal de Moncarapacho. ....	104
Fotografia 20: Operação de reboque e desempanagem de veículo na Fuseta. ....	104
Fotografia 21: Operação de limpeza e desobstrução de caminhos rurais com recurso a máquina retroescavadora. ....	104
Fotografia 22: Inundação estacionamento do auditório municipal. ....	104
Fotografia 23: Inundação Rua Diogo de Mendonça Corte Real. ....	104
Fotografia 24: Inundação túnel/passagem desnivelada. ....	104
Fotografia 25: Exemplo de cobertura verde numa moradia em São Brás de Alportel, Faro. ....	120
Fotografia 26: Pavimento permeável utilizado no novo parque de estacionamento da Avenida 16 de Junho, em Olhão. ....	121
Fotografia 27: Exemplo de bacias de detenção/retenção no Parque da Cidade do Porto. ....	122
Fotografia 28: Exemplo de faixa filtrante inserida num arruamento. ....	125

Fotografia 29: <i>Swale</i> com vegetação em zona urbana. ....	126
Fotografia 30: Sistema de biorretenção inserido em zona urbana. ....	127
Fotografia 31: Exemplo de um poço de infiltração. ....	128
Fotografia 32: Trincheira de infiltração. ....	129

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de inundações e suas causas no Planeta .....	17
Quadro 2: Competências para a elaboração, emissão de parecer e aprovação dos Planos de Emergência de Proteção Civil. ....	42
Quadro 3: Estados de alerta especial. ....	51
Quadro 4: Cores dos avisos meteorológicos. ....	52
Quadro 5: Parâmetros para a aferição de algumas características morfométricas das microbacias hidrográfica. ....	62
Quadro 6: Índices comparativos para as microbacias hidrográficas em estudo. ....	62
Quadro 7: Inventário dos dias com precipitação máxima diária superior a 40 mm, entre janeiro de 2000 e março de 2022, na estação de Faro/Aeroporto. ....	70
Quadro 8: Número de dias de precipitação, em função de diferentes valores limiares, entre janeiro de 2000 a março 2022, na estação de Faro/Aeroporto. ....	71
Quadro 9: Frequência global de dias (% em relação ao número total de dias com $P \geq 1\text{mm}$ ) de precipitação, em função de diferentes valores limiares, entre janeiro de 2000 a março 2022, na estação de Faro/Aeroporto. ....	71
Quadro 10: Variação do n.º de indivíduos residentes em Portugal, na região do Algarve e no concelho de Olhão entre 2011 e 2021. ....	76
Quadro 11: Alertas para situações de multi-ocorrências referentes a inundações de estruturas ou superfícies por precipitação intensa, e respetivos valores de precipitação diária. ....	88
Quadro 12: Meios e recursos empenhados na operação. ....	105
Quadro 13: Medidas não estruturais de mitigação do risco de inundação urbana propostas para a cidade de Olhão. ....	115
Quadro 14: Exemplos das principais medidas estruturais de mitigação do risco de inundação urbana propostas para a cidade de Olhão. ....	119
Quadro 15: Medidas de aperfeiçoamento da resposta operacional em situação de inundações. ....	131

## LISTA DE ACRÓNIMOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABTM - Ambulância de transporte de doentes
- AMAL - Comunidade Intermunicipal do Algarve
- ANEPC - Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
- APA - Agência Portuguesa de Ambiente
- APC - Agentes de Proteção Civil
- BGRI - Base Geográfica de Referenciação de Informação
- CAOP - Carta Administrativa oficial de Portugal
- CB - Corpo de Bombeiros
- CBMO - Corpo de Bombeiros Municipais de Olhão
- CCDR - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
- CDOS - Comando Distrital de Operações de Socorro
- CDPC - Comissão Distrital de Emergência e Proteção Civil
- CMPC - Comissão Municipal de Emergência e Proteção Civil
- CNPC - Comissão Nacional de Emergência e Proteção Civil
- COS - Carta de Uso e Ocupação do Solo
- COS - Comandante das operações de socorro
- CREPC - Comando Regional de Emergência e Proteção Civil
- CTO - Comunicados Técnico Operacionais
- DIOPS - Dispositivo Integrado das Operações de Proteção e Socorro
- DME - Divisão de manutenção e energia
- DON - Diretiva Operacional Nacional
- EM - Empresa Municipal
- EM-DATA - *Emergency Events Database*
- ENAAAC 2020 - Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2020

ERAS - Equipa de Reconhecimento e Avaliação da Situação

GBMPC - Gabinete de Bombeiros Municipais e Proteção Civil

ha - hectare

hab - habitante

Ia - Índice de alongamento da bacia

Ic- Índice de circularidade

Ico - Relação entre comprimento e área

IGT - Instrumentos de Gestão Territorial

Ih - Índice de homogeneidade

INE - Instituto Nacional de Estatística

IPMA- Instituto Português do Mar e da Atmosfera

Kc - Coeficiente de compacidade

Kf - Fator de forma

Kl - Índice lemniscato

LBGPPSOTU - Lei bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo

LBPC - Lei de Bases da Proteção Civil

MCR2030 - *Making Cities Resilient 2030*

MDE - Modelo digital de elevação

NUT - Nomenclatura das Unidades Territoriais

OFDA/CRED - *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*

ONU - Organização das Nações Unidas

PAAP - Programas de Albufeiras de Águas Públicas

PAP - Programas de Áreas Protegidas

PCO - Posto de Comando Operacional

PDEPC - Planos Distritais de Emergência de Proteção Civil

PDM - Plano Diretor Municipal

PEA - Plano estratégico de ação

PEE - Plano Especial de Emergência

PEGA - Planos Específicos de Gestão de Águas

PEOT - Programas Especiais de Ordenamento do Território

PGRH - Planos de Gestão de Região Hidrográfica

PGRI - Planos de Gestão dos Riscos de Inundações

PIAAC - Planos Intermunicipais de Adaptação às Alterações Climáticas

PIOT - Programas Intermunicipais de Ordenamento do Território

PLACOM - Plano de Comunicações

PMEPC - Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil

PMOT - Planos Municipais de Ordenamento do Território

PNA - Plano Nacional da Água

PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNEPC - Plano Nacional de Emergência de Proteção Civil

PNPOT - Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território

POC - Programas da Orla Costeira

POE - Programas de Ordenamento de Estuários

POPA - Planos de Ordenamento de Parques Arqueológicos

PP - Plano de Pormenor

PPI - Plano Prévio de Intervenção

PREPC - Planos Regionais de Emergência de Proteção Civil

PROT - Programas Regionais de Ordenamento do Território

PRR – Plano de Recuperação e Resiliência

PT - Ponto de Trânsito

PU - Plano de Urbanização

REN - Reserva Ecológica Nacional

REPC- Rede Estratégica de Proteção Civil

RJIGT - Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial

ROB - Rede Operacional de Bombeiros

S - Índice de forma

SALOC - Sala de Operações e Comunicações

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SGO - Sistema de gestão de operações

SGT - sistema de Gestão Territorial

SIOPS - Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro

SIRESP - Sistema Integrado de Redes de Emergência e Segurança de Portugal

SITAC - Esquema de Situação Tática

SMPC - Serviço Municipal de Proteção Civil

SRPC - Serviço Regional de Proteção Civil

SUDS – *Sustainable Urban Drainage Systems*

TO - Teatro de Operações

UNISDR - *United Nations International Strategy for Disaster Reduction*

UOPG - Unidade Operativa de Planeamento e Gestão

VALE - Veículo de apoio logístico específico

VCOT - Veículo de comando tático

VFCI - Veículo florestal de combate a incêndios

VLCI - Veículo ligeiro de combate a incêndios

VOPE - Veículo para operações específicas

VSAE - Veículo de socorro e assistência especial

VTPT - Veículo de transporte de pessoal tático

VTTU - Veículo tanque tático urbano

VUCI - Veículo urbano de combate a incêndios

WSC - *Water Sensitive City*

WSUD - *Water Sensitive Urban Design*

ZCR - Zona de Concentração e Reserva

ZI - Zona de Intervenção



*(Esta página foi propositadamente deixada em branco.)*

*“Quem prende a água que corre é por si enganado:  
o ribeirinho não morre, vai correr para outro lado.”*

António Aleixo

## INTRODUÇÃO

### **A pertinência do estudo dos riscos hidrológicos em espaços urbanos**

“A ideia de risco tem acompanhado desde sempre o Homem” (Rebelo, 2003) sendo que na sociedade contemporânea, cada vez mais industrializada e globalizante (Giddens, 2000), os riscos são ainda mais perceptíveis (Hammersmidt, 2002). De acordo com a sua origem podem catalogar-se em três grandes grupos: riscos naturais, entendidos como aqueles em que o fenómeno que produz o dano tem a sua origem na natureza; tecnológicos, quando o fenómeno causador do dano tem origem em ações humanas; e mistos, ou seja, o fenómeno que provoca o prejuízo apresenta causas combinadas, isto é, para ele concorrem condições naturais e ações antrópicas (Lourenço, 2006).

Os riscos naturais são, provavelmente, os mais conhecidos e temidos pela sociedade, dada a falta de capacidade do seu controlo, imprevisibilidade e consciencialização dos seus efeitos (Frias, 2013). Dentro destes, os riscos hidrológicos, muitas vezes relacionados com fenómenos meteorológicos originadores de chuvas intensas, são dos que mais impactos provocam, tendo assumido uma importância crescente, ao causarem episódios de cheias e inundações, com consequências frequentemente desastrosas.

Segundo o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* [Universidade Católica de Lovaina (2021)], no ano 2021, até setembro, a Europa foi afetada por eventos climáticos extremos de impacto inesperado, tendo ficado marcado por inundações catastróficas na Alemanha e Bélgica que tiraram a vida a mais de 200 pessoas, afetando milhares de outras e causando prejuízos superiores a 20 bilhões de dólares. Numa altura em que, segundo a ONU, mais de metade da população mundial vive em áreas urbanas e a expectativa é que aumente para 70% em 2050, as cidades estão cada vez mais vulneráveis a este tipo de risco (Paumgarten,

2018), devido ao aumento da exposição humana e ocorrência de eventos extremos de precipitação em curtos períodos de tempo.

Relativamente às causas, sendo aceite que as alterações climáticas podem representar impactos importantes nos sistemas que decorrem de modificações nos padrões de precipitação, temperatura, nível médio do mar ou de vários parâmetros combinados (AMAL, 2019), facto é que elas sempre existiram como fenómeno natural e cíclico (Coelho, *et al.*, 2004), pelo que outros fatores terão de ser considerados na análise. Ademais, a complexidade das cheias e inundações resulta da combinação entre as componentes meteorológica, hidrológica e antrópica, e é a sua interação que justifica a ocorrência, bem como o grau de gravidade das consequências que gera (Lasat *et al.*, 2005, *apud* Leal, 2019).

Nos espaços urbanos, apesar da sua causa estar relacionada com a acumulação da água das chuvas, são as alterações induzidas nas condições de drenagem natural, como sejam a obstrução das áreas contíguas aos cursos de água, a impermeabilização de extensas áreas e a condução de águas pluviais por redes de coletores, nem sempre dimensionadas para fazer face a situações de precipitação anormal (Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de novembro) que tornam os eventos cada vez mais frequentes, devastadores e dispendiosos (Butler & Davies, 2011, *apud* Dias, 2014). Também a implantação de novos elementos expostos nas áreas mais propensas a cheias e inundações ajuda explicar esta tendência (EEA, 2010, *apud* Martins *et al.*, 2018), que resulta repetidamente em elevados prejuízos (humanos, materiais e ambientais) e coloca a nu a vulnerabilidade das populações e territórios, mas também a sua capacidade de resiliência.

Esta realidade tem conduzido a uma maior consciencialização da importância da gestão do risco hidrológico quer ao nível planeamento e gestão do território, quer ao nível do planeamento de emergência, assumindo os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a própria cartografia de risco um papel fundamental no apoio à decisão. Neste contexto, Martins *et al.* (2018) salienta a necessidade de conhecer as áreas mais críticas para que possam ser tomadas medidas que mitiguem os seus impactos. Complementarmente, a articulação entre os diferentes instrumentos de gestão é fundamental para garantir a eficiência da sua aplicação (Santos, 2016).

Pela sua complexidade e atualidade o tema constitui um fascinante e inesgotável campo de investigação (Paiva, 2019), baseando-se a pertinência deste estudo na necessidade de compreender o risco da cidade de Olhão a inundações, assim como o respetivo modelo de gestão. Para tal, será necessário estabelecer pontes interdisciplinares ao nível de três áreas

distintas, mas indubitavelmente complementares: ordenamento do território, proteção civil e SIG.

### **Justificação da escolha territorial**

Em Portugal, as cheias e inundações foram o fenómeno natural mais frequente e mortífero durante o século XX (Ramos & Reis, 2001). O Projeto DISASTER identificou 1.524 ocorrências relacionadas com inundações, causando 968 mortes entre 1900 e 2010.

No Algarve, as características climáticas basicamente mediterrâneas e a existência de bacias hidrográficas de pequena dimensão tornam a região particularmente suscetível a este tipo de fenómenos, agravada por um conjunto de fatores associados ao modelo de desenvolvimento socioeconómico adotado e a uma política territorial e urbana ineficiente. Segundo o Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Algarve, também o atual cenário de alterações climáticas concorre para este agravamento, esperando-se, de acordo com Leal (2019), que os fenómenos extremos ocorram com maior frequência e atinjam magnitudes mais elevadas.

Em Olhão, nos últimos anos, os fenómenos extremos de precipitação têm sido cada vez mais frequentes, resultando em episódios de inundação (especialmente nas áreas urbanas), mas também alguns episódios de movimentos de massa em vertentes (nas áreas mais rurais). Na maioria das vezes afeta a circulação de trânsito e a água entra em casas de habitação, espaços comerciais e de serviços, causando prejuízos nem sempre cobertos pelos seguros. Porém, já houve situações que obrigaram a evacuações e, com base em dados do Projeto DISASTER, 2 mortes a lamentar no ano de 1920.

A área urbana correspondente à cidade de Olhão, especialmente a parte da “baixa”, localizada mesmo junto à Ria Formosa, incluindo o núcleo histórico, onde se encontra grande parte do comércio e serviços, é a que apresenta maior risco, sendo periodicamente afetada por inundações provocadas por fenómenos de precipitação intensa, com forte impacto na vida das populações. Este facto justifica a escolha de Olhão enquanto área de estudo principal e que serve de base à presente investigação, a qual pretende ser um singelo contributo à cidade que me acolheu, para a minimização de um problema que é de todos: sociedade, entidades públicas e privadas.

## **Definição do problema e objetivos**

O presente trabalho centrar-se-á, fundamentalmente, numa das várias perturbações a que uma cidade pode estar exposta, tentando evidenciar de que forma as políticas de ordenamento do território e proteção civil influenciam a promoção da resiliência urbana, em geral, e a gestão das inundações urbanas, em particular.

A questão de partida para a elaboração desta investigação é simples: **Por que motivo ocorrem inundações na cidade de Olhão?** Como tal, o objetivo primordial é o de diagnosticar, através do estudo das características físicas e de ocupação do solo, os problemas que estão na origem destes episódios.

Tentar-se-á, a partir daqui, compreender as políticas e as decisões tomadas no âmbito do ordenamento do território, e aferir sobre o modo como se relacionam com as políticas de proteção civil, evidenciando a importância dos SIG e a cartografia de risco nesta matéria.

Através da análise de um episódio de inundação recente, procurar-se-á perceber se, efetivamente, a cidade está preparada para (con)viver com o risco de inundação e se a informação e os mecanismos de resposta existentes são eficazes.

Por fim, elencando-se um conjunto de medidas para dirimir o risco de inundação, tenta-se “abrir caminho” para transformar Olhão numa cidade mais adaptada e resiliente a fenómenos hidrológicos extremos.

Almeja-se, com este estudo, contribuir para a definição de estratégias de ordenamento do território e proteção civil que auxiliem no processo de gestão do risco.

## **Metodologia**

O roteiro metodológico seguido nesta dissertação foi definido tendo em conta o tema e objetivos propostos e procurou congregar as diferentes temáticas associadas à gestão das inundações urbanas, desde a preparação (pré ocorrência) à resposta (pós ocorrência).

Iniciou-se por um processo de pesquisa e revisão de literatura de forma a consolidar conhecimentos e obter a necessária sustentação teórica para a dissertação.

Seguidamente, procedeu-se a uma análise exaustiva da legislação e dos instrumentos de gestão territorial e de emergência existentes, na parte que ao risco de cheias e inundações diz respeito, incluindo a componente cartográfica.

Foi realizado o levantamento da informação geográfica necessária para a caracterização da área de estudo, assim como dos dados meteorológicos importantes para a compreensão do regime de precipitação, tendo essa informação sido solicitada a diferentes entidades. Foi, ainda, realizada uma exaustiva pesquisa em imprensa.

A gestão, o processamento e a análise da informação geográfica foram realizados com recurso a software SIG, concretamente através da plataforma *ArcGIS Desktop 10.5*. Utilizou-se o sistema global de referência ETRS89 Portugal TM06, com projeção cartográfica Transversa de Mercator. No anexo I, indicam-se as informações mais relevantes sobre os dados geográficos utilizados.

Para o tratamento estatístico descritivo da informação, cálculo de fórmulas e produção de gráficos recorreu-se ao programa de folha de cálculo *Microsoft® Office Excel®*.

A avaliação dos fatores que influenciam a ocorrência de inundações urbanas, em particular a malha urbana, conseguiu-se através da conjugação e análise da cartografia disponível da área, com o levantamento de campo que permitiu definir os pontos e troços mais críticos na área estudada, devidos à confluência/convergência e acumulação do escoamento.

Junto do Gabinete de Bombeiros Municipais e Proteção Civil (GBMPC), obteve-se a informação necessária à identificação dos locais historicamente afetados, assim como ao estudo do episódio do dia 26 de novembro de 2020, no que à resposta operacional diz respeito.

Contou-se, também, com o contributo de diferentes *stakeholders* com os quais se mantiveram importantes conversas, trocas de conhecimentos e partilhas de ideias, determinantes na definição e validação da aplicabilidade das medidas apresentadas.

### **Estrutura da dissertação**

No que se refere à sua estruturação, o trabalho encontra-se distribuído ao longo de duas partes, perfeitamente individualizadas e com dimensões substancialmente diferentes. A primeira parte está dividida em dois capítulos e a segunda parte em três.

Após uma breve introdução onde é feito o enquadramento do tema, justificada a escolha territorial, definidos os objetivos do estudo e explicada a metodologia, segue-se a primeira parte do trabalho referente ao enquadramento teórico e conceptual.

No primeiro capítulo, dedicado ao enquadramento teórico deste estudo, abordam-se os mais importantes conceitos e terminologias associados, clarificando-se algumas noções, distinguindo-se os vários tipos de inundações e destacando-se as principais causas que as originam.

Seguidamente, no segundo capítulo, discute-se a questão da governação do risco de cheias e inundações em Portugal, ilustrando alguns esforços que têm surgido no sentido de melhorar a sua gestão, seja ao nível legislativo, como também da consequente implementação de diversos instrumentos territoriais e de emergência, destacando-se o importante papel dos SIG e da cartografia de risco.

Posto isto, sucede a segunda parte do trabalho, com o estudo de caso que suporta esta investigação, caracterizado por um espaço urbano consolidado, numa zona costeira, onde as inundações urbanas são um problema.

Assim, no terceiro capítulo, analisam-se as características físicas, sociodemográficas, de ocupação do solo e da rede de drenagem relativas à área em estudo, tal como as características da bacia hidrográfica, com especial destaque para a análise dos diversos fatores que têm influência na ocorrência de inundações, visando uma melhor compreensão do processo que leva à sua ocorrência.

O quarto capítulo é reservado ao estudo dos episódios pluviométricos que desencadearam inundações na cidade de Olhão, em particular o episódio de 26 de novembro de 2020, estudando-se, fundamentalmente, os fatores desencadeantes e agravantes, os impactos causados, bem como o modo como se desencadeou a resposta à emergência.

No quinto e último capítulo são elencadas propostas concretas passíveis de implementar na área de estudo, com vista a dirimir a problemática das inundações e a tornar a cidade mais resiliente. São ainda definidas algumas ações e procedimentos que poderão contribuir para o aperfeiçoamento da resposta operacional quando aquelas situações ocorram.

Por fim, serão apresentadas as conclusões gerais obtidas, as principais dificuldades encontradas no decurso da investigação, e eventuais trabalhos futuros que poderão dar continuidade ao presente estudo.

## **PARTE I - ENQUADRAMENTO TEÓRICO E CONCEPTUAL**



*“O melhor que podemos fazer quando chove é deixar chover.”*

Henry Wadsworth Longfellow

## CAPÍTULO I

### 1. Os riscos naturais: aspetos conceptuais e tipologia

#### 1.1. Conceitos e terminologias

##### 1.1.1. Riscos “naturais”, vulnerabilidade e resiliência

Antes de falarmos sobre riscos naturais propriamente ditos, importa clarificar o conceito de risco, o qual, por si só, encerra vários significados e múltiplas dimensões.

Segundo a UNISDR (2009, p.25), o risco é *“a combinação da probabilidade de um evento e as suas consequências negativas”*. Julião *et al.* (2009, pp.22) define-o como a *“probabilidade de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos”* traduzindo-se no produto da perigosidade pela consequência.

Para a sua determinação é necessário considerar a perigosidade natural (enquanto resultado do produto entre a probabilidade e a suscetibilidade), a vulnerabilidade (entendida como o grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos) e o valor dos elementos em risco, isto é, o dano potencial.

Deste modo, para a sua obtenção poder-se-á considerar a equação estabelecida por Zêzere (2005) em que:

$$\text{Risco} = \text{Vulnerabilidade (V)} \times \text{Perigosidade (P)} \times \text{Elementos em risco (E)}.$$

Na figura 1 apresenta-se o esquematicamente este modelo conceptual do risco.

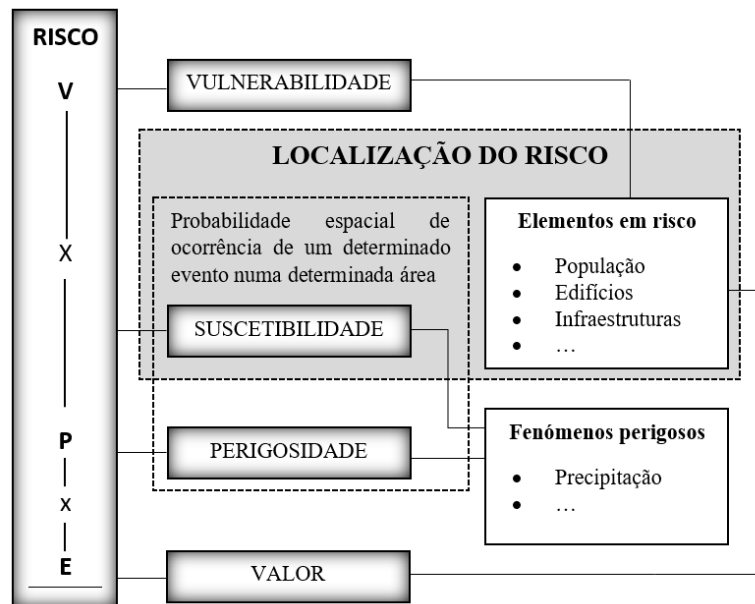


Figura 1: Modelo conceptual do Risco.

Fonte: Adaptado de Zêzere (2005).

Quando falamos de riscos naturais, estamos a referir-nos àqueles cujo agente desencadeante é de origem natural. Segundo Alcántara-Ayala (2002) implicam a ocorrência de uma condição natural ou fenómeno, que ameaça ou age perigosamente num espaço e tempo definidos. Para além da classificação associada à origem interna ou externa à geodinâmica terrestre, há autores que os agrupam em função do tipo de fenómeno que os desencadeia. Julião *et al.* (2009, p.24) define riscos naturais como “os que resultam do funcionamento dos sistemas naturais”.

À semelhança do que acontece com o conceito de risco em geral, o risco natural será tanto maior quanto maior for a intensidade do fenómeno natural ocorrido e quanto mais alto for o grau de interferência das componentes associadas (Frias, 2013). Porém, os riscos naturais de natural podem ter pouco, pois os fenómenos naturais são cada vez menos os responsáveis por situações de risco, sendo o Homem o verdadeiro responsável (Teles, 2010). Podemos, portanto, concluir que a avaliação de um risco natural implica a análise integrada dos fatores ligados à dinâmica natural que determinam a perigosidade, e dos fatores ligados à diferente vulnerabilidade dos elementos expostos, decorrente da dinâmica do meio e das características sociais (Cunha & Dimuccio, 2002), estando o conceito de risco associado ao conceito de vulnerabilidade que caracteriza a potencialidade de perda resultante do impacto de um evento perigoso num determinado património (Almeida, 2011).

A vulnerabilidade configura-se, como se acabou de explicar, como um conceito incontornável no âmbito da problemática da exposição aos riscos naturais, pelo que merece que nos debrucemos sobre o seu significado, em especial no contexto das inundações urbanas. Em sentido genérico, Paiva (2019, pp. 31) menciona que “*pode ser entendida como o grau de destruição previsível de um fenómeno natural sobre o ser humano, os seus bens e o meio em que vive*”. No entender das Nações Unidas, a vulnerabilidade diz respeito às “*características e circunstâncias de uma comunidade que a tornam suscetíveis aos efeitos nocivos do processo*” (UNISDR, 2009, p.30). Zêzere *et al.* (2005, p.2) define-a como o “*grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos vulneráveis, resultante da ocorrência de um fenómeno (natural ou induzido pelo Homem) com determinada magnitude ou intensidade*”. Numa perspetiva mais social, Busso (2001) considera a vulnerabilidade como a debilidade dos ativos que indivíduos, famílias ou grupos dispõem para enfrentar riscos existentes que implicam a perda de bem-estar.

Maskrey (1984, *apud* Gonçalves, 2012) refere que a vulnerabilidade de uma comunidade se expressa através de diversos fatores, tais como a falta de consciência ou conhecimento do comportamento das ameaças. De acordo com Mendes *et al.* (2011) e Paiva (2019), outros autores como Wisner *et al.* (2004), Phillips *et al.* (2009), Prescott-Allen (2001) e Eakin e Luers (2006), associam o conceito à interação entre o ser humano e o ambiente, designadamente a sua propensão para ser afetado por processos ou acontecimentos perigosos, e a sua capacidade de resiliência. Assim, o conceito de vulnerabilidade social está associado ao grau de exposição aos riscos naturais e tecnológicos, bem como aos acontecimentos extremos (Blaikie *et al.*, 2004, *apud* Mendes, 2011), dependendo estreitamente da capacidade de resistência e de resiliência dos indivíduos e dos grupos mais afetados. A vulnerabilidade possui, portanto, duas dimensões: uma que trata a questão territorial ou geográfica, ou seja, as áreas que possuem suscetibilidade em apresentar manifestação de fenómenos naturais (exposição), e outra que trata a questão social, relacionada com a capacidade do Homem em lidar com as ameaças. No caso das inundações urbanas, a vulnerabilidade associa-se ao grau de perda resultante da magnitude da inundação (Fernandez, 2015).

Em relação ao conceito de resiliência - que não é novo - nos últimos tempos assumiu uma nova dinâmica, sendo comum a sua utilização no contexto da gestão dos riscos, estando, como se acaba de explanar, particularmente relacionado com o conceito de vulnerabilidade social, não devendo, no entanto, ser confundidos. Como nos diz Gonçalves (2012, p.9) “*ser resiliente não*

*significa ser não vulnerável*". Aliás, de acordo com Teles (2010), a vulnerabilidade e resiliência variam em sentido contrário, sendo um sistema ou uma comunidade tanto mais vulnerável quanto menor for a sua resiliência. Castro & Lourenço (2017, p.9) contrapõe os dois conceitos de forma bastante pragmática, ao afirmarem que

*(...) a vulnerabilidade pode ser considerada como a fragilidade do sistema natural e antrópico, revelada a partir de uma situação, eventual ou real, de risco ou de catástrofe; por sua vez a resiliência é entendida como a resposta e adaptação do sistema natural e antrópico à efetiva situação de risco ou de catástrofe.*

No contexto da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres das Nações Unidas (UNISDR, 2002, p.24) a resiliência é definida como

*a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade resistir ou mudar de modo a poder ter um nível e uma estrutura de funcionamento aceitáveis. Isto é determinado pelo grau no qual sistema social é capaz de se organizar e pela capacidade de aprender e de se adaptar, incluindo a capacidade de recuperar de um desastre.*

A ANEPC (2016, p.4), com base nos normativos internacionais em vigor nessa data, tradu-la na

*capacidade adaptativa de uma organização, comunidade, ou sistema, num ambiente complexo e em mudança", bem como na "capacidade de resistir, absorver e recuperar de eventos de risco de uma forma eficiente e atempada, preservando ou restaurando as suas estruturas básicas, funções e identidade.*

Todas estas definições estão relacionadas com a capacidade de adaptação dos sistemas e das comunidades, especialmente em relação à sua própria evolução, no sentido de serem mais capazes de conviver com eventos extremos como, por exemplo, os que causam uma inundação. Deste modo, a resiliência pode, então, ser associada à interação entre as atividades humanas e as dinâmicas naturais, e com a capacidade do homem de antecipar alterações e dinâmicas futuras, de modo a planear adequadamente as suas ações, no sentido de minimizar perdas e danos (Costa, 2020). Para tal, a tomada de consciência, coletiva e individual, assume um papel determinante (Nunes, 2018).

Neste âmbito, tanto os instrumentos de gestão territorial como os instrumentos de gestão de emergência, poderão constituir-se uma mais valia no aumento da resiliência, seja através da definição de medidas de mitigação/adaptação, como de ações de resposta/recuperação. A definição apresentada por Gonçalves (2012, p.9), para quem a resiliência corresponde a "*um conjunto de capacidades que podem ser promovidos através de políticas e ações interventivas, que por sua vez ajudam a construir e melhorar a capacidade de resposta e de recuperação de uma comunidade aos desastres*" faz, por isso, particular sentido no contexto das inundações

urbanas. O mesmo autor refere também a existência de diversos estudos que comprovam que indivíduos (e comunidades) resilientes são capazes de comportamentos de adaptação, transformando as situações adversas em situações de oportunidade para reconstruções positivas, sendo mais ativos e socialmente responsáveis.

Esta ideia transporta-nos para o conceito de resiliência urbana o qual, segundo Paumgartten (2018), mencionando Alberti *et al.* (2003), respeita à capacidade de as cidades suportarem alterações, e reorganizarem-se, posteriormente, a partir de um novo grupo de elementos estruturais e processuais. O mesmo autor, referindo Ferreira (2016), apresenta ainda os pontos de vista sobre o conceito de resiliência urbana de autores como Lhomme *et al.* (2013), Desouza, Flanery (2013), Leichenko (2011) e Klein *et al.* (2003), concluindo sobre a importância do planeamento urbano e do ordenamento do território na preparação das cidades para enfrentar e absorver as ocorrências relacionadas com ameaças naturais, como os eventos climáticos extremos.

De acordo com Santos (2009 e 2011), em teoria, cidades resilientes apresentam menor vulnerabilidade a choques externos, como fenómenos naturais, e têm maior capacidade de adaptação, antecipação, aprendizagem e de auto-organização, estando assim melhor preparadas para lidar com a mudança e para persistir, conseguindo, inclusivamente, beneficiar dos contextos de crise, evitando disrupções e colapsos. O agravamento dos problemas globais, nomeadamente os relacionados com as catástrofes naturais, têm levado os Estados, regiões, cidades, comunidades, organizações, empresas, e outros, a utilizar o conceito de resiliência numa lógica quer estratégica, quer operacional, sendo a iniciativa da ONU “*Making Cities Resilient 2030 - MCR2030*” - que o Município de Olhão integra - disso exemplo.

É, portanto, essencial que se desenvolvam competências, capacitação e estratégias de resiliência, tanto na identificação e avaliação do risco, como na mitigação da vulnerabilidade, auxiliando na resolução das crises (Castro & Lourenço, 2017).

### **1.1.2. Risco climático e risco hidrológico**

Integrados no grupo dos riscos naturais, encontram-se os riscos climáticos, entendidos como os riscos associados aos diferentes tipos de clima (Lourenço, 2018). Dentro desta categoria, existem os riscos meteorológicos, relacionados com os sucessivos estados de tempo e associados a situações meteorológicas ditas adversas, com manifestações de carácter

localizado, como chuvas intensas e chuvas continuadas, ventos fortes, geadas, vagas de frio, ondas de calor e secas prolongadas (Lourenço, 2007).

Em Portugal Continental as características basicamente mediterrânicas do clima fazem com que os riscos climáticos diretos sejam os mais significativos (Cunha, 2012), interessando particularmente, no âmbito deste trabalho, os riscos associados à ocorrência de precipitações intensas.

De acordo com Rebelo (1997) as chuvas intensas são claramente um risco climático, relacionado com a frequência da passagem de importantes perturbações ou depressões frontais. No entanto, não deixa de ser verdade que resultam de condições meteorológicas ditas adversas, e, portanto, são de considerar, também, nos riscos meteorológicos. Lourenço (2006) associa-as, ainda, aos riscos hidrológicos que abrangem todos os que decorrem do excesso de água à superfície terrestre, podendo ser de cheia, inundação ou alagamento.

Segundo o mesmo autor (2018, p.119 a p.121), o risco de cheia corresponde, grosso modo, “*ao aumento brusco do caudal, ou da altura de água, num leito fluvial ou num outro qualquer canal com capacidade para transportar água*”, enquanto o risco de inundação “*consiste no transbordo da água para fora dos elementos que normalmente a contêm*”. O risco de alagamento, por sua vez, corresponde “*a uma acumulação de água em áreas aplanadas da superfície terrestre, mas resulta direta e exclusivamente da precipitação, devido a dificuldades de escoamento superficial e de infiltração, por saturação (...)*”.

Teles (2010) refere que tanto as cheias como as inundações não podem ser entendidas, exclusivamente, como um risco hidrológico, uma vez que dependem de fatores meteorológicos e climáticos, nomeadamente da precipitação, sendo o mais correto considerá-las como um risco eminentemente climático. Uma vez que associam eventos meteorológicos a episódios hidrológicos capazes de transportar enormes volumes de água sobre a superfície, poderão ainda considerar-se os riscos hidrometeorológicos nesta análise.

Segundo Below & Loenhout (2021) com base em *EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database*, na Europa, no período compreendido entre 2001 e 2020, dos 999 eventos relacionados com riscos naturais, 951 foram relacionados com o clima, considerando-se que pertenciam aos subgrupos de riscos meteorológicos, hidrológicos ou climáticos. Nos gráficos das figuras 2, 3 e 4 é possível aferir que as inundações foram os eventos mais recorrentes e com maiores impactos, tanto em população afetada como em perdas económicas.

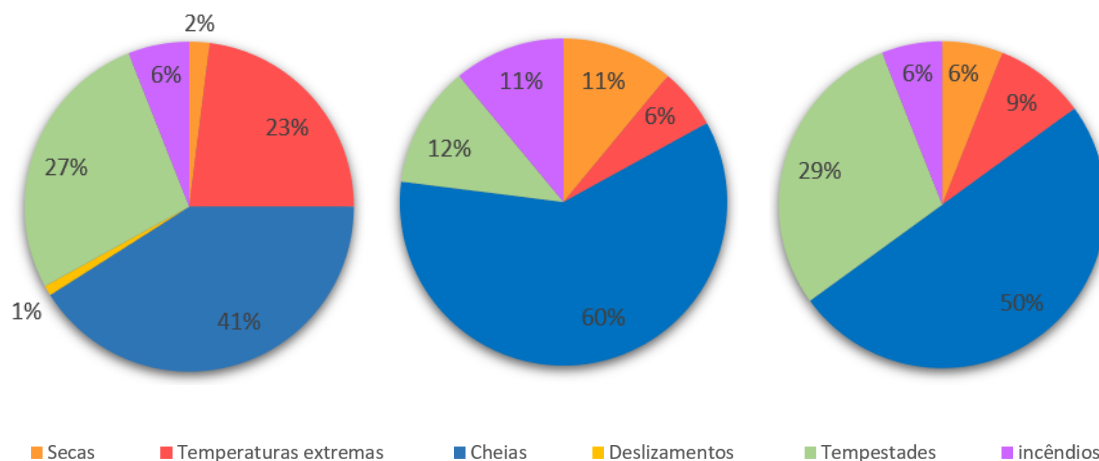


Figura 2: Eventos relacionados com o clima, na Europa (2001-2020)

Figura 3: População afetada por eventos relacionados com o clima, na Europa (2001-2020)

Figura 4: Perdas económicas totais por eventos relacionados com o clima, na Europa (2001-2020)

Fonte: Adaptado de Below & Loenhout (2021) com base em "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database"

### 1.1.3. Conceito de cheia e de inundação

Cheias e inunda es são dois conceitos distintos, apesar de muitas vezes confundidos. O primeiro diz respeito   dinâmica hidrológica de um determinado curso de água, e o segundo, mais vasto, refere-se   possibilidade da água se extravasar para locais que habitualmente não se encontram submersos, afetando as pessoas e os seus bens.

Ramos (2005, p.11) afirma que *“todas as cheias provocam inunda o, mas nem todas as inunda es são devidas às cheias”*. Já Lourenço & Almeida (2018, p.68) não acompanham esta ideia, e defendem que *“há inunda es, mesmo as fluviais, que não são originadas por cheias, do mesmo modo que existem cheias que não provocam inunda es”*, justificando com a no o de Loup (1974) que considera que as cheias *“são aumentos hidrométricos excepcionais, transbordantes ou não, que afetam, geralmente sem periodicidade, o escoamento”* (Loup, 1974 *apud* Lourenço & Almeida, 2018, p.69).

De acordo com Chow (1956, *apud* Leal, 2019) as cheias podem ser definidas como fenómenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela a o humana, e que consistem no transbordo de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, originando a inunda o dos terrenos ribeirinhos (leito de cheia). Seguindo a mesma linha de pensamento, Zêzere *et al.* (2007) descrevem as cheias como fenómenos naturais extremos e temporários,



provocados por precipitações excessivas que fazem aumentar o caudal dos cursos de água, originando o extravasamento do leito menor e a inundação das margens e áreas circunvizinhas, que se encontram frequentemente ocupadas por atividades humanas. Numa perspetiva hidrológica, que parece ir ao encontro do que defendem Lourenço & Almeida (2018), Lencastre & Franco (2006) referem que as cheias ocorrem quando a precipitação origina escoamento superficial direto que se traduz na formação de um hidrograma de cheia.

Apesar de existirem, como se viu, algumas divergências nesta matéria, as cheias pressupõem sempre a inundação das margens de um curso de água, independentemente da sua importância ou dimensão, sendo que, em função das características da precipitação desencadeante e das bacias hidrográficas onde ocorrem, as cheias podem ser subdivididas em cheias progressivas e cheias rápidas (Leal, 2019). Lourenço (2018) distingue as pequenas das grandes cheias fluviais com base nas diferentes consequências que acarretam.

No que concerne ao conceito de inundação, Ramos (2013, p.11) explica-as como “*fenómenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela ação humana, que consistem na submersão de uma área usualmente emersa*”. Julião *et al.* (2009, p.54) completa a ideia, referindo que “*englobam as cheias (...), a subida da toalha freática acima da superfície topográfica e a sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais dos aglomerados urbanos*”. Para Madeira (2005), o conceito de inundação é indutivo e está associado à ação de submersão de uma determinada superfície. Reiterando esta posição Kaniyima *et al.* (2006, *apud* Lima, 2012) definem inundação como o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordo das suas águas sobre as áreas planas denominadas planícies de inundação. Para Lourenço & Almeida (2018, p.69) “*consistem no transbordo da água para fora dos elementos que normalmente a contêm*”, por corresponderem ao efeito de submergir certas áreas, ou seja, de as cobrir com água que transborda.

Com mais detalhe o Decreto-lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, dilucida inundação como

*a cobertura temporária por água de uma terra fora do leito normal, resultante de cheias provocadas por fenómenos naturais como a precipitação, incremento do caudal dos rios, torrentes de montanha e cursos de água efémeros correspondendo estas a cheias fluviais, ou de sobrelevação do nível do mar nas zonas costeiras*

constatando-se que o conceito de cheia está implícito enquanto processo físico causador de inundação, apesar de ser simplificado para o termo “inundação” quando o documento se refere ao seu risco e à respetiva gestão (Santos, 2015).



No contexto de proteção civil existe também uma diferenciação de conceitos, distinta da que se apresentou. Para Costa (2020, p.78), com base em ANEPC (2006), as cheias “*estão associadas ao transbordo de linhas de água, que inunda as margens circundantes, devido ao aumento do caudal provocado por excesso de precipitação, por rutura de uma barragem, na sequência de fenómenos de origem sísmica, meteorológicos ou tecnológicos*” e as inundações “*são tidas como superfícies alagadas, devido a rutura de canalizações ou mau escoamento de águas pluviais, ou um edifício, devido a infiltrações*”.

Por se considerar que nem todas as inundações são devidas a cheias, e uma vez que os antigos cursos de água que outrora drenavam o território hoje ocupado pela cidade de Olhão estão canalizados ou foram mesmo suprimidos, utilizar-se-á, neste trabalho, o termo inundação e não o de cheia, até porque o fenómeno em estudo não tem origem na subida no nível de um curso de água e seu transbordo, mas sim no alagamento de determinadas áreas devido à impermeabilização da superfície e à incapacidade de escoamento do sistema de drenagem de águas pluviais da cidade.

## **1.2. Tipos de inundações e causas**

Compreender as inundações é a etapa mais importante para se alcançar a gestão do risco a elas associado. Para isso é necessário entender os tipos, as causas de inundações, a probabilidade de ocorrência e os prováveis impactos.

Com efeito, existem várias formas de caracterizar e identificar inundações, seja consoante os fatores desencadeantes (génese), os processos hidrológicos, as características hidrodinâmicas, a extensão espacial e temporal, o potencial destrutivo, ou outros.

Ramos (2013) classifica-as em função da sua causa ou fator desencadeante, identificando quatro tipos: inundações fluviais (ou cheias), inundações de depressões topográficas [ou, de acordo com Leal (2019), inundações resultantes da toalha freática], inundações costeiras e inundações urbanas. O quadro 1, adaptado da mesma autora (2009), sintetiza os principais tipos de inundações e suas causas.

Lourenço (2018, 2007) assume que todas as inundações resultam do “transbordo” de águas para o exterior dos locais que normalmente as comportam, ou seja, dos leitos normais, da linha de costa, das cavidades e galerias subterrâneas ou dos coletores de águas pluviais, identificando, respetivamente, quatro subtipos de inundações, em função do tipo de canal que normalmente

transporta ou armazena água: inundação fluvial, inundação marinha e lacustre, inundação cársica e inundação rápida urbana. De acordo com o mesmo autor, inundação fluvial resulta normalmente de cheias, ou seja, da subida de água no leito normal que transborda, o que pode acontecer de forma mais rápida ou mais lenta, como resultado de precipitações mais prolongadas ou mais concentradas no tempo.

Quadro 1: Tipos de inundações e suas causas no Planeta.

<b>Tipo</b>	<b>Causa</b>
<b>Inundação fluvial (ou cheia)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chuvas abundantes e/ou intensas</li> <li>• fusão da neve ou do gelo</li> <li>• efeito combinado chuva + efeito das marés e/ou + <i>storm surge</i></li> <li>• obstáculos ao escoamento fluvial ou derrocada dos obstáculos</li> </ul>
<b>Inundação de depressões topográficas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• subida da toalha freática (natural ou artificial)</li> <li>• retenção da água da precipitação por um solo ou substrato geológico de permeabilidade muito reduzida</li> <li>• cheias</li> </ul>
<b>Inundação costeira</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>storm surge</i></li> <li>• tsunami ou maremoto</li> <li>• subida eustática do nível do mar</li> <li>• sismos com fenómenos de subsidência tectónica</li> </ul>
<b>Inundação urbana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chuva intensa + sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais</li> <li>• subida da toalha freática (natural ou artificial)</li> <li>• cheias</li> </ul>

Fonte: (Ramos, 2009).

Com efeito, em função das características da precipitação desencadeante, mas também das características das bacias hidrográficas onde ocorrem, ou, se preferirmos, quanto à velocidade de propagação, podem ser divididas em progressivas (ou lentas) e rápidas (Leal, 2019; Ramos, 2005). Nos pequenos cursos de água, com tempos de resposta de poucas horas, as cheias são rápidas, especialmente se se tratar de bacias urbanas e, à medida que a área da bacia vai aumentando, a resposta torna-se mais lenta, e a subida da água durante a inundação também (Rocha, 1995).

Lourenço (2018) considera que o facto da subida da altura da água não ser rápida, determina que, do ponto de vista hidrológico, não possam ser consideradas como cheias, e ainda as subdivide em monogénicas e poligénicas, consoante tenham apenas uma origem (por exemplo precipitação), ou sejam resultantes de causas conjugadas (por exemplo, precipitação e fusão de neve).

Em função da magnitude, isto é, da área inundada, podem classificar-se em pequenas, médias ou grandes e, em função da recorrência, ou seja, da probabilidade de ocorrência, em anuais, decenais, centenárias, milenárias ou decamilenárias (Ramos, 2009). Quanto ao critério severidade, a mesma autora classifica-as em cheias grandes, muito grandes ou excepcionais. Já em relação à velocidade de propagação, podem ser do tipo rápida ou repentina (quando duram menos de um dia), semi-rápida (quando duram entre um dia e uma semana), ou lenta ou progressiva (quando duram mais de uma semana a meses) (Ramos, 2009).

Para Ramos (2013) apesar de nem todas as cheias e inundações serem originadas por causas meteorológicas, no nosso país essa é causa mais frequente, e quase todas as inundações são devidas a cheias lentas dos grandes rios; cheias rápidas dos rios e ribeiras de pequenas e médias bacias hidrográficas; subida das águas subterrâneas em locais topograficamente deprimidos; sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais nos meios urbanos; ou galgamentos oceânicos (*storm surge*) sendo que, à exceção desta última, a pluviosidade é a sua principal causa.

Costa (1986, *apud* Oliveira & Ramos, 2002) afirma que em Portugal ocorrem três grandes tipos de inundações: as devidas às cheias dos grandes rios, que se formam ao fim de vários dias ou semanas de chuvas prolongadas; as devidas às cheias dos pequenos cursos de água, que se formam ao fim de algumas horas de chuva intensa; e as inundações urbanas que se podem formar em algumas dezenas de minutos, aquando de fortes chuvadas cujas consequências são agravadas pela impermeabilização dos terrenos. Paiva (2019, pp.35) refere que “*as inundações mais significativas resultam principalmente de cheias fluviais, numa relação direta com condições meteorológicas, nomeadamente de elevados e, por vezes, persistentes episódios pluviométricos*”.

A prevalência de cheias progressivas, cheias rápidas ou inundações urbanas é condicionada por diversos fatores, dois quais se destacam as características físicas (geológicas, geomorfológicas e hidrológicas), a ocupação do solo (extensão e densidade das áreas edificadas/impermeabilizadas) e as decisões tomadas no âmbito do ordenamento do território (intervenção estruturais ou não estruturais nos cursos de água) (Smith & Ward, 1998). Por esse motivo, a importância de cada tipo de inundação, no mesmo local, pode variar ao longo do tempo. Além disso, uma área que nunca tenha sido afetada possa vir a sê-lo devido à ação antrópica (exemplos: impermeabilização do solo ou canalização subterrânea de linhas de água) (Leal, 2019).

As cheias progressivas ou lentas, também designadas de “*slow floods*”, “*slow-rising floods*” ou “*slow-onset floods*” ocorrem sobretudo em rios com grandes bacias hidrográficas e são desencadeadas por precipitações que se prolongam durante semanas a meses, ou pela fusão da neve.

As cheias rápidas (“*flash floods*”) são dos fenómenos mais perigosos e destruidores (Leal, 2019; Rebelo, 2003; Pires, 2017) ao atingirem elevados caudais de ponta. São geradas por tempestades severas que, normalmente, se restringem a uma área limitada e causadas pela rápida subida do nível da água dos cursos de água. Também podem resultar de ruturas de barragens ou diques, ou de uma libertação repentina da água anteriormente aprisionada pela acumulação de gelo. O perigo que representam advém dos elevados caudais atingidos, do curto tempo de resposta das bacias hidrográficas e da elevada carga sólida que os cursos de água são capazes de transportar.

No contexto deste trabalho destacam-se as inundações urbanas que, apesar de não serem tão perigosas quanto as cheias rápidas, são mais frequentes. De facto, o cenário da canalização maciça das linhas de água fez com que muitas áreas urbanas ou fortemente artificializadas passassem a ser afetadas por este tipo de inundações, tendo-se, no fundo, substituído um fenómeno natural (cheias rápidas) com maior magnitude e menor frequência, por outro (inundações urbanas) com menor magnitude e maior frequência (Leal, 2019).

Tal como as cheias rápidas, as precipitações intensas, concentradas no tempo e no espaço, são a causa predominante das inundações urbanas, potenciada pela impermeabilização dos solos que diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial direto, em volume e velocidade, reduzindo tempos de concentração e resposta das bacias hidrográficas. O facto dos sistemas de drenagem artificiais de águas pluviais nem sempre estarem dimensionados para fazer face a situações de precipitação anormal, tornando-os incapazes de escoar os caudais gerados, concorre igualmente para este tipo de inundações (Oliveira, 2013). Também a sobrelevação do nível do mar, episódios de “*storm surge*”, marés vivas ou episódios de preia-mar, podem causar inundações urbanas ou potenciar os seus efeitos, designadamente nos setores terminais dos cursos de água e/ou nas áreas costeiras (Oliveira & Ramos, 2002).

### 1.3. A precipitação enquanto principal fator desencadeante das inundações urbanas

Precipitações com elevada intensidade num curto espaço de tempo são a causa predominante das inundações urbanas (Leal, 2019; Paiva, 2019) existindo, contudo, outros elementos a considerar. A suscetibilidade relativa ao fenómeno das inundações urbanas resulta da conjugação de um conjunto de fatores que geram condições propícias à sua ocorrência num determinado local, com fatores que influenciam o espletar do fenómeno num momento específico. No primeiro caso, tratam-se de fatores permanentes, como as características físicas da bacia hidrográfica e as características da rede de drenagem de águas pluviais e, no segundo caso, de fatores desencadeantes assumindo especial preponderância as condições meteorológicas, eventuais intervenções antrópicas, bem como, possíveis falhas técnicas (rutura de condutas) (Pedrosa & Pereira, 2006).

A propósito dos fatores desencadeantes, designadamente os que se referem às condições meteorológicas, a pluviosidade (quantidade, duração, intensidade da precipitação, concentração temporal, distribuição espacial na bacia hidrográfica) destaca-se como a principal causa das inundações urbanas, pois condiciona, de acordo com Jacinto (2009), de forma determinante a existência de escoamento.

Segundo Tominaga (2009) a magnitude e a frequência com que as inundações urbanas ocorrem são estabelecidas em função da intensidade e distribuição da precipitação, para além da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem.

A distribuição espacial e temporal da precipitação é, portanto, um dos fatores a considerar quando se tenta compreender a relação da variabilidade no tempo da probabilidade de ocorrência de inundações urbanas com o comportamento da precipitação, nomeadamente a precipitação acumulada nos dias anteriores, o grau da intensidade das chuvadas que ocorreram nas horas imediatamente anteriores, bem como a importância das chuvas localizadas e a sua distribuição na área cuja drenagem converge para os locais afetados (Pedrosa & Pereira, 2006).

Rocha (1995, pp. 12) refere que “*a ocorrência de precipitação está frequentemente associada à passagem de superfícies frontais e de depressões*”, sendo que climas mediterrâneos, determinam padrões de precipitação muito variáveis no tempo, no espaço e na quantidade e duração dos eventos (Durão *et al.*, 2009).

Segundo Ramos & Reis (2001), em Portugal, as inundações que não têm origem marítima são consequência de duas formas distintas de precipitação: precipitação significativa ao longo de dias ou semanas que pode originar cheias progressivas, consequência da saturação dos solos e subida dos lençóis freáticos; e eventos extremos de precipitação durante períodos de tempo relativamente curtos, horas ou minutos, que podem originar cheias rápidas e sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais dos aglomerados urbanos. Os contextos sinóticos que favorecem a sua ocorrência sucedem, sobretudo, no outono e inverno, uma vez que a sua posição geográfica, no limite meridional das trajetórias das tempestades do Atlântico Norte, tornam o nosso país suscetível às mudanças interanuais das trajetórias dos ciclones das latitudes médias, tal como às frentes associadas, que podem gerar precipitações intensas em curtos espaços de tempo (Santos & Fragoso, 2013). Julião *et al.* (2009) relaciona estes episódios de precipitação excecional com depressões convectivas.

Deste modo, apesar de existir um notório contraste sazonal entre a estação chuvosa (outubro/março) e estação seca (abril/setembro) (Ferreira, 2005), existem meses cujos quantitativos de precipitação podem ser superiores a anos secos, e situações em que em poucas horas podem registar-se quantitativos de precipitação superiores a alguns meses mais pluviosos. Efetivamente, essa é uma característica do clima mediterrâneo, como afirma a mesma autora (p.344): “*a variabilidade espacial e temporal da chuva, a sucessão de episódios de secas e de excessos pluviométricos não são acidentes climáticos; são a expressão das características do nosso clima*”.

Importa, contudo, ter presente que a existência de condições climáticas favoráveis à sua ocorrência não significa forçosamente que elas aconteçam (Rebelo, 1997), não existindo sempre uma relação direta entre a precipitação e a quantidade de ocorrências causadas por inundações urbanas (Leal, 2019).

Os volumes de escoamento (superficial e subterrâneo) dependerão, como se disse, das características topográficas e morfológicas, da litologia, do tipo de solo, do tipo de coberto vegetal e da permeabilidade dos terrenos (Pedrosa & Pereira, 2006), e também da capacidade dos sistemas de drenagem de águas pluviais e do efeito da maré e/ou das situações de *storm surge* nos sectores terminais dos cursos de água localizados em áreas costeiras ou em estuários (Arechetti *et al.*, 2011; Condon e Sheng, 2012; Chen e Liu, 2014 *apud* Leal, 2019).

#### **1.4. A importância dos sistemas de drenagem pluviais urbanos**

A necessidade de desviar a água precipitada dos locais onde outrora escoava naturalmente, tornou imperativa a construção de sistemas de drenagem pluviais os quais, conforme Lima *et al.*, (2013), poderão classificar-se em naturais e artificiais/urbanos.

Os sistemas de drenagem pluviais artificiais são indispensáveis ao bom funcionamento dos meios urbanos, assumindo um papel fundamental na intercepção, recolha, transporte e rejeição em condições apropriadas das águas pluviais (Matias, 2016). Existem para resolver o défice de infiltração de modo a evitar inundações (Desilva *et al.*, 2011 e Cherqui *et al.*, 2015 *apud* Leal, 2019) e caracterizam-se por um conjunto de subsistemas inter-relacionados que transportam a água da chuva desde o local de queda até ao meio recetor (Pedrosa *et al.*, 2016).

Como se explicou anteriormente, a precipitação, quando ocorre sobre os aglomerados urbanos, produz volumes de águas pluviais que escoam superficialmente, e, se não forem devidamente controlados e conduzidos, podem provocar inundações com consequências nefastas para a segurança das populações e respetivos bens (Marques & Sousa, 2018). A colocação de dispositivos de drenagem pluvial (como valetas, valas, sarjetas, coletores) constitui uma tentativa de encaminhar as águas locais não desejadas, para áreas concebidas para o efeito (Pedrosa *et al.*, 2016).

Butler & Davies (2004, *apud* Leal, 2019) referem que, nas áreas urbanas, existem dois tipos de água que requerem drenagem: as pluviais e as residuais, podendo ser drenadas de forma separada ou combinada, sendo também a canalização subterrânea das ribeiras, normalmente, integradas nesta rede artificial. Com efeito, em função da água que escoam, os sistemas de drenagem podem classificar-se em três tipos principais: sistemas unitários (constituídos por uma única rede de coletores que admite conjuntamente águas residuais domésticas, industriais e pluviais); sistemas separativos (constituídos por duas redes de drenagem sem ligação entre si, em que uma se destina a águas residuais domésticas e industriais e outra a águas pluviais); e sistemas mistos (constituídos pela junção dos dois tipos de sistemas referidos, em que uma parte da rede é unitária e outra parte é separativa) (Lima, *et al.*, 2013). Segundo Dias (2014) os sistemas mistos são o tipo mais comum de drenagem urbana na Europa Ocidental, apesar de serem os mais vulneráveis a eventos de precipitação extrema, por estarem, muitas vezes, subdimensionados.

Já Marsalek *et al.* (2001, *apud* Dias, 2014), dividem os sistemas de drenagem urbana em sistemas principais, que diminuem os riscos de inundação em caso de eventos de precipitação extremo, e sistemas menores, cuja função é a de conduzir o escoamento de águas pluviais reduzindo a sua concentração à superfície.

No entanto, mesmo em cidades que possuam uma rede de drenagem pluvial bem desenvolvida, podem ocorrer inundações (Pedrosa *et al.*, 2016). Isto acontece, por norma, quando existe alguma falha na entrada de água nos coletores ou devido ao facto de entrarem em carga, levando a um aumento do caudal superficial, escoando este através de caminhos preferenciais e acumulando-se posteriormente em zonas baixas (Matias, 2016).

Em áreas urbanas situadas a cotas pouco acima dos níveis de cheia de um curso de água, ou em áreas costeiras, os coletores devem ser previstos para o funcionamento em carga, de modo a que quando as chuvas locais se produzam em períodos coincidentes com a formação daqueles níveis, permitam o escoamento gravítico dos coletores (Pedrosa *et al.*, 2016). Nestes casos, realça-se a importância da escolha do local de vazão de forma a que, durante uma cheia, a rede de drenagem urbana continue a fazer escoar a água e não o contrário: ou seja, a entrada da água pela rede de drenagem ocasionando inundações como acontece com frequência (Costa, 2009).

É também importante que a rede de drenagem pluvial seja projetada tendo em conta as características da precipitação e o total de área impermeabilizada, de forma que escoe eficazmente, mesmo em situações de exceção, e não apenas para as vazões consideradas normais (Pedrosa *et al.*, 2016).

Em síntese, podemos afirmar que as inundações urbanas têm uma forte relação com a forma como a drenagem pluvial é projetada nas cidades e, ainda, da forte impermeabilização das superfícies que conduz a um aumento significativo do escoamento superficial em detrimento do escoamento subterrâneo.

### **1.5. Inundações urbanas como fenómeno perigoso**

As inundações urbanas, em particular as causadas por precipitações intensas, tal como as cheias rápidas, têm importância especial devido aos impactos causados no quotidiano das pessoas e nas atividades económicas, em virtude da sua ação rápida e devastadora. Num curto período de tempo são capazes de causar grandes prejuízos económicos e sociais, com consequências



ambientais desastrosas (Lima, 2012). Quando ocorrem em áreas densamente ocupadas os prejuízos são ainda maiores e muitas vezes irreversíveis.

Em Portugal, nos últimos anos, parece verificar-se uma tendência para o aumento da frequência e severidade da sua ocorrência, originando crescentes preocupações acerca da exposição e vulnerabilidade da população a este fenómeno (Carvalho, 2009).

Não obstante as cheias rápidas possuírem maior capacidade destruidora do que as inundações urbanas, tanto pela elevada velocidade que atingem e pela quantidade de carga sólida que são capazes de transportar, como também pelo curto espaço de tempo que decorre entre a precipitação e o caudal de ponta de cheia, as inundações urbanas são as mais onerosas e difíceis de gerir.

De facto, nas zonas urbanas, as alterações introduzidas nas condições de drenagem natural, como sejam a obstrução das áreas contíguas aos cursos de água, a impermeabilização de extensas áreas e a condução de águas pluviais por redes de coletores muitas vezes subdimensionadas, fez com que o risco de inundação fosse agravado, sendo também maior a extensão dos prejuízos humanos e materiais, motivada pela concentração de recursos que o seu carácter urbano determina.

Conforme Leal (2019) a impermeabilização dos solos leva à diminuição da infiltração, fazendo com que a precipitação, em vez de se infiltrar, se transforme em escoamento superficial direto, o qual, devido à menor rugosidade dos materiais utilizados em espaços construídos, vê a sua velocidade aumentada, provocando reduções nos tempos de concentração e resposta das bacias hidrográficas. Há, desta forma, um aumento do escoamento superficial em detrimento do escoamento subterrâneo (Pedrosa, *et al.*, 2016), não só em volume como em velocidade.

Apesar de não serem, como se disse, tão perigosas quanto as cheias rápidas devido à reduzida carga sólida transportada e à captação de parte do escoamento superficial por parte do sistema de drenagem artificial (Leal, 2019), espera-se que venham a ser cada vez mais frequentes e que atinjam magnitudes mais elevadas (Falconer *et al.*, 2009; Suriya *et al.*, 2012; Houg & Pathirana, 2013; C. F. Chen & Liu, 2014; Diakakis *et al.*, 2016; *apud* Leal, 2019). Para isso contribuem diversos fatores, entre os quais o aumento da população e do número de edifícios que nem sempre é acompanhado por um correto planeamento relativo à ocupação das bacias hidrográficas, resultando da ocupação de áreas consideradas de risco (Leandro, 2013).

Em contraponto com as cheias progressivas que, ao demorarem muito tempo a formarem-se, permitem o aviso atempado das populações e a evacuação de possíveis zonas afetadas (Leal, 2011), no caso das inundações urbanas, tal como as cheias rápidas, predominantemente

provocadas por precipitações com elevada intensidade num curto espaço de tempo (às vezes apenas horas ou minutos), é praticamente impossível o acionamento, em tempo útil, dos sistemas de alerta e aviso. Por conseguinte, os danos económicos e os impactos resultantes deste tipo de inundação poderão ser graves, atendendo à dimensão da área inundada, e ao facto de, muitas vezes, as comunidades em causa não estarem preparadas para o risco a que estão sujeitas (Lima, 2018).

Pelo exposto, depreende-se que é importante uma ação concertada entre as políticas de proteção civil e as de ordenamento do território, com vista a mitigar o risco associado a estes fenómenos que, não sendo possíveis de evitar, são, como refere (Ramos, 2013), dos potencialmente mais perigosos, dependendo da magnitude atingida (altura da água, caudais), da velocidade de progressão, bem como da frequência com que ocorrem, sendo certo que só provocam situações de risco quando existem elementos a elas expostos.

*“O planeamento não diz respeito às decisões futuras, mas às implicações futuras das decisões presentes.”*

Peter Drucker

## CAPÍTULO II

### 2. Governação do risco de cheias e inundações

A gestão do risco de cheias e inundações tem-se configurado como um domínio de crescente preocupação para as sociedades. A sua integração no planeamento e gestão do território tem-se revelado uma prioridade inevitável. Neste princípio, é importante reconhecer qual o caminho que Portugal tem feito na abordagem da integração do risco de inundação nas políticas de ordenamento e gestão do território, bem como no âmbito da proteção civil e gestão da emergência. Assim, neste segundo capítulo analisam-se os diplomas legislativos de enquadramento, bem como os diversos instrumentos de intervenção.

#### 2.1. Moldura legal e institucional

A redução do risco de cheias e inundações tem sido uma prioridade em vários países, nomeadamente os pertencentes à União Europeia. Em Portugal, nos últimos anos, verifica-se uma maior consciencialização da importância que representa para as pessoas, para as comunidades, para a economia e para o ambiente, e do papel que o planeamento eficaz desempenha na prevenção e na redução deste risco (ANEPC, 2016).

De facto, o edifício legislativo que tem vindo a ser desenvolvido, assim o evidencia. É vasto o conjunto de documentos que contemplam matérias relevantes para o risco de inundação, incluindo os diplomas legais que procuram enquadrar o risco de cheias e de inundações no contexto jurídico-legal português. Uma breve listagem dos mesmos inclui, nomeadamente:

- O Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de novembro, alterado pelos Decreto-Lei n.º 53/74, de 15 de fevereiro, Decreto-Lei n.º 89/87, de 26 de fevereiro, e pela Lei n.º 16/2003, de 4 de junho que unificou o regime dos terrenos incluídos no domínio público hídrico e

criou a figura de zonas adjacentes, determinando a sujeição a restrições de utilidade pública os terrenos ameaçados pelas cheias. Este Decreto-Lei foi posteriormente revogado parcialmente pela Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei n.º 54/2005 de 15 de novembro) que reviu a classificação de zona adjacente como a zona ameaçada pelo mar e pelas inundações e, sujeitando-a a restrições de utilidade pública, e pela Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro). De referir que o Decreto-Lei n.º 89/87, de 26 de fevereiro foi o primeiro a estabelecer a ponte legal entre a existência e delimitação territorial do risco de cheias e a ocupação e uso futuro dessas áreas, quando lidas numa estratégia de planeamento, ordenamento e gestão territorial.

- O Decreto-Lei n.º 45/94, de 22 de fevereiro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 166/97, de 2 de junho, e pelo Decreto-Lei n.º 84/2004, de 14 de Abril, que visava uma gestão correta dos recursos hídricos através da definição de uma adequada política de planeamento e, conseqüentemente, pela aprovação de planos de recursos hídricos, tendo em vista a valorização, respetiva proteção e gestão equilibrada dos recursos hídricos nacionais, bem como a sua harmonização com o desenvolvimento regional e setorial através da racionalização dos seus usos. Em 2005 foi também revogado pela Lei da Água.
- O Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de novembro, que obrigou os municípios com aglomerados urbanos afetados por cheias depois do ano de 1967 e que ainda não se encontrassem abrangidos por zonas adjacentes, a elaborarem cartas de zonas inundáveis compreendendo os perímetros urbanos, de forma a adotar restrições à edificação em função do risco de cheia, sem prejuízo do processo de classificação das zonas adjacentes, previsto no Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de novembro. Estas cartas são elaboradas no âmbito do Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), cujo regulamento deve considerar as restrições necessárias para fazer face ao risco de cheia.
- A Lei da Água, aprovada pela Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, que veio transpor para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, e estabelecer as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das massas de águas. Prevê a inclusão de medidas de proteção contra cheias e inundações nos instrumentos de planeamento dos recursos hídricos e de gestão territorial, obrigando à demarcação das zonas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias.

- O Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, que estabeleceu um quadro de referência para a avaliação e gestão dos riscos de inundação com o objetivo de reduzir as suas consequências prejudiciais, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, e indo igualmente ao encontro da preocupação relativa à mitigação dos efeitos das inundações, estabelecida na Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro. Com o objetivo reduzir as consequências associadas às inundações prejudiciais para a saúde humana, este diploma aponta a necessidade de efetuar cartas de zonas inundáveis para áreas de risco, planos de gestão dos riscos de inundações, e a implementação de um sistema de vigilância e alerta de recursos hídricos.
- O Decreto-Lei n.º 321/83, de 5 de julho, que criou a Reserva Ecológica Nacional (REN), tendo sofrido várias alterações, desde então. Atualmente está em vigor o Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto, que alterou o Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, estabelecendo o seu Regime Jurídico. Numa perspetiva de prevenção, a REN veio considerar as zonas ameaçadas pelas cheias<sup>1</sup> como áreas de risco, e constituiu as áreas ainda livres de ocupação, como restrição de utilidade pública.

É ainda de sublinhar a inscrição da prevenção de riscos (incluindo-se também o de inundação) na Lei n.º 48/98, de 11 de agosto, revogada pela Lei n.º 31/2014, de 30 de maio, alterada pela Lei n.º 74/2017, de 16 de agosto, e pelo Decreto-Lei n.º 3/2021, de 7 de janeiro, que estabelece as bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo. Nesta Lei, doravante designada LBGPPSOTU, é reforçado o papel da prevenção de riscos no quadro dos instrumentos de ordenamento do território e de urbanismo.

No âmbito da moldura legal e institucional, as inundações foram também identificadas no Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT), aprovado pela Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro, que as considerou como um dos principais problemas para o ordenamento do território. A sua inclusão no PNPOT estabelece a prevenção do risco de inundação como uma prioridade importante na política de ordenamento do território e de inclusão obrigatória nos instrumentos de gestão do território. Em 2019, a Lei n.º 99/2019, de 5 de setembro, procedeu à revisão do PNPOT, revogando aquele diploma. De entre as alterações

---

<sup>1</sup> A Lei da Água define zona ameaçada pelas cheias como “a área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela cheia com período de retorno de 100 anos ou pela maior cheia conhecida no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior”.

preconizadas, destaca-se a preocupação com as mudanças ambientais e climáticas, que associa aos riscos de cheias e inundações.

Em matéria de Proteção Civil, a Lei de Bases da Proteção Civil (LBPC<sup>2</sup>), fixa os seus objetivos fundamentais, dos quais se destacam: (i) Prevenir os riscos coletivos e a ocorrência de acidente grave ou de catástrofe deles resultante; (ii) Atenuar os riscos coletivos e limitar os seus efeitos. Não obstante, verifica-se que muitas das suas políticas são mais reativas, culminando na elaboração dos planos de emergência.

Este quadro legal demonstra, claramente, a relevância que os instrumentos de prevenção e mitigação das inundações têm adquirido nas últimas décadas, privilegiando-se a sua operacionalização através da sua tradução nos instrumentos de planeamento com eficácia plurisubjetiva (Coelho, 2015). Constatam-se, igualmente, que no domínio do risco de inundação se passou de uma cultura de reação, para uma cultura de prevenção (Zêzere, 2007).

Porém, verifica-se que existem, ainda, algumas questões que podem ser melhoradas. O facto dos diplomas sobre cheias e inundações se encontrarem dispersos, não existindo um diploma que compile a disciplina jurídica relativa ao planeamento, gestão e controlo do risco de inundação (Coelho, 2015) é um exemplo. De referir, também, que a eficácia destas políticas não se afirma apenas pelo “*diktat*” legislativo publicado em Diário da República. É necessário intensificar a fiscalização a respeito do seu cumprimento.

## **2.2. Instrumentos de gestão do risco de cheias e inundações**

As políticas de gestão do risco têm como objetivo mitigá-lo. Segundo Godschalk *et al.* (1999, *apud* Santos, 2015), consistem na tomada de ações que visam reduzir ou eliminar o risco para pessoas e bens numa escala temporal de longo prazo. Uma gestão eficaz do risco de cheias e inundações permitirá que uma comunidade se torne, tanto quanto possível, mais resiliente aos seus impactos.

De acordo com Cunha & Pinto (2011), esta gestão considera o nível operacional e o nível de projeto, devendo a situação existente e o planeamento ser analisados individualmente. Para os mesmos autores, as etapas operacionais relativas à gestão de uma situação de risco de inundação são as indicadas na figura seguinte:

---

<sup>2</sup> Lei n.º 27/2006, de 03 de julho, alterada e republicada pela Lei n.º 80/2015, de 03 de agosto.



Figura 5: Etapas operacionais do risco de inundação.  
 Fonte: Adaptado de Cunha & Pinto, 2011.

Na gestão do risco de cheias e inundações é tradicional a ponderação de dois tipos de medidas: estruturais e não-estruturais (Silva, 2005). As medidas estruturais envolvem intervenção física, materializando-se, tradicionalmente, na construção das barragens e criação de albufeiras, construção de diques e estruturas de contenção, modificação dos leitos fluviais, desvio de caudais de cheia e colocação de descarregadores de caudais (Rocha, 2001). As medidas não-estruturais, por seu turno,

*abrange um vasto leque de alternativas, compreendendo zonamentos e regulamentos de uso do solo em zonas de risco, códigos de construção e manutenção de edifícios e infraestruturas, políticas de aquisição e gestão de solos, seguros, sistemas de previsão e aviso, ações de informação públicas, sistemas de emergência e de medidas de recuperação pós-catástrofe (ANEPC, 2016, pp.13).*

Contudo, a gestão do risco, quando assume um patamar de catástrofe, requer o equacionar de um ciclo de ações que envolvem a participação organizada e multidisciplinar de vários agentes, com papéis distintos (Fonseca, 2010). Esta ideia transporta-nos para o conceito de “gestão de emergência” o qual, de acordo com Valente (2018) e Baird (2010), compreende o processo dinâmico e contínuo de preparação, mitigação, resposta e recuperação a uma emergência. Este processo é conhecido por ciclo de gestão de emergência ou ciclo da catástrofe (figura 6).



Figura 6: Fases do ciclo de gestão de emergência.  
Fonte: Adaptado de Baird (2010).

Valente (2018), com base em FEMA (2017), NFPA (2016) e ISO 22300 (2012), indica que, nos últimos anos, surgiram tendências fortemente consensuais de introduzir a “Prevenção” como uma quinta fase no ciclo. Nesta perspetiva, com base em Cunha & Pinto (2011), a gestão do risco de cheias e inundações considera:

- **Prevenção:** prevenir os danos causados pelas inundações, evitando a construção em áreas suscetíveis a inundações, pela futura adaptação ao risco de inundações, e através da correta utilização dos solos, contemplando práticas agrícolas e florestais adequadas;
- **Preparação:** informar a população sobre os riscos de inundação e o que fazer em caso de ocorrência;
- **Mitigação:** tomada de medidas, tanto estruturais como não estruturais, para reduzir a probabilidade de cheias e/ou o seu impacto num local específico;
- **Resposta de emergência:** planos de emergência a aplicar na ocorrência uma inundação;
- **Recuperação:** regresso às condições normais logo que possível e aplicação de medidas de mitigação de impactos.

Estamos, conforme Frias (2013), perante ações defasadas e separadas em termos de tutela: as ações de prevenção, preparação e mitigação, que compõem a fase de pré-ocorrência, visando a implementação de medidas para evitar a ocorrência de acidentes, ou reduzir a probabilidade destes causarem danos pessoais e materiais maiores, estando intimamente ligada ao ordenamento do território e a um bom planeamento da ocupação do solo, da responsabilidade das autoridades no domínio do ordenamento do território e da administração local; e as ações de resposta e recuperação, incluídas na fase pós-ocorrência, que consistem num conjunto de



programas e atividades acionados para gerir os efeitos de um grande acidente que tenha afetado uma população, propriedades ou ambiente, estando dependentes de um rigoroso trabalho de planeamento de emergência por parte das autoridades competentes em matéria de proteção civil.

A este respeito sublinha-se que, tanto na prevenção como na recuperação pós-inundação, é necessária a promoção de uma abordagem coordenada a todos os níveis da administração e entre entidades com diferentes responsabilidades e áreas de intervenção, assegurando o envolvimento ativo da comunidade, conforme alude a ANEPC (2016).

Neste contexto, é importante reconhecer o caminho que tem sido feito na abordagem e integração do risco de cheias e inundações nas políticas de ordenamento do território (nas diferentes escalas), bem como compreender a dimensão dos instrumentos que enquadram as questões da resposta à emergência, no âmbito da proteção civil. É, pois, o momento de analisar as inter-relações, interfaces e eventuais disfunções na articulação e coordenação entre estes dois domínios que, conceptualmente e operacionalmente, têm áreas de sobreposição e âmbitos complementares.

### **2.2.1. Instrumentos de gestão territorial e a gestão do(s) risco(s)**

A gestão dos riscos, em particular do risco de inundação, tem-se configurado como um domínio de crescente integração na gestão do território. Os processos de planeamento e ordenamento do território têm sido acompanhados por mudanças significativas, quer nas suas orientações, quer no modelo de governação das intervenções, marcados pela introdução de diversos instrumentos de orientação internacional, europeia e nacional. O objetivo é o de diminuir a suscetibilidade ao perigo, bem como a vulnerabilidade dos territórios e populações. A este propósito, refere a ANEPC (2016, pp.13) que *“a atuação com vista à redução do risco de inundação está intrinsecamente ligada ao ordenamento e gestão territorial, desde o nível mais conceptual e estratégico até ao nível operacional e local”*.

Em Portugal, o atual quadro legal básico do ordenamento e gestão do território baseia-se na LBGPPSOTU, que prossegue várias finalidades específicas ligadas aos objetivos do ordenamento no âmbito dos desenvolvimentos socioeconómico, ambiental, urbanístico, da política territorial e da segurança civil (Moura, 2019). No seguimento da LBGPPSOTU surgiu o Decreto Lei n.º 380/99, de 22 de setembro, entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 80/2015,

de 14 de maio, que definiu o Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT). Esta base estabelece que o sistema de gestão e planeamento do território português se desenvolve de forma articulada entre os vários Instrumentos de Gestão Territorial (IGT), estruturados em quatro níveis distintos: nacional, regional, intermunicipal e municipal, de acordo com o nível dos interesses prosseguidos por cada um deles. Para Fonseca *et al.* (2014), o nível regional é onde as políticas de ordenamento e gestão do território demonstram maior desenvolvimento de abordagens integradoras entre instrumentos e objetivos, sendo, por essa via, delineadas as estratégias locais com impacto no território.

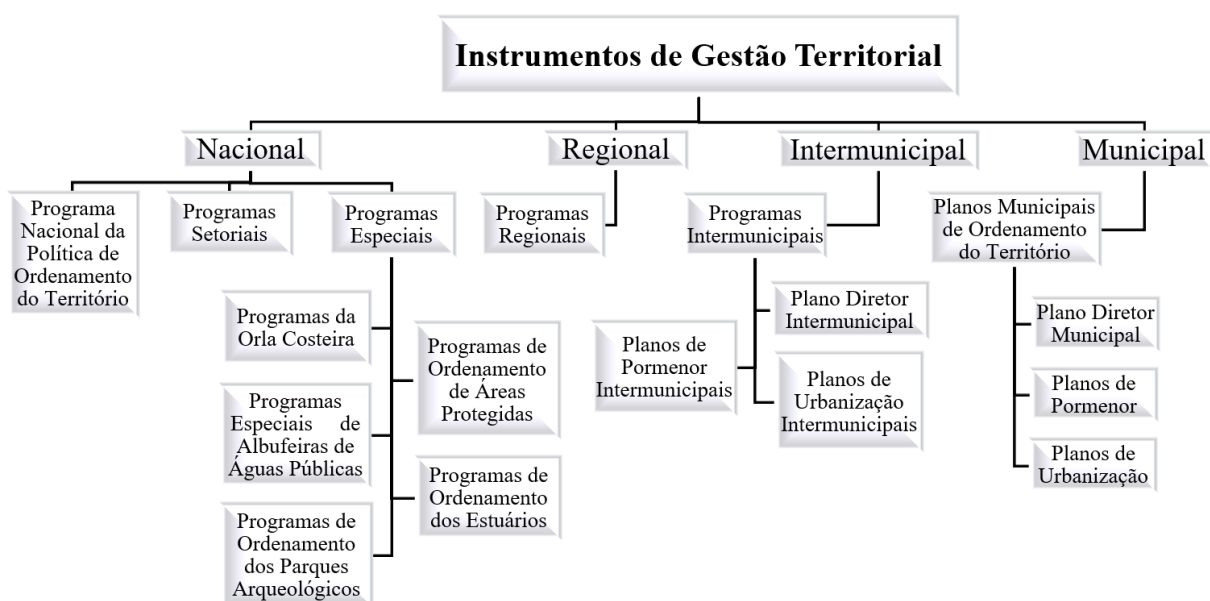


Figura 7: Instrumentos de gestão territorial.  
Fonte: Elaboração própria com base no RJIGT.

Concomitantemente, a mesma base determina que esses IGT se materializam em programas e planos territoriais. Os programas estabelecem o quadro estratégico de desenvolvimento territorial e respetivas diretrizes e estabelecem a incidência espacial de políticas nacionais a considerar em cada nível de planeamento, e os planos estabelecem opções e ações concretas em matéria de planeamento e organização do território, definindo ainda o uso do solo. Em termos regimentares existe também distinção, com fundamento na diferenciação material entre, por um lado, as intervenções de natureza estratégica da administração central (programas) e, por outro lado, as intervenções da administração local, de carácter dispositivo e vinculativo dos particulares (planos).

### **2.2.1.1. Âmbito nacional**

#### **2.2.1.1.1. Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT)**

Na cúpula do sistema de gestão territorial português encontra-se PNPOT<sup>3</sup>, instrumento que define o modelo de desenvolvimento territorial do País. Constituído por um Relatório e por um Programa de Ação, aplica-se a todo o território nacional e constitui o quadro de referência para a elaboração de estratégias, de programas e de planos territoriais ou com incidência territorial.

É, portanto, um instrumento de desenvolvimento territorial de natureza estratégica que estabelece as grandes opções com relevância para a organização do território, bem como o modelo de estruturação territorial, constituindo-se como um instrumento de cooperação com os demais Estados-Membros da União Europeia. Deste modo visa dar resposta aos problemas estruturais identificados, com destaque para a valorização do capital natural e para a coesão territorial, ao valorizar a diversidade, as especificidades do território e a sua competitividade, incentivando as abordagens territoriais integradas, num quadro institucional que reforça a subsidiariedade multinível e intersetorial.

O PNPOT faz um diagnóstico sobre a organização, tendências e desempenho do território, terminando com o elencar dos problemas que o país enfrenta no domínio do ordenamento do território. Na esfera da gestão de riscos, identifica a deficiente gestão dos recursos hídricos e a problemática das cheias e inundações, como já se referiu quando se abordou a moldura legal e institucional. Nessa medida, todos os IGT deverão ter em consideração o risco de inundação no momento da concretização das opções do Programa, uma vez que decorre do princípio da hierarquia, a obrigação de os planos de ordem hierárquica inferior respeitarem os planos (ou programas) hierarquicamente superiores, sob pena de serem considerados nulos. De referir que o PNPOT foi o primeiro IGT moderno que expressamente considerou a questão dos riscos na definição do modelo territorial.

---

<sup>3</sup> Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território foi aprovado pela Assembleia da República, através da Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro, alterado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 44/2016, de 23 de agosto, e revisto pela Lei n.º 99/2019 de 5 de setembro, que revogou a sua primeira versão, conforme referido no ponto 2.1.

### 2.2.1.1.2. Programas setoriais

Com preponderância no processo de prevenção de riscos (não só de inundação) surgem também os programas setoriais com incidência territorial, que são instrumentos de política setorial. Conforme plasmado no n.º 3 do artigo 40.º da LBGPPSOTU, os Programas Setoriais:

*(...) estabelecem, no âmbito nacional e de acordo com as políticas setoriais da União Europeia, a incidência territorial da programação ou concretização de políticas públicas dos diversos setores da administração central do Estado, nomeadamente, nos domínios da defesa, segurança pública, prevenção de riscos, ambiente, recursos hídricos, conservação da natureza e da biodiversidade, transportes, comunicações, energia, cultura, saúde, turismo, agricultura, florestas, comércio ou indústria.*

No quadro nacional dos IGT setoriais vigoraram, entre outros, os Planos Setoriais da Água. Estes incluem instrumentos de planeamento cujo alcance das medidas propostas variam conforme a abrangência do seu âmbito: i) O Plano Nacional da Água<sup>4</sup> (PNA); ii) Os Planos de Gestão de Região Hidrográfica<sup>5</sup> (PGRH); iii) Os Planos Específicos de Gestão de Águas<sup>6</sup> (PEGA), nos quais se incluem medidas de proteção e valorização dos recursos hídricos. Todos incluem nos seus objetivos a mitigação dos efeitos das inundações.

Em consonância com o n.º 1 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, os Planos de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI) também são planos setoriais nos termos do RJIGT<sup>7</sup>. Desenvolvidos em estreita articulação com os PGRH, abrangem todos os aspetos da gestão dos riscos de cheias e inundações, com o propósito de reduzir potenciais consequências prejudiciais, com recurso às ditas medidas estruturais e não estruturais. De realçar que a promoção de uma gestão integrada das bacias hidrográficas, bem como do seu desenvolvimento sustentável, a longo prazo, passa pela sinergia resultante da preparação dos PGRH e dos PGRI, tal como a avaliação do risco de inundação no contexto do processo de planeamento (ANEPC, 2016). Nessa medida, tanto os planos especiais e municipais de ordenamento do território, como os planos de emergência de proteção civil, devem garantir a devida compatibilidade com os PGRI.

<sup>4</sup> O PNA corresponde à estratégia nacional para a gestão integrada da água que estabelece as grandes opções da política nacional da água e os princípios e as regras de orientação dessa política, a aplicar pelos planos de gestão de regiões hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas.

<sup>5</sup> Os PGRH abrangem as bacias hidrográficas e as águas costeiras integradas numa região hidrográfica e constituem a base de suporte à gestão, à proteção e à valorização social e económica das águas.

<sup>6</sup> Os PEGA aplicam-se a uma escala de maior pormenor como uma sub-bacia, setor ou problema de um sistema aquífero, complementando a execução dos PGRH.

<sup>7</sup> Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio, na sua atual redação.

### **2.2.1.1.3. Programas especiais**

Os Programas Especiais de Ordenamento do Território (PEOT) são instrumentos de natureza regulamentar e da competência exclusiva da administração central. Visam a prossecução de objetivos de interesse nacional com repercussão espacial, estabelecendo exclusivamente regimes de salvaguarda de recursos e valores naturais. Os PEOT devem determinar as atividades com viabilidade, com inviabilidade e condicionadas, no sentido da preservação e garantia dos recursos naturais e ambientais das áreas territoriais. Integram a categoria genérica dos PEOT os Programas de Áreas Protegidas (PAP), os Programas de Albufeiras de Águas Públicas (PAAP), os Programas da Orla Costeira (POC), os Programas de Ordenamento de Estuários (POE) e, ainda, os Planos de Ordenamento de Parques Arqueológicos (POPA). A integração da problemática das cheias e inundações somente é evidenciada nos POC, que identificam áreas ameaçadas por cheias, e nos PAAP que se comprometem a garantir a redução do risco de cheias e inundações.

### **2.2.1.2. Âmbito regional**

No plano regional existem unicamente os Programas Regionais de Ordenamento do Território (PROT), os quais, conforme estabelece o RJIGT, definem as estratégias regionais de desenvolvimento territorial. Integram as opções estabelecidas no nível territorial nacional, tendo em consideração as estratégias sub-regionais e municipais de desenvolvimento local. Constituem, de igual modo, o quadro de referência para a elaboração dos programas e dos planos intermunicipais e municipais de ordenamento do território, abrangendo, em princípio, a área correspondente à respetiva Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) que o elabora. É da competência dos PROT a definição do modelo de organização do território à escala regional. Devem estabelecer as diretrizes relativas a zonas de risco, o que pressupõe não apenas o seu levantamento, como também o fornecimento de indicações relativas às mesmas Oliveira (2010).

Na Região do Algarve vigora o PROT Algarve<sup>8</sup>, no qual estão preconizadas, entre outras, orientações que refletem a preocupação com a gestão da rede hidrográfica. Destaca-se

---

<sup>8</sup> O PROT Algarve foi aprovado em Conselho de Ministros a 24 de maio de 2007 e publicado no Diário da República, 1.ª série - N.º 149 - 3 de agosto de 2007, pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 102/2007, com as retificações introduzidas pela Declaração de Retificação n.º 85-C/2007, de 2 de outubro, e as alterações inseridas através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 188/2007, de 28 de dezembro.

a integração dos fatores de risco associados a cheias e inundações, designadamente no que concerne à manutenção da rede hidrográfica, ou seja, a limpeza, desobstrução e, quando necessário, a regularização das linhas de água. Também estão previstas ações de monitorização dos recursos hídricos com vista a acautelar, por antecipação, situações de risco associadas a cheias repentinas. Ao nível da estruturação urbana, constitui um objetivo operacional do PROT Algarve a salvaguarda de áreas inundáveis de leitos de cheia que, na expansão dos perímetros urbanos passa, objetivamente, por garantir a não edificação em áreas necessárias para assegurar o funcionamento do sistema hídrico, e libertar de edificação as áreas de risco de cheia e inundações.

### **2.2.1.3. Âmbito intermunicipal**

Os Programas (e Planos) Intermunicipais de Ordenamento do Território (PIOT) são instrumentos de carácter estratégico que asseguram a articulação entre o programa regional e os planos intermunicipais e municipais. Abrangem a totalidade ou parcela de território pertencente a dois ou mais municípios limítrofes. Sendo de elaboração facultativa, detêm pouca expressão no quadro dos IGT nacionais, constituindo-se, inclusivamente, como os menos utilizados no contexto português (Santos, 2014). De acordo com o mesmo autor esta realidade explica-se pela existência dos PROT, que apresentam uma lógica similar aos PIOT, e pela tradicional falta de entendimento entre as várias partes que constituem os interesses do espaço territorial visado.

As áreas de atuação centram-se, sobretudo, nos domínios: da conservação da natureza e de garantia da qualidade ambiental; da coordenação da incidência intermunicipal dos projetos de redes, equipamentos, infraestruturas e de distribuição das atividades; no estabelecimento de objetivos, a médio e longo prazo, de racionalização do povoamento e em matéria de acesso a equipamentos e a serviços públicos. Atendendo a que os fenómenos de cheias e inundações não são determinados por fronteiras administrativas, devendo analisar-se à escala da bacia hidrográfica, os PIOT seriam um instrumento importante na perspetiva supramunicipal.

Apesar de não se enquadrarem no contexto dos IGT, os Planos Intermunicipais de Adaptação às Alterações Climáticas (PIAAC), elaborados no âmbito da Estratégia Nacional de Adaptação

às Alterações Climáticas 2020 (ENAAAC 2020<sup>9</sup>), com base no Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC<sup>10</sup>), merecem referência pela influência territorial que detêm. Com o objetivo de implementar medidas de adaptação, também nos domínios das cheias e inundações, são importantes instrumentos para as políticas setoriais, devendo os seus objetivos ser integrados nas diversas políticas públicas e instrumentos e práticas de planeamento e gestão territorial. De facto, é em sede de ordenamento do território que muitas das decisões com impacto na capacidade de adaptação do território e da sociedade podem ser tomadas, maximizando a sua eficácia. No Algarve, a Comunidade Intermunicipal (AMAL) promoveu a elaboração deste documento em 2019, tendo nele sido identificadas as áreas inundáveis e os principais impactos e vulnerabilidades projetadas para zonas críticas de inundação.

#### **2.2.1.4. Âmbito municipal**

No contexto municipal o Sistema de Gestão Territorial (SGT) inclui os PMOT, incluindo-se os Planos Diretores Municipais (PDM), os Planos de Pormenor (PP) e os Planos de Urbanização (PU). É neste nível de planeamento que se define o modelo de organização e evolução do território nos domínios da ocupação humana, organização de redes e sistemas urbanos, e os parâmetros de uso do solo e garantia da qualidade ambiental. Tendo em consideração que, de todos os IGT, são estes os que se apresentam como diretamente vinculativos dos particulares, assumem especial relevo em matéria de consideração dos riscos e de regulamentação de medidas de minimização dos mesmos. Por definirem, em concreto, as regras de ocupação dos solos, devem também identificar todas as situações que possam pôr em perigo as pessoas, bens e ambiente e para cada uma delas considerar as situações de atuação em situações de emergência ou de exceção, identificando o(s) plano(s) de emergência em vigor para essas áreas (Oliveira, 2010). No seu conteúdo material destaca-se a identificação de condicionantes, designadamente reservas e zonas de proteção, necessárias à concretização dos Planos Municipais de Emergência de Proteção Civil (PMEPC). Estas são vertidas na Planta de Condicionantes, a qual identifica as servidões administrativas e restrições de utilidade pública em vigor que possam constituir limitações ou impedimentos a qualquer forma específica de aproveitamento. Nesta planta a REN assume particular importância, delimitando áreas de prevenção de riscos naturais,

---

<sup>9</sup> Aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015, de 30 de julho, esta estratégia está enquadrada em quatro objetivos principais: informação e conhecimento, reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta, participar, sensibilizar e divulgar e cooperar internacionalmente.

<sup>10</sup> O PNAC visa garantir o cumprimento das metas nacionais em matéria de alterações climáticas dentro das áreas transversais e de intervenção.



nomeadamente, as tipologias de zonas ameaçadas pelas cheias. Também as zonas inundáveis no interior de perímetros urbanos (no âmbito do Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de novembro) devem constar dos PMOT, integrando a Planta de Ordenamento.

### 2.2.2. Instrumentos de gestão de emergência

Tendo surgido formalmente em 1991 com a publicação da LBPC, a gestão da emergência tem tido um desenvolvimento significativo, plasmado em normas e regulamentação legislativa que promovem a sua implementação. Nos últimos anos assistiu-se à afirmação de um novo paradigma de planeamento de emergência e a uma nova estratégia de nível nacional com reflexos marcantes para o nível municipal. Realça-se o exemplo da obrigatoriedade da identificação e caracterização dos riscos e condicionantes presentes no espaço geográfico dos PDM, em que umas das principais fontes de informação são os Planos de Emergência.

De acordo com Macedo (2016), o processo de planeamento da emergência identifica, analisa, caracteriza e explicita a monitorização de todas as vulnerabilidades das organizações e comunidades, estabelecendo as estratégias da preparação e resposta a emergências, alocando recursos, definindo e atribuindo responsabilidades. Desse modo, aumenta a probabilidade de uma resposta eficaz e bem-sucedida. Constitui, portanto, um componente essencial da gestão da emergência, podendo definir-se, na perspetiva de Alexander (2015), como o processo sistemático de preparação para contingências futuras, incluindo acidentes graves e catástrofes. Assim, citando Gonçalves (2019, pp.50), "*a gestão de emergência não é sinónimo de planeamento de emergência*", sendo este último mais um processo do que propriamente um resultado.

Para Valente (2018), o planeamento da emergência é explicitado e documentado nos designados "Planos de Emergência". Ao definir o processo de planeamento de emergência de proteção civil como o "*processo pelo qual se estabelecem, testam e colocam em prática as medidas, normas, procedimentos e missões destinadas a serem aplicadas numa situação de acidente grave ou catástrofe*", a ANEPC (2017, pp. 5) parece seguir a mesma ideia, acrescentando que o mesmo se subdivide em quatro etapas: elaboração, aprovação, validação e revisão. Pelo exposto, pode afirmar-se que o planeamento de emergência de proteção civil se materializa nos planos de emergência de proteção civil.



Segundo ANEPC (2017, pp.4), estes correspondem a “*documentos formais nos quais as autoridades de proteção civil, nos seus diferentes níveis, definem as orientações relativamente ao modo de atuação dos vários organismos, serviços e estruturas a empenhar em operações de proteção civil*”. Na prática são instrumentos de suporte às operações de proteção civil, visando garantir a unidade de direção das ações a desenvolver, a coordenação técnica e operacional dos meios a empenhar e a adequação das medidas de carácter excepcional a adotar. Regulam, também, a forma como é assegurada a coordenação institucional e a articulação e intervenção das organizações integrantes do Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro (SIOPS<sup>11</sup>) e de outras entidades públicas ou privadas a envolver nas operações.

Existem para estreitar a relação entre aquilo que são as necessidades e os recursos existentes para lhes fazer face, devendo ser documentos robustos, duráveis e flexíveis, possíveis de serem testados, modificados e funcionais em circunstâncias difíceis (Alexander, 2016). Nesse sentido, o seu conteúdo não pode assumir-se como irrevogável, devido às constantes mudanças sociais, geográficas, técnicas, logísticas e mesmo operacionais, as quais terão de ser constantemente refletidas no documento, numa lógica de melhoria contínua (ANEPC, 2017).

Os planos de emergência de proteção civil estabelecem nomeadamente:

- A tipificação dos riscos;
- As medidas de prevenção a adotar;
- A identificação dos meios e recursos mobilizáveis, em situação de acidente grave ou catástrofe;
- Os critérios de mobilização e mecanismos de coordenação dos meios e recursos, públicos ou privados, utilizáveis;
- A estrutura operacional que irá garantir a unidade de direção e o controlo permanente da situação;
- A definição das responsabilidades que incumbem aos organismos, serviços e estruturas, públicas ou privadas, com competências no domínio da proteção civil.

---

<sup>11</sup> O SIOPS é o conjunto de estruturas, normas e procedimentos que asseguram que todos os agentes de proteção civil atuam, no plano operacional, articuladamente sob um comando único, sem prejuízo da respetiva dependência hierárquica e funcional, conforme o Decreto-Lei n.º 72/2013, de 31 de maio (Sistema criado pelo Decreto-Lei n.º 134/2006, de 25 de julho, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 114/2011, de 30 de novembro)

Pelo n.º 1, do artigo 3.º da Lei Orgânica<sup>12</sup> da ANEPC, é a esta entidade que compete: “*planear, coordenar e executar as políticas de emergência e de proteção civil, designadamente na prevenção e na resposta a acidentes graves e catástrofes, de proteção e socorro de populações, coordenação dos agentes de proteção civil*”. É também esta entidade que tem competência para elaborar diretivas operacionais relativas ao planeamento da resposta a situações de emergência atinentes aos riscos naturais e tecnológicos.

Atualmente, em Portugal, o planeamento de emergência tem como base legislativa a Resolução da Comissão Nacional de Proteção Civil n.º 30/2015, que revogou a Resolução da Comissão Nacional de Proteção Civil n.º 25/2008 de 18 de julho, a qual, por sua vez, já tinha revogado a diretiva para a elaboração de planos de emergência de proteção civil publicada por declaração do Gabinete do Ministro da Administração Interna, em 1994. É, destarte, este o instrumento que emana as mais recentes diretrizes relativas aos critérios e normas técnicas para a sua elaboração e operacionalização, conforme previsto na LBPC.

De entre as principais alterações preconizadas desde a primeira versão, para além da maior interligação entre os mecanismos de planeamento de emergência e os IGT, destaca-se a harmonização das bases cartográficas, que devem ser incorporadas em ambiente SIG, a simplificação da estrutura e conteúdo dos planos e o seu acesso público que passa a ser feito quase na íntegra. Por outro lado, a LBPC, no seu artigo 50.º, explana os normativos relativos aos planos de emergência de proteção civil.

Com efeito, tendo presente o edifício legal em vigor, os planos de emergência de proteção civil, de acordo com a sua finalidade, classificam-se em gerais ou especiais, e consoante a extensão territorial da situação visada, são nacionais, regionais, distritais ou municipais sendo que os planos especiais podem também abranger áreas homogêneas de risco cuja extensão seja supramunicipal ou supradistrital.

O quadro seguinte sintetiza a entidades que têm as competências de elaboração, emissão de parecer prévio e aprovação consoante o âmbito territorial de cada plano.

---

<sup>12</sup> Decreto-Lei 45/2019, de 01 de abril, do Ministério da Administração Interna.

Quadro 2: Competências para a elaboração, emissão de parecer e aprovação dos Planos de Emergência de Proteção Civil.

Âmbito	Elaboração	Parecer prévio	Aprovação
Nacional	ANEPC	CNPC	Conselho de Ministros
Regional	SRPC	CNPC	Órgãos de Governo Regional
Supradistrital	ANEPC/CREPC	CDPC	CNPC
Distrital	ANEPC/CREPC	CDPC	CNPC
Supramunicipal	ANEPC/CREPC	CDPC	CNPC
Municipal (Continente)	Câmara Municipal	CMPC e ANEPC	CNPC
Municipal (Ilhas)	Câmara Municipal	SRPC	Governo Regional

Fonte: Elaboração própria com base no artigo 50.º da LBPC.

### 2.2.3. Planos gerais de emergência

Os planos gerais elaboram-se para enfrentar a generalidade das situações de emergência que se admitem em cada âmbito territorial e administrativo. São considerados planos gerais: o Plano Nacional de Emergência de Proteção Civil (PNEPC); os Planos Regionais de Emergência de Proteção Civil (PREPC); os Planos Distritais de Emergência de Proteção Civil (PDEPC) e os PMEPC.

O PNEPC foi aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 87/2013 de 11 de dezembro. Foi, entretanto, revisto tendo estado em consulta pública até fevereiro de 2022. Aplica-se a todo o território continental<sup>13</sup> e tem como diretor o Primeiro-ministro, a quem compete assegurar a direção, coordenação e controlo do PNEPC, bem como das medidas excecionais de emergência e o restabelecimento das condições mínimas para a normalidade. Articula-se diretamente com os PREPC e PDEPC, e de modo indireto com os PMEPC. Articula-se, ainda, com as Diretivas Operacionais Nacionais (DON) da ANEPC. O PNEPC está ativo desde 24 de março de 2020, em virtude da pandemia COVID-19.

No que concerne aos Planos Regionais, estes são vocacionados apenas para as regiões autónomas (Madeira e Açores). O diretor do plano é o Presidente do Governo Regional respetivo. Os PREPC visam dotar a região de um instrumento de atuação em caso de acidente grave ou catástrofe que possibilite a unidade de direção, bem como a coordenação técnica e operacional. Articulam-se com o PNEPC e com os PMEPC.

A respeito dos PDEPC, existem 18, correspondentes a cada distrito de Portugal Continental. O diretor de cada plano é o membro do governo responsável pela área da proteção civil. Os planos

<sup>13</sup> Os territórios das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira encontram-se cobertos pelos respetivos Planos Regionais de Emergência de Proteção Civil.

distritais articulam-se com o PNEPC, com os PDEPC vizinhos e com os PMEPC dos concelhos que integram o distrito respetivo.

O PDEPC de Faro foi aprovado pela Comissão Nacional de Proteção Civil, em reunião ordinária realizada em 28 de abril de 2016<sup>14</sup>, encontrando-se atualmente em processo de revisão. Também está ativo na sequência do agravamento da situação epidemiológica da COVID-19, que motivou declaração da Situação de Calamidade<sup>15</sup>, no âmbito da LBPC. Tendo em conta o grau de probabilidade e o grau de gravidade, o Plano ora em discussão pública, tipifica o risco de cheias e inundações no distrito como elevado, o penúltimo mais grave. Até ao momento, o PDEPC de Faro nunca foi ativado em virtude de situações de cheias ou inundações. Apesar de o Plano (em consulta) não definir estratégias de mitigação para cheias e inundações, o documento ainda em vigor determina:

- Aprofundar a articulação com a APA de modo a acompanhar a evolução do nível das barragens e dos leitos dos cursos de água.
- Realizar, com especial incidência junto da administração local, ações de sensibilização que sustentem a necessidade de observar distâncias entre os aglomerados urbanos e as albufeiras. Realizar ações de sensibilização junto das populações para o reconhecimento dos sinais de alerta e aviso.
- Avaliar a necessidade de ter em reserva (ou definidos locais de fácil abastecimento) meios de reforço de infraestruturas e de contenção das margens dos cursos de água mais suscetíveis como sejam, por exemplo, sacos de areia.
- Apoiar o cumprimento do Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de novembro, que estabelece a obrigatoriedade de elaboração da carta de zonas inundáveis nos municípios com aglomerados urbanos atingidos pelas cheias.

Por fim, os PMEPC. Elaborados pelas câmaras municipais, instituem o modo de atuação dos vários organismos, serviços e estruturas a empenhar em operações de proteção civil à escala do município. Incluem uma tipificação dos riscos, a indicação das medidas de prevenção a adotar, a identificação dos meios e recursos mobilizáveis, a definição das responsabilidades das

---

<sup>14</sup> Conforme refere a Resolução da Comissão Nacional de Proteção Civil n.º 26/2016, de 5 de agosto.

<sup>15</sup> Ao abrigo do n.º 4, do art.º 21.º da LBPC, a Declaração da Situação de Calamidade implica a ativação automática dos planos de emergência de proteção civil do respetivo nível territorial.

estruturas envolvidas, os critérios de mobilização e mecanismos de coordenação dos meios e recursos e a estrutura operacional de resposta. O diretor é o Presidente da Câmara Municipal.

O PMEPC de Olhão foi elaborado em 2011, apesar de só ter sido aprovado em 2014, pela Resolução n.º 31/2014, de 11 de novembro da Comissão Nacional de Proteção Civil. Não se encontra devidamente articulado com o IGT de âmbito municipal, designadamente com o PDM. Esse facto é justificado, no documento, com a desatualização da Planta de Condicionantes do PDM em vigor à data de elaboração do PMEPC. Entre os riscos que identifica como existentes no território concelhio, destaca-se o risco de cheias e inundações.

Na carta de suscetibilidade a cheias e inundações de Olhão pode constatar-se que todas as freguesias apresentam locais com potencial para originar cheias e/ou inundações (figura 8). Na cidade de Olhão, objeto do nosso estudo, o documento refere que “*as potenciais inundações poderão ocorrer devido a dificuldades no escoamento urbano de águas pluviais, principalmente ao longo da Avenida 5 de outubro, no túnel da Avenida da República, no Bairro da Cavalinha e no Bairro 16 de junho*” (PMEPC de Olhão, 2011).

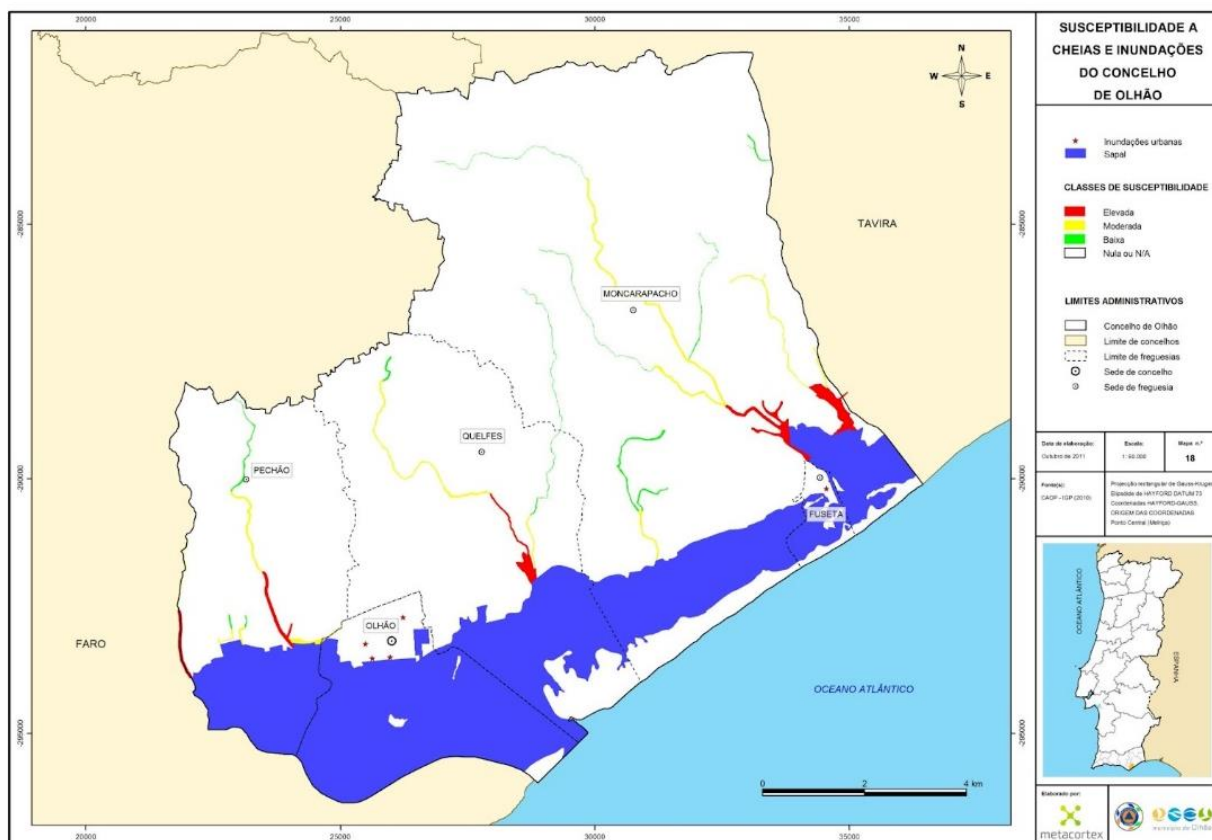


Figura 8: Carta de suscetibilidade a cheias e inundações.  
Fonte: PMEPC de Olhão (2011).

### 2.2.3.1. Planos especiais de emergência

Os planos especiais de emergência (PEE) são elaborados com o objetivo de serem aplicados na iminência ou ocorrência de acidentes graves e catástrofes específicas, cuja natureza requiera uma metodologia técnica e/ou científica adequada, cuja ocorrência no tempo e no espaço seja previsível. Em Portugal, de acordo com o Sistema de Informação para o Planeamento de Emergência da ANEPC, estão aprovados planos especiais de emergência para a seguinte tipologia de riscos:

- Acidentes ferroviários
- Acidentes rodoviários
- Incêndios urbanos e/ou colapso de edifícios
- Cheias e inundações
- Meteorológico
- Incêndios florestais
- Sísmico
- Derrame e/ou dispersão de substância tóxica, incêndio e explosão
- Rutura de barragem
- Substâncias perigosas
- Incêndio/Explosão

No contexto desta investigação interessam, especialmente, os planos especiais de emergência para riscos de cheias e inundações, existindo, segundo a mesma fonte, apenas três aprovados no país:

- Plano Especial de Emergência para Cheias e Inundações no concelho de Coimbra (2017);
- Plano Especial de Emergência para Cheias de Garvão/Funcheira (2017);
- Plano Especial de Emergência para o Risco de Cheias, Inundações e Galgamentos Costeiros de Mafra (2019).

Os PEE para riscos de cheias e inundações visam, designadamente:

- Providenciar, através de uma resposta concertada, as condições e a disponibilização dos meios indispensáveis à minimização dos efeitos de inundações;

- Desenvolver, nas entidades envolvidas nas operações de Proteção Civil e Socorro, o nível adequado de preparação para a emergência, de forma a criar mecanismos de resposta imediata e sustentada, principalmente de prevenção e aviso à população;
- Promover estratégias que assegurem a continuidade e a manutenção da assistência e possibilitem a reabilitação do funcionamento dos serviços públicos e privados essenciais, e das infraestruturas vitais, de modo a limitar os efeitos das inundações;
- Definir os critérios de acesso e mobilização e inventariar os meios e recursos disponíveis para acorrer a inundações;
- Preparar a realização regular de treinos e exercícios, de carácter sectorial ou global, destinados a testar o Plano, permitindo a sua atualização;
- Promover, junto das populações, ações de sensibilização para a autoproteção, tendo em vista a sua preparação e entrosamento na estrutura de resposta à emergência especialmente nos habitantes ou utilizadores de infraestruturas existentes na área com maior probabilidade de danos.

#### **2.2.3.2. Planos prévios de intervenção**

Os Planos Prévios Intervenção (PPI) são um instrumento à disposição dos agentes de Proteção Civil, que possibilitam o desencadeamento sistematizado da resposta às operações de proteção e socorro, permitindo uma melhor articulação e gestão dos meios em vários cenários previamente estabelecidos (ANEPC, 2009). Assim os PPI determinam os princípios funcionais e orientadores aplicados a qualquer acidente, sendo definidas previamente as missões, tarefas e responsabilidades de cada agente de proteção civil. O objetivo principal destes Planos é o da otimização da resposta operacional com base na integração dos meios dos diversos agentes intervenientes na resposta ao acidente com vista à resolução, minimização dos prejuízos, das perdas de vida e ajuda ao restabelecimento da normalidade (ANEPC, 2009). Destinam-se, predominantemente, a operacionalizar os planos de emergência de carácter geral, incorporando os aspetos específicos de determinados perigos de acidentes, das vulnerabilidades das populações, das medidas de proteção e das entidades e meios em concreto a envolver, tendo em atenção a área territorial ou outra passível de ser afetada pela fonte de perigo para a qual o plano é concebido (ANEPC, 2009).



### 2.3. Cartografia de risco de cheias e inundações

Na perspectiva de Mendes (2016), a cartografia de risco traduz-se num conjunto de cartas temáticas que representam espacialmente os diversos riscos, mediante a aplicação de metodologias específicas e de trabalho de campo. Constitui uma das mais importantes ferramentas de apoio à decisão, com um papel preponderante no desenvolvimento de procedimentos de planeamento e ordenamento do território e de planeamento de emergência, sendo integrada em praticamente todos os instrumentos de gestão.

A cartografia de risco de inundação

*(...) apresenta como objetivo demarcar áreas inundáveis e, caso seja possível, relacionar estes dados com as magnitudes de caudal e as próprias frequências de ocorrência, assim como com a identificação dos elementos e processos expostos e respetiva vulnerabilidade (Alonso et al., 2014, p.35).*

Deste modo auxilia a orientar as opções de planeamento, no sentido de evitar a ocupação de áreas territoriais de maior suscetibilidade, orientando as decisões de gestão territorial com vista a melhorar as condições de desempenho de equipamentos e infraestruturas vitais e estratégicas (Julião et al., 2009), estando, assim, associada à decisão-ação técnico-política (Alonso et al., 2014). De igual modo, permite definir as melhores estratégias de resposta à emergência, testar a eficácia dos meios e recursos existentes, perceber os estrangimentos físicos e funcionais à mobilidade e encontrar alternativas de gestão integrada (Sá & Sacadura, 2013). Ademais, possibilita consciencializar as populações das condições territoriais em que se encontram, riscos que correm e opções que podem tomar (Teles, 2010).

Para Dias et al. (2010), autores do “*Guia Metodológico para a Produção de Cartografia de Risco de Inundações*”, a cartografia de risco de inundações engloba a representação geográfica das características das inundações, dos elementos expostos<sup>16</sup> e o resultado da avaliação de risco desses elementos segundo vários critérios. É constituída, entre outras, pelas cartas de áreas inundáveis, de suscetibilidade, de elementos expostos e de risco de inundações.

As cartas de áreas inundáveis consistem na delimitação geográfica das áreas que poderão ser afetadas por inundações de acordo com uma ou várias probabilidades, entre as quais o período

---

<sup>16</sup> Os elementos expostos correspondem, segundo Julião et al. (2009), a população, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas, etc., expostos (potencialmente afetáveis) a um processo perigoso, num determinado território.



de retorno<sup>17</sup> (EXCIMAP, 2007, *apud* Dias *et al.*, 2010); As cartas de perigosidade representam a delimitação de áreas onde a inundação pode ocorrer, desagregada por diferentes graus de probabilidade (baixo, médio e alto ou períodos de retorno), tendo associado informações sobre o tipo de inundação, a extensão da inundação, a profundidade e, onde seja pertinente, a velocidade e/ ou direção das correntes relevantes (Moel *et al.*, 2009, *apud* Dias *et al.*, 2010); As cartas de caracterização dos elementos expostos consistem na representação cartográfica dos elementos expostos às inundações e da sua tipificação, podendo englobar temas diversos como o ambiente, o património histórico, as infraestruturas, as atividades económicas ou outros relevantes para o objetivo da análise de risco (Schanze *et al.*, 2006, *apud* Dias *et al.*, 2010); Por fim, os mapas de risco de inundação que espacializam as potenciais consequências adversas associadas às inundações, sendo estas resultado da agregação das perdas associadas a vários graus de probabilidade de ocorrência, podendo o risco ser apresentado em valor monetário, em percentagem de dano ou de forma qualitativa (Dias *et al.*, 2010).

As figuras seguintes ilustram exemplos dos diferentes tipos de cartografia relacionadas com inundações.

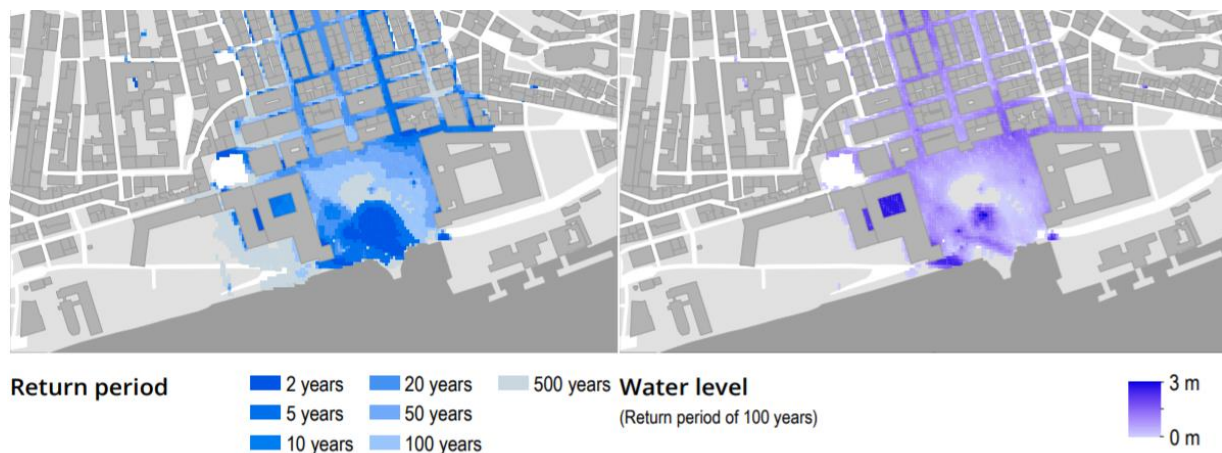


Figura 9: Exemplo dos diferentes tipos de cartografia relacionada com inundações. Carta de áreas inundáveis (à esquerda) e carta de perigosidade de inundação (à direita).

Fonte: Dias *et al.* (2010).

<sup>17</sup> O período de retorno consiste na probabilidade de repetição de uma inundação com uma determinada magnitude, sendo geralmente definido pelo número médio em anos entre a ocorrência de dois eventos sucessivos com uma magnitude idêntica (Andrade *et al.*, 2006, *apud* Dias *et al.*, 2010).

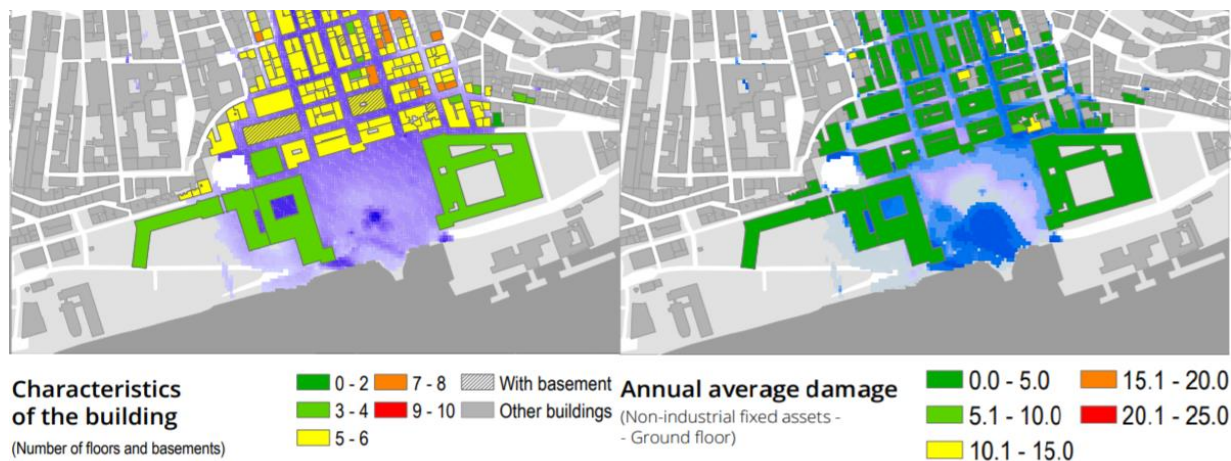


Figura 10: Exemplo dos diferentes tipos de cartografia relacionada com inundações. Carta de exposição a inundações (à esquerda) e Carta de risco de inundações (à direita).

Fonte: Dias *et al.* (2010).

Existem, no entanto, outras metodologias para estimar e cartografar o risco de inundação. O Despacho n.º276060/2008, de 29 de outubro, dos Secretários de Estado da Proteção Civil e do Ordenamento do Território e das Cidades, reconhecendo que esta cartografia “*é fundamental para o planeamento de ações de prevenção, para a identificação e delimitação das zonas potencialmente afetadas e para a consequente afetação e otimização de recursos*”, e defendendo que deve existir uma metodologia comum para a sua elaboração em matérias de proteção civil e de ordenamento do território, determinou a elaboração do “*Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de SIG de Base Municipal*”.

Esse Guia, produzido por Julião *et al.* (2009), foi publicado pela ANEPC, e nele encontram-se definidos os conceitos e componentes associados à avaliação do risco (incluindo de cheias e inundações) e expostas metodologias para a produção de cartografia, à escala municipal. Demonstra a inevitabilidade da utilização de informação georreferenciada, pela adoção de SIG, a interoperabilidade entre sistemas e o cumprimento das exigências estabelecidas na lei sobre cartografia (Decreto-Lei n.º 141/2014, de 19 de setembro<sup>18</sup>) no que se refere à utilização de cartografia oficial ou homologada, seja ela de base ou temática.

De acordo com o mesmo documento, a utilização de métodos de análise para avaliação da suscetibilidade à ocorrência de cheias deve considerar de forma diferenciada as áreas urbanas

<sup>18</sup> Estabelece os princípios e normas a que deve obedecer a produção cartográfica no território nacional.

e as áreas rurais, tendo sempre por base a totalidade da bacia hidrográfica e as componentes que diretamente influenciam a suscetibilidade, prevendo as seguintes abordagens:

Uma em que as variáveis consideradas fundamentais são a área de acumulação potencial do escoamento, a permeabilidade e o declive. Neste modelo simplificado, não são utilizadas variáveis relativas à precipitação nem à ocupação do solo, e a precipitação é considerada um parâmetro constante ao longo das bacias hidrográficas. O modelo também não assume os efeitos de evapotranspiração, nem da retenção pelo coberto vegetal; outra para os casos em que existam dados hidrométricos e pluviométricos adequados (séries temporais de dados), podendo ser aplicados diferentes modelos hidrológicos ou hidráulicos (Julião *et al.*, 2009).

Nos casos em que a inundação se deve à subida da toalha freática, o Guia adverte que deve ter-se em conta a permeabilidade e a topografia das zonas mais baixas. Adicionalmente, a identificação das áreas afetadas poderá efetuar-se através de levantamento de campo, tendo por base as evidências/marcas das inundações. No caso das áreas afetadas por inundações devidas à sobrecarga dos sistemas de drenagem urbanos, a sua identificação deve considerar a área de acumulação potencial do escoamento, a topografia, a malha urbana e a capacidade de vazão desses sistemas (Julião *et al.*, 2009).

Pese embora os municípios tenham a possibilidade de aprofundar a avaliação do risco de inundações, seja pela avaliação da perigosidade, seja pela análise quantitativa do risco, sustentada pela avaliação prévia da vulnerabilidade e do valor dos elementos expostos, esta é a metodologia mais seguida, sendo também a que foi usada na elaboração do PMEPC de Olhão.

Além das metodologias de análise multicritério, como as que acabamos de explicar, existem as metodologias de modelação hidráulica que utilizam *software* para modelação do perímetro de inundação e de velocidade de corrente (Gonçalves, 2012). A metodologia utilizada pela APA (2016) na elaboração das Cartas de Zonas Inundáveis (com a delimitação da extensão da inundação, das profundidades de água e das velocidades expectáveis na área inundada) e das Cartas de Riscos de Inundações (com a identificação dos impactos na população, nas atividades económicas, no ambiente e no património) no PGRI é disso exemplo.

#### **2.4. Sistemas de alerta e aviso**

A prevenção de riscos coletivos e a proteção e socorro das pessoas e bens em perigo, são um dos principais desígnios da proteção civil. Para o seu cumprimento é fundamental assegurar a

divulgação das informações relevantes. Os sistemas de alerta e aviso assumem um papel preponderante ao garantirem uma atempada comunicação às estruturas de proteção civil e socorro, bem como uma oportuna informação à população potencialmente afetada pela iminência ou ocorrência de um acidente grave ou catástrofe. Em Portugal, a publicação do Decreto-Lei n.º 2/2019, de 11 de janeiro, veio instituir orientações com vista à implementação destes sistemas, sendo que, no âmbito das inundações rápidas, a imprevisibilidade da precipitação torna o processo bastante complexo.

Com efeito, importa clarificar que sistemas de alerta e aviso não são sinónimos. Porquanto, o alerta (especial), nos termos do Decreto-Lei mencionado, respeita à

*comunicação ao sistema de proteção civil da iminência ou ocorrência de um acidente grave ou catástrofe, acompanhada dos elementos de informação essenciais ao conhecimento da situação, de modo a permitir o desencadear de ações complementares no âmbito da proteção e socorro, de acordo com os princípios dispostos no Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro (SIOPS) (Decreto-Lei n.º 2/2019, de 11 de janeiro).*

A Diretiva Operacional n.º 1 do Dispositivo Integrado das Operações de Proteção e Socorro (DIOPS), define cinco níveis progressivos de alerta, estabelecidos pelo Centro de Coordenação Operacional Nacional que, face à tipologia dos eventos, matriz de risco e grau de prontidão e mobilização das estruturas de proteção e socorro, envia determinações através de Comunicados Técnicos Operacionais:

Quadro 3: Estados de alerta especial.

ESTADOS DE ALERTA				
NORMAL	ESPECIAL			
VERDE	AZUL	AMARELO	LARANJA	VERMELHO
Situação de normalidade e monitorização. É improvável a ocorrência de fenómenos que representem ameaça para pessoas e bens.	GRAU DE RISCO MODERADO  Existência de condições para a ocorrência de fenómenos com dimensão e magnitude normais. As pessoas devem manter-se informadas sobre o evoluir da situação.	GRAVIDADE MODERADA E PROBABILIDADE MÉDIA-ALTA  Previsibilidade de ocorrência de fenómenos que, não sendo invulgares, podem representar um dano potencial para pessoas e bens.	GRAU DE RISCO ELEVADO  Situação de perigo, com condições para a ocorrência de fenómenos invulgares que podem causar danos a pessoas e bens, colocando em causa a sua segurança.	GRAU DE RISCO EXTREMO  Situação de perigo extremo, com possibilidade da ocorrência de fenómenos de intensidade excepcional, dos quais é muito provável que resultem danos muito relevantes e uma redução muito significativa da segurança das pessoas, podendo ameaçar a sua integridade física ou mesmo a vida, numa vasta área.

Fonte: ANEPC, 2018.

O Aviso (de proteção civil), por seu turno, refere-se, segundo o mesmo normativo legal, à

*comunicação dirigida à população potencialmente afetada pela iminência ou ocorrência de um acidente grave ou catástrofe, de modo a fornecer informação relacionada com o evento em causa e sobre as medidas de autoproteção a adotar, podendo ser enquadrada como aviso preventivo ou aviso de ação, consoante o fim a que se destina* (Decreto-Lei n.º 2/2019, de 11 de janeiro).

No caso do aviso preventivo o objetivo é o de informar a população sobre o aumento de um determinado risco numa determinada área geográfica. Já o aviso de ação, pretende induzir a população a adotar medidas de autoproteção concretas em caso de ocorrência de um acidente grave ou catástrofe num período temporal específico. Os avisos meteorológicos emitidos pelo IPMA têm como objetivo informar as autoridades de proteção civil e a população em geral para a ocorrência de situações meteorológicas de risco, que nas 24 horas seguintes possam causar danos ou prejuízos a diferentes níveis, dependendo da sua intensidade. Abrangem, entre outras, as situações de precipitação intensa, sendo emitidos à escala distrital, segundo uma tabela de cores que reflete o grau de intensidade do fenómeno:

Quadro 4: Cores dos avisos meteorológicos.

CINZENTO	VERDE	AMARELO	LARANJA	VERMELHO
Informação em actualização.	Não se prevê nenhuma situação meteorológica de risco.	Situação de risco para determinadas atividades dependentes da situação meteorológica. Acompanhar a evolução das condições meteorológicas.	<b>RISCO MODERADO A ELEVADO</b> Manter-se ao corrente da evolução das condições meteorológicas e seguir as orientações da ANPC.	<b>RISCO EXTREMO</b> Manter-se regularmente ao corrente da evolução das condições meteorológicas e seguir as orientações da ANPC.

Fonte: ANEPC, 2018.

De salientar que a conceção de sistemas de alerta e de aviso capazes de prever com alguma antecedência a possibilidade da ocorrência de precipitações intensas e os seus efeitos, em muito facilitaria a tomada de decisões e o acionamento de planos. No entanto, como se referiu, o carácter de imprevisibilidade das precipitações não os torna viáveis.

## **PARTE II – ESTUDO DE CASO**

“*Mataram o rio da minha aldeia, e em seguida meteram-no num ataúde.*”

Poeta espanhol desconhecido

## CAPÍTULO III

### 3. Caracterização da área de estudo

A suscetibilidade relativa às inundações urbanas é, como se explicou no primeiro capítulo, condicionada pela conjugação de um conjunto de fatores permanentes, desencadeantes e agravantes, que influenciam a magnitude do fenómeno. Assumem especial preponderância as características físicas da bacia hidrográfica (e as modificações antrópicas introduzidas), as condições meteorológicas relacionadas com a precipitação, bem como as características da rede de drenagem de água pluviais, e a própria ocupação do solo influenciada pelas dinâmicas demográficas. Neste capítulo proceder-se-á à caracterização da área de estudo, a diferentes escalas, consoante a análise pretendida, numa tentativa de compreensão e sistematização dos fatores que influenciam a probabilidade de ocorrência e magnitude das inundações na área urbana de Olhão.

#### 3.1. Enquadramento geográfico

A área concreta objeto deste estudo corresponde à área urbana da cidade de Olhão, com cerca de 5,79 km<sup>2</sup> e as microbacias hidrográficas aí existentes. Não obstante, alguns pontos da avaliação têm por base a totalidade da bacia hidrográfica. Esta situa-se no Sotavento Algarvio e engloba parcialmente os concelhos de Faro e Olhão, ambos no distrito de Faro, região e sub-região do Algarve (NUT II e III, respetivamente). Interseta as freguesias de Montenegro, Faro (Sé e São Pedro), Conceição e Estoi (no concelho de Faro), e as freguesias de Olhão, Pechão, Quelfes (no concelho de Olhão), sendo nestas três últimas que se localiza a área urbana da cidade em estudo. Com uma superfície de cerca de 76,12 km<sup>2</sup>, esta bacia hidrográfica integra a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, mais concretamente a sub-bacia do Sotavento, designando-se, de acordo com a APA, por “*Ria Formosa WB2*”. Para além da área urbana de Olhão, abrange também a área urbana da cidade de Faro e está representada nas folhas números



607, 610 e 611 da Cartografia Militar. Na figura 11 pode observar-se o enquadramento geográfico da bacia hidrográfica, bem como da área de estudo.

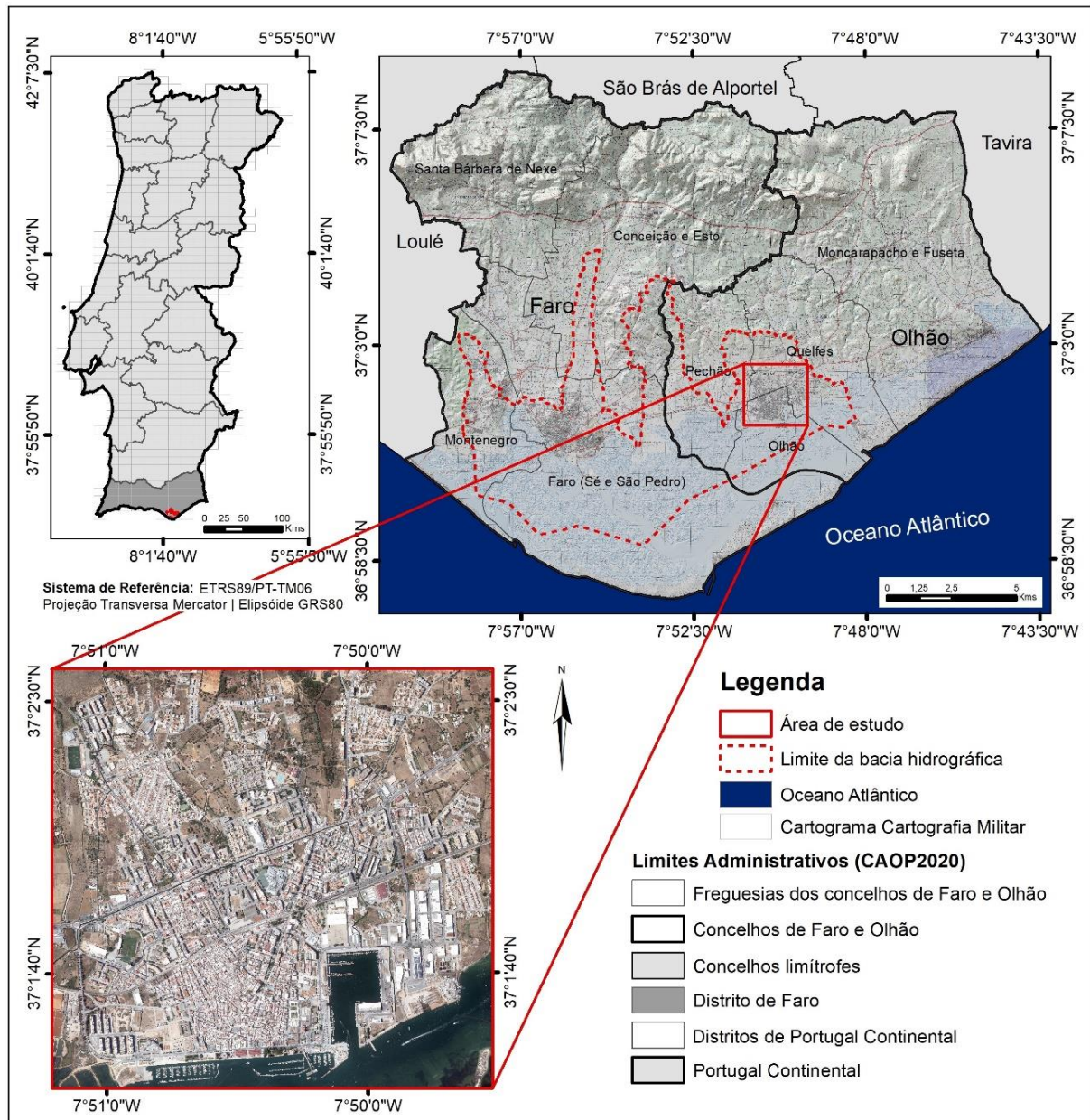


Figura 11: Enquadramento geográfico da área de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

### 3.2. Caracterização física

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica ocorre em função das suas características geomorfológicas (forma, altimetria, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo de cobertura vegetal (Lima, 1986, *apud* Oliveira, *et al.*, 2018).



Nesse sentido, é importante proceder-se à caracterização física da bacia hidrográfica onde se insere a área de estudo, em especial das micro bacias que integram a área urbana da cidade, de forma a compreender a influência que os seus atributos detêm na infiltração, no escoamento e, em última análise, nas inundações.

### 3.2.1. Hipsometria e declives

A figura 12 mostra a representação gráfica da bacia hidrográfica com o relevo organizado segundo classes de altimetria que oscilam entre os 0 e os 102 metros. Foi produzido com base no MDE (*Digital Elevation Model*) conseguido a partir das curvas nível com uma equidistância de 10 metros. Procedeu-se, seguidamente, à criação da respetiva tabela de atributos na qual foi calculada a percentagem de área de cada classe altimétrica. Conclui-se que a maior parte da bacia hidrográfica (cerca de 58,5%, o que equivale a cerca de 44,5 km<sup>2</sup>) não ultrapassa os 5 metros de altitude e apenas 0,8% (menos de 1 km<sup>2</sup>) vai além da cota dos 80 metros. Na área concreta objeto do nosso estudo as cotas altimétricas variam entre os 0 e os 34 metros, predominando as classes até aos 10 metros (cerca 62%).

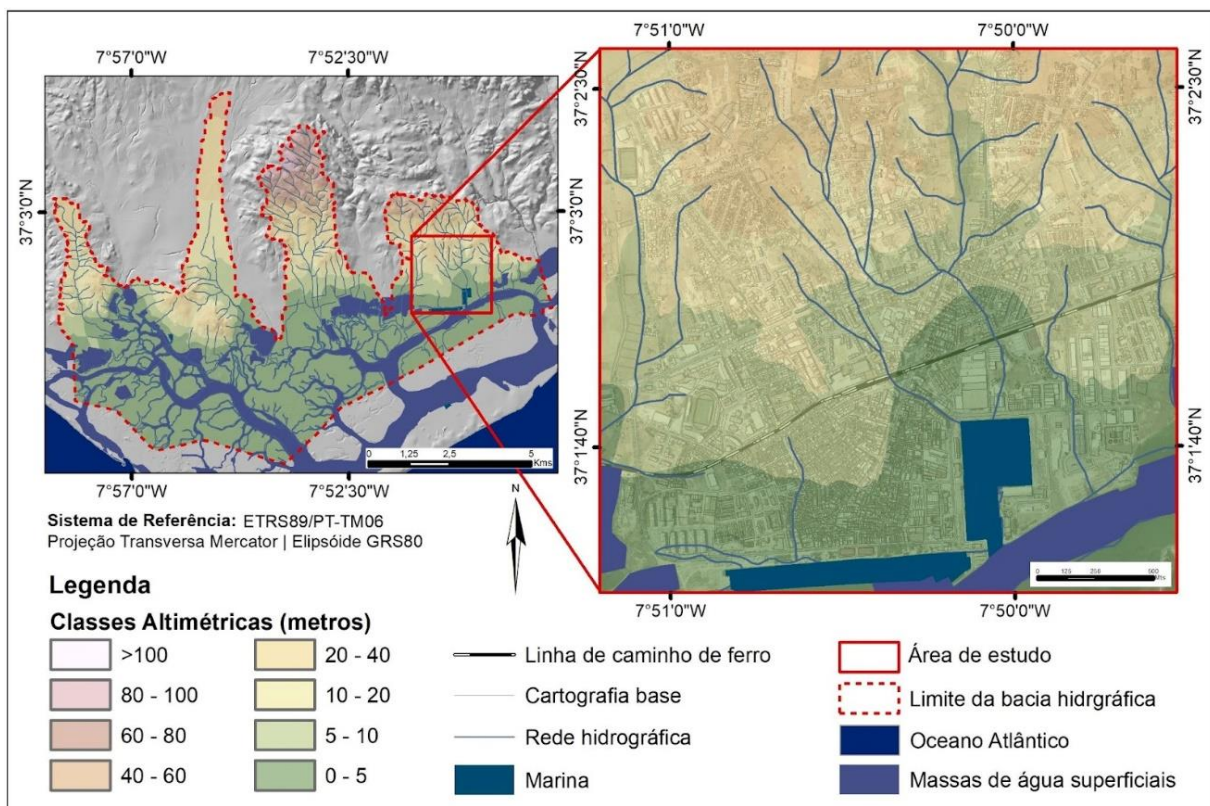


Figura 12: Hipsometria da bacia hidrográfica e da área de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

Do ponto de vista orográfico, pode afirmar-se que a bacia hidrográfica se desenvolve desde a costa até ao interior numa sucessão de duas zonas naturais bem marcadas. A sul uma zona lagunar integrada na Ria Formosa, que morfologicamente se caracteriza por ser plana ou apresentar declives suaves e pouco expressivos, por se apresentar coberta de água e por se encontrar profundamente sulcada por esteiros e canais relativamente largos. E, imediatamente a seguir, uma zona com declives um pouco mais pronunciados. Ainda assim, trata-se de uma bacia hidrográfica onde os declives não são muito significativos devido, sobretudo, às baixas altitudes que apresenta. Em termos quantitativos, 94,7% da área da bacia hidrográfica apresenta declives até 8%, cerca de 5% entre os 8% e os 20%, e menos de 0,2% declives superiores a 20%.

Na figura 13 apresenta-se cartograficamente essa distribuição, sendo possível aferir que a montante da área de estudo, onde o relevo é um pouco mais saliente, se registam declives mais acentuados, favorecendo a escorrência das águas pluviais e, conseqüentemente, o tempo que leva a água a concentrar-se nos leitos fluviais (Lencastre & Franco, 1992). Por outro lado, os declives mais baixos (que caracterizam a área de estudo) vão provocar uma diminuição da velocidade de escoamento superficial e, por conseguinte, favorecer a ocorrência de inundações.

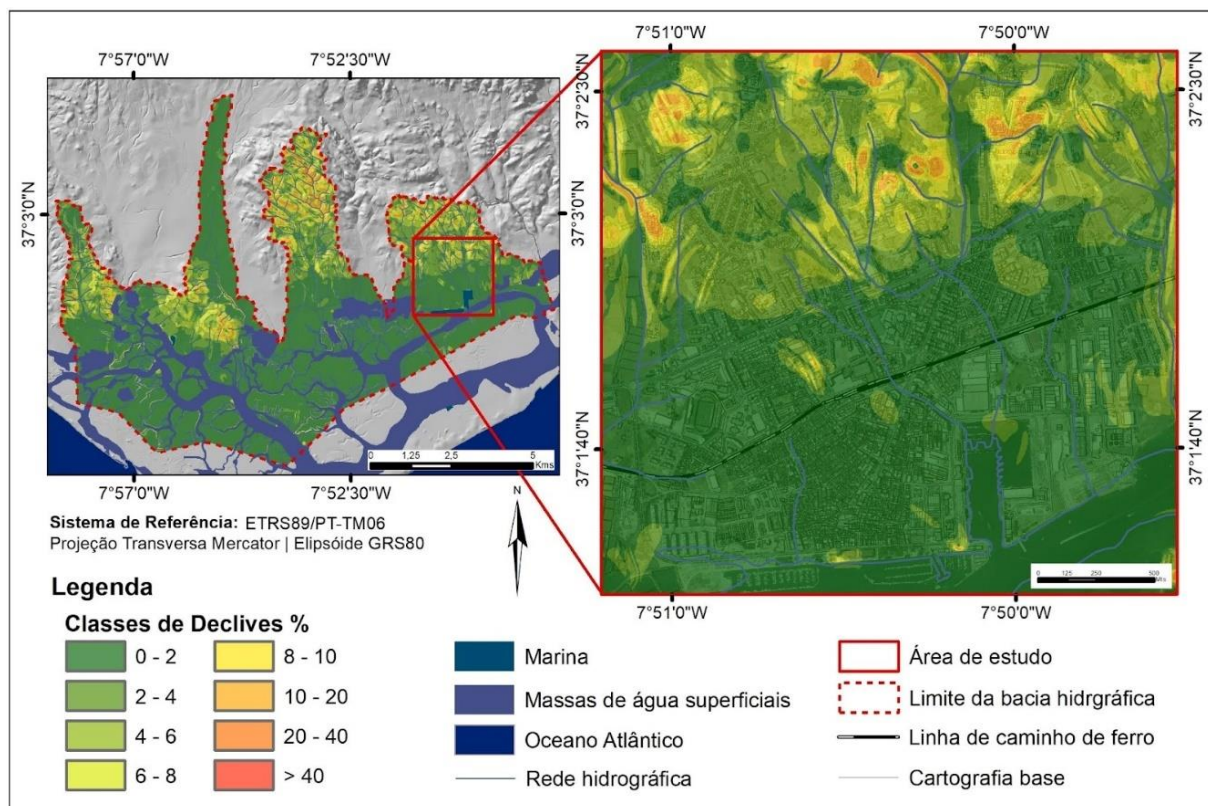


Figura 13: Declives da bacia hidrográfica e da área de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

De facto, conforme assevera Paiva (2019, pp.63), os declives “*afetam não apenas a capacidade de erosão e transporte das águas de escorrência, como interferem na capacidade de infiltração e na velocidade de escoamento*” afetando a magnitude das pontas de cheia (Madeira, 2005).

### 3.2.2. Geologia e solos

As características geológicas da bacia condicionam o tipo de solo presente e, conseqüentemente, a distribuição e o movimento da água na bacia, sendo o regime de escoamento tanto mais constante quanto maior for a permeabilidade dos seus solos e formações geológicas (Guimarães, 2017).

Segundo a Carta Geológica de Portugal, folha n.º53-A – Faro, 1985, cujo extrato se apresenta na figura 14, e respetiva Notícia Explicativa, a zona mais a sul da bacia hidrográfica é, na generalidade, formada por aluviões, sendo que parte destes se desenvolvem por uma extensa área de sapais, compostos essencialmente por lodos, expostos em maior área aquando da baixa mar. Os aluviões predominam na metade sul da cidade de Olhão. Verificam-se ainda depósitos do Plio-Plistocénico que litologicamente correspondem a arenitos mais ou menos desagregados superficialmente, de espessura variável, assentes sobre unidades do Mesozóico. Designada por “*Formação de Ludo*”, é constituída na base por sedimentos arenosos feldspáticos, maioritariamente de cor branca, granularidade média a grosseira, com níveis de seixos bem rolados, em especial na parte inferior. De uma forma geral são sedimentos correspondentes a ambiente fluvial, com intercalações de sedimentos que sugerem ambiente marinho, e constituem a metade norte da cidade em estudo. Estas formações caracterizam-se por uma permeabilidade e porosidade elevadas, o que favorece a infiltração da água, em detrimento do escoamento superficial.

Os siltes glauconíticos de Campina de Faro (Tortoniano superior do Miocénico) afloram na periferia oriental de Faro, compreendendo siltes, localmente ricos de glauconite. No sector mais a norte da bacia hidrográfica existe uma faixa de afloramentos quase contínuos do Cretácico, composta por calcários, margas e dolomitos, menos permeáveis. Na parte norte da “língua” mais estreita e extensa da bacia hidrográfica, na zona do Besouro, surge um depósito de terraços fluviais do Plistocénico, composto por cascalheiras. Nessa zona está identificada uma falha provável orientada no sentido N-S, com cerca de 7 km, que acompanha o limite poente daquela



"língua". No que concerne à hidrogeologia, a área em estudo integra a Orla Mesocenozóica Meridional, e é abrangida pelo sistema aquífero da Campina de Faro.

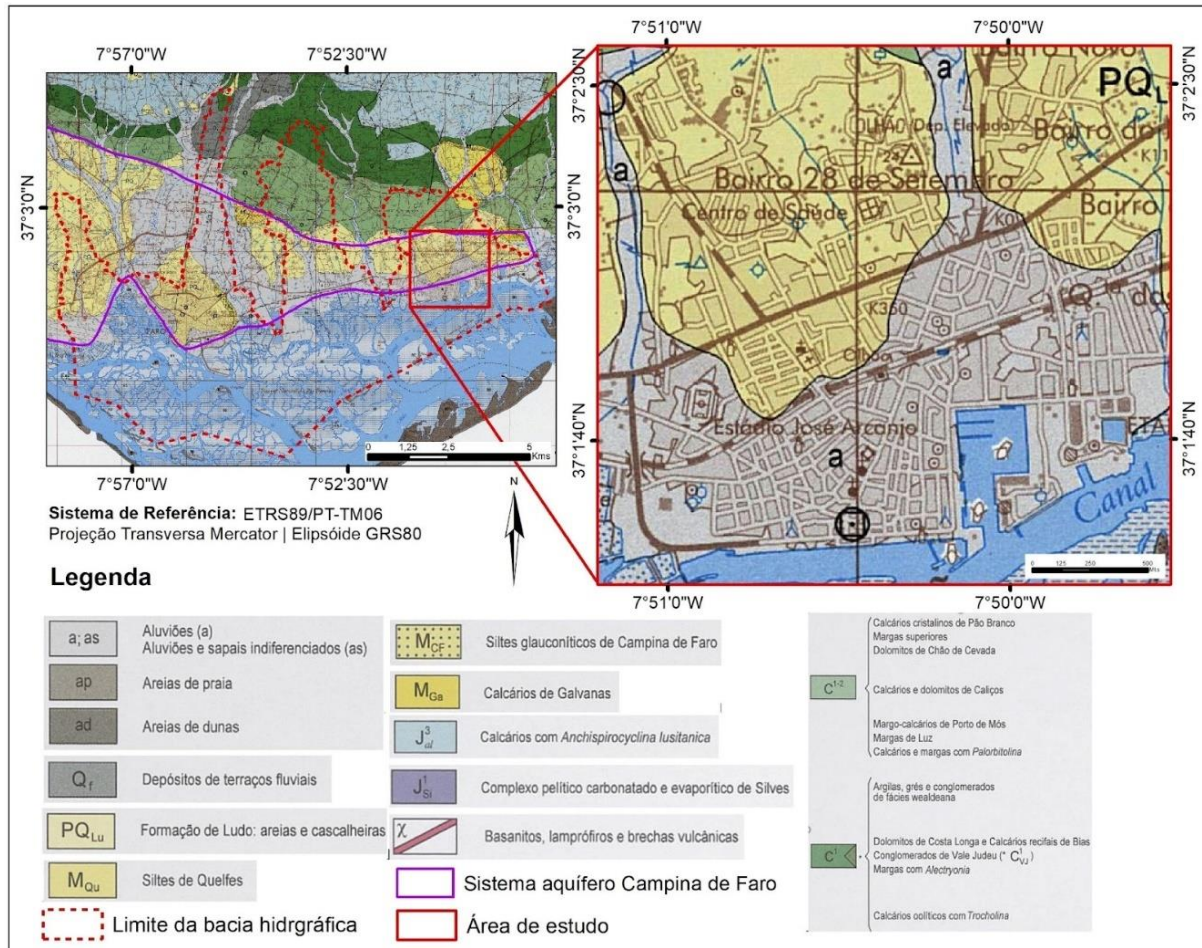


Figura 14: Geologia e hidrogeologia da bacia hidrográfica e da área de estudo.  
 Fonte: Elaboração própria.

Quanto ao tipo de solo, atendendo às características do substrato geológico e tendo por base as notas de Driessen (2001) sobre os principais solos do mundo, irão encontrar-se, principalmente, *solonchaks*, concretamente *solonchaks gleizados*, caracterizados por estarem mais húmidos ou mesmo saturados de água, salinizados e por isso com fraca aptidão agrícola; *cambissolos*, nomeadamente *êutricos*, (bastante incipientes, e com forte aptidão agrícola) e *crómicos calcários*; *Fluissolos calcários*, geneticamente mais jovens, com características argilosas, mais porosos, por vezes húmidos por influência das marés e com alta saturação de sódio; e ainda *luvisolos*, nomeadamente *rodocrómicos*, em geral com propriedades físicas que lhe conferem alguma aptidão agrícola, apresentam normalmente boa permeabilidade (figura 15).

No entanto, na área de estudo, por estar inserida em ambiente urbano, a litologia não apresenta grande influência devido à impermeabilização dos terrenos (Oliveira & Ramos, 2002).

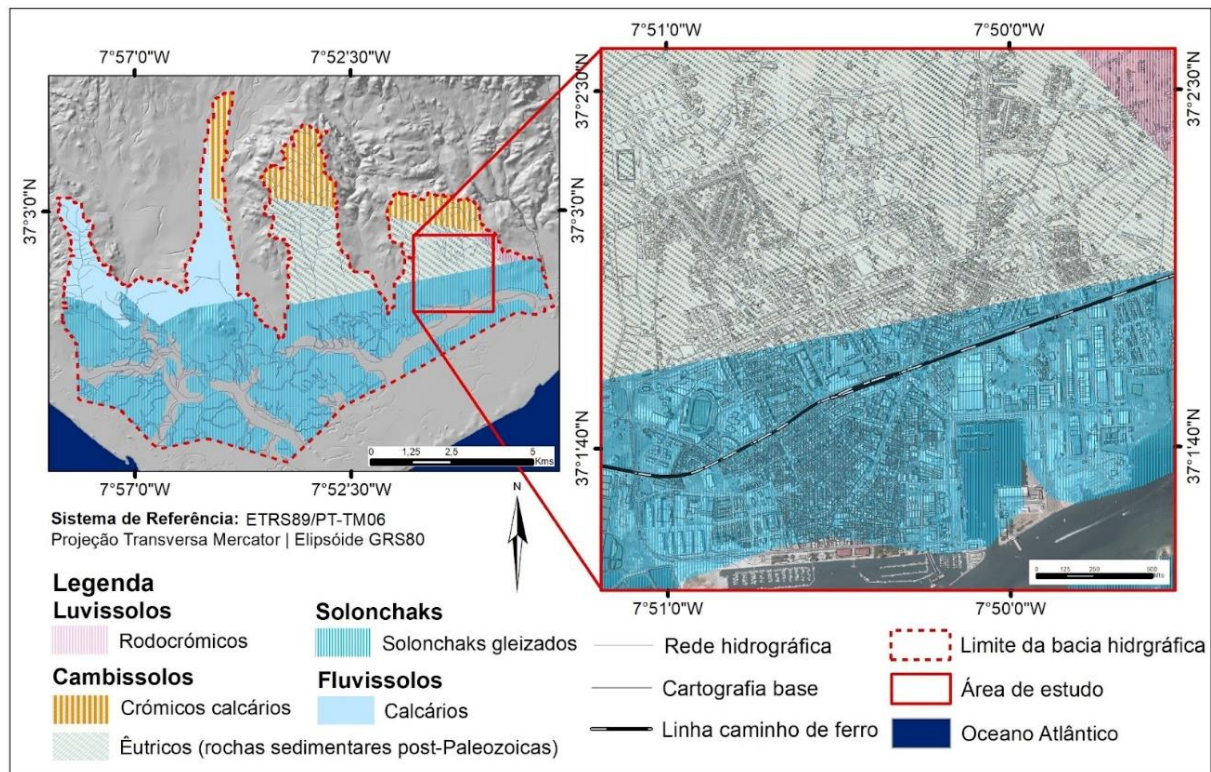


Figura 15: Solos da bacia hidrográfica e da área de estudo.  
 Fonte: Elaboração própria.

### 3.2.3. Hidrografia e hidrologia

Como se disse, a bacia hidrográfica em estudo faz parte integrante de uma outra, muito mais vasta, a das Ribeiras do Algarve. Insere-se no sistema lagunar de Faro – Olhão, correntemente designado por Ria Formosa, corresponde a um sistema de características únicas em Portugal (Mannupella, *et al.*, 2007). Trata-se de uma bacia de pequena dimensão, fortemente modificada, cujos cursos de água têm a particularidade de serem pouco hierarquizados (Pires, 2017) e manterem a individualidade até atingirem o mar (APA, 2016). A maioria possui um regime torrencial, com caudais nulos ou muito reduzidos durante uma parte do ano, correspondente ao período de estiagem. A orientação geral dos cursos de água principais é perpendicular à costa, tendo a maioria uma extensão inferior a 7 km. Entre os principais cursos de água da bacia hidrográfica, destaca-se a Ribeira da Meia Légua, no concelho de Faro. Considerando a especificidade da bacia no que à sua rede hidrográfica diz respeito, e uma vez que neste estudo



nos interessa, objetivamente, estudar a problemática das inundações na cidade de Olhão, optou-se pela análise das microbacias com influência direta neste território.

Salienta-se que grande parte das linhas de água que atravessam o espaço urbano consolidado de Olhão, apesar de representadas na cartografia militar (mais antiga), não têm representação na cartografia numérica vetorial (mais recente) pelo que, com base na primeira, foi necessário proceder à sua vetorização. De facto, não é só na cartografia que deixaram de ter representação, também no terreno deixou de ser possível identificá-las, ou porque foram absorvidas pela impermeabilização sistémica das áreas onde corriam, ou porque foram canalizadas ou desviadas, ou, ainda, porque mudaram os seus regimes. Assim, embora atualmente sejam raros os cursos de água subaéreos que atravessam sectores muito restritos da cidade, a análise da rede de drenagem antiga é importante, dado que os antigos talvegues se conservam, apesar da urbanização, definindo áreas deprimidas onde se concentra o escoamento aquando das grandes chuvadas (Oliveira & Ramos, 2002).

Na figura 16 representam-se as linhas de água existentes atualmente e as que constavam na cartografia mais antiga. Representa-se, igualmente, a rede hidrográfica hierarquizada segundo

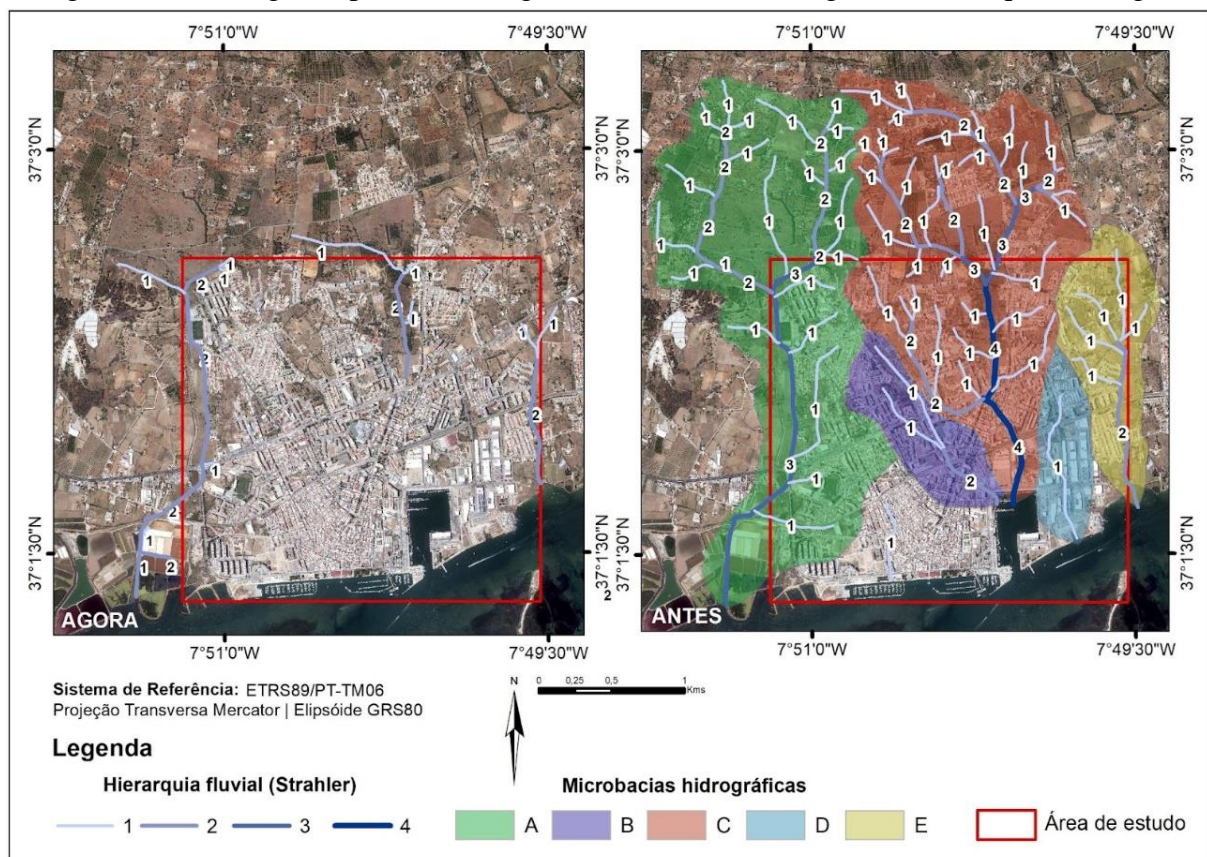


Figura 16: Representação da rede hidrográfica atual vs antiga; Classificação dos cursos de água segundo Horton-Strahler; Delimitação das microbacias hidrográficas.

Fonte: Elaboração própria.

Horton-Strahler, bem como a delimitação das cinco microbacias (A, B, C, D e E) com influência na área em estudo.

A sua análise permite concluir que foram vários os cursos de água modificados, não só os de ordens mais secundárias na hierarquia, mas também cursos de água principais. Salienta-se que o grau hierárquico dos canais de escoamento reflete o processo de evolução da rede fluvial, sendo os de ordem inferior os mais jovens e os de ordem superior os que revelam as fases de evolução mais antigas (Ramos, 1994). Como se observa, apenas a microbacia hidrográfica C apresenta um canal de ordem 4. Todas as outras são ainda mais jovens.

Seguidamente apresentam-se as cinco microbacias hidrográficas e respetivas análises morfométricas sucintas, que incluem o tratamento quantitativo de alguns elementos, nomeadamente relacionados com a forma e a extensão, por delas dependerem, em larga medida, as quantidades de precipitação recebida (Lourenço, 1989).

Quadro 5: Parâmetros para a aferição de algumas características morfométricas das microbacias hidrográfica.

	<b>Microbacia</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	3,51	0,58	3,16	0,41	0,86
<b>Perímetro (km)</b>	10,53	3,6	8,41	3,05	4,47
<b>Comprimento (km)</b>	3,64	0,58	3,19	1,37	0,86
<b>Largura máxima(km)</b>	1,45	0,60	1,75	0,42	0,745
<b>Comprimento total dos canais (km)</b>	24,64	2,04	17,93	1,08	4,32

Quanto à forma, especialmente importante para determinar o tempo de concentração das águas, ou seja, o tempo que a água despende para, da parte mais afastada da bacia, atingir a sua desembocadura, a partir do momento em que se inicia a precipitação (Lourenço, 1989), foram calculados diversos índices (ou coeficientes) morfométricos, os quais se descrevem seguidamente, e cujos resultados são apresentados no quadro 6:

Quadro 6: Índices comparativos para as microbacias hidrográficas em estudo.

	<b>Microbacia</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Coefficiente de compacidade (Kc)</b>	1,574	1,324	1,325	1,334	1,350
<b>Índice de circularidade (Ic)</b>	0,398	0,562	0,561	0,554	0,541 km
<b>Índice de alongamento da bacia (Ia)</b>	0,581	1,482	0,629	0,527	1,217

<b>Fator de forma (Kf)</b>	0,964	1,000	0,991	0,299	1,000	km
<b>Índice de forma (S)</b>	1,037	1,000	1,009	3,341	1,000	km <sup>-1</sup>
<b>Relação entre comprimento e área (Ico)</b>	1,943	0,762	1,795	2,140	0,927	
<b>Índice de homogeneidade (Ih)</b>	2,810	2,712	1,737	3,913	2,608	
<b>Índice lemniscato (KI)</b>	0,944	0,145	0,805	1,144	0,215	km

- Coeficiente de compacidade<sup>19</sup> (Kc) (ou Índice de GRAVELIUS), que compara a forma da bacia com a de um círculo, definindo-se como a relação existente entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo com área igual à da bacia. Esta circularidade de uma bacia hidrográfica será então propícia à ocorrência de grandes cheias, uma vez que essa tendência “*será tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor deste coeficiente*” (Lencastre & Franco, 1984). Verifica-se que as microbacias analisadas apresentam valores superiores a 1, revelando não assumirem uma forma que potencie a ocorrência de picos de cheia.
- Índice de circularidade<sup>20</sup> (Ic), que também compara a forma da bacia com um círculo, no entanto, para este, ao contrário do que acontece com o coeficiente de compacidade, o valor máximo é igual à unidade, o que corresponderá a bacias perfeitamente circulares. Os índices obtidos indicam que estas microbacias, em condições normais de precipitação, são pouco suscetíveis a cheias.
- Índice de alongamento da bacia<sup>21</sup> (Ia), que é outro índice em que o círculo é a figura geométrica de referência. Traduz a relação existente entre o diâmetro de um círculo com a área igual à da bacia, pelo maior comprimento da mesma. O valor máximo é também igual à unidade e será tanto mais próximo do zero quanto mais alongada for a bacia. Os resultados revelam a forma alongada das microbacias e conseqüentemente a menor propensão para cheias, confirmando os valores obtidos para os índices anteriores.

$$^{19} Kc = 0,28 \frac{\text{Perímetro da Bacia (km)}}{\sqrt{\text{Área}}}$$

$$^{20} Ic = \frac{4\pi \text{Área (km}^2\text{)}}{\text{Perímetro}^2(\text{Km})}$$

$$^{21} Ia = \frac{2\sqrt{\frac{\text{Área (Km}^2\text{)}}{\pi}}}{\text{Comprimento Máximo da Bacia (km)}}$$



- Fator de forma<sup>22</sup> (Kf), em que a figura geométrica de comparação é o retângulo, e define a relação entre a largura média e o comprimento da bacia, o que é equivalente à relação da área da bacia pelo quadrado do comprimento da bacia. O valor máximo possível de obter é igual à unidade e será tanto menor quanto mais alongada for a bacia. Segundo Lencastre & Franco (1984) “*uma bacia com um fator de forma baixo encontra-se menos sujeita a cheias*”. Quanto a este índice, os resultados ratificam a forma das microbacias, verificando-se que a microbacia D é a que apresenta o valor menor sendo, por conseguinte, a menos suscetível a inundações.
- Índice de forma<sup>23</sup> (S), que é basicamente o inverso do anterior, será tanto maior quanto mais alongada for a bacia e varia desde a unidade até algumas dezenas, o que permite uma melhor diferenciação da forma das bacias. Os resultados do cálculo deste índice reafirmam a forma mais alongada da microbacia D.
- Relação entre comprimento e área da bacia<sup>24</sup> (ICo) obtido através da divisão do maior comprimento da bacia pela raiz quadrada da sua área, permite verificar o alongamento ou alargamento das bacias. Valores menores que a unidade significam que a bacia tem uma forma alargada; valores superiores, significam que é mais alongada. Conclui-se que as microbacias A, C e D são mais largas que as restantes.
- Índice de homogeneidade<sup>25</sup> (Ih) que compara a forma da bacia com um óvulo. Quando a bacia apresenta uma forma ovoide, os valores andam próximos da unidade e tendem para zero à medida que a forma da bacia se afasta daquela, tornando-se mais irregular. Observa-se que as microbacias estudadas revelam alguma homogeneidade, apresentando todas valores superiores à unidade. A microbacia D, destaca-se por apresentar o valor mais alto.

---


$$^{22} Kf = \frac{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}{\text{Comprimento da Bacia (Km)}}$$

$$^{23} S = \frac{\text{Comprimento da Bacia (km)}}{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}$$

$$^{24} ICo = \frac{\text{Comprimento da Bacia (Km)}}{\sqrt{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}$$

$$^{25} Ih = \frac{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}{3,985 \left( \frac{\text{Maior comprimento da Bacia (Km)}}{2,59} \right)^2}$$

- Índice lemniscato<sup>26</sup> (Kl) que compara a forma da bacia com a de uma curva lemniscata, de forma semelhante a um 8, o que será representado por resultados que rondem a unidade. Também através deste índice se constata que apenas a microbacia D apresenta valor superior à unidade, o que significa que é a mais regular.

Em face dos valores apresentados, conclui-se que, teoricamente, as microbacias hidrográficas estudadas, se não tivessem sido modificadas, não apresentariam grande probabilidade para registar cheias. Isto devido ao facto de serem mais longas e estreitas, o que faz diminuir a probabilidade de existência de chuvas intensas a cobrir toda a sua extensão (Lourenço, 1989).

#### 3.2.4. Clima

Do Ó (2008), citando um dos autores que maior atenção dedicou ao estudo do clima regional do Algarve, Cunha (1957, pp.49), afirma que “*à semelhança do que ocorre em praticamente todo o território continental português, o clima do Algarve é do tipo mediterrânico – ou seja, a estação seca coincide com o Verão*”. Ainda assim, de acordo com o mesmo autor (pp.58), “*as temperaturas registadas na região evidenciam uma variante subtropical do clima mediterrânico regional no litoral Sul*”, sendo que, nos meses de Inverno, as temperaturas médias registadas são das mais elevadas de todo o Continente Europeu.

De modo geral, o regime sazonal é marcado pela coincidência do semestre chuvoso com a estação mais fria, e do semestre seco com a estação mais quente. Também tem sido perceptível o aumento da irregularidade na distribuição sazonal e interanual da precipitação, com uma crescente alternância de períodos secos muito prolongados e de períodos chuvosos muito curtos e intensos (Do Ó, 2008). Tendências que enformam a crescente bipolarização sazonal, entre uma estação seca e quente, e uma outra húmida e mais fria, esbatendo progressivamente as estações intermédias. Com base na classificação climática de Köppen, em Olhão o clima é temperado com Verões quentes e secos (classificação Csa), e a precipitação resulta em grande parte da atividade de ciclones frontais (IPMA, 2001; Miranda, 2001, *apud* Veloso, 2015).

No estudo sobre climatologia das precipitações intensas no Sul de Portugal, Frago (2003) constata que, nesta área, predominam os fenómenos convectivos, responsáveis pela forte intensidade das precipitações, reconhecidos como menos sensíveis ao efeito de altitude.

---

<sup>26</sup>  $Kl = \frac{\text{Comprimento da Bacia}^2 (\text{km})}{4 \text{ Área da Bacia} (\text{Km}^2)}$

Também Rodrigues (1990), no seu trabalho referente às precipitações extremas no Sotavento Algarvio, demonstra que o efeito de altitude se vai afirmando apenas na medida em que a persistência dos fenómenos pluviosos progride para intervalos de tempo semanais, mais relacionados com o volume total do que com a intensidade de precipitação, chegando mesmo a estipular a hipótese de independência dos fenómenos pluviosos extremos do efeito de altitude.

Mannupella *et al.* (2007, pp.34), com fundamento em dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, referem que a região

*apresenta características semi-áridas, com precipitações decrescentes de Norte para Sul, não ultrapassando, em média, os 600 mm e distribuídas por cerca de 50 dias de chuva, de intensidade igual ou superior a 1 mm; a evapotranspiração real ronda os 450 mm, enquanto o escoamento superficial se limita a um curto período de tempo durante a época das chuvas e quando a capacidade de infiltração é inferior ao valor dos excedentes hídricos.*

No âmbito deste trabalho interessa, especialmente, a análise dos dados referentes à precipitação.

#### **3.2.4.1. Precipitação**

O conhecimento das precipitações, particularmente as precipitações intensas, é essencial para a determinação indireta dos caudais de ponta de cheia. Nas zonas urbanas a informação sobre intensidades pluviométricas, associadas à sua frequência de ocorrência e às durações das chuvadas críticas, são fundamentais para a quantificação e zonamento dos problemas de inundação. Por incidir sobre fenómenos extremos, requerem longas séries de registos de precipitação na análise. Devido ao facto de a distribuição anual de pluviosidade depender do movimento da frente polar, considerou-se que o período húmido se situa entre os meses de setembro/outubro e de abril/maio (Velo, 2015).

Dada a inexistência de dados referentes à estação meteorológica de Olhão, a sua análise teve por base os dados meteorológicos da estação meteorológica de Faro/Aeroporto, cuja altitude (5m) e distância (cerca de 10 km) em relação à área de estudo conferem bastante representatividade aos seus valores. Em concreto, foram utilizadas as normais climatológicas de 1981-2010, bem como a série de dados referentes a precipitações diárias entre janeiro de 2000 e março de 2022. Relewa-se que, no caso destas últimas, 946 dias apresentam “*falhas na observação*”, (parte dos quais correspondentes aos anos de 2012, 2013 e 2014) não tendo, por isso, sido considerados, o que fragiliza a amostra.

Assim, com base nas normais climatológicas em referência (1981-2010), a média da quantidade de precipitação total anual foi de 509,1 mm. Já os dados mais recentes disponibilizados pelo IPMA (2000-2021<sup>27</sup>), indicam que a média é de 412,74 mm. Esta informação reflete a tendência de diminuição dos quantitativos anuais de precipitação (cujas curvas de tendência se representam no gráfico da figura 17) e ajuda a compreender a situação de seca que nos últimos anos assola a região do Algarve. De acordo com os últimos dados, os anos de 2001 e 2010 foram os que mais se destacaram pelos elevados valores de pluviosidade, registando um total acumulado de 674,9 mm e 676,5 mm, respetivamente. Em contraponto, os anos de 2007, 2019 e 2021 foram os que registaram os valores mais reduzidos, no segundo caso não atingindo, sequer, os 200 mm de precipitação acumulada (figura 17).

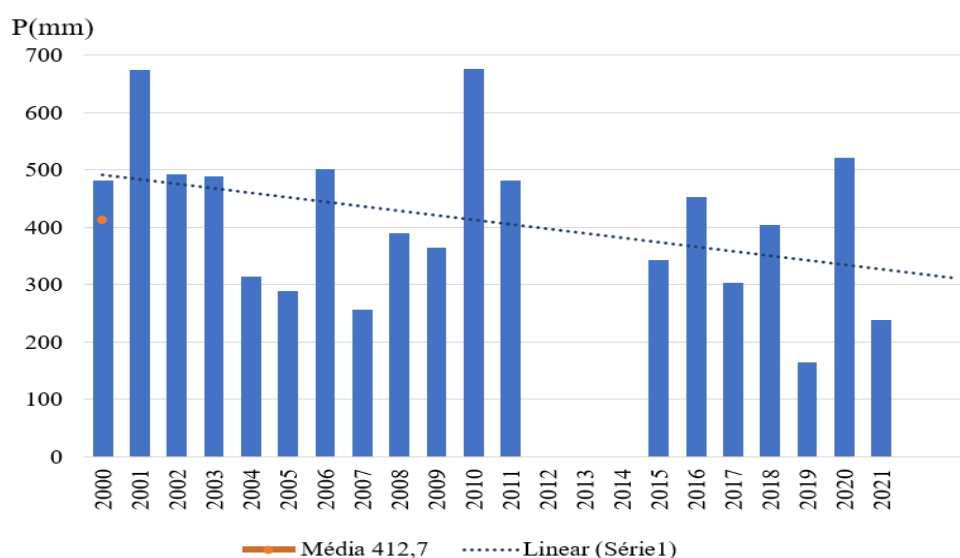


Figura 17: Variabilidade interanual da precipitação total, entre 2000 e 2021 na estação de Faro/Aeroporto.  
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

Sobre a variabilidade mensal, onde se consideraram os valores de pluviosidade médios, entre 1981 e 2010, o gráfico apresentado na figura 18 revela que, em dezembro, se registaram as maiores médias de precipitação total (115,6 mm), seguindo-se os meses de novembro (83,5 mm) e fevereiro (63,9 mm). Em conjunto, estes três meses concentraram mais de 51% da precipitação total anual, seguindo-se os meses de outubro, janeiro e abril com 33%. O mês com

<sup>27</sup> O ano 2022, por ainda não ter terminado, não foi incluído.

menor precipitação média total foi julho (1,9 mm). O mesmo gráfico revela, ainda, que o valor de precipitação máxima diária foi de 157,9 mm, registado a 14 de outubro de 1989.

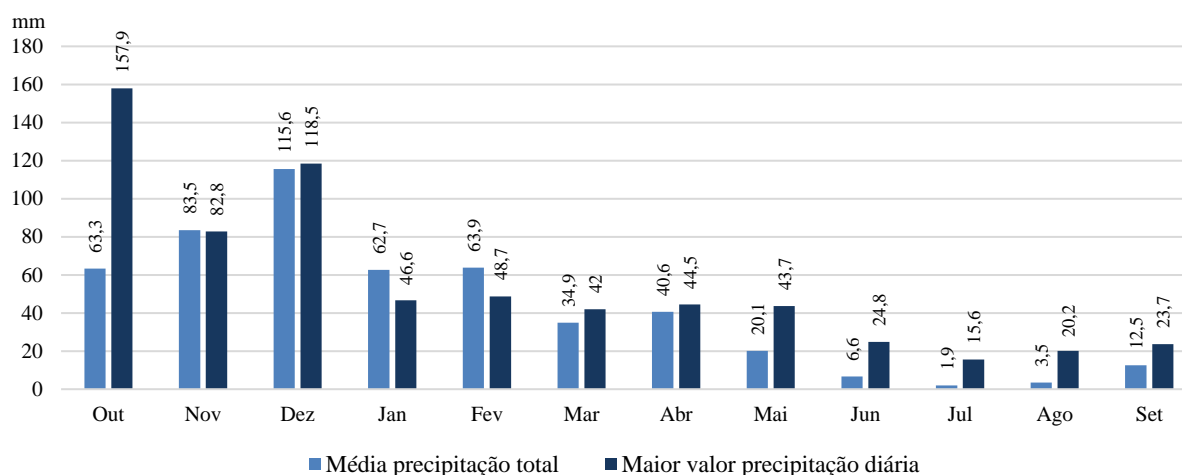


Figura 18: Distribuição mensal da média da quantidade de precipitação total e do maior valor de precipitação diária entre 1981-2010, na estação de Faro/Aeroporto.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

Outra análise que poderá ser concretizada sobre a precipitação diária, diz respeito à sua diferenciação de categorias, considerando-se os intervalos definidos pelo IPMA. Pela análise do gráfico representado na figura 19, conclui-se que, no período entre 1981 e 2010, foi nos meses de dezembro que se registou o maior número médio de dias com precipitação, sendo que 8,6 foram dias de chuva, com precipitação superior a 1 mm; 4 foram dias chuvosos, com precipitação superior a 10 mm; 1,6 foram dias muito chuvosos, com precipitação superior a 20 mm; e apenas 1 dia extremamente chuvoso com precipitação acima dos 30 mm.

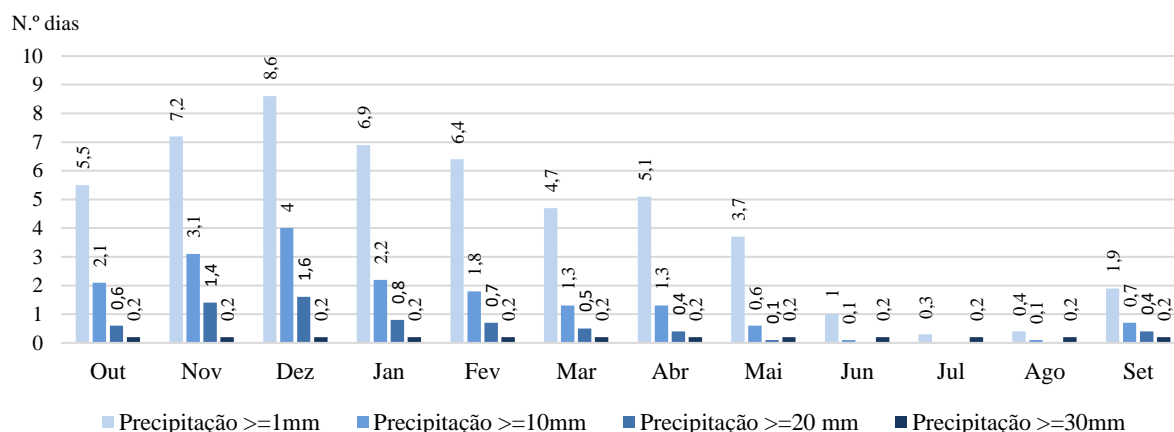


Figura 19: Distribuição mensal do número médio de dias com precipitação entre 1981-2010, na estação de Faro/Aeroporto.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

No contexto deste estudo, mais importante do que o número de dias com precipitação, são as precipitações máximas diárias anuais, ou seja, a quantidade máxima de precipitação, ocorrida num intervalo de 24 horas, que se regista ao longo de um ano. Estas permitem aferir sobre se existe uma época do ano em que se verifica uma mais elevada probabilidade de ocorrência da precipitação máxima diária, ou se, pelo contrário, se trata de um fenómeno extremo de natureza essencialmente aleatória, podendo suceder em qualquer altura do ano.

Analisados os quantitativos máximos de precipitações diárias anuais da série de dados entre janeiro de 2000 e março de 2022, conclui-se que as precipitações intensas, potencialmente geradoras das cheias rápidas e inundações gravosas na área urbana de Olhão, ocorreram, maioritariamente, nos meses de outubro a dezembro, pelo que será este o período do ano mais propenso à ocorrência de inundações na cidade (figura 20). Essas chuvadas chegaram a atingir mais de 100 mm diários, como foi o caso do dia 01 novembro 2015 (101,6 mm).

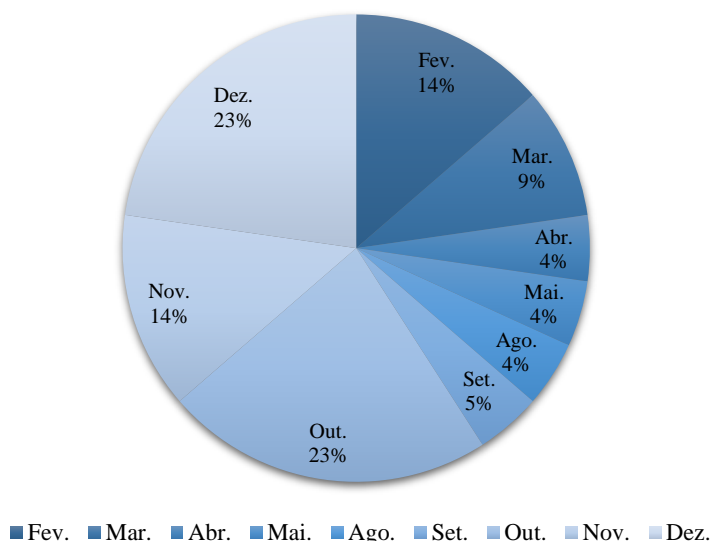


Figura 20: Distribuição da precipitação máximas diárias anuais entre janeiro de 2000 e março de 2022, na estação de Faro/Aeroporto.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

Este resultado confirma a ideia de Fragoso (2003, pp. 118), quando afirma que “*a Sul de Portugal, o outono é a estação do ano mais favorável à ocorrência dos episódios de precipitação mais intensa*”. Também dá força às conclusões de Ventura (1994) no seu estudo sobre “*As Precipitações Intensas a Sul de Portugal*”, onde destaca a singularidade do Algarve, enquanto região onde as precipitações máximas diárias atingem valores mais elevados,

preferencialmente no semestre outubro-março. Sustenta, ainda, Pires (2017), quando defende que, no Algarve, nas últimas décadas, existe uma clara intensificação das cheias durante os meses de outono em contraste com uma acentuada diminuição nos meses de inverno e primavera. Tal sucede porque *“independentemente doutras contingências, os aguaceiros muito violentos necessitam duma forte capacidade higrométrica do ar que permita alimentar as condensações abundantes”* (Fragoso (2003, pp. 275). Assim, para o mesmo autor (pp. 276), *“as estações intermédias, mercê de temperaturas mais elevadas, reúnem condições mais propícias à ocorrência destas chuvadas (...) destacando-se o outono pelo facto do oceano próximo ainda possuir um elevado conteúdo térmico, essencial quer ao aquecimento e estabilização das massas de ar quer ao seu enriquecimento em vapor de água.”*

Considerando que os episódios de precipitação intensa assumem uma maior contribuição para os episódios de cheias e inundações, efetua-se uma última análise sobre a série de dados de precipitação dos últimos anos, inventariando-se, em particular, os dias com precipitações superiores a 40 mm (quadro 7). Este inventário permite avaliar a importância relativa dos dias de precipitação abundante e relacioná-los, posteriormente, com os dias em que se registaram episódios de inundações urbanas na área de estudo. Do mesmo modo, possibilita identificar as situações atmosféricas de especial perigosidade, isto é, aquelas cujos quantitativos de precipitação e intensidade da chuva poderão, com maior grau de probabilidade, traduzir-se em inundações na cidade.

Quadro 7: Inventário dos dias com precipitação máxima diária superior a 40 mm, entre janeiro de 2000 e março de 2022, na estação de Faro/Aeroporto.

Data	P.(mm) máx. diária	Data	P.(mm) máx. diária	Data	P.(mm) máx. diária	Data	P.(mm) máx. diária
2015-11-1	101,6	2001-12-17	59	2001-9-29	47,6	2009-12-23	43,2
2020-10-20	88,9	2007-8-25	59	2016-10-24	46,3	2000-1-27	42,6
2005-11-20	82	2010-12-25	57,3	2001-11-4	46	2004-2-20	41,3
2011-5-18	79,7	2021-2-5	56,1	2006-11-5	45,5	2003-10-25	40,6
2008-9-28	77,9	2001-9-21	55,7	2014-10-9	45,2	2001-3-1	40,3
2000-12-21	65,7	2008-4-8	51,4	2011-11-20	45	2004-2-23	40,1
2001-12-11	60,8	2020-11-30	49,4	2010-1-4	44		

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

Ainda segundo Fragoso (2003, pp. 136), “*é na região algarvia que as precipitações diárias com um carácter torrencial mais se fazem sentir (...)*”. Com o objetivo de avaliar a importância relativa dos dias de precipitação abundante para o regime das chuvas, calculou-se a percentagem de dias em que a precipitação supera ou iguala 40 mm. Verifica-se que, durante o período em análise (entre janeiro de 2000 e março de 2022), se registaram 872 dias com precipitação igual ou superior a 1 mm. Destes, 27 ultrapassaram o limiar dos 40 mm, o que representa 3,1% da frequência global dos dias com precipitação (quadros 8 e 9). Os dias de precipitação particularmente abundante (considerando-se como tal o limiar dos 80 mm em 24 horas) estão, normalmente, associadas a condições atmosféricas já referidas, sendo que, conforme afirma o supracitado autor (2003, pp. 159) “*no Sotavento e no Algarve Central há uma maior incidência de episódios de precipitação muito abundante*”.

Quadro 8: Número de dias de precipitação, em função de diferentes valores limiares, entre janeiro de 2000 a março 2022, na estação de Faro/Aeroporto.

<b>Número de dias com precipitação entre:</b>						
1-40mm	40,1-50mm	50,1-60mm	60,1-70mm	70,1-80mm	80,1-90mm	>90,1mm
845	14	6	2	2	2	1

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

Quadro 9: Frequência global de dias (% em relação ao número total de dias com  $P \geq 1$  mm) de precipitação, em função de diferentes valores limiares, entre janeiro de 2000 a março 2022, na estação de Faro/Aeroporto.

<b>Percentagem de dias com precipitação entre:</b>						
1-40mm	40,1-50mm	50,1-60mm	60,1-70mm	70,1-80mm	80,1-90mm	>90,1mm
96,9%	1,61%	0,68%	0,23%	0,23%	0,23%	0,11%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

Na figura 21 pode observar-se a distribuição dos 27 dias deste inventário pelos meses do ano. A maior parte dos dias de precipitação abundante ocorreu no outono e no começo do inverno, facto que vem confirmar o que já havia sido constatado anteriormente, a propósito das precipitações máximas diárias anuais. No trimestre outubro-dezembro registaram-se 55% dos 27 dias selecionados. É no mês de novembro que se verifica um maior número de episódios de precipitação abundante, sendo imediatamente seguido por dezembro e outubro. Nos meses de primavera a frequência destes casos diminui de forma acentuada. Nos meses de verão, os



episódios ocorridos são muito pontuais, destacando-se o episódio ocorrido no dia 25 de agosto de 2007, em que se registaram 59 mm de precipitação.

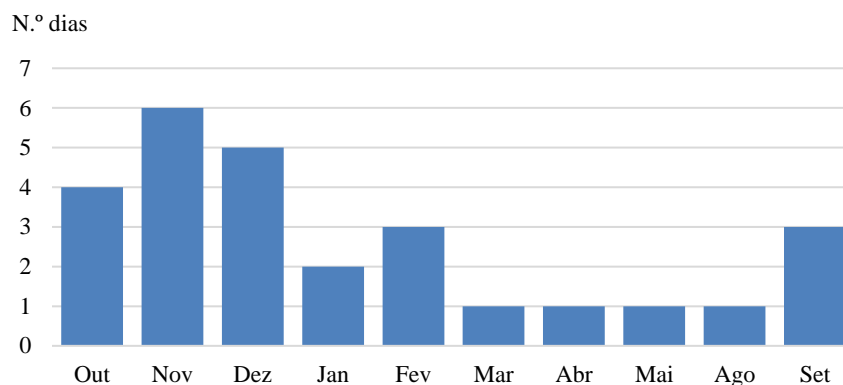


Figura 21: Distribuição mensal dos dias de precipitação superior a 40mm, no período entre janeiro de 2000 a março 2022, na estação de Faro/Aeroporto.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPMA.

### 3.3. Caracterização da rede de drenagem artificial

Estudar as inundações urbanas implica uma análise integrada da drenagem superficial ao longo das vias e da rede de drenagem pluvial subterrânea (Marfuz & Gomes, 2013). Na zona urbana de Olhão, a gestão das infraestruturas de águas pluviais, embora seja tutelada pelo Município, é, desde 2010<sup>28</sup>, adjudicada, anualmente, à empresa municipal de Ambiolhão, Empresa Municipal de Ambiente de Olhão EM. Cadastrar as redes subterrâneas, detetar e corrigir ligações irregulares nos ramais domiciliários à rede de pluviais, têm sido os maiores desafios daquela empresa.

A drenagem de águas pluviais era, inicialmente, realizada através de um sistema unitário, que depois de as juntar com as águas residuais, descarregava diretamente na Ria Formosa. Ao longo dos últimos 30 anos foram criados sistemas separativos para drenagem e encaminhamento destes dois tipos de águas, com características distintas. No entanto, persistem na cidade alguns problemas com ligações indevidas de águas residuais às redes pluviais e vice-versa.

Em situações de eventos extremos de precipitação, os sistemas de drenagem excedem a capacidade das estações elevatórias, sendo nesses momentos feitas descargas diretas no meio recetor, incluindo de águas residuais brutas, ligadas indevidamente às redes de pluviais. Nos períodos de preia-mar, especialmente os de maior amplitude, ou quando as redes de águas

<sup>28</sup>Até esta data era gerida pelos serviços municipais.

residuais são sobrecarregadas com as águas pluviais, a capacidade de vazão destes sistemas de drenagem fica comprometida, tornando-os muitas vezes incapazes de fazer face ao escoamento provocado por determinado episódio de precipitação, conforme se ilustra na fotografia seguinte.



Fotografia 1: Exemplo da falta de capacidade do sistema de drenagem em situação de pluviosidade intensa.  
Fonte: Própria

Na figura 22 representa-se cartograficamente a rede de coletores pluviais, pontos de descarga e as respetivas bacias de drenagem existentes na cidade de Olhão.

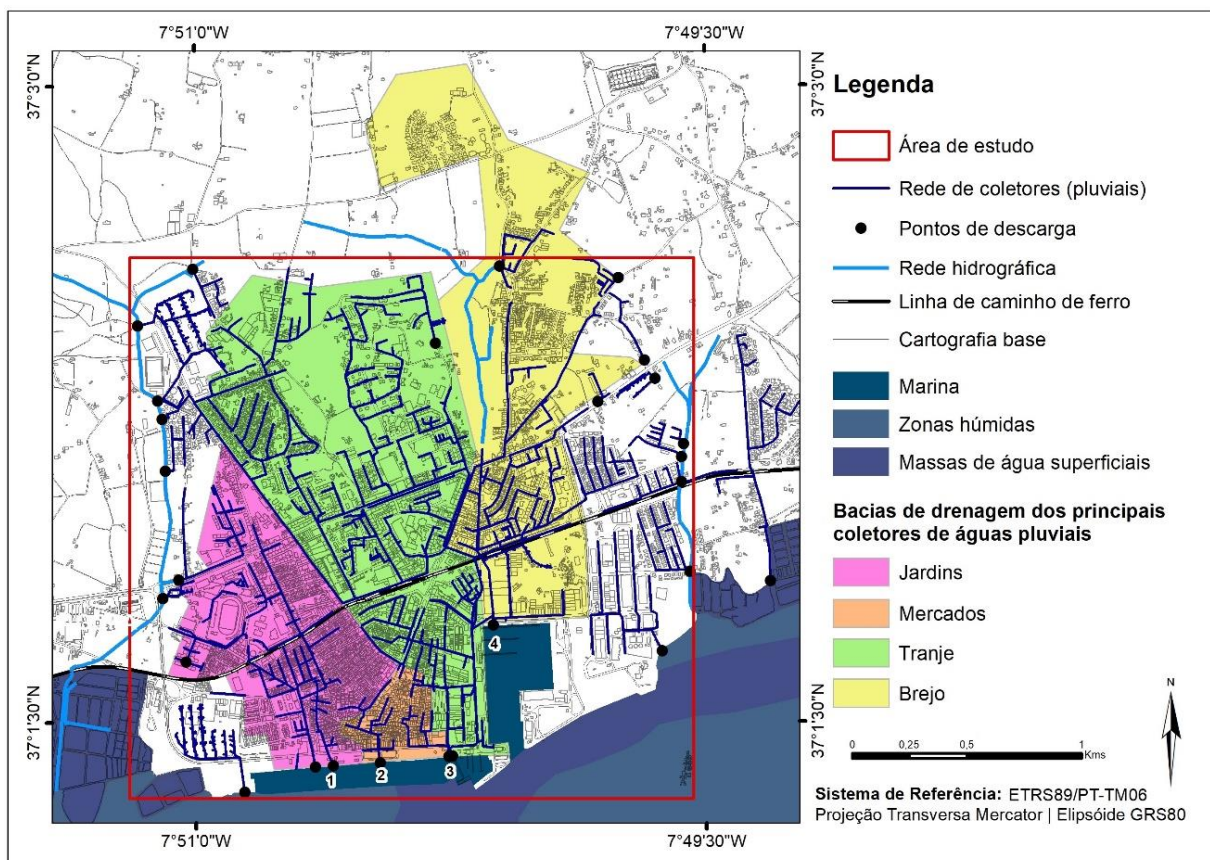


Figura 22: Rede de coletores pluviais, pontos de descarga e bacias de drenagem dos principais coletores.  
Fonte: Elaboração própria.



Conforme se observa, a cidade subdivide-se em quatro bacias de drenagem de águas pluviais. A bacia “Jardins” (1) descarrega em frente às instalações da Polícia de Segurança Pública; a bacia “Mercados” (2) descarrega em frente aos mercados municipais; a bacia “Tranje” (3), descarrega junto ao cais de embarque para as Ilhas; e a bacia “Brejo” (4) descarrega dentro do Porto de Pesca de Olhão. Estes pontos de descarga são ilustrados nas fotografias 2 a 5.



Fotografia 2: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Jardins”.



Fotografia 3: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Mercados”.

Fonte: António Governo.



Fotografia 4: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Tange”.



Fotografia 5: Ponto de descarga da bacia de drenagem “Brejo”.

Fonte: António Governo.

A sua análise permite, ainda, identificar algumas fragilidades, salientando-se várias áreas edificadas sem cobertura de rede águas pluviais. Do mesmo modo, verifica-se a existência de pontos de descarga em cursos de água, bem como o estrangulamento destes últimos, motivado pela sua canalização, com diminuição da passagem de água. De frisar que as bacias Tranje e Brejo se encontram interligadas por um sistema de *bypass* (que consiste numa parede elevada até meia altura do coletor) estando diretamente dependente das condições de maré (baixa-mar *versus* preia-mar) e da sua intensidade (maré viva ou morta), sendo que durante a enchente, a água da Ria entra pelos coletores pluviais, chegando a atingir zonas a norte da linha de caminho de ferro (Albino, 2013).

### 3.4. Caracterização demográfica

A população residente no concelho de Olhão tem acompanhado, genericamente, a tendência da região e do país, com exceção da última década. De acordo com os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), desde 1864 até 2011, verifica-se uma certa semelhança, apesar do Algarve ter as quebras e os crescimentos mais acentuados, como por exemplo a quebra que se verificou em 1970 e o acréscimo de 1991 para 2001 (figura 23). Os dados provisórios dos Censos revelam que a população residente no concelho de Olhão, em 2021<sup>29</sup>, era de 45 396 indivíduos, o que representa um aumento de cerca de 1,7% relativamente ao valor apurado nos Censos de 2011. Este valor contraria a tendência de crescimento da região, onde a população residente diminuiu 3,7%, sendo, no entanto, inferior ao crescimento registado no país (2,1%) (quadro 10).

#### Evolução da população residente

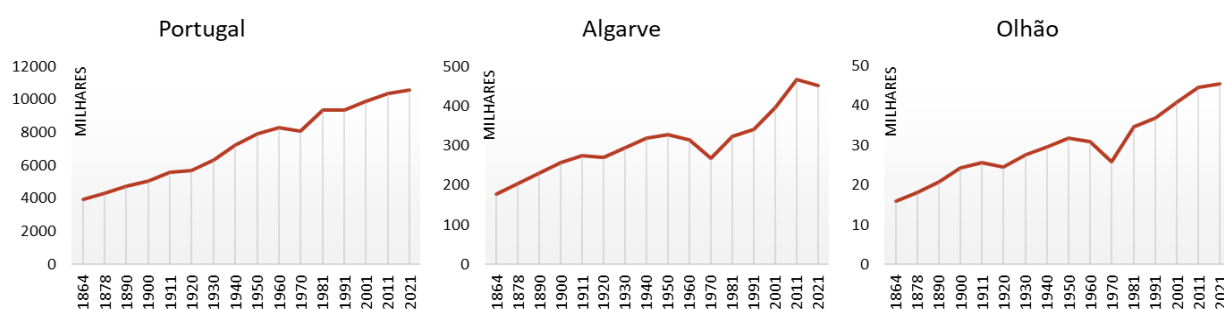


Figura 23: Evolução da população residente em Portugal, na região do Algarve e no concelho de Olhão de 1864 a 2021\*.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados provisórios dos Censos 2021.

<sup>29</sup> \* Resultados provisórios do XVI Recenseamento Geral da População - Censos 2021.

Quadro 10: Variação do n.º de indivíduos residentes em Portugal, na região do Algarve e no concelho de Olhão entre 2011 e 2021\*.

	2011	2021	Varição
<i>Portugal</i>	10 344 802	10 562 178	-2,1%
<i>Algarve</i>	467 475	451 006	3,7%
<i>Olhão</i>	44 643	45 396	-1,7%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INE.

No contexto do presente estudo importa, sobretudo, aferir sobre a população residente na área urbana de Olhão, em especial os grupos mais vulneráveis, considerando-se para o efeito a população com idade superior a 65 anos. Não estando, à data do presente estudo, disponíveis, para a unidade da subsecção estatística<sup>30</sup>, os dados do último recenseamento realizado pelo INE, foram utilizados nesta análise os dados da Base Geográfica de Referenciação de Informação<sup>31</sup> de 2011 (BGRI 2011). Com efeito, na área de estudo residem cerca de 28838 indivíduos, ou seja, 63,53% da população concelhia, dos quais 4459 (15,46%) com idade superior a 65 anos (figura 24).

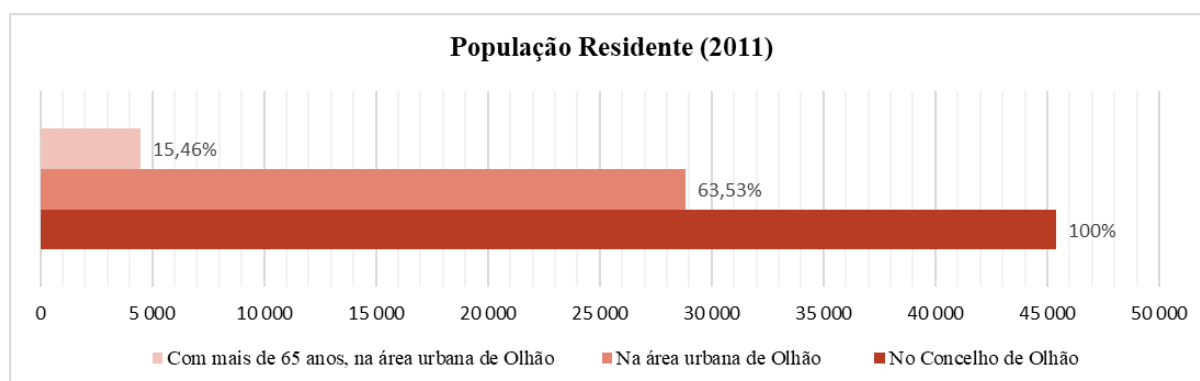


Figura 24: População residente na área urbana de Olhão com idade superior a 65 anos; População residente na área urbana de Olhão; População residente no concelho de Olhão.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da BGRI (2011).

<sup>30</sup> A subsecção estatística é o nível máximo de desagregação e caracteriza-se por estar associada ao código e ao topónimo do lugar de que faz parte, correspondendo ao quarteirão em termos urbanos.

<sup>31</sup> A BGRI 2011 é um sistema de referenciação geográfica suportado em informação cartográfica ou ortofotocartográfica em formato digital, para todo o território nacional, à escala 1/10.000. Permite a divisão da unidade administrativa da freguesia, em pequenas áreas estatísticas, correspondentes a secções e subsecções estatísticas. Estes dados são disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE).



A informação geográfica sobre a distribuição da população residente foi utilizada, também, no cálculo da densidade populacional<sup>32</sup> (hab/km<sup>2</sup>). Como resultado, registam-se diferenças bastante pronunciadas entre subsecções estatísticas, variando entre os 0 e os 51500 indivíduos por km<sup>2</sup>. Na figura 25 apresenta-se essa distribuição espacial, sendo possível constatar que o centro histórico e as avenidas principais são as áreas onde se concentra mais população, ao inverso da zona industrial e das subsecções mais periféricas.

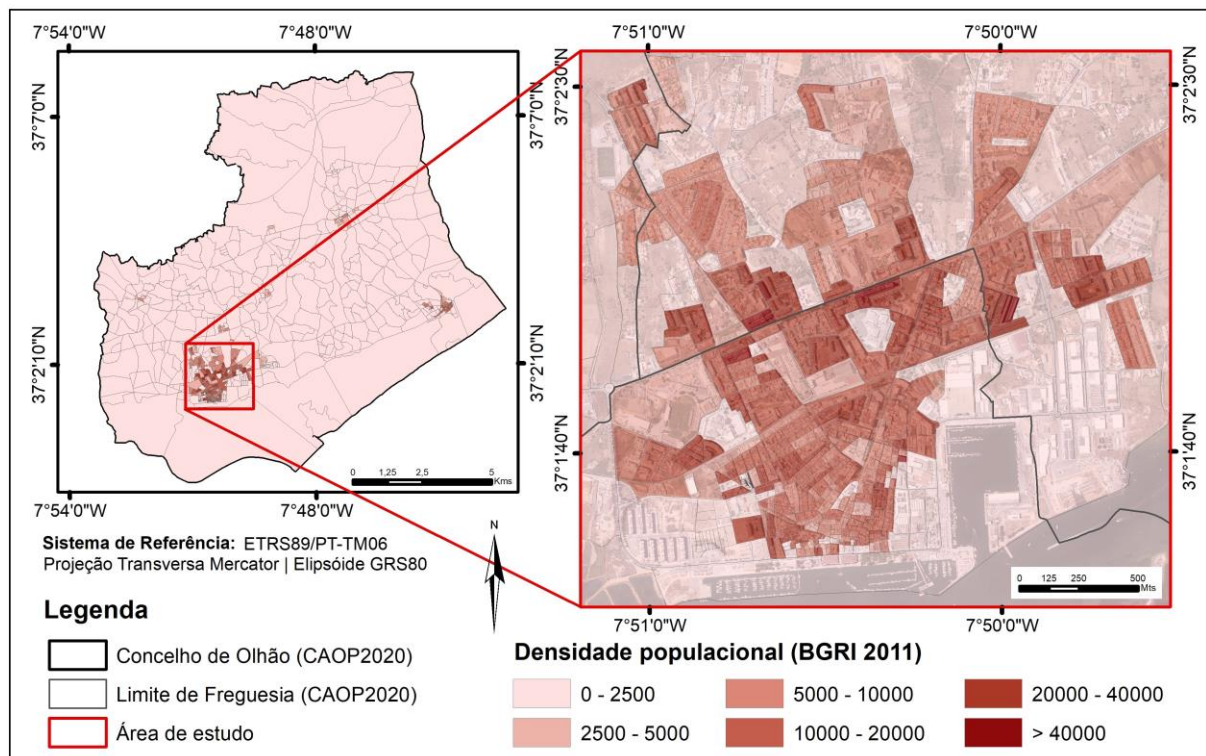


Figura 25: Densidade populacional no concelho de Olhão e na área de estudo.  
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da BGRI (2011).

É importante ressaltar que Olhão é um concelho (e uma cidade) de elevada procura turística, não só no período de verão, mas ao longo de todo o ano, incluindo pelo segmento de turistas sénior. Por esse motivo a população presente (também mais idosa) será substancialmente superior à que se reflete na análise apresentada.

<sup>32</sup> Segundo o INE (2006), a definição de densidade populacional é a intensidade do povoamento expressa pela relação entre o número de habitantes de uma área territorial determinada e a superfície desse território.

### 3.5. Caracterização do edificado

Fernandez *et al.* (2018), no artigo sobre “*avaliação da vulnerabilidade à inundação nas zonas críticas de Portugal Continental*”, consideraram as características do edificado como um dos indicadores que contribuem para a vulnerabilidade. Para o efeito analisaram o número de pisos, o ano de construção e a tipologia da estrutura do edifício, para além da densidade do edificado, com base nos dados da BGRI 2011, ao nível da subsecção estatística. Ora, são precisamente essas as variáveis exploradas no contexto deste estudo.

Com efeito, no que respeita à densidade de edifícios, entendida com o número de edifícios clássicos por área (km<sup>2</sup>), constata-se que acompanha de perto o padrão observado para a densidade populacional, surgindo as áreas de maior densidade de edifícios no centro histórico e junto às avenidas principais (figura 26). Segundo Fernandez (2015), “*nas áreas urbanas com elevada densidade de edifícios (...) torna-se mais complicado o processo de resgate*”. Além disso, essas zonas apresentam maior vulnerabilidade, porque existem mais edifícios potencialmente expostos à inundação (Dall’Osso & Dominey-Howes, 2009, *apud* Fernandez, 2015).

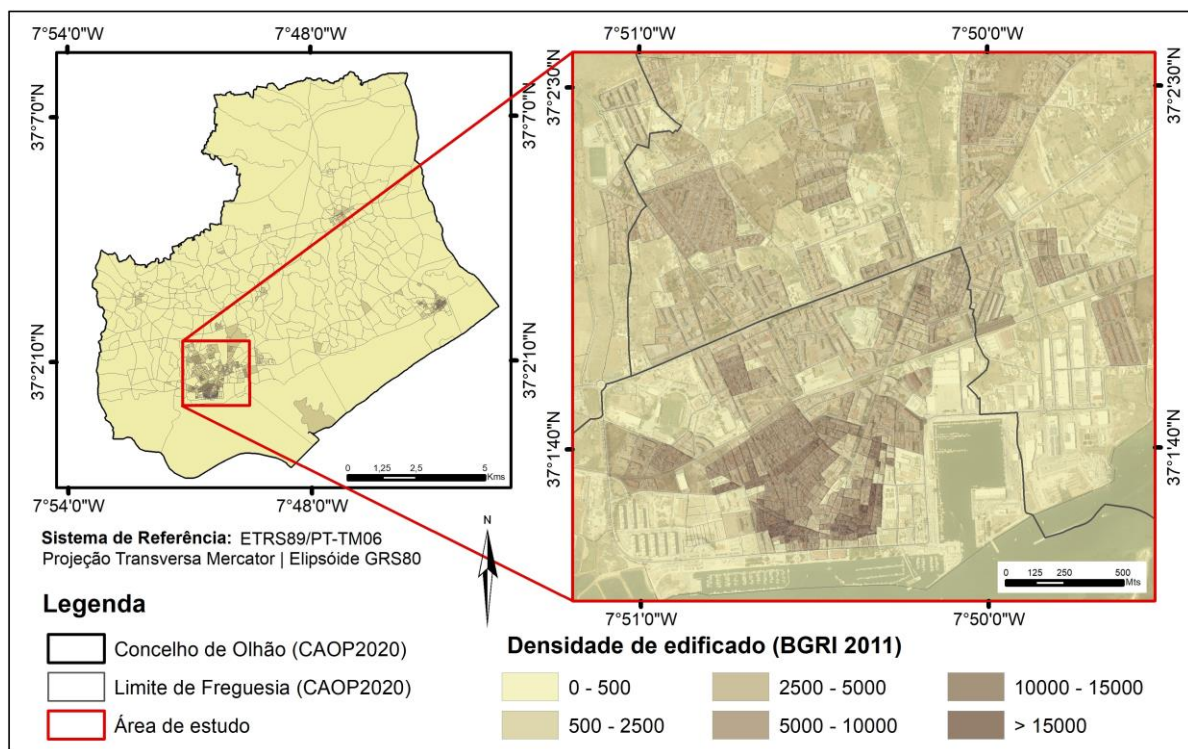


Figura 26: Densidade de edificado no concelho de Olhão e na área de estudo.  
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da BGRI (2011).

Na área de estudo, à data em referência (2011), existiam, aproximadamente, 6422 edifícios, 4854 dos quais com um ou dois pisos. Este valor representa 75,6% dos edifícios da cidade. Os restantes edifícios, 16% (1027) têm três ou quatro pisos, e apenas 541 (8,4%), têm mais do que cinco pisos. Admitindo-se que a altura dos edifícios é importante para a vulnerabilidade à inundação, podendo os pisos superiores dos edifícios servir para proteger as pessoas e seus bens (Schneiderbauer, 2007, *apud* Fernandez, 2015), conclui-se que a maioria apresenta uma vulnerabilidade superior.

Tomando em consideração o ano de construção, os edifícios foram classificados em dois grupos: os edifícios construídos antes de 1981 e os edifícios construídos depois de 1981. Isto porque foi depois desta data que, em Portugal, foram implementadas normas de segurança para as estruturas dos edifícios, tornando-os mais resistentes. Na área de estudo foram contabilizados 4349 edifícios anteriores a 1981, ou seja, cerca 67,7%, e 2073 construídos depois dessa data (32,3%). Apesar de os edifícios mais antigos serem mais vulneráveis devido à qualidade de construção (Dall’Osso & Dominey-Howes, 2009, *apud* Fernandez, 2015), nos últimos anos assistiu-se à reabilitação de boa parte deste edificado, a grande maioria por parte da população estrangeira que, respeitando a traça original, lhes aplicou materiais que conferem maior resistência, o que resulta na melhoria do seu grau de vulnerabilidade.

Sobre a tipologia da estrutura dos edifícios, analisa-se o número dos edifícios com paredes de alvenaria sem placa e edifícios com paredes de adobe, taipa ou alvenaria de pedra solta, em relação ao total de edifícios. Verifica-se que, na área de estudo, 8% dos edifícios apresentavam, em 2011, estrutura de paredes de alvenaria sem placa, e aproximadamente 5% dos edifícios apresentavam paredes de adobe, taipa ou alvenaria de pedra solta. A reabilitação do edificado que se referiu anteriormente terá, certamente, diminuído estes valores, melhorando também o seu grau de vulnerabilidade.

A caracterização do edificado localizado na área de estudo não poderia encontrar-se completa sem a localização dos edifícios estratégicos, vitais e/ou sensíveis para as operações de proteção e socorro. Correspondendo a área de estudo à sede do concelho, existem, naturalmente, diversos edifícios fundamentais para a resposta à emergência numa situação de inundação, conforme se representa na figura 27.



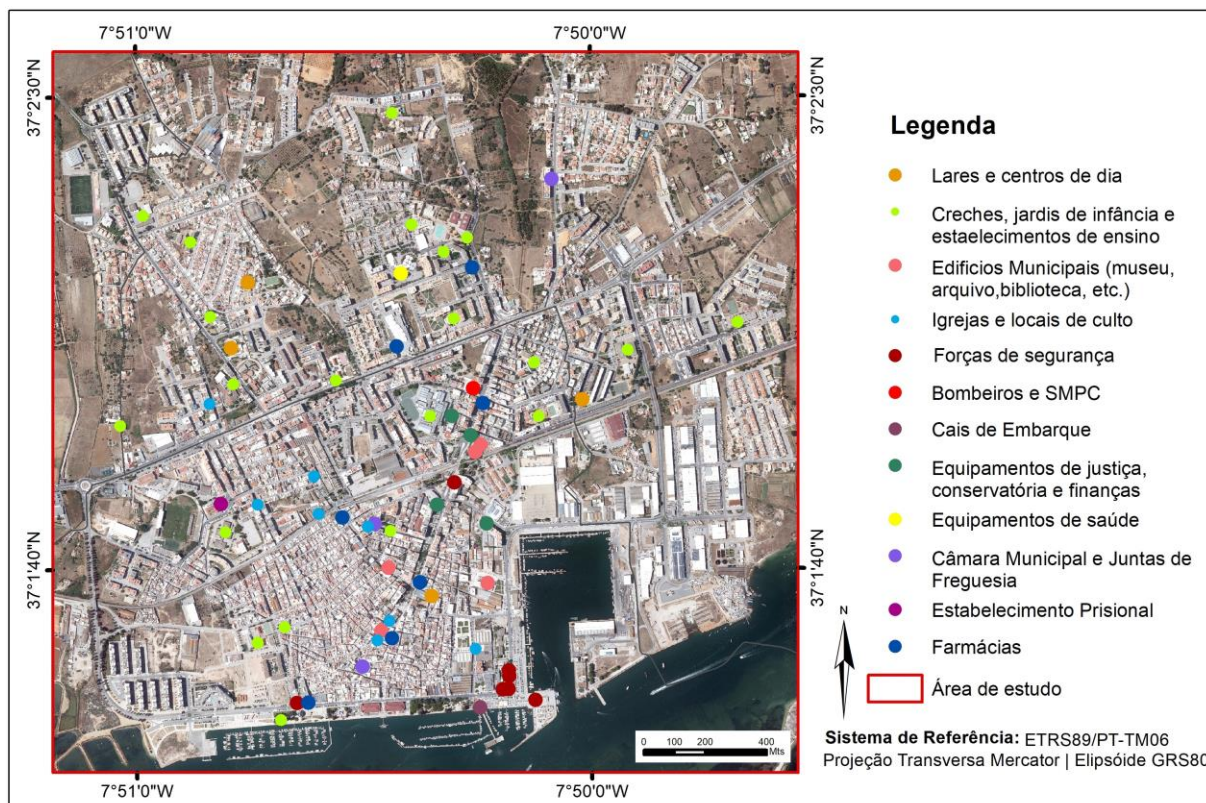


Figura 27: Localização de edifícios estratégicos, vitais e/ou sensíveis na área de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

### 3.6. Evolução da estrutura urbana e da ocupação do solo

A expansão urbana da cidade de Olhão intensificou-se nas últimas décadas, tendo conduzido a profundas alterações no tipo de ocupação do solo. Este processo teve interferência na resposta hidrológica da área, tanto pela redução das áreas mais favoráveis à infiltração, nomeadamente, os espaços florestais e agrícolas, como pelo incremento do escoamento superficial urbano, em resultado do aumento da área de solo impermeabilizado (Leopold, 1968; Velhas, 1991; Marafuz, 2011, *apud* Marafuz & Gomes, 2013). De acordo com os mesmos autores, as modificações preconizadas no território, ao interferirem na quantidade e na velocidade do escoamento superficial, “*influenciam também o tempo de concentração deste escoamento em áreas deprimidas, contribuindo para a intensificação dos episódios de inundações urbanas*”. Importa, por isso, no contexto do presente estudo, tipificar a ocupação do território e perceber a sua evolução.

O núcleo inicial de ocupação urbana de Olhão foi a “Barreta”, no princípio do século XVIII. Localizada junto à Ria Formosa, constituiu a primeira área de consolidação das construções precárias dos pescadores. O núcleo estendeu-se, apoiado numa estrutura de caminhos estreitos,

formando uma malha orgânica, densamente ocupada, no geral por habitações de um ou dois pisos com açoteia. Estas duas zonas constituem atualmente o núcleo histórico da cidade. A área portuária, bem como as áreas de apoio, localizavam-se em frente à zona da Barreta, sendo a área urbana envolvida por hortas e lagoas.

A construção da linha ferroviária, no início do século XX, constituiu uma fase importante do processo de expansão da então Vila de Olhão, bem como a abertura da Av. da República que marcou decisivamente a estrutura urbana da atual cidade. A linha ferroviária e a expansão da atividade piscatória e industrial induziram à urbanização dos terrenos a Norte, sendo que o crescimento urbano determinou a ocupação dos espaços urbanizados, caracterizados, morfologicamente, por malhas mais abertas em relação às áreas contíguas consolidadas. Na zona nascente da cidade e envolvente à doca foram-se concentrando instalações ligadas às atividades piscatória e portuária, tendo-se aí desenvolvido uma importante zona industrial. Nos últimos anos a cidade expandiu para norte e para nascente, com uma ocupação predominantemente residencial.

Na figura 28 apresenta-se uma fotografia aérea da cidade em 1972 e outra em 2018 (46 anos depois), sendo bastante perceptível o crescimento registado.

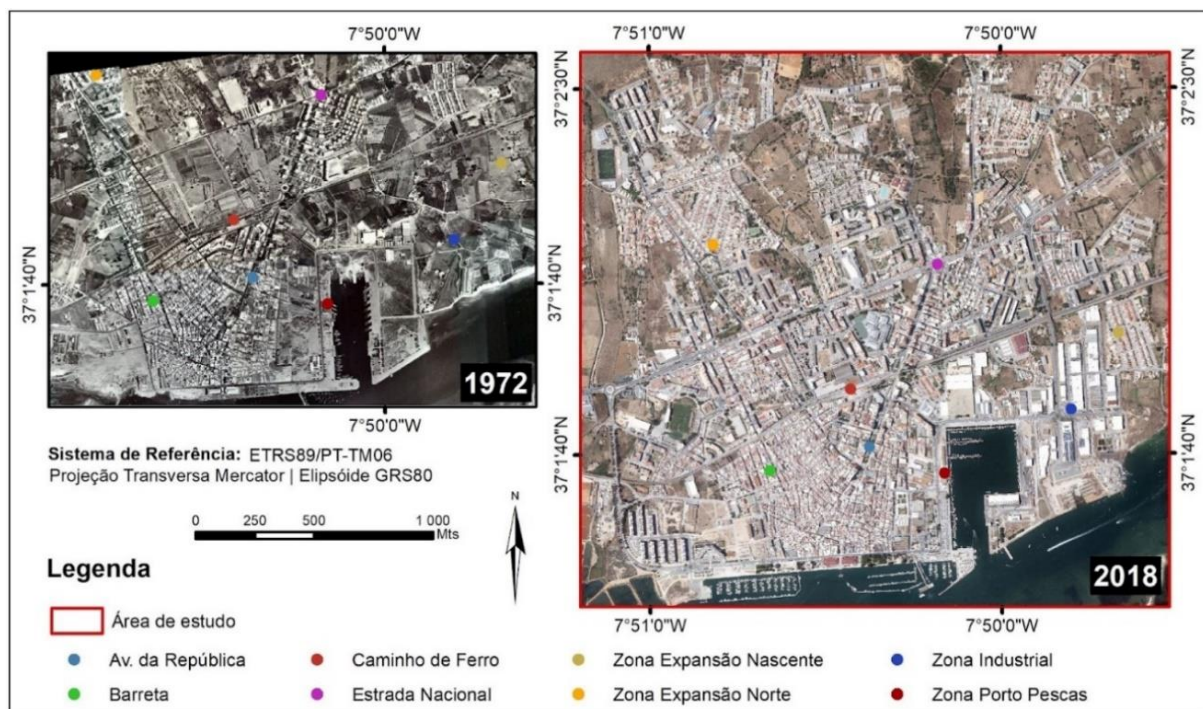


Figura 28: Fotografia aérea e ortomogida da área urbana de Olhão em 1972 e em 2018.  
Fonte: Elaboração própria.





Fotografia 6: Fotografia de drone da zona mais antiga da cidade.  
Fonte: Algarve Drone.

No que se refere à ocupação do solo optou-se por uma análise comparativa das cartas de uso e ocupação do solo (COS) dos anos 1995 e 2020, com o objetivo de identificar o aumento das áreas artificializadas e de maior pressão antrópica em cada uma das microbacias hidrográficas em estudo. A unidade mínima cartográfica é 1 hectare e, apesar de os níveis de desagregação das classes, entre anos, serem diferentes, a nomenclatura aplicada à classe dos “*territórios artificializados*” permite que seja diretamente comparável. Estas áreas incluem as edificações predominantemente residenciais, em tecido contínuo e em tecido descontínuo, as áreas de localização empresarial, as áreas com infraestruturas, equipamentos e espaço público e outras ocupações artificializadas. Isto considerando, os dados são apresentados na figura 29.

Observa-se que a pressão urbanística aumentou na generalidade das microbacias hidrográficas, sendo a microbacia hidrográfica D a que registou o maior aumento de área artificializada entre 1995 e 2020, contando com 82,71% do seu território artificializado. Também as microbacias hidrográficas E, C e A registaram aumentos, como seria expectável, coincidentes com as áreas de expansão da cidade. A exceção acontece na microbacia hidrográfica B que, curiosamente,

viu o seu território artificializado diminuir ligeiramente, ainda assim, contando, em 2020, com cerca de 84% artificializado. Esta ligeira diminuição poderá relacionar-se com aspetos metodológicos que estiveram na base da atualização da referida cartografia temática.

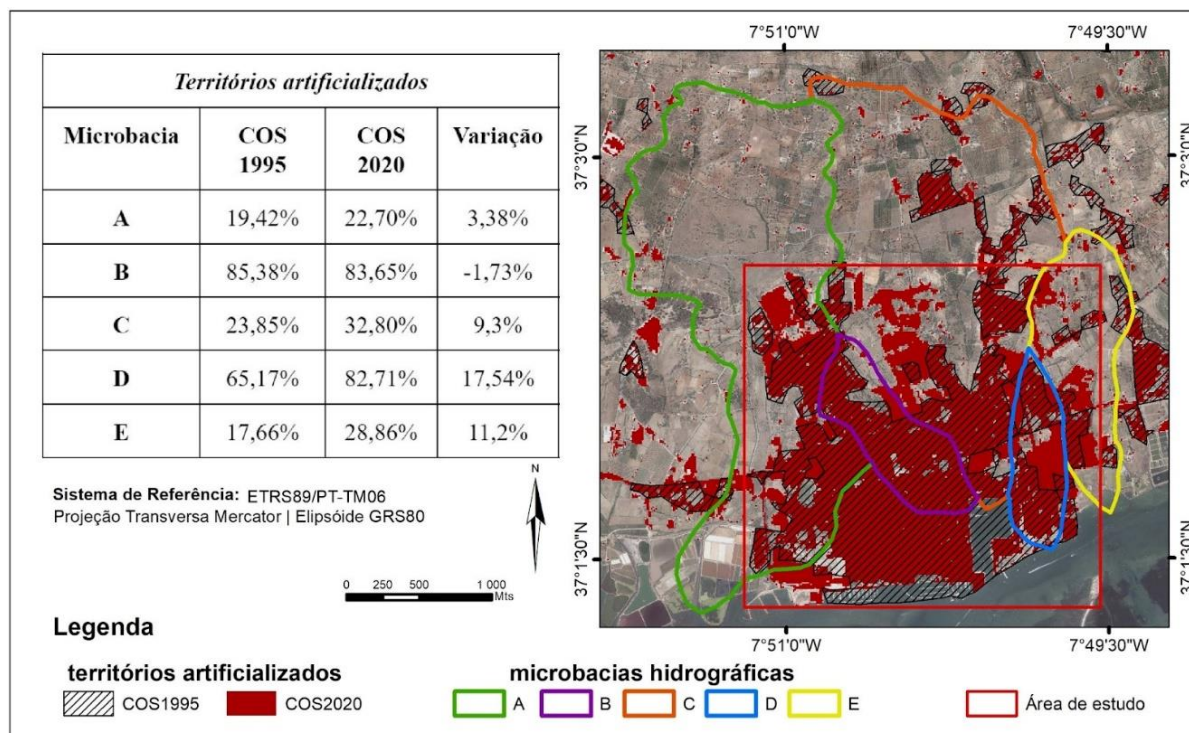


Figura 29: Evolução dos territórios artificializados nas microbacias hidrográficas em estudo, entre 1995 e 2020, de acordo com a Carta de Uso e Ocupação do Solo.

Fonte: Elaboração própria com base na COS 1995 e COS 2020.

À escala da área de estudo, com base na COS2020, as classes de ocupação do solo distribuem-se conforme se apresenta no quadro e cartograma da figura 30.

Fruto das mais recentes políticas de ordenamento do território que introduziram objetivos claros de controlo da edificação dispersa e de contenção dos perímetros urbanos, a estabilização dos territórios artificializados impõe-se como uma realidade, reforçada pelo contexto de decréscimo demográfico e de travagem do consumo de solo enquanto recurso natural.

Em certa medida, o uso e a ocupação do solo acabam por exercer uma ação semelhante à exercida pelo substrato geológico, ao condicionar a infiltração e consequentemente interferir com escoamento (Lima, 2012). Deste modo, pode afirmar-se que o processo de urbanização, por aumentar a impermeabilização do solo, influenciando negativamente o funcionamento



natural das bacias hidrográficas, contribuiu para a maior exposição e vulnerabilidade das populações a cheias e inundações.

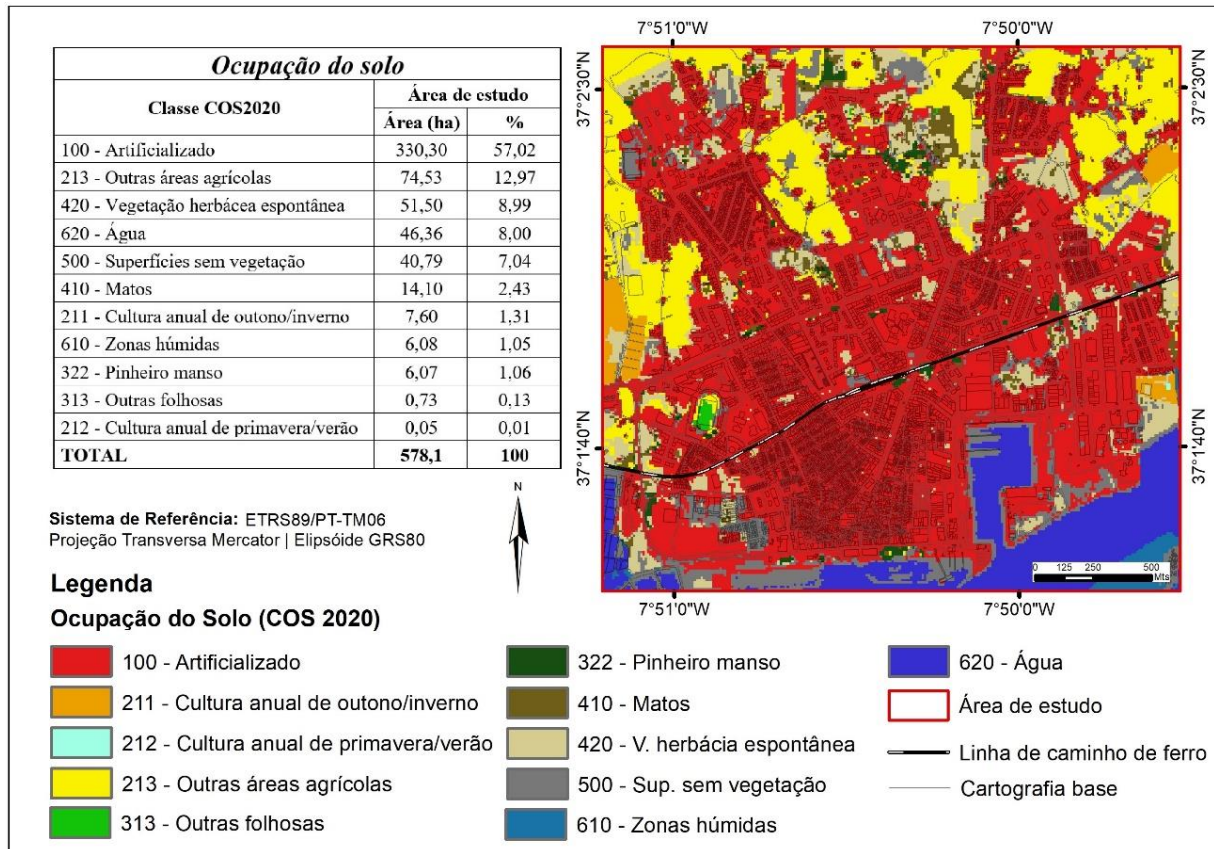


Figura 30: Uso e ocupação do solo na área de estudo.

Fonte: Elaboração própria com base na COS 2020.

Segundo Hoffman *et al.* (2015, *apud* Santos, 2016) existe uma grande diferença no escoamento superficial entre as áreas urbanizadas e não urbanizadas. Como se pode verificar pela análise da figura 31, que compara o escoamento superficial em áreas urbanas e áreas pré urbanização, quanto maior for o grau de impermeabilização de uma bacia hidrográfica, menor será a infiltração e maior será o escoamento superficial que ocorrerá, ou seja, maior o caudal de cheia e, portanto, maior será a pressão no sistema de drenagem existente, aumentando assim o risco de inundações.

Na área de estudo, face ao forte grau de artificialização do solo, é urgente que se adotem medidas mitigadoras do efeito da impermeabilização, considerando que os sistemas de drenagem existentes deixaram de ser eficazes face à expansão da mancha urbana.

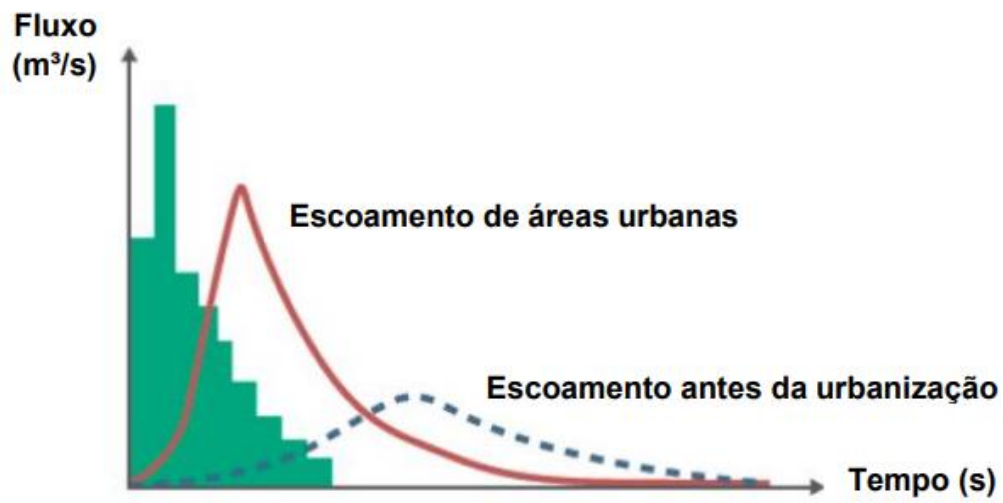


Figura 31: Comparação do escoamento em áreas urbanas e pré urbanização.

Fonte: Hoffmann *et al.*, (2015, *apud* Santos, 2016).

*“Toda a teoria deve ser feita para poder ser posta em prática, e toda a prática deve obedecer a uma teoria. (...) Na vida superior a teoria e a prática completam-se. Foram feitas uma para a outra.”*

Fernando Pessoa,  
in *“Palavras iniciais da Revista de Comércio e Contabilidade”*.

## CAPÍTULO IV

### **4. Eventos hidrológicos com impacto significativo na cidade de Olhão**

Nenhum aglomerado urbano está excluído da possibilidade de ocorrência de precipitações excepcionais, mesmo que os intervalos com que sucedam sejam de várias gerações (Pedrosa *et al.*, 2016). Os que se encontram a baixas altitudes são mais vulneráveis, devido, entre outros, à influência das marés, assim como o assoreamento dos coletores que provocam constrangimentos ao normal funcionamento dos sistemas de drenagem artificiais (Telhado, 1998). Também os aglomerados atravessados por linhas de água, total ou parcialmente modificadas, e onde a dimensão dos novos coletores se encontra desajustada face às reais necessidades dos volumes de água escoados, ou não exista a necessária limpeza e manutenção das valetas e sumidouros, enfrentam particulares problemas.

A cidade de Olhão congrega todas estas conjunturas, sendo afetada, de forma periódica, por inundações. Por não se relacionarem com o transbordo de cursos de água a céu aberto, e ocorrerem em tecido urbano impermeabilizado, são classificadas como urbanas (Oliveira & Ramos, 2002), e rápidas, por se formarem em poucas horas ou até minutos (Rebelo, 1997).

Neste capítulo, através do histórico das ocorrências, pretende-se identificar os locais críticos relativos a inundações na cidade. Concomitantemente, a análise de um evento hidrológico específico, ocorrido num passado recente, cuja magnitude impôs uma resposta musculada de meios de proteção e socorro de toda a região, permitirá avaliar as causas e os impactos deste tipo de eventos, bem como indagar sobre o processo de resposta à emergência.

#### 4.1. Histórico de episódios de inundações

O risco de inundação da cidade de Olhão é facilmente comprovado com o número de ocorrências registadas ao longo do tempo. O histórico das inundações que aqui se apresenta baseou-se nos dados estatísticos disponibilizados pelo GBMPC de Olhão, referentes a alertas<sup>33</sup> para ocorrências do tipo “*inundações de estruturas ou superfícies por precipitação intensa*” (código de ocorrência 3315<sup>34</sup>), para os quais o Corpo de Bombeiros Municipais de Olhão (CBMO) foi acionado, no período compreendido entre janeiro de 2006 e março de 2022 (16 anos e 3 meses<sup>35</sup>). Em concreto, analisam-se os dias em que se registaram multi-ocorrências, considerando-se o limite de 5 alertas. Uma vez que os registos se referem à totalidade de ocorrências relacionadas com inundações, procedeu-se à análise de cada um dos relatórios de ocorrência, no sentido de aferir aquelas que se localizaram na área de estudo. Nas datas em que não se verificou correlação entre precipitação intensa<sup>36</sup> (superior a 40mm) e situações multi-ocorrência, os registos foram confirmados com pesquisa na imprensa diária.

Com efeito, no quadro n.º 11 apresentam-se as datas em que os operacionais do CBMO responderam a situações de multi-ocorrências, referentes à tipologia indicada, respetivos números de alertas (total e na área em estudo) e valores de precipitação diária. Salienta-se que outras tipologias de ocorrências como queda de árvores, movimentos de massa, queda de estruturas ou elementos, assistência à população, limpeza e sinalização de vias, etc. não foram considerados, assim como também não foram as ocorrências a que responderam elementos de outras corporações, estes últimos por ausência de dados. Recorda-se que os valores de precipitação diária se referem à estação meteorológica de Faro/Aeroporto, dada a indisponibilidade de dados da estação de Olhão.

A sua análise permite concluir que, no período considerado, foram 21 os dias em que se registaram situações multi-ocorrência no concelho, num total de 268 alertas. Destes, 197 (73,5%) diziam respeito a ocorrências na área de estudo. Do total de alertas, 76 (28,4%) registaram-se só no ano de 2020, sendo o dia 26 de novembro aquele em que se registou o

---

<sup>33</sup> Apesar de, por definição, alerta corresponder à “*comunicação de uma emergência feita por um indivíduo ou entidade a um órgão operacional*” (ANEPC, 2018, pp.1), o programa de gestão ocorrência em uso no CBMO (*ifprotec*) considera alerta como a saída direta de meios.

<sup>34</sup> De acordo com a atual classificação de ocorrências da ANEPC, nos termos da Norma Operacional Permanente n.º 3101 de 2019.

<sup>35</sup> Período em que existe registo informático de dados.

<sup>36</sup> Com base nos valores analisados da estação meteorológica de Faro/aeroporto.



máximo de alertas diário (28), correspondendo ao episódio, concreto, que se analisa neste estudo. Uma curiosidade interessante é que dos 268 alertas, apenas 34 (12,7%) se registaram entre as 00:00 e as 7:00 horas, o que quer dizer que é durante o dia que a população mais aciona os meios de socorro.

Quadro 11: Alertas para situações de multi-ocorrências referentes a inundações de estruturas ou superfícies por precipitação intensa, e respetivos valores de precipitação diária.

Data	N.º Alertas		P. (mm) diária	Data	N.º Alertas		P. (mm) diária
	Total	Área de estudo			Total	Área de estudo	
2020-11-26	28	21	13,8	2008-09-29	10	10	erro
2020-11-30	23	3	49,40	2009-12-23	9	9	43,20
2008-09-27	22	0	0,00	2011-11-20	9	6	45,00
2008-09-28	20	8	77,90	2015-10-18	9	8	30,10
2007-10-02	18	18	18,70	2006-11-05	7	7	45,50
2006-11-06	17	13	25,10	2012-03-30	7	4	22,50
2010-12-08	14	10	14,40	2020-11-25	7	7	26,90
2014-11-29	14	14	15,40	2007-08-25	6	6	59,00
2017-02-14	14	14	12,40	2016-05-08	5	5	35,90
2020-10-20	13	12	88,90	2020-09-18	5	5	22,60
2011-05-18	11	10	79,70				

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo GBMPC e pelo IPMA.

Verifica-se, também, que precipitações diárias abaixo dos 40 mm desencadearam multi-ocorrências. Essas situações poderão ser justificadas pela distribuição (temporal e geográfica) da precipitação. Isto é, apesar da precipitação diária não ser significativa, tratou-se, como se lê na imprensa, “*de chuvadas intensas*”, concentradas no tempo e no espaço, não tendo, por isso, sido registadas na estação meteorológica de Faro/Aeroporto, localizada a cerca de 10km. Também o dia 27 de setembro de 2008, se terá tratado de um episódio de precipitação bastante localizado, atingido sobretudo a vila da Fuseta. No dia seguinte a precipitação terá atingido todo o Algarve, como comprova a notícia publicada pela *Visão*, nessa data, onde se lê que “*as chuvas intensas registadas este domingo em todo o Algarve provocam 78 inundações, com pelo menos 12 famílias de Olhão afetadas*”. O episódio de 26 de novembro de 2020, como se explanará adiante, constitui outro exemplo de um episódio de precipitação que não foi registado em Faro.

Com base na informação constante nos relatórios de serviço, procedeu-se à georreferenciação das ocorrências na área de estudo com o intuito de identificar os locais críticos de inundações urbanas (figura 32). Foram extirpadas repetições ou imprecisões de localização, tendo-se recorrido ao levantamento de campo para a resolução de certas dúvidas, sempre que se revelou necessário. Contou-se, ainda, com o conhecimento empírico dos bombeiros.

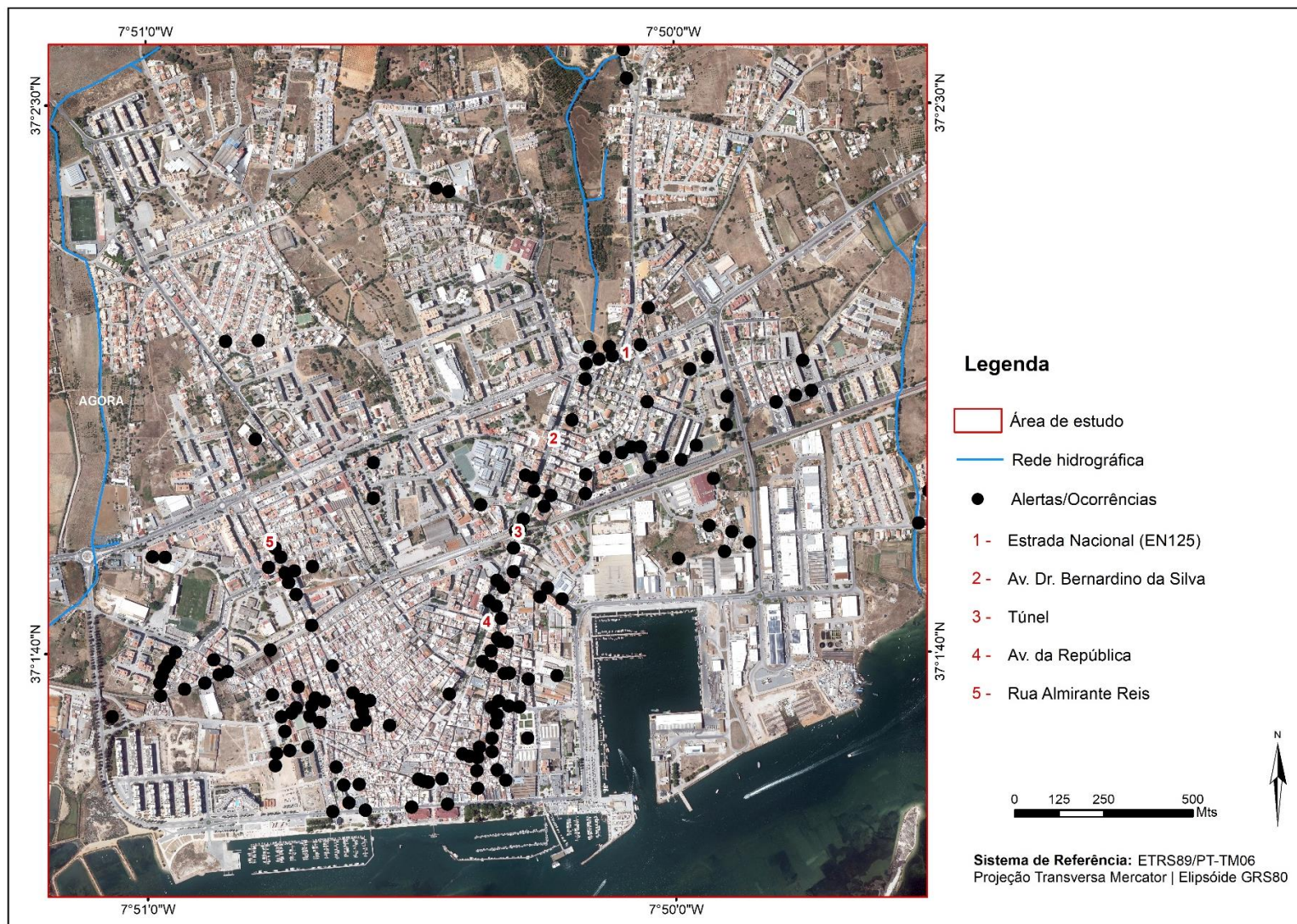


Figura 32: Locais frequentemente afetados por inundações na cidade de Olhão.  
Fonte: Elaboração própria com base nos relatórios de serviço do CBMO.



Conclui-se que os locais mais frequentemente (e severamente) afetados se localizam, principalmente, na frente ribeirinha da cidade, nos sectores terminais das antigas linhas de água, em largos ou ruas recetoras do escoamento, dispostos perpendicularmente às antigas linhas de água, e em locais em que existem barreiras artificiais ou depressões resultantes da artificialização da superfície topográfica, como acontece na zona do túnel/passagem desnivelada que liga a Avenida Dr. Bernardino da Silva com a Avenida da República. Outros “locais-críticos” que subsistem pela cidade devem-se a problemas de entupimento ou deficiência de vazão do sistema de drenagem artificial da cidade, muitas vezes agravados pela urbanização e impermeabilização de novas áreas. Ilustram-se, nas fotografias seguintes, alguns desses locais.



Fotografia 7: Inundações no dia 11 de março de 1993.  
Av. Dr. Bernardino da Silva.



Fotografia 8: Inundações no dia 11 de março de 1993.  
Praça Agadir.

Fonte: Arquivo fotográfico Calé.



Fotografias 9 e 10: Inundações no dia 11 de março de 1993. Túnel / passagem desnivelada que liga a Av. Dr. Bernardino da Silva à Av. da República.

Fonte: Arquivo fotográfico Calé.

Apesar de, em geral, os volumes de água implicados serem relativamente reduzidos, resultam, quase sempre, no corte de algumas vias de circulação, inundam caves, estacionamento subterrâneos e pisos térreos de edifícios residenciais e comerciais em vários locais da cidade, com avultados danos e prejuízos. Situações que provocam, invariavelmente, um certo caos ao desorganizar as acessibilidades e por afetarem as dinâmicas da população. Ainda assim, não causam feridos ou vítimas mortais, mas, em alguns locais mais declivosos, normalmente coincidentes com importantes ruas e avenidas da cidade, a velocidade da água atinge valores consideráveis. Tal como descreve Rebelo (1997, pp.46) a propósito do caso de Coimbra, também em Olhão “*algumas ruas funcionam como verdadeiros leitos de canais componentes de bacias de receção ou canais de escoamento (...)*”, destacando-se os exemplos da Rua Almirante Reis e da Avenida Dr. Bernardino da Silva.

## **4.2. O caso da inundação de 26 de novembro de 2020**

Em comunicado de imprensa datado de 27 de novembro de 2020, a autarquia de Olhão informa:

*Na tarde de ontem, quinta-feira, Olhão foi assolado por um fenómeno de precipitação intensa, entre as 17h e as 20h, com o pico a ocorrer às 19h, tendo-se registado, neste período, um acumulado de precipitação de 47mm. Face a esta situação verificou-se uma sobrecarga nos sistemas de drenagem artificiais existentes, bem como o transbordo das principais linhas de água o que provocou vários episódios de cheias e inundações um pouco por todo o concelho, com principal incidência no perímetro urbano da cidade. No total foram registadas 53 ocorrências, a maioria relacionadas com inundações. O facto de algumas vias terem ficado submersas provocou sérios constrangimentos na circulação rodoviária. Todas as vias foram, entretanto, reabertas, mantendo-se apenas interdita a circulação na passagem desnivelada de Olhão, que ficará solucionada ainda no decorrer desta manhã. Em resposta à situação estiveram envolvidos meios das Juntas de Freguesia, Empresas Municipais, Serviços Municipais, Polícia Municipal e, em apoio ao Corpo de Bombeiros Municipal de Olhão, os Corpos de bombeiros: Sapadores de Faro, Faro Cruz-Lusa, São Brás de Alportel, Albufeira, S. B. Messines, Lagoa e Portimão. Para além dos danos materiais, não houve feridos a lamentar (Município de Olhão, 2020).*

### **4.2.1. Avaliação e antecipação operacional**

De acordo com o relatório de previsões dedicadas produzido pela empresa *Climateadviser* para o SMPC de Olhão, cujas tabelas se apresentam nas figuras 33 e 34, no dia 26 de novembro de 2020, eram esperadas bastantes nuvens (cobertura a 99%), precipitação total de 0,33mm/h e acumulada de 3,1mm, temperatura máxima de 17,2°C e mínima de 10,1°C, e humidade relativa a variar entre os 94% e os 63%. Estava, ainda, prevista a possibilidade de formação de trovoadas.

Em termos de previsões de riscos, a mesma fonte não assinalava, neste dia, nenhuma situação que oferecesse especial preocupação (Figura 35).

Olhão	quarta-feira, 25-nov		quinta-feira, 26-nov		sexta-feira, 27-nov		sábado, 28-nov		domingo, 29-nov		segunda-feira, 30-nov		terça-feira, 1-dez		quarta-feira, 2-dez		quinta-feira, 3-dez		4-dez	
	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	
	[Weather icons for each day and period]																			
Vento (velocidade)	kph 13,5 30,8		13,2 19,2		31,6 29,3		17,3 17,1		23,7 25,6		39,6 41,1		36,5 32,5		31,9 29,8		24,6 19,3		27,5	
Vento (direção)	O SO		SE E		E NE		N SO		SO S		S S		S S		S NO		NO O		NO	
Escala de Vento	Moderado		Bonançoso		Fresco		Bonançoso		Moderado		Muito Fresco		Fresco		Fresco		Moderado		Modera	
Rajadas de vento	kph 25,3 47,1		24,0 31,0		47,1 45,4		32,8 31,3		39,4 40,9		57,9 58,8		54,2 49,5		49,0 48,2		43,5 32,9		45,3	
Cobertura de nuvens	% 97 96		100 99		96 51		2 25		72 71		100 98		97 98		100 38		8 25		82	
Precipitação total	mm/h 0,09 2,24		0,84 0,33		1,05 0,02		0,02		0,86 0,04		1,13 1,80		0,79 0,73		1,24 0,86		0,02 0,07		0,42	
Precipitação acumulada	mm 0,3 21,0		7,5 3,1		10,3 0,1		0,1		5,0 0,3		8,3 13,5		7,4 8,3		12,2 4,7		0,2 0,3		2,1	
Horário precipitação	madruga M/T		noite M/T		noite M/T		tarde		noite M/T		noite M/T		noite M/T		noite M/T		noite M/T		início	
Temperatura max	°C 18,2 19,0		14,7 17,2		16,9 17,7		15,4 19,2		18,8 19,2		19,3 19,8		19,9 20,1		20,0 19,8		16,3 16,4		15,1	
Temperatura min	°C 13,3 10,4		10,1 10,1		12,4 10,3		11,3 11,2		12,3 11,6		15,2 14,0		16,1 16,2		16,3 13,4		11,4 10,5		9,4	
Humidade relativa (max/min)	% 73 78		94 63		80 56		82 64		90 60		82 75		75 73		79 82		84 64		86	
Nascer / Pôr do sol	7:15 17:24		7:16 17:23		7:16 17:23		7:17 17:23		7:18 17:23		7:19 17:23		7:20 17:23		7:20 17:23		7:21 17:23		7:22	

Figura 33: Tabela de previsões dedicadas para o concelho de Olhão, de 25 de novembro a 3 de dezembro de 2020, produzida por Climateadviser.

Fonte: SMPC Olhão.

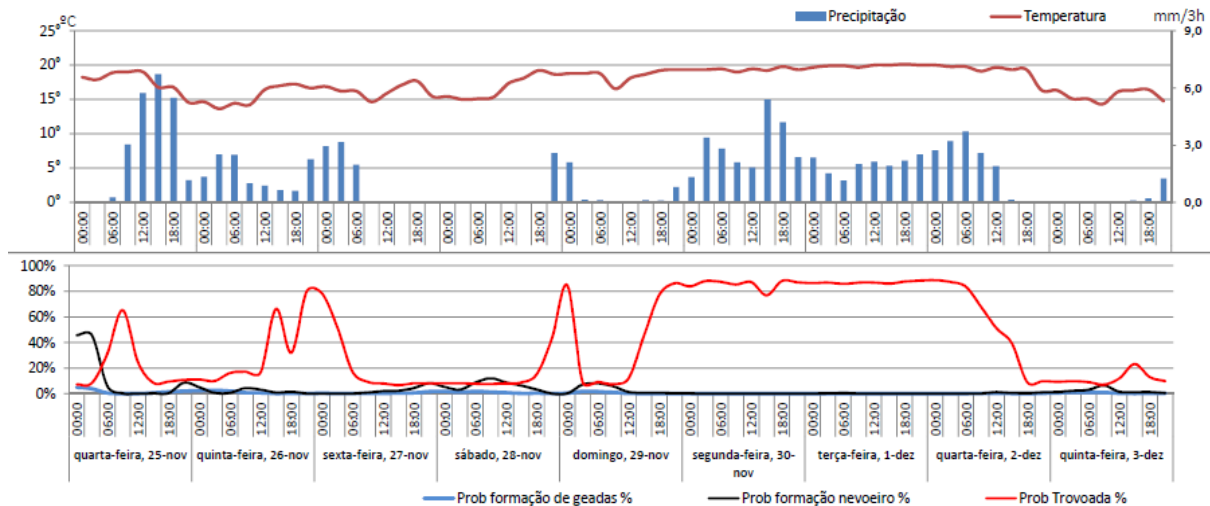


Figura 34: Tabela de previsões dedicadas para o concelho de Olhão, de 25 de novembro a 3 de dezembro de 2020, produzida por Climateadviser.

Fonte: SMPC Olhão.

Olhão																
	Ondulação metros	Período seg	Estado do Mar	Escala de Vento Beaufort	Vento (velocidade) kph	Rajadas de vento kph	Taxa precipitação mm/h	Precip acumulada mm/dia	Intensidade	Prob Geadas %	Humidade Min %	Windchill °C	Temp min °C	Varição Tmin d-1 °C	Temp max °C	Varição Tmax d-1 °C
25-nov	1,7	10	Cavado	Fresco	30,8	47,1	6,72	22,44	Chuva forte	5%	71	8,5	10,3	-1,4	19,0	0,8
26-nov	2	14	Cavado	Moderado	22,6	36,4	2,52	11,70	Chuva moderada	3%	63	8,3	10,1	-0,2	17,2	-1,8
27-nov	1,7	12	Cavado	Fresco	31,6	47,1	3,15	8,16	Chuva moderada	2%	56	7,5	10,3	0,2	17,7	0,4
28-nov	1,4	14	Cavado	Moderado	23,7	39,0	2,58	2,64	Chuva moderada	2%	64	9,5	11,2	0,9	19,2	1,6
29-nov	1,8	15	Cavado	Fresco	35,2	51,8	2,10	3,45	Chuva moderada	2%	60	10,3	11,6	0,4	19,3	0,1
30-nov	1,9	13	Cavado	Muito Fresco	41,1	58,8	5,40	23,43	Chuva forte	0%	73	11,7	14,0	2,4	19,8	0,4
1-dez	1,4	10	Cavado	Muito Fresco	36,5	54,2	2,52	15,78	Chuva moderada	0%	70	14,3	16,1	2,1	20,1	0,3
2-dez			Cristas e Carneiros	Fresco	31,3	48,3	3,72	14,37	Chuva moderada	0%	78	9,6	12,1	-4,1	20,0	-0,1
3-dez			Cristas e Carneiros	Fresco	27,5	45,3	1,26	1,71	Chuva moderada	1%	64	7,1	10,3	-1,8	16,4	-3,6
4-dez			Carneiros Freqüentes	Moderado	21,9	39,7	0,81	0,81	Chuva moderada	1%		7,6	9,0	-1,3		

Figura 35: Tabela de previsões de risco para o concelho de Olhão, de 25 de novembro a 4 de dezembro de 2020, produzida por Climateadviser.

Fonte: SMPC Olhão.

O IPMA emitiu um aviso meteorológico amarelo para todo o Algarve, prevendo “*aguaceiros, podendo ser por vezes fortes e acompanhados de trovoada, em especial no Sotavento*”. No entanto, pelo seu baixo nível de gravidade, o mesmo não motivou a ativação de qualquer estado de alerta especial e, por conseguinte, de nenhum comunicado técnico operacional por parte da ANEPC ou do SMPC, não tendo, sequer, sido feita referência a essa situação no *briefing* técnico operacional diário do CREPC Algarve.

#### 4.2.2. Situação: fatores desencadeantes e agravantes

Com base no resumo climatológico de novembro de 2020, publicado pelo IPMA (pp.3), neste mês

*Portugal continental foi afetado pela passagem de superfícies frontais frias e de linhas de instabilidade, advetadas em torno de depressões com núcleos a oeste da Península Ibérica. Adicionalmente, houve ainda a influência de cristas anticiclónicas associadas a centros de altas pressões localizados na Europa Central e/ou na região dos Açores.*

No dia 26, verificou-se

*a passagem de linhas de instabilidade associadas a depressões a oeste do território (...), ocorreu precipitação, geralmente sob a forma de aguaceiros, sendo localmente forte a muito forte e acompanhada de trovoada. O Algarve e, em particular, o sotavento foi especialmente afetado pela convecção (IPMA, 2020, pp.3).*

Sublinha-se que este tipo de instabilidade associada a depressões, provoca sempre fenómenos locais de previsão impossível.

Na figura 36 apresenta-se a carta de pressão às 18:00 horas do dia 26 de novembro de 2020, sendo possível observar uma depressão muito centrada a sudoeste da área de estudo, alimentada pelo fluxo húmido do mediterrâneo, que certamente terá sido a responsável pela convecção. Na carta sinótica da figura 37, é visível a célula convectiva que se gerou sobre a área de estudo. As imagens de satélite constantes nas figuras 38 e 39 revelam a formação de nuvens com grande desenvolvimento vertical, bem como a bolsa de ar frio que, naquele dia, se formou em altitude sobre a área de estudo. Nas fotografias seguintes, tiradas a partir de Quarteira, a cerca de 20 km a oeste da área de estudo, é bem visível a formação nebulosa de grande desenvolvimento vertical, designada por *cumulonimbus*. Inicialmente a crescer a partir de pequenas nuvens, *cúmulos*, reunidas sobre uma superfície quente, formando depois uma nuvem bastante alta e densa, que terá sido responsável pela forte precipitação que se abateu sobre a cidade de Olhão.



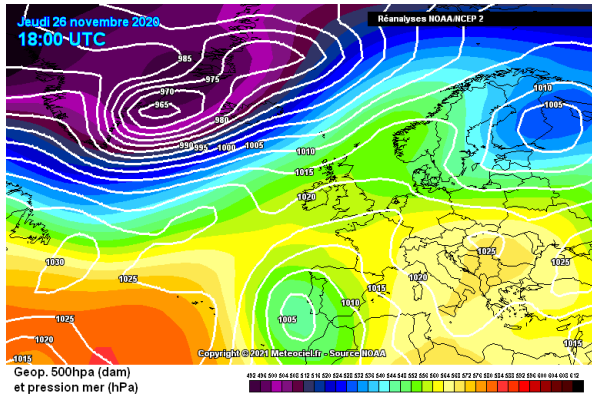


Figura 36: Carta de Pressão referente ao dia 26 de novembro de 2020.

Fonte: <https://meteologix.com/>

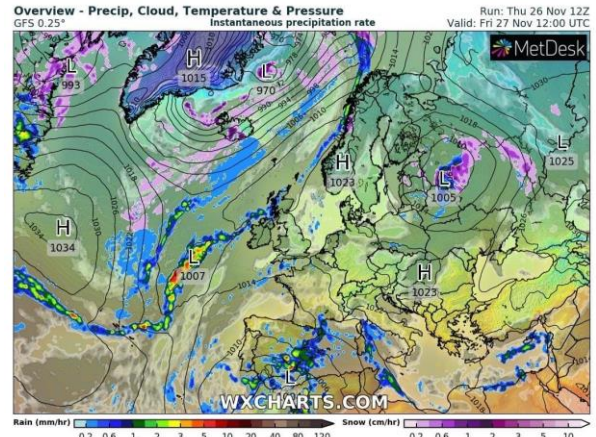
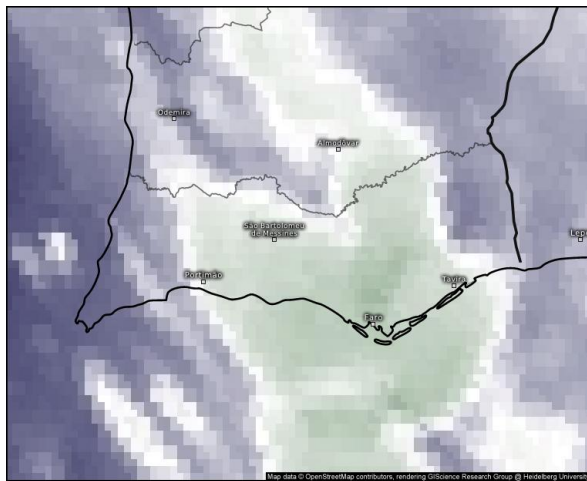


Figura 37: Carta Sinótica referente ao dia 26 de novembro de 2020.

Fonte: <https://wxcharts.com/>

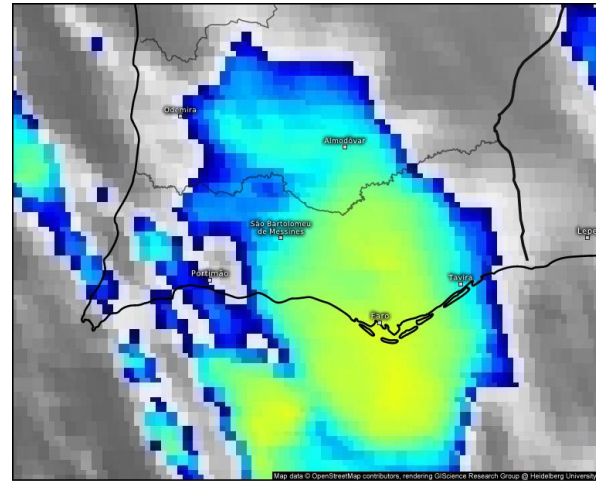


Satellite Water Vapor

Thu 11/26/2020, 05:25pm WET

Figura 38: Imagem de satélite no 26 de novembro de 2020, pelas 17H25.

Fonte: <https://meteologix.com/>



Satellite Cloud Tops Alert

Thu 11/26/2020, 07:00pm WET

Figura 39: Imagem de satélite no 26 de novembro de 2020, pelas 19H.

Fonte: <https://meteologix.com/>



Fotografias 11 e 12: Nuvens de desenvolvimento vertical na tarde de 26 de novembro de 2020, em Quarteira.

Fonte: <https://www.facebook.com/meteomira>

No gráfico da figura 40 apresentam-se os dados de precipitação horária, disponibilizados pelo IPMA, referentes à estação meteorológica automática de Olhão<sup>37</sup>, no dia 26 de novembro de 2020. Conforme se pode constatar, em Olhão registaram-se 61,6 mm de precipitação acumulada e na estação de Faro/Aeroporto apenas 13,8 mm. Esta diferença revela que, efetivamente, se tratou de um fenómeno localizado. Os dados apresentam-se em consonância com o comunicado de imprensa publicado pela autarquia, confirmando-se que, entre as 17H e as 20H, se registou um acumulado de precipitação de 47 mm. No dia anterior, a mesma estação registou um acumulado de 42 mm.

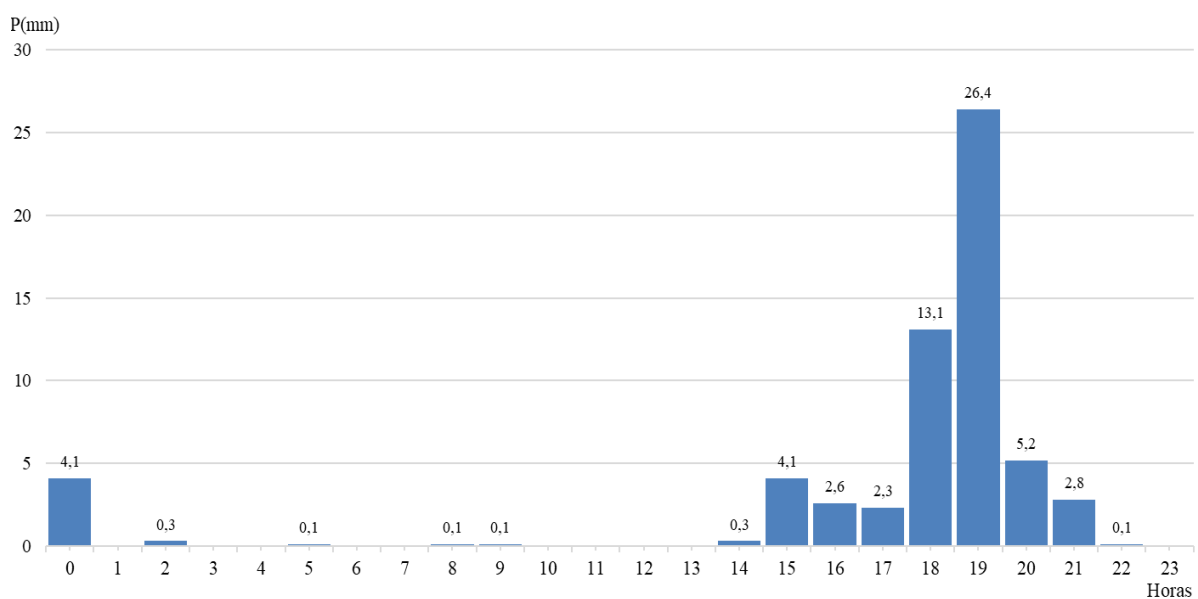


Figura 40: Precipitação horária registada na estação meteorológica de Olhão, no dia 26 de novembro de 2020.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pelo IPMA.

As condições de maré eram as que se registam no gráfico da figura 41, sendo possível constatar que, aquando do período de precipitação intensa, se encontrava em baixa-mar, com a altura mínima de 1,1 m. Deste modo, o fator maré não constituiu um fator agravante à ocorrência de inundações na cidade. Isto revela que, mesmo sem obstrução na descarga costeira, o sistema de drenagem não se encontra dimensionado para a ocorrência de extremos.

<sup>37</sup> Localização: Lat. 37°1'59"N / Lon. 7°49'15"W / Elevação: 7 m



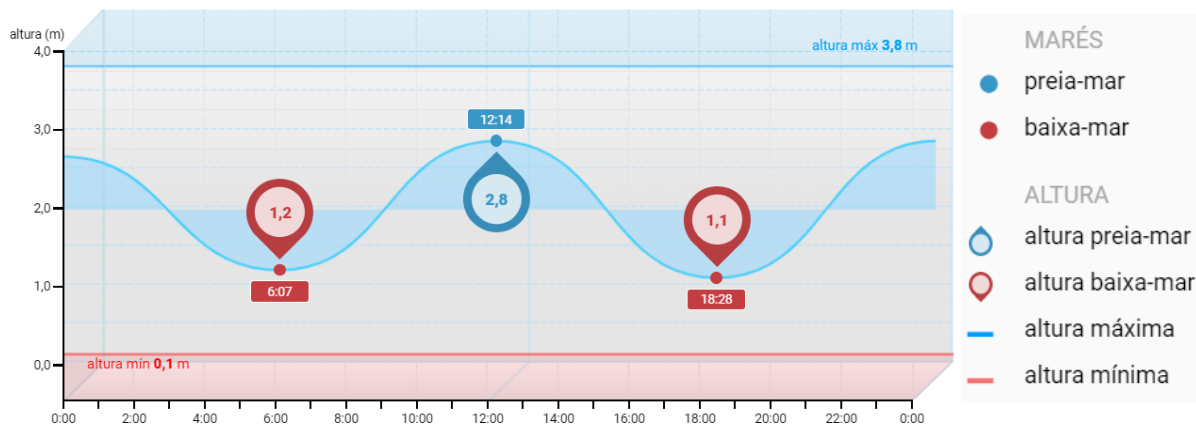


Figura 41: Gráfico de preia-mares e baixa-mares, no porto de Faro-Olhão, no dia 26 de novembro de 2020.

Fonte: <https://tabuademares.com/pt/faro/olhao>

Sendo outono, as árvores de folha caduca existentes nas principais avenidas da cidade estavam a perder a folhagem, causando o entupimento dos sumidouros, constituindo-se uma obstrução à infiltração (fotografia 13). Também os principais cursos de água, a montante da área de estudo, se apresentavam obstruídos por vegetação e detritos, obstaculizando a drenagem da água (fotografia 14).



Fotografia 13: Avenida Dr. Bernardino da Silva, no outono.  
Fonte: Própria.



Fotografia 14: Ribeira junto à entrada poente da Cidade de Olhão.  
Fonte: Própria.

#### 4.2.3. Influência da malha urbana

O processo de urbanização do território implicou, como se referiu, alterações na dinâmica do escoamento superficial que circula nas bacias hidrográficas que drenam na cidade de Olhão. Para além de influenciar a sua velocidade, o caudal interfere, também, no tempo de

concentração deste escoamento, especialmente em áreas deprimidas, contribuindo para a intensificação dos episódios de inundações urbanas. Neste sentido, é importante compreender o contributo da malha urbana na canalização do escoamento ou no impedimento da circulação do mesmo, face ao episódio de precipitação intensa. Para o efeito, procedeu-se à análise da inclinação das ruas de forma a ter uma primeira ideia sobre a velocidade e a direção que os fluxos de água superficiais assumem, bem como à identificação dos pontos de reunião ou divergência do escoamento e das áreas deprimidas onde o escoamento se concentra.

Assim, assumindo a metodologia de Gomes & Marafuz (2013), as vias foram classificadas em função do seu papel canalizador, quando encaminham o fluxo para outras ruas, ou do seu papel recetor, nos casos que recebem o escoamento de outras vias, assumindo-se, no entanto, que as ruas recetoras também são canalizadoras, uma vez que, no final do seu percurso, canalizam o fluxo para outras ruas. As praças, os largos e as rotundas foram denominadas por áreas divergentes, nos casos em que canalizam a água que cai na sua superfície; por convergentes quando funcionam como locais de reunião do escoamento; e assumem ambas as designações sempre que recebem o escoamento de uma ou várias ruas e, posteriormente, o encaminham. No que diz respeito aos cruzamentos e aos entroncamentos, estes constituem pontos de dispersão ou de concentração do escoamento superficial.

A análise do cartograma que daqui resultou (figura 42), permite compreender o motivo pelo qual os locais identificados anteriormente alagam com tanta frequência, confirmando-se o que se disse sobre os largos e as ruas recetoras de escoamento.

Destaca-se a passagem desnivelada dotada de um sistema de bombagem que visa a drenagem das águas pluviais para o coletor, mas que em situações de precipitação abundante a capacidade de vazão do sistema automático não é eficaz. Considerando o seu perfil topográfico, recebe o escoamento de várias vias, retendo um elevado volume de água (fotografia 14). Na prática acaba por funcionar como uma espécie de “bacia de amortecimento” diminuindo o caudal e a velocidade do escoamento (majorado pela impermeabilização das zonas urbanas a montante), impedindo que este prossiga em direção à baixa da cidade. Ao reduzir substancialmente os caudais e a amortecer o pico e a velocidade do escoamento, diminui igualmente a severidade das inundações e perturbações a jusante.

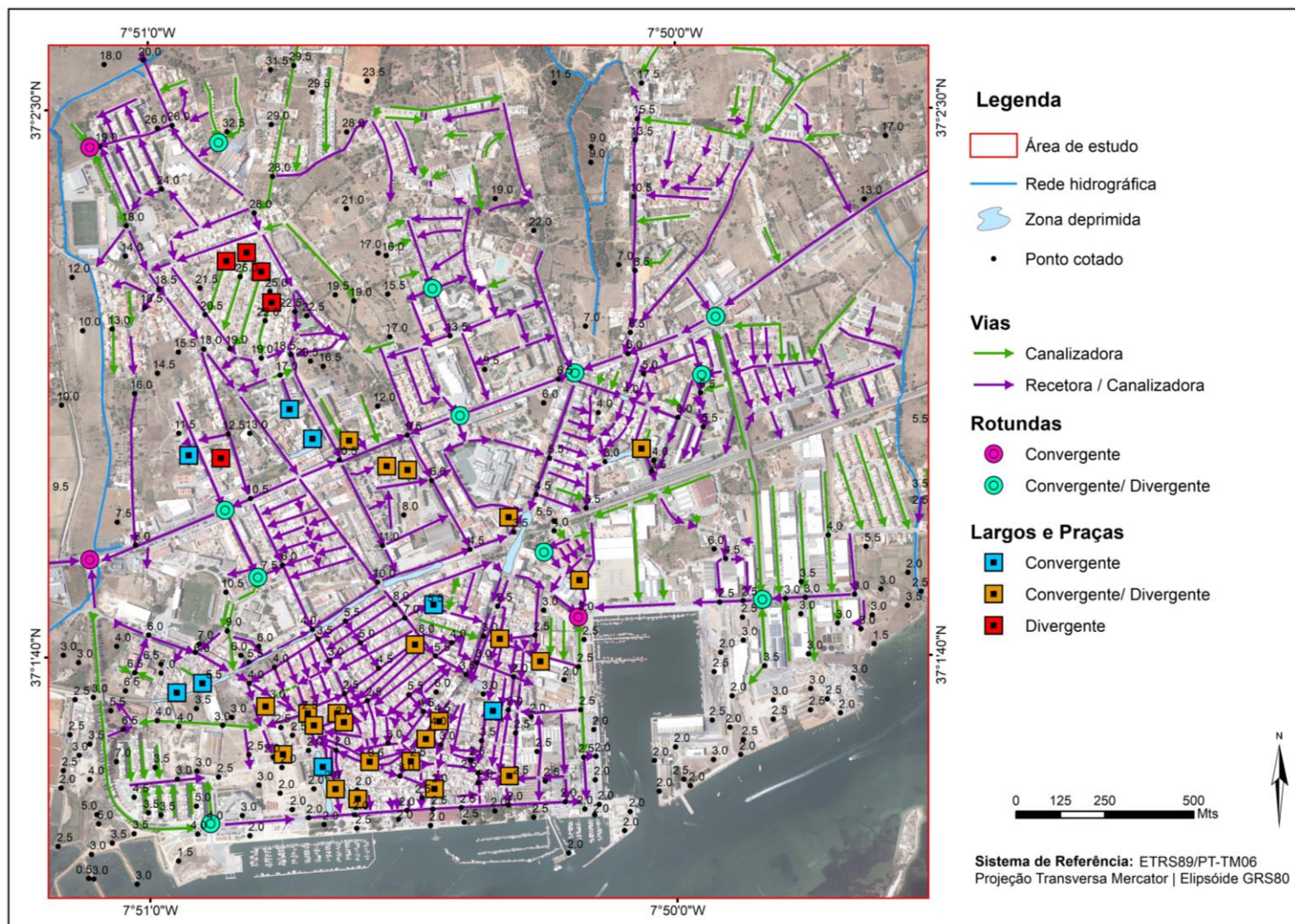


Figura 42: Sentido do escoamento superficial na área de estudo.  
 Fonte: Elaboração própria.





Fotografia 15: Vias que canalizam o escoamento para a passagem desnivelada.  
Fonte: Algarve Drone

### 4.3. Resposta à emergência

Tratando-se de uma ocorrência de proteção civil com alguma complexidade, que provocou elevados danos patrimoniais, importa escarpelizar e sistematizar, de forma consistente e sistémica, a forma como se materializou a resposta operacional e institucional, considerando as diferentes variáveis que condicionaram a operação de proteção e socorro. Assim, pretende-se, neste ponto, explicar os contornos do desenvolvimento geral da operação, desde o alerta inicial, passando pelos diferentes momentos de acionamento e reforço de meios, de coordenação estratégica e operacional, até aos mecanismos de apoio às populações sinistradas.

#### 4.3.1. Avaliação e antecipação operacional

Como se referiu, o quadro meteorológico em presença não determinou a ativação de nenhum estado de alerta especial. Com efeito, não foi prevista, antecipadamente, nenhuma organização diferenciada em termos de prontidão e/ou mobilização de estruturas e agentes de proteção civil,

conforme estabelece a DON n. °1/2009 da ANEPC, que institui o DIOPS<sup>38</sup>. Ainda assim, a Sala de Operações e Comunicações (SALOC<sup>39</sup>) do GBMPC de Olhão, estava, como habitualmente, em permanente acompanhamento e monitorização da situação. O dispositivo operacional era, portanto, composto pela força mínima de intervenção operacional, em regime de prevenção e alerta permanente no quartel, constituída por seis bombeiros profissionais e um operador de telecomunicações.

Nesta data, cerca de metade do efetivo de bombeiros profissionais do quadro ativo encontrava-se em isolamento ou isolamento profilático, situação que tinha obrigado à reorganização do efetivo em 4 equipas (de 6 operacionais), de serviço em turnos de 24H, [em vez das habituais 5 brigadas (de 10 operacionais), de serviço em turnos de 12H], e ao cancelamento de todas as férias, faltas e outras licenças previamente autorizadas. Além disso, o plano de contingência em vigor tinha determinado a suspensão temporária do serviço operacional dos bombeiros voluntários.

O PMEPC de Olhão estava ativo, em virtude da pandemia motivada pela doença COVID-19.

#### **4.3.2. Desenvolvimento das operações**

O primeiro alerta foi dado pelo CREPC, às 17H25 para uma situação de inundação num armazém comercial, tendo sido despachado o veículo ligeiro de combate a incêndios (VLCD), com três operacionais. Quatro minutos depois, às 17H29, novo alerta, desta vez dado por um particular, também para uma situação de inundação, tendo sido despachado um veículo florestal de combate a incêndios (VFCI) com dois operacionais. Às 17:31, outro alerta para uma inundação na zona histórica, seguido de pedido de um autarca de freguesia para sinalização/corte de vias às 17H37.

Neste momento o chefe de serviço do CBMO mobiliza para o terreno as forças de segurança (PSP, GNR e Polícia Municipal), o *piquet* da empresa municipal Ambiolhão e solicita a presença de um elemento de comando no Quartel. Os alertas continuaram a chegar à SALOC.

---

<sup>38</sup> O DIOPS organiza-se e funciona de forma distinta, em conformidade com o estado de alerta ativado – Estado de Alerta Normal ou Estado de Alerta Especial.

<sup>39</sup> A SALOC é organizada em dois níveis de atividade: Regular (correspondente ao estado de alerta normal ou ao estado de alerta especial nível azul) e alerta (correspondente ao estado de alerta especial de nível amarelo ou superior).

Comparece o 2.º Comandante que, assumindo o comando das operações de socorro (COS<sup>40</sup>), estabelece o plano estratégico de ação (PEA). Este passou por priorizar as ocorrências de acordo com a sua gravidade tendo em conta, nomeadamente, a existência de vítimas ou pessoas em perigo. Simultaneamente, procede à mobilização imediata de todo o efetivo do CBMO (profissionais e voluntários), assim como reforça o efetivo da SALOC, e solicita ao CREPC meios de apoio, face à multiplicidade de ocorrências que estavam em curso e que se previa viessem a aumentar. Solicita, ainda, o apoio do SMPC e da Divisão de Manutenção e Energia (DME). Estabelece o ponto de trânsito (PT) na antiga fábrica da Bela-Olhão<sup>41</sup>.

Às 19H40 é despachado pelo CREPC o grupo de reforço para inundações, composto por meios dos Corpos de Bombeiros Sapadores de Faro, Voluntários de Faro Cruz-Lusa, São Brás de Alportel, S. B. Messines, Albufeira, Portimão e Lagoa.

Considerando o número de operacionais no teatro de operações (TO) e em trânsito, passou-se à fase II do SGO, tendo sido implementado o Posto de Comando Operacional<sup>42</sup> (PCO) na sala de crise do Quartel do CBMO.

O Comandante do CBMO chega ao PCO, e o 2.º Comandante transfere-lhe o COS, passando aquele, a partir desse momento, a ser o responsável por toda a operação. Esta passagem, de competências e responsabilidade, foi efetuada presencialmente, tendo sido transmitida toda a informação e conhecimento sobre a operação em curso, designadamente os meios e recursos empenhados e solicitados.

A pedido do COS, foi acionada pelo CREPC uma equipa de apoio ao PCO (EPCO), composta por elementos de comando dos CB de Portimão e Albufeira, assim como o Comandante de Permanência às Operações (CPO) distrital.

Foi operacionalizada a célula de operações do PCO e, apesar de só estarem previstas a partir da fase III do SGO, o COS determinou, também, a operacionalização das células de planeamento e logística, designando oficiais responsáveis por cada uma. Instituiu, ainda, a constituição de

---

<sup>40</sup> A função de COS é a única, prevista no SGO, que é obrigatória e permanente em qualquer operação de proteção e socorro, sendo o seu exercício competência do bombeiro mais graduado no TO.

<sup>41</sup> Lat: 37° 1'45.28"N; Long: 7°50'8.50"W.

<sup>42</sup> “O PCO é o órgão diretor das operações (...) destinado a apoiar o COS na tomada de decisões e na articulação de meios no TO” (cf. artigo 14.º do SIOPS).

uma equipa de reconhecimento e avaliação da situação (ERAS<sup>43</sup>), e solicitou a presença de um oficial de ligação às forças de segurança.

A multiplicidade de ocorrências na zona de intervenção<sup>44</sup> (ZI), correspondente à área do concelho, impôs que se procedesse à setorização geográfica do TO. Neste sentido, sob proposta da célula de operações, foram criados os setores *Alpha* (abrangendo as freguesias de Olhão, Quelfes e Pechão) e *Bravo* (abrangendo a freguesia de Moncarapacho e Fusetas), cada um com seu comandante de setor<sup>45</sup> e plano de missão.

À medida que os meios e recursos externos iam chegando ao PT, o PCO, através da sua célula de operações, afetava-os a um setor, cujo comandante, em função das valências de cada um, atribuía missão. Os meios foram, assim, sendo empenhados no TO, de acordo com o PEA definido pelo COS, em resposta a todos os alertas que chegavam à SALOC. Também as equipas da Ambiolhão e da DME foram empenhadas, tendo colaborado, essencialmente, na limpeza e desobstrução de sumidouros e vias de comunicação. O SMPC integrou a célula de logística.

Após a chegada de todos os meios ao PT, este foi convertido em zona de concentração e reserva (ZCR) sendo para lá que eram encaminhados os meios e recursos que aguardavam nova missão, bem aqueles que o COS definiu para constituírem uma reserva estratégica.

Os trabalhos duraram até à manhã do dia seguinte, com a limpeza e reabertura de vias que foram temporariamente interditadas, tendo os meios de reforço sido desmobilizados cerca das 9H00.

Com efeito, ao nível estratégico foi determinada a estratégia e, em consonância, elaborado o PEA. Simultaneamente, foram identificadas as necessidades e solicitados meios de reforço. Considerou-se a previsão e planeamento de resultados e a definição das medidas de comando e controlo, assim como foram fixados os objetivos específicos para o nível tático. Também foi planeada logisticamente a operação. Ao nível tático, as atividades operacionais foram dirigidas tendo em consideração os objetivos de acordo com a estratégia definida pelo COS. Fez-se a gestão dos meios e recursos atribuídos, a fixação de objetivos específicos para o nível manobra (com vista ao restabelecimento da normalidade), o comando tático dos setores, assim como o controlo da prossecução dos objetivos definidos. No nível de manobra foram executadas as

---

<sup>43</sup> Equipa constituída por dois elementos, deslocando-se para os TO para avaliação e apoio operacional.

<sup>44</sup> “As ZI caracterizam-se como áreas de configuração e amplitude variáveis e adaptadas às circunstâncias e condições do tipo de ocorrência, podendo compreender zonas de sinistro, zonas de apoio, zonas de concentração e reserva e zonas de receção de reforços” (cf. artigo 18.º do SIOPS).

<sup>45</sup> “Cada setor do TO tem um responsável que assume a definição de comandante de setor” (cf. n.º 2 do artigo 18.º do SIOPS).



atividades operacionais, sob direção do nível tático, nomeadamente a execução das tarefas específicas e a concretização das missões operacionais como por exemplo socorro a pessoas em perigo, esgotamentos de água em edifícios, a remoção de veículos submersos nas faixas de rodagem, colocação de sinalização de perigo, corte de vias, desobstrução de vias e ribeiras, limpeza de sumidouros, etc.

Isto considerando, pode afirmar-se que a estrutura de comando e controlo da presente operação esteve sempre adequada e proporcional à situação operacional verificada no terreno. A decisão de operacionalizar as células de planeamento e logística foi sustentada pelas necessidades operacionais e logísticas da operação, sendo que as mesmas foram devidamente dimensionadas. Em suma, o comando da operação evoluiu de acordo com as normas constantes do SIOPS, seguindo, conjuntamente, a organização modular e evolutiva estabelecida pelo Sistema de Gestão de Operações (SGO<sup>46</sup>), nos níveis estratégico, tático e manobra.

#### **4.3.3. Balanço das ocorrências**

A multiplicidade de alertas registados determinou que, em termos de registo no SADO, fosse criada uma ocorrência global, na qual foram agregadas as 53 ocorrências distribuídas de acordo com a sua tipificação. Para além das 28 ocorrências referentes a situações de inundação de estruturas ou superfícies por precipitação intensa já referidas, foram inventariadas outras 25 de diferentes tipologias, designadamente limpeza de via e sinalização de perigo; patrulhamento, reconhecimento e vigilância; queda de estruturas temporárias ou móveis; movimento em massa; queda de elementos de construção em estruturas edificadas; corte ou remoção de elementos em perigo de queda; desabamento de estruturas edificadas; queda de árvores; reboque e desempanagem de veículos e rendição de meios. Nas fotografias da página seguinte ilustram-se algumas das ocorrências registadas nesse dia.

---

<sup>46</sup> Nos termos do Despacho n.º 3317-A/2018, de 3 de abril, o SGO é uma forma de organização operacional que se desenvolve numa configuração modular e evolutiva de acordo com a importância e o tipo de ocorrência. Aplica-se a todos os agentes de proteção civil (APC), entidades com especial dever de cooperação e qualquer outra entidade desde que empenhadas em operações de proteção e socorro.



Fotografia 16: Inundação Rua Almirante Reis.  
Fonte: Própria.



Fotografia 17: Inundação Rua de Olivença  
Fonte:  
<https://www.sulinformacao.pt/>



Fotografia 18: Inundação Rua Caíque Bom Sucesso  
Fonte:  
<http://blocoolhao.blogspot.com/>



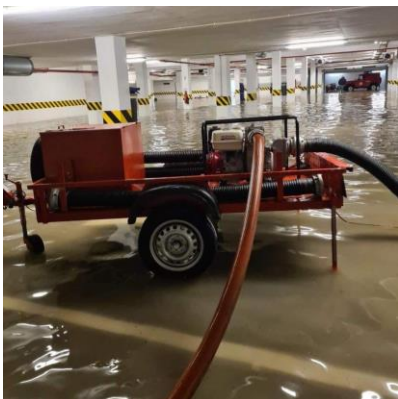
Fotografia 19: Inundação estrada principal de Moncarapacho.  
Fonte: GBMPC.



Fotografia 20: Operação de reboque e desempanagem de veículo na Fuseta.  
Fonte: GBMPC.



Fotografia 21: Operação de limpeza e desobstrução de caminhos rurais com recurso a máquina retroescavadora.  
Fonte: GBMPC.



Fotografia 22: Inundação Estacionamento do auditório municipal.  
Fonte: Própria.



Fotografia 23: Inundação Rua Diogo de Mendonça Corte Real  
Fonte: Própria.



Fotografia 24: Inundação Túnel / passagem desnivelada.  
Fonte: <https://www.sabado.pt/>

#### 4.3.4. Meios e recursos envolvidos na operação

O inventário dos principais meios e recursos envolvidos nesta operação consta no quadro 12. Em síntese, estiveram empenhados 98 operacionais, entre bombeiros, trabalhadores dos serviços e empresas municipais, e elementos das forças de segurança, para além dos dois elementos do executivo Municipal. Em referência a veículos, estiveram empenhados 26 veículos de bombeiros (de diferentes tipologias, 11 dos quais equipados com motobombas para escoamento de água), duas máquinas retroscavadoras (que operaram na de desobstrução de vias e ribeiras), e 13 veículos ligeiros das forças de segurança e outros serviços.

Quadro 12: Meios e recursos empenhados na operação.

Entidade	Veículo/equipamento	N.º Operacionais
CB Olhão	VCOT	1
CB Olhão	VCOT	2
CB Olhão	VTPT + Motobomba	2
CB Olhão	VTTU + Motobomba	2
CB Olhão	VALE	2
CB Olhão	VOPE	1
CB Olhão	VUCI + Motobomba	3
CB Olhão	VSAE + Motobomba	3
CB Olhão	VLCI + Motobomba	4
CB Olhão	VFCI + Motobomba	3
CB Olhão	VOPE (retroscavadora)	1
CB Albufeira	VCOT	1
CB Albufeira	VCOT	2
CB Albufeira	VOPE + Motobomba	3
CB Albufeira	VRCI	4
CB Albufeira	VTPT	1
CB Faro Cruz Lusa	VFCI	5
CB Faro Cruz Lusa	VTPT + Motobomba	3
CB Faro Cruz Lusa	ABTM	2
CB Sapadores de Faro	VCOT + Motobomba	2
CB Lagoa	VFCI	4
CB S. Brás de Alportel	VFCI	5
CB São B. de Messines	VLCI + Motobomba	3
CB Portimão	VFCI	5
CB Portimão	VCOT	1
CB Portimão	VCOT	2
CB Portimão	VTPT + Motobomba	2
SMPC Olhão	VCOT	2
Ambiolhão	1 Retroscavadora + 5 Viaturas	11
DME	1 Veículo Ligeiro	2
GNR	1 Veículo Ligeiro	2
PSP	1 Veículo Ligeiro	4
Polícia Municipal	3 Veículos Ligeiros	8

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pelo GBMPC.

#### **4.3.5. Estruturas de comando, coordenação e ações de suporte às operações**

A partir do momento em que foi implementado, todas as operações passaram a ser geridas a partir do PCO. De modo genérico, foi aqui efetuada a recolha e o tratamento operacional das informações, a preparação das ações desenvolvidas, a formulação e transmissão de pedidos, diretrizes e ordens, assim como o controlo da sua execução.

Ainda que a operação não tivesse ultrapassado a fase II do SGO, o PCO foi guarnecido com equipas estruturadas e coordenado pelo COS. Este assegurou o seu pleno funcionamento e a articulação e cooperação entre as diferentes células, assim como com a ERAS e a oficial de ligação às forças de segurança. Garantiu, também, a integração, articulação e comunicação com as diferentes entidades empenhadas ou de sustentação à operação.

A célula de operações foi assumida pelo CPO Regional. Para além das tarefas que já se referiram, como a proposta de setorização do TO, foi responsável por manter atualizado o quadro geral da operação e o esquema de situação tática (SITAC) gráfico, transmitir ordens de missão aos comandantes de setor, garantir o registo permanente da fita do tempo, assim como estar atento a eventuais evacuações que se revelassem necessárias.

A célula de planeamento, composta por dois elementos de comando, garantiu a recolha, avaliação e processamento de informações necessárias ao processo de decisão do COS, designadamente informação meteorológica, previsão de marés, localização de pontos sensíveis, entre outras. Foi responsável por manter atualizado o quadro de informações, e garantiu a georreferenciação de todos os alertas que chegavam à SALOC. Além disso, preparou toda a informação relevante para sustentar as declarações à comunicação social e elaborou comunicados de imprensa. Em articulação com a célula de logística/SMPC, planeou, também, a eventual necessidade de evacuações, garantindo alojamento temporário de emergência imediato para dez pessoas.

A célula de logística, composta por dois elementos do SMPC, garantiu a sustentação logística da operação, concretamente, a alimentação [foram servidas duas refeições aos operacionais (jantar e reforço)] e o reabastecimento de veículos e equipamentos. Ademais, manteve atualizado o quadro de meios e o plano de comunicações (PLACOM), e garantiu o apoio logístico a prestar às vítimas em articulação com a célula de planeamento.

A ERAS, constituída por dois elementos de comando do CB de Portimão, percorreu toda a zona de intervenção, recolhendo informações específicas sobre as consequências do evento em

causa. Deslocou-se num veículo de comando tático (VCOT) e, com recurso a tecnologias de informação, garantiu a interligação permanente e imediata com o PCO, fazendo pontos de situação constantes sobre o evento e sobre a situação operacional, identificando situações urgentes ou emergentes, locais mais afetados, estabilidade e operacionalidade de infraestruturas, estado das ribeiras, eixos rodoviários de penetração, e propondo, inclusivamente, ao COS, os recursos mais adequados para lidar com algumas situações. As ações que desenvolveu foram indispensáveis ao processo de tomada de decisão.

No organograma seguinte apresenta-se a constituição/composição do PCO.

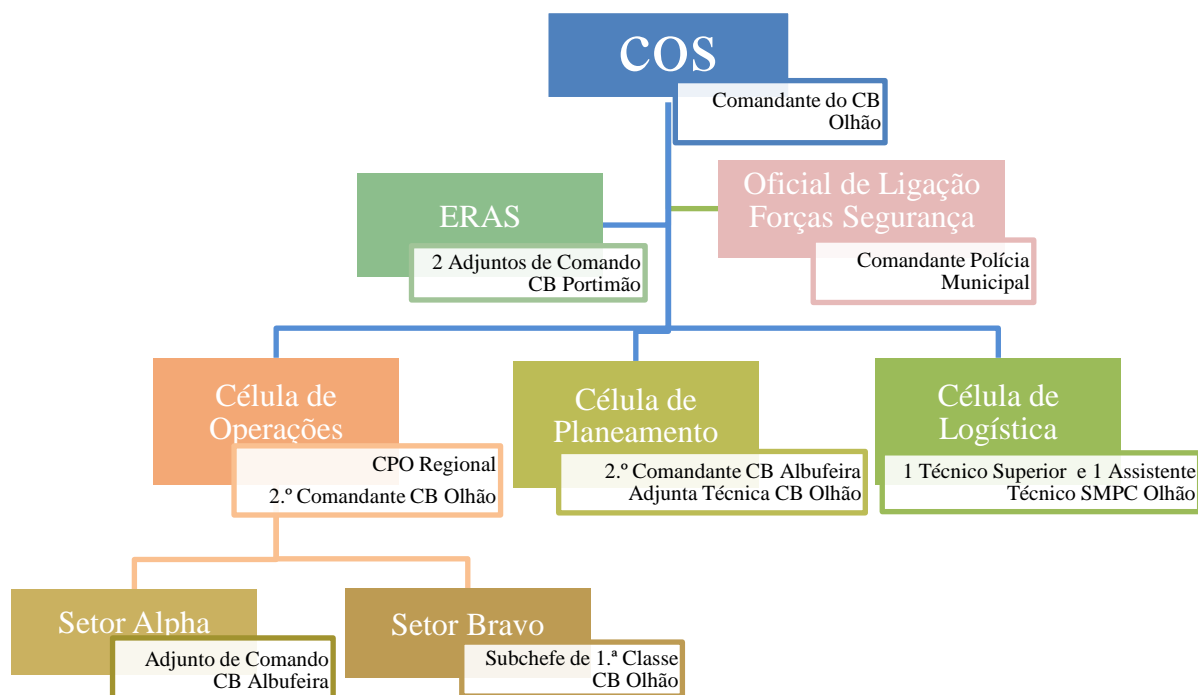


Figura 43: Organização do Posto de comando operacional.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pelo GBMPC.

Em termos de coordenação política e institucional, foi assumida pelo presidente da Câmara Municipal de Olhão que acompanhou, em permanência, o desenvolvimento das operações e o empenhamento de meios e recursos desde o momento em que foi implementado o PCO. Não tendo sido ativada a CMPC, foi ele que habilitou o COS dos mecanismos necessários para a adequada resposta. Foi também o responsável máximo da proteção civil municipal que presidiu todos os *briefings* extraordinários e, em articulação com o COS, prestou informações aos órgãos de comunicação social e às entidades oficiais que as solicitaram. Para além do presidente da Câmara Municipal, esteve presente, também, o então Vereador com os pelouros Urbanismo,



Obras Públicas, Obras Particulares, Fiscalização, Planeamento Urbanístico, Ordenamento do Território e Gestão de Espaços Públicos.

O comando e a coordenação operacionais estiveram assentes no coordenador municipal de proteção civil e comandante do CB de Olhão, que acumula as duas funções. Considerando as competências das duas figuras, verificou-se que este modelo diminuiu entropias e burocracias nos processos de decisão, permitindo uma resposta mais célere e funcional. O facto da coordenação técnica e o comando operacional terem estado sempre em consonância, facilitou, igualmente, a coordenação institucional e a coordenação horizontal dos serviços. Este modelo revelou-se bastante facilitador da operacionalidade das equipas e de uma coordenação mais eficiente, melhorando, em última análise, as ações de socorro.

#### **4.3.6. Ferramentas de apoio à decisão**

A utilização de novas tecnologias pelos agentes de proteção civil (APC) tem um papel determinante no sucesso das operações de proteção e socorro. Atualmente, a sua aplicabilidade desenvolve-se nas áreas da informação e comunicações, monitorização de recursos operacionais e na avaliação da organização e do desempenho operacional (DON n.º 2/2021). No conjunto, assumem-se como importantes ferramentas ao facilitarem a coordenação, o comando e o controlo das operações, garantindo o registo sistematizado e permanentemente atualizado.

Na operação de proteção e socorro em análise recorreu-se, essencialmente, à base de dados de informação meteorológica, gerida pelo IPMA, com valores observados, previsões e dados de perigo; ao sistema de apoio à decisão operacional (SADO), que funcionou como fita do tempo para todas as ocorrências registadas; ao sistema de georreferenciação de meios operacionais SIRESP GL, através do qual era possível conhecer a localização dos meios no terreno; e à plataforma de informação geográfica “*Geo MAP*” (tecnologia ESRI), concretamente à “*FEB Monitorização*”. Esta última, destaca-se pela sua pertinência, tendo sido utilizada por praticamente todos os intervenientes.

Assim, as equipas no terreno, com recurso a aplicações como o *Quick Capture, Collector* ou o *Field Maps* (também tecnologia ESRI), disponíveis nos smartphones ou tablets, enviavam informação georreferenciada e em tempo real, incluindo fotografias, para a plataforma “*FEB Monitorização*”, em permanente monitorização pelo PCO. Na plataforma, acessível a todos os



APC, para além de ser possível visualizar o posicionamento das equipas através da georreferenciação dos rádios SIRESP dos operacionais, e de consultar toda a cartografia, era também possível visualizar a localização das ocorrências e os respetivos estados (em curso, em resolução ou em conclusão), e manter o esquema de situação tática (SITAC gráfico) atualizado. A tarefa do COS foi, assim, facilitada por estas ferramentas.

#### **4.3.7. Plano de comunicações**

As operações de proteção e socorro exigem para além dos recursos técnicos adequados, uma escrupulosa disciplina na sua utilização de forma a garantir, por um lado, o sucesso na resposta e o desenvolvimento das diversas ações de socorro e, por outro, a própria segurança dos operacionais empenhados (Norma de Operacional Permanente n.º 1701/2017 da ANEPC). Essa disciplina é sustentada na ação de comando e no Plano de Comunicações (PLACOM) associado, estabelecido para assegurar a ligação e as comunicações de emergência entre todos os intervenientes, dentro da hierarquia estabelecida para cada TO. A implementação do PLACOM é da responsabilidade do COS nas duas primeiras fases do SGO, desenvolvendo-se nos níveis de comando, tático e manobra, devendo ser implementado o mais precocemente possível. De acordo como estabelecido no SGO, todos os TO devem possuir um PLACOM com desenvolvimento inicial nos canais de manobra e acompanhando progressivamente a evolução da operação.

As redes de rádio disponíveis e em uso atualmente, para sustentação das operações, são a REPC<sup>47</sup>, a ROB<sup>48</sup> e o SIRESP<sup>49</sup>, estas duas últimas mais utilizadas pelos APC. Os terminais SIRESP estão equipados com sistema de georreferenciação, permitindo um acompanhamento da localização das equipas. A rede ROB é utilizada em redundância com o SIRESP, e nas situações em que esta não funciona, por indisponibilidade da rede e/ou constrangimentos técnicos que inviabilizam a sua utilização.

---

<sup>47</sup> Rede Estratégica de Proteção Civil é uma rede partilhada pela estrutura operacional da ANEPC e pelos APC cujo objetivo primário é assegurar uma capacidade de interligação e interoperabilidade ao nível das estruturas superiores de comando.

<sup>48</sup> Rede Operacional de Bombeiros é uma rede destinada exclusivamente a ser utilizada pelos corpos de bombeiros no âmbito da sua atividade operacional.

<sup>49</sup> O Sistema Integrado de Redes de Emergência e Segurança de Portugal é um sistema de telecomunicações nacional, partilhado, que assegura a comunicação das forças e serviços de emergência e de segurança que permite a centralização do comando e da coordenação (cf. Resolução de Conselho de Ministros n.º 56/2003).

As primeiras comunicações referentes à operação foram estabelecidas entre a SALOC e o CREPC via SIRESP, no canal PC CDOS FA1, tendo sido atribuídos canais de manobra para as diferentes equipas no terreno. Quando foi implementada a fase II do SGO, que correspondeu à instalação do PCO, passou a utilizar-se o PC COM 1 para o nível de comando, e o PC TAT 1 para o nível tático, mantendo-se as equipas a trabalhar em canal de manobra (PC MAN11). O Canal PC CDOS FA1, permaneceu em utilização durante toda a operação para as comunicações entre o COS/PCO e o CREPC.

*“Os problemas com que nos deparamos hoje, não podem ser resolvidos com o mesmo pensamento que, em primeira instância, os ajudou a criar.”*

Albert Einstein

## CAPÍTULO V

### 5. Desafios na gestão do risco de inundação

A gestão do risco de inundação em meio urbano representa um desafio complexo. Em Olhão, o historial de episódios de inundações torna evidente a necessidade de implementação de medidas mitigadoras dos impactos gerados, convidando a uma reflexão sobre os modelos de ocupação do território e de gestão do ciclo urbano da água que têm sido seguidos. De facto, o crescimento da cidade e o conseqüente aumento da área impermeabilizada, tem-se traduzido no aumento da frequência e amplitude das inundações. A forma de atenuar este efeito da alteração na permeabilidade dos solos será atuar ao nível do escoamento superficial, tentando diminuí-lo e/ou diferi-lo no tempo (Bichançã, 2006). Portanto, não sendo possível intervir leito da maioria dos cursos de água que atravessavam a cidade, porque foram suprimidos ou já estão fortemente modificados, torna-se necessária a implementação de outro tipo de medidas que reduzam o risco.

Tendo já sido feita referência a essas medidas, bem como à necessidade da sua implementação, importa, agora, concretizá-las. Assim, neste último capítulo, reúnem-se um conjunto de possíveis soluções e estratégias de gestão do risco de inundação no espaço urbano de Olhão. Destinam-se, essencialmente, a melhorar as condições de escoamento, bem como a diminuir o surgimento de novos elementos expostos ou a atenuar a vulnerabilidade dos já existentes, ao mesmo tempo que melhoram a qualidade da água infiltrada. Do mesmo modo, procura-se definir alguns procedimentos e mecanismos que auxiliem na resposta à emergência. Para tal, contou-se, além da bibliografia de referência, com o valiosíssimo contributo de responsáveis e decisores das diferentes entidades com competências na matéria (Município de Olhão, ANEPC, Ambiolhão, SMPC e CBMO), assim como do distinto urbanista, arquiteto paisagista e

engenheiro agrónomo, Professor Doutor Sidónio Pardal, que coordenou a equipa de revisão do PDM de Olhão, e foi autor concecional dos mais importantes parques urbanos do país.

Realça-se que as propostas que se apresentam refletem uma abordagem estratégica de desenvolvimento visando a redução do risco de inundações urbanas para um nível aceitável, sem o agravar a montante ou a jusante. Ademais, privilegiam-se soluções de planeamento e de sistemas de drenagem de águas pluviais alternativos, em detrimento do reforço da capacidade dos sistemas de drenagem existentes (solução bastante dispendiosa e, em Olhão, nem sempre exequível devido, por exemplo, à forte infraestruturização do subsolo e ausência de declives). Adverte-se, ainda, que a seleção de medidas aqui elencadas não inclui, de modo algum, todas as medidas (estruturais, não estruturais e de aperfeiçoamento operacional) existentes, mas aquelas que se consideram passíveis de implementar na área de estudo.

### **5.1. Contributos para a mitigação e/ou adaptação ao risco de inundações urbanas na cidade de Olhão**

Por forma a mitigar os impactos das inundações urbanas na área de estudo, em particular os causados pela drenagem pluvial em situações de exceção, devem ser equacionadas um conjunto de medidas com vista a contrariar os efeitos da urbanização no meio recetor. Ainda assim, não se pode achar que estas medidas poderão controlar totalmente as inundações na cidade, mas antes que irão atenuar os seus efeitos (Barbosa, 2006). Efetivamente, não será possível eliminar ou prevenir completamente o risco, pelo que as intervenções deverão ser adaptadas à variabilidade das condições. Por conseguinte, o desafio é o de recuperar, o máximo possível, as condições hidrológicas locais anteriores à ocupação das microbacias (Canholi, 2013).

Uma vez que as técnicas tradicionais<sup>50</sup> de gestão urbana da água se têm mostrado limitadas (Rodrigues, 2020), a tendência é que se direcione o investimento para soluções alternativas que promovam a adaptação e aumento de resiliência, através de estratégias integradas e sustentáveis, desenvolvidas e planeadas de forma a serem utilizadas como complemento às infraestruturas atualmente existentes (Gleick, 2003, *apud* Rodrigues, 2020). No fundo, soluções que estejam em maior consonância com os princípios de sustentabilidade e desenvolvimento

---

<sup>50</sup> Tradicionalmente na resolução dos problemas associados à gestão urbana da água nas cidades utiliza-se uma abordagem tecnocêntrica, recorrendo-se sempre a práticas de engenharia assentes na construção de estruturas físicas para proteção, ou através de mecanismos compensatórios (Rodrigues, 2020).

(Barbosa, 2006). De facto, somente através da utilização de diferentes processos e com uma visão multidisciplinar e sistémica do problema, será plausível almejar garantir a diminuição do volume e da velocidade do escoamento, a manutenção do tempo de concentração da bacia, e ainda a preservação da qualidade da água e o seu aproveitamento (Canholi, 2013).

Esta ideia relaciona-se com os conceitos de “*Sustainable Urban Drainage Systems*” (Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável - SUDS<sup>51</sup>) e de “*Water Sensitive Urban Design*” (Desenho Urbano Sensível à Água - WSUD<sup>52</sup>), que pretendem transformar as cidades em “*Water Sensitive City*” (Cidades Sensíveis à Água - WSC). O primeiro reflete uma abordagem de gestão de águas pluviais que intenta reduzir os impactos do escoamento superficial, através da implementação de soluções que incorporem fatores ambientais no processo de gestão urbana da água (Lourenço, 2014, *apud* Rodrigues, 2020); O segundo, mais completo, define a cidade como uma bacia hidrográfica, integrando a gestão do ciclo urbano da água no processo de desenvolvimento urbano, através de técnicas que pretendem “*reduzir a quantidade de áreas urbanas impermeáveis, promover a retenção temporária de águas e o seu reaproveitamento, o mais próximo possível da sua origem, minimizando os impactos do desenvolvimento urbano sob o meio natural*” (Rodrigues, 2020. pp.5). Em ambos, o ordenamento do território é considerado uma ferramenta fundamental para a implementação desta tipologia de soluções nos sistemas urbanos.

O sucesso destas técnicas combina, idealmente, medidas de natureza não estrutural e estrutural (Lourenço, 2014), acarretando consideráveis benefícios ambientais, económicos e sociais (Santos, 2010). Num período em que se enfrentam graves problemas de escassez de água, estas medidas fazem particular sentido e são ainda mais pertinentes. Certo é que o seu efeito será sempre condicionado por diversos fatores característicos da própria área urbana, os quais favorecem, limitam ou impossibilitam a aplicabilidade das mesmas (Rodrigues, 2020).

---

<sup>51</sup> Os SUDS surgiram de uma alteração de práticas de gestão de águas pluviais no Reino Unido, cuja filosofia se fundamenta na replicação das condições naturais de drenagem prévias ao desenvolvimento de áreas urbanas (Rodrigues, 2020).

<sup>52</sup> O conceito de WSUD foi desenvolvido na Austrália e considera o ciclo urbano da água, aliado ao planeamento urbano, serviços e infraestruturas relacionadas, para a criação de um ambiente urbano que forneça múltiplos benefícios.

### 5.1.1. Medidas não estruturais

Como se explicou, as medidas não estruturais correspondem a “*medidas de carácter preventivo e corretivo, executadas através da implementação de diretrizes de cariz legislativo ou institucional*” (Lourenço, 2014, pp.20). Grosso modo, tratam-se de medidas de nível estratégico e incluem normas e regulamentos que disciplinam a ocupação e o uso do solo, bem como estratégias de consciencialização da população. São, no fundo, medidas essencialmente preventivas (Santos, 2010), das quais devem fazer parte conjunturas políticas futuras que sejam sensíveis à água, assim como diretrizes de desenvolvimento urbano sustentáveis (Rodrigues, 2020). Por norma, estas medidas têm custos inferiores quando comparadas com as medidas estruturais (Lourenço, 2014), devendo ser prioritárias.

Rodrigues (2020), com base em *Department of Environment & Swan River Trust (2005)*, considera que as medidas não-estruturais podem ser divididas em cinco categorias principais:

- Ferramentas de planeamento e ordenamento do território – como o desenvolvimento de planos municipais que contemplem a utilização de práticas WSUD em novas áreas urbanas;
- Planeamento estratégico e regulação institucional – como o uso de planos estratégicos, regionais ou municipais de gestão de águas pluviais urbanas, e garantias de financiamento que apoiem a implementação desses planos;
- Procedimentos de prevenção de poluição - como práticas de manutenção e elementos de sistemas de gestão ambiental;
- Programas de sensibilização e de participação – como programas de formação e envolvimento da comunidade no desenvolvimento e implementação de planos de gestão de águas pluviais;
- Normas e regulamentos – como a aplicação de leis municipais para melhorar o controlo da erosão e de sedimentos em estaleiros de obras, o uso de instrumentos de regulação, como licenças ambientais, para ajudar a gerir os recintos com maior probabilidade de contaminar águas pluviais ou subterrâneas, e programas para reduzir descargas ilícitas nos sistemas de drenagem de pluviais.



Em função destas tipologias, identificam-se, no quadro seguinte, algumas medidas não estruturais cuja aplicação no território em estudo constituiria uma mais valia na gestão urbana da água.

Quadro 13: Medidas não estruturais de mitigação do risco de inundação urbana propostas para a cidade de Olhão.

<b>Tipologia</b>	<b>Medida</b>
<b>Ferramentas de planeamento e ordenamento do território</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contemplar, no processo de revisão do PDM em curso, políticas de gestão de águas pluviais, exigindo-se que a gestão local seja incluída na fase de projeto de desenvolvimento dos espaços urbanos, como condição para a sua aprovação;</li> <li>● Rever nos PMOT os índices máximos de impermeabilização de forma que, em todos os terrenos ou lotes, este não exceda 50% da área total da intervenção;</li> <li>● Elaborar cartografia de risco de inundação a uma escala adequada e contemplando o histórico das inundações, e promover a sua integração nos PMOT;</li> <li>● Identificar e proteger áreas sensíveis, respeitando e recuperando os sistemas de drenagem natural existentes, tal como a redução do escoamento superficial, através de uma combinação de áreas permeáveis e impermeáveis;</li> <li>● Promover projetos de loteamento em redor dos espaços públicos abertos, que facilitem o acesso da comunidade e incorporem elementos referentes à água na paisagem, fazendo parte da estratégia de gestão de águas pluviais local;</li> <li>● Projetar novas vias sempre que possível: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ orientadas na diagonal ao longo contorno, para que seja alcançado um declive igual ou inferior a 4%,</li> <li>○ com incorporação de espetos naturais dos locais de forma a promover a infiltração, a retenção e passagem da água;</li> <li>○ com a largura o mais reduzida possível e com passeio apenas de um lado;</li> </ul> </li> </ul>

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ com valas de coberto vegetal para transporte do escoamento superficial;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Prever a criação de espaços públicos abertos ao longo das linhas de drenagem, como corredores multifuncionais, que conectem áreas públicas e privadas a espaços públicos urbanos;</li> <li>● Formar os técnicos municipais e sensibilizá-los para a temática;</li> </ul>
<b>Planeamento estratégico e regulação institucional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaborar, desenvolver e implementar um Plano de Gestão de Águas Pluviais, com planeamento, conceção e pré dimensionamento de medidas e intervenções, incluindo, naturalmente, as intervenções estruturantes consideradas prioritárias, o que deverá articular-se com os demais instrumentos de gestão;</li> <li>● Elaborar um Plano de Gestão do Risco de Inundações que contemple medidas de minimização das consequências prejudiciais das inundações na saúde humana, nas atividades económicas, no património cultural e no meio ambiente;</li> </ul>
<b>Procedimentos de prevenção de poluição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementar soluções de captação de águas pluviais e recolha do escoamento superficial em bacias de retenção ou sistemas subterrâneos e seu posterior tratamento;</li> <li>● Implementar mecanismos que reduzam o teor de sólidos suspensos no escoamento superficial;</li> <li>● Implementar procedimentos de reutilização de efluentes, em especial águas cinzentas<sup>53</sup> para fins não potáveis, de forma a diminuir o volume de águas residuais domésticas que causam a colmatação e transbordo do sistema de drenagem de águas residuais, evitando que entrem no sistema de drenagem de águas pluviais;</li> </ul>
<b>Programas de sensibilização e de participação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Promover ações de informação e sensibilização públicas com vista a envolver as populações na:           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ implementação de medidas preventivas que aumentem a resiliência face às inundações;</li> </ul> </li> </ul>

---

<sup>53</sup> As águas cinzentas são águas residuais domésticas que não contém águas negras (das sanitas), sendo provenientes, em geral, de banheiras, duches, lavatórios, lavagem de roupas e cozinhas.

- 
- adoção de comportamentos que influenciem os padrões de recolha e reutilização de águas pluviais para fins não potáveis, por exemplo com recurso a tanques ou cisternas;
  - criação de áreas de infiltração, percolação e armazenamento temporário de águas pluviais;
  - realização de pequenas adaptações nas construções de modo a reduzir as perdas;
  - utilização de técnicas e materiais que aumentem a permeabilidade dos solos;
  - promoção da recuperação do coberto vegetal através da utilização de espécies autóctones;
- Possibilitar a participação de todos no processo de gestão de inundações, incluindo na tomada de decisões, de forma a permitir um maior envolvimento e identificação com a causa;
  - Desenvolver e implementar estratégias de educação e incentivos, que encorajem a adoção de melhores práticas de gestão de águas urbanas, tecnologias de conservação e redução de focos difusos de poluição de água;

---

### **Normas e regulamentos**

- Rever a regulamentação de uso de solo e ocupação de áreas de risco de inundação, proibindo ou condicionando a construção de infraestruturas em áreas inundáveis;
- Elaborar regulamentação específica com vista a diminuir ou mesmo limitar as ligações às infraestruturas de águas pluviais em sobrecarga;
- Criar normas e códigos de construção adaptados à ocorrência de inundações, promovendo a resiliência dos edifícios;
- Incorporar na regulamentação medidas de manutenção e/ou restabelecimento de vegetação ao longo dos cursos de água;
- Fiscalizar o cumprimento da legislação vigente, referente à limpeza e manutenção das linhas de água;
- Criar incentivos fiscais que estimulem a adoção de medidas estruturais que minimizem o risco de inundação urbana.

---

Fonte: Elaboração própria.

### 5.1.2. Medidas estruturais

As medidas estruturais “*implicam a projeção e construção de estruturas para conter, reter ou melhorar a condução do escoamento, com vista à redução do risco de cheia*” (Lourenço, 2014, pp. 21). Normalmente, envolvem soluções físicas de engenharia hidráulica (Impulcetto, 2017) devendo ser aplicadas no início do planeamento da ocupação e uso do solo, para que tenham menor custo socioeconómico e menor impacto ambiental (Lourenço, 2014). Idealmente são instalados na origem do escoamento superficial ou nas proximidades, de forma a proteger os meios recetores (Rodrigues, 2020). Apesar de diferirem do conceito tradicional de canalização, estão a ele associadas, para adequação ou otimização do sistema de drenagem (Impulcetto, 2017). Podem ser de carácter intensivo ou extensivo, consoante atuem diretamente nos cursos de água ou aplicadas ao nível da bacia (Lourenço, 2014), e são classificadas quanto à sua localização na bacia hidrográfica, função, etapa de tratamento ao longo da cadeia de gestão, e tipo de elemento estrutural (Rodrigues, 2020).

Com base no *Department of Environment & Swan River Trust* (2005), Rodrigues (2020) classifica as medidas estruturais em:

- Controlo na origem - que procuram diminuir o volume de água que entra nos sistemas de drenagem.
- Tratamento primário – adequados para a remoção de resíduos sólidos.
- Tratamento secundário – possibilitam a remoção de sedimentos, e remoção parcial de metais pesados e bactérias, permitindo o controlo da qualidade e quantidade do escoamento.
- Tratamento terciário – eficazes na remoção de nutrientes, bactérias, sedimentos finos e metais pesados.
- Medidas de infiltração - que permitem a infiltração da água tratada através de poços de infiltração, trincheiras de infiltração, bacias de infiltração e sistemas de armazenamento e recarga artificial de aquíferos.

No quadro 14 apresentam-se exemplos dessas medidas, as quais seguidamente se retratam.

Quadro 14: Exemplos das principais medidas estruturais de mitigação do risco de inundação urbana propostas para a cidade de Olhão.

<b>Controlo na origem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recolha e armazenamento de águas pluviais</li> <li>● Coberturas verdes</li> <li>● Pavimentos permeáveis</li> <li>● Tanques de atenuação e bacias de detenção e retenção</li> </ul>
<b>Tratamento primário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dispositivos de recolha de resíduos sólidos</li> <li>● Bacias de sedimentação</li> </ul>
<b>Tratamento secundário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Faixas filtrantes</li> <li>● Swales</li> <li>● Filtros de areia</li> </ul>
<b>Tratamento terciário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas de biorretenção</li> <li>● Zona húmida artificial</li> </ul>
<b>Medidas de infiltração</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas de infiltração</li> <li>● Recarga artificial de aquíferos e reutilização</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

### 5.1.2.1. Controlo na origem

#### 5.1.2.1.1. Recolha e armazenamento de águas pluviais

Refere-se à recolha de águas pluviais nas coberturas dos edifícios e armazenamento em depósitos à superfície ou subterrâneos (Rodrigues, 2020). Na sua essência são recipientes, constituídos pelos mais diversos materiais, usados para capturar e acumular águas pluviais, para utilização posterior (Santos, 2010). Estas águas podem, posteriormente, ser utilizadas diretamente para fins não potáveis (rega, lavagens de ruas ou carros, descargas de autoclismos, combate a incêndios, etc.) ou, caso se pretenda a sua utilização para fins potáveis (consumo, banhos) é necessário proceder ao seu tratamento. Se a utilização destes sistemas de recolha for disseminada, contribuirá para reduzir o volume de água que afluí para os sistemas de drenagem (Santos, 2010), possibilitando um controlo efetivo na origem reduzindo o escoamento superficial nas áreas urbanas a jusante, assim como as cargas poluentes associadas (Rodrigues, 2020).

### 5.1.2.1.2. Coberturas verdes

As coberturas verdes consistem no desenvolvimento de um revestimento vegetal, sobre uma superfície edificada (Raposo, 2013), que promove a retenção e o tratamento de águas pluviais, contribuindo simultaneamente para a evaporação local (Samant, 2015, *apud* Rodrigues, 2020). Deste modo, reduzem os caudais de escoamento, agindo como amortecedor do fluxo de água entre a ocorrência da precipitação até à entrada no sistema de drenagem (Raposo, 2013), podendo, ainda, contribuir para a melhoria da qualidade da gestão das águas pluviais (Dunnett e Kingsbury, 2008, *apud* Rodrigues, 2020). Em termos práticos a água é absorvida pelos substratos e pela vegetação, sendo posteriormente evaporada para a atmosfera. Também pode ser retida e armazenada nas camadas drenantes, sendo que a água em excesso será encaminhada para o sistema de drenagem (Lourenço, 2014).

Numa cidade onde predominam os edifícios com açoteias, o potencial para adaptação destes pisos superiores a coberturas verdes (privilegiando a vegetação autóctone ou bem adaptadas às condições edafo-climáticas) é enorme. Para além de contribuir para a gestão de águas pluviais, permite melhorar o desempenho térmico e acústico dos edifícios, assim como a qualidade do ar, reduzindo, também, os custos de manutenção do edifício (Almeida, 2017). Na fotografia seguinte apresenta-se um exemplo de cobertura verde num edifício.



Fotografia 25: Exemplo de cobertura verde numa moradia em São Brás de Alportel, Faro.

Fonte: <https://www.greenroofs.pt/>

### 5.1.2.1.3. Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis contêm uma superfície porosa, podendo existir uma espécie de reservatório subjacente que armazena temporariamente o escoamento antes deste se infiltrar no



subsolo (Santos, 2010). Os mais comuns são constituídos por asfalto poroso, betão permeável ou peças com espaços vazios, permitindo, conforme Marques (2019), que a água seja drenada pelas juntas ou poros para as camadas subjacentes, onde fica armazenada momentaneamente, sendo gradualmente infiltrada no solo. A combinação destes pavimentos foi a solução adotada no novo parque de estacionamento da Avenida 16 de Junho, em Olhão, conforme fotografia 23, devendo ser replicada em projetos futuros.



Fotografia 26: Pavimento permeável utilizado no novo parque de estacionamento da Avenida 16 de Junho em Olhão.

Fonte: Própria.

#### **5.1.2.1.4. Tanques de atenuação e bacias de detenção ou retenção**

Conforme afirma Rodrigues (2020, pp. 56), “a instalação e dimensionamento deste tipo de estruturas permite o armazenamento temporário de água quer em tanques de atenuação, enterrados, quer em depressões naturais do terreno ou em áreas públicas dimensionadas para esse efeito”. Ao recolherem e armazenarem temporariamente a água durante eventos de precipitação, limitam o volume e a velocidade do escoamento superficial, permitindo a posterior utilização da água. Desta forma, evitam que o acréscimo da vazão máxima seja transferido para jusante por meio do amortecimento do volume de água (Rodríguez & Teixeira, 2018). Quanto maiores forem, maior será a sua eficácia. As bacias de detenção usualmente esvaziam em menos de um dia, podendo a área seca ser utilizada para outros fins, enquanto as bacias de retenção estão permanentemente preenchidas por água. No Parque Urbano da Cidade do Porto, considerado o maior parque urbano do país, da autoria de do arquiteto paisagista Sidónio Pardal, observam-se exemplos destas bacias (fotografia 24).



Fotografia 27: Exemplo de bacias de detenção/retenção no Parque da Cidade do Porto.

Fonte: [www.europeanbestdestinations.com](http://www.europeanbestdestinations.com)

Na cidade de Olhão, esta seria uma das soluções com maior impacto no amortecimento dos caudais de cheia e na gestão sustentável de sistemas de drenagem. Está prevista na proposta de Plano de Pormenor da Unidade Operativa de Planeamento e Gestão 8 (UOPG 8), referente ao Parque Urbano da Cidade de Olhão, elaborada em 2013, onde, distribuídas pelos seus cerca de 30ha, estão projetadas 4 bacias (de detenção e retenção), com capacidade para reter um volume de água superior a 100.000m<sup>3</sup>.

Conforme se observa na figura 44, trata-se de uma área estratégica de desenvolvimento territorial e drenagem de águas pluviais. Atravessada pela Ribeira do Brejo, para onde confluem diversas linhas de água existentes a montante, estas são posteriormente encaminhadas para um coletor pluvial que, passando sob uma zona urbana, onde os episódios de inundação são recorrentes, entrega os caudais na doca de Olhão.

Com efeito, sem necessidade de grandes movimentações de terreno, a execução deste projeto permitiria a requalificação e valorização daquele espaço, dignificando-o, e permitindo que se tornasse num espaço de fruição e lazer. Ao mesmo tempo, com soluções urbanas, paisagísticas e ambientais adaptadas e devidamente integradas, contribuiria para a minimização dos caudais aduzidos por aquela microbacia hidrográfica, diminuindo as áreas inundadas no espaço urbano a jusante.

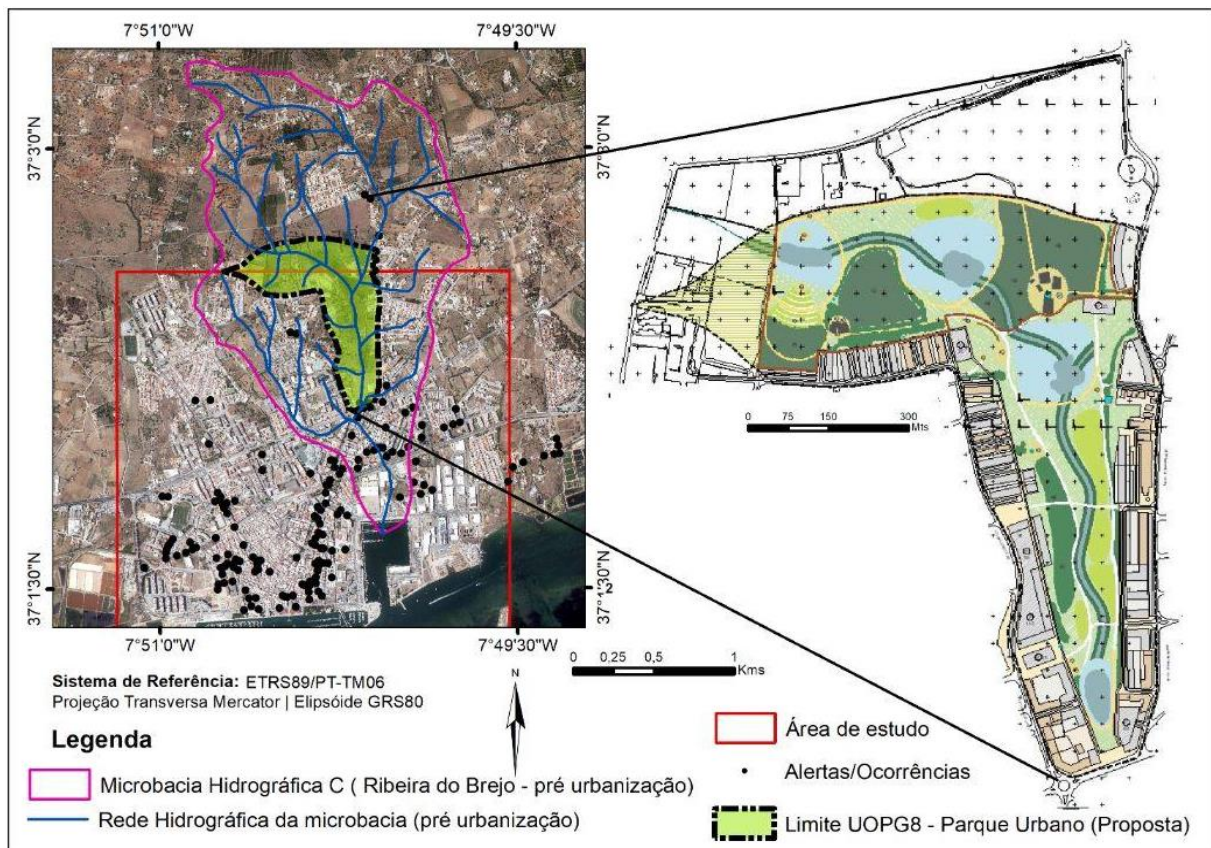


Figura 44: Localização do Parque Urbano da cidade de Olhão proposto, e respetiva planta de implantação.  
Fonte: Elaboração própria.

### 5.1.2.2. Tratamento primário

#### 5.1.2.2.1. Dispositivos de recolha de resíduos sólidos

Os resíduos sólidos de maiores dimensões podem bloquear ou reduzir a secção de escoamento de canais ou coletores de drenagem, diminuindo a sua eficácia. Os dispositivos de recolha destes resíduos utilizam-se para a remover sólidos grosseiros e sedimentos transportados pelo escoamento (Rodrigues, 2020). Dos diferentes dispositivos existentes, salientam-se os sumidouros com cestos de retenção, dispositivos de recolha de sólidos enterrados no solo, sarjetas com grelha e tubos de drenagem com redes. Apesar de contribuírem para a melhoria da qualidade da água, estes dispositivos, se não tiverem a devida manutenção, podem agravar as situações de inundação. Por este motivo, considera-se que a sua implementação, na área urbana de Olhão, não será apropriada.



#### **5.1.2.2.2. Bacias de sedimentação**

Rodrigues (2020) explica que “*as bacias de sedimentação são estruturas que possibilitam o controlo de caudais de escoamento superficial e o tratamento da água, podendo ainda incorporar funções de retenção e detenção*”. São formadas por uma estrutura de entrada, lagoa de decantação e uma comporta de saída com descarregador. Existem bacias de sedimentação temporariamente secas e húmidas, sendo que as primeiras podem ter outras funções como parques de lazer e áreas de jogos ou práticas desportivas.

A incorporação de uma bacia de sedimentação no Parque Urbano (previsto), imediatamente antes das bacias de detenção ou retenção que venham a ser implementadas, e com ligação a estas, seria um importante “filtro” de resíduos sólidos carregados nas grandes chuvadas. Desta forma, diminuir-se-ia o assoreamento dos canais de drenagem, os quais, por sua vez, reduzem a capacidade de escoamento, e também a contaminação das águas pluviais pelos poluentes que vêm associados aos sedimentos transportados. Ressalva-se que a manutenção destas infraestruturas é crucial para o seu bom funcionamento, sendo necessário remover os sedimentos acumulados com relativa regularidade.

#### **5.1.2.3. Tratamento secundário**

##### **5.1.2.3.1. Faixas filtrantes**

As faixas filtrantes são bandas de vegetação permanente, aplicadas num terreno com inclinação, que servem essencialmente para reter sedimentos ou outros materiais que posteriormente poderiam colmatar outro tipo de mecanismos a jusante, conseguindo-o com recurso à filtração e infiltração potenciada pela vegetação (Santos, 2010). Pese embora a sua função primária se relacione com qualidade da água, as faixas filtrantes permitem também reduzir o volume de pequenas precipitações desde que os solos sejam suficientemente permeáveis e o tempo de contacto seja o suficiente para que possa ocorrer infiltração (Swartz e Belan, 2010, *apud* Santos, 2010).

Esta solução aplica-se no transporte e tratamento de escoamento com origem em arruamentos, telhados e coberturas, parques de estacionamento e outras superfícies impermeáveis (Rodrigues, 2020; Lourenço, 2014). Por ser facilmente integrada na paisagem urbana, de fácil construção e custo reduzido, seria de considerar a sua implementação em alguns locais da

cidade de Olhão, embora seja necessário algum espaço e se adeque a volumes de escoamento reduzidos.



Fotografia 28: Exemplo de faixa filtrante inserida num arruamento.  
Fonte: Groenblauw (2006, *apud* Rodrigues, 2020).

#### 5.1.2.3.2. Swales

Os *swales*<sup>54</sup> mais não são do que valas revestidas com vegetação. Constituem uma técnica de controlo na origem e representam dispositivos de desenvolvimento longitudinal, a céu aberto, de pequena profundidade, de secção variável e revestidas com coberto vegetal (Lourenço, 2014). Ao recolher e transportar lentamente o escoamento superficial, aquando eventos de precipitação extrema, reduz os caudais de ponta de cheia, velocidade e volume, o que facilita a infiltração e remoção de poluentes (Rodrigues, 2020).

Na cidade de Olhão, os *swales* vegetados com espécies autóctones, que não requeiram muita manutenção, para além de serem eficazes na redução do escoamento superficial e relativamente pouco dispendiosos, poderiam contribuir para o embelezamento paisagístico da cidade.

---

<sup>54</sup> “*swales*”, na terminologia inglesa, e “*noues*” ou “*fosses*”, na terminologia francesa;



Fotografia 29: Swale com vegetação em zona urbana.

Fonte: [https://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=1373](https://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=1373)

#### 5.1.2.3.3. Filtros de areia

Citando Rodrigues (2020), os filtros de areia visam “*filtrar águas pluviais, sedimentos, nutrientes e metais pesados com estes arrastados, para além de atrasar os caudais de ponta de cheia, permitindo reter e diminuir a velocidade de escoamento*”. O filtro é composto por areia, não havendo o desenvolvimento de vegetação à superfície. A sua principal vantagem é a de que pode ser implementado em áreas urbanas já desenvolvidas. Em Olhão, esta solução apenas deverá ser considerada nos locais onde, por imitações da área, não seja possível implementar sistemas de biorretenção ou zonas húmidas artificiais. Salienta-se que os filtros requerem manutenção frequente, devendo a areia ser substituída em períodos de 2 a 5 anos.

#### 5.1.2.4. Tratamento terciário

##### 5.1.2.4.1. Sistemas de biorretenção

Os sistemas de biorretenção, também designados “jardins de chuva”, são pequenas depressões em espaços urbanos, concebidas para captar e filtrar quantidades moderadas de escoamento superficial, usando para isso solo e vegetação (Lourenço, 2014; Rodrigues, 2020). Na sua forma mais simples são apenas pequenos jardins, a uma cota ligeiramente inferior ao resto do solo, e densamente preenchidos com várias plantas sendo que, na sua forma mais complexa, podem conter camadas de areia e gravilha para aumentar o efeito da infiltração (Santos, 2010, *apud*



Lourenço, 2014). Tendo como objetivo principal remover (através de filtração fina, adsorção e processos biológicos realizados pelas plantas) substâncias poluentes características das águas pluviais, permitirem acumular temporariamente volumes de escoamento superficial, contribuindo para a diminuição das inundações urbanas. A sua implementação na área de estudo, igualmente com recurso a espécies autóctones e adaptadas às condições edafoclimáticas, seria uma mais-valia na diminuição do escoamento, contribuindo, também, para o embelezamento paisagístico da cidade.



Fotografia 30: Sistema de biorretenção inserido em zona urbana.  
Fonte: <https://viveroverde.com/cidades/jardins-de-chuva>

#### 5.1.2.4.2. Zona húmida artificial

Segundo Rodrigues (2020), as zonas húmidas artificiais “*são corpos de água relativamente pouco profundos, com coberto vegetal extenso, nas quais ocorrem processos de sedimentação de sólidos suspensos, filtração de partículas finas e remoção biológica de poluentes*”. De acordo com o mesmo autor, “*são constituídas por uma lagoa de entrada (precedida por uma bacia de sedimentação), uma zona de macrófitas e um descarregador de superfície, que protege a zona de macrófitas, em situações de entrada de grandes volumes de água na área húmida*”.

Considera-se que será de equacionar a sua implementação no Parque da Cidade (previsto), desde que numa dimensão capaz de tornar uniforme a velocidade de escoamento, de modo a não existirem águas estagnadas onde se acumulam resíduos, que levam à proliferação de insetos.

### 5.1.2.5. Medidas de infiltração

#### 5.1.2.5.1. Sistemas de infiltração

Os sistemas de infiltração visam remover os poluentes existentes nas águas pluviais, arrastados pelo escoamento superficial, através de processos de adsorção, filtração e decomposição biológica, podendo ser implementados na origem, para reduzir o volume de escoamento superficial (Rodrigues, 2020). Entre os sistemas de infiltração mais utilizados, destacam-se os poços de infiltração, as trincheiras ou valas de infiltração e as bacias de infiltração.

Os poços de infiltração são infraestruturas que permitem a infiltração direta das águas pluviais no solo, podendo ou não dispor de material de enchimento no seu interior (Santos, 2010). Usualmente são estruturas cilíndricas, enterradas, e a sua profundidade e diâmetro dependem das características do solo e da quantidade de água que se pretende infiltrar (Lourenço, 2014). Constituídos por anéis pré-fabricados de betão perfurados, ou alvenaria, com juntas abertas, revestidos com geotêxtil ou material drenante, permitem assegurar o armazenamento temporário da água pluvial, de forma mais ou menos significativa, consoante a natureza do solo, as condições de alimentação e o tipo de enchimento (Vale, 2011, *apud* Lourenço, 2014).

Considerando-se a composição litológica e permeabilidade dos solos na cidade de Olhão, esta solução seria especialmente aconselhada em locais impermeabilizados assentes em fundações permeáveis. Atendendo ao facto de serem colocados na vertical, facilmente seriam integrados na paisagem ou dissimulados no tecido urbano.



Fotografia 31: Exemplo de um poço de infiltração.  
Fonte: <https://www.bauenconstrutorasp.com.br/>

As trincheiras (ou valas) de infiltração são estruturas longitudinais pouco profundas, preenchidas por material granular, que recolhem a água precipitada por tempo suficiente para sua infiltração (Impulcetto, 2017), sendo que, nalguns casos, também a transportam até um ponto de destino final (meio recetor ou coletor). Funcionam como reservatórios convencionais de amortecimento de caudais de cheia (Poletto & Peiter, 2012, *apud* Lourenço, 2014).



Fotografia 32: Trincheira de infiltração.  
Fonte: Canholi, 2013.

Ao promoverem o armazenamento temporário das águas pluviais e favorecerem a infiltração, contribuem para a redução do escoamento superficial e conseqüente redução do risco de inundação urbana sendo, por isso, de considerar a sua implementação em alguns locais da cidade.

As bacias de infiltração não são mais do que depressões, naturais ou construídas, que armazenam os efluentes permitindo depois a sua infiltração, permitem também reduzir os volumes e velocidades do escoamento superficial. São indicadas para grandes áreas impermeabilizadas, onde o espaço não seja um constrangimento, especialmente em zonas de solos arenosos ou argilosos. Na área de estudo a sua implementação é praticamente impraticável, dada a inexistência de grandes superfícies disponíveis, o que limitaria a sua eficiência. Porém, será uma boa solução para outros locais do concelho.

### 5.1.2.5.2. Recarga artificial de aquíferos e reutilização

A substituição de vegetação natural por superfícies impermeáveis reduz a taxa de infiltração de águas pluviais, da qual os aquíferos dependem para a sua recarga, podendo provocar o esgotamento de nascentes (Padrão, 2016). Diamantino (2005, p.3) define a recarga artificial de aquíferos como

*uma atividade planeada cujo objetivo principal consiste em aumentar a quantidade de água subterrânea disponível, através da construção de infraestruturas projetadas para aumentar a recarga natural, ou para facilitar a percolação das águas superficiais ou para introduzir diretamente a água no aquífero (...).*

Deste modo, através da utilização de efluentes tratados por sistemas de tratamento a montante, como os que se descreveram, é possível o armazenamento subterrâneo de água pluvial, a qual poderá ser utilizada posteriormente, em alturas de menor disponibilidade hídrica.

Estando o concelho (e o País) a enfrentar uma situação de seca especialmente delicada, esta solução, para além de economicamente mais vantajosa, minimiza eventuais perdas por evaporação e contribui para a manutenção do nível de água de zonas húmidas podendo ser usada como barreira para impedir a intrusão salina em aquíferos (Rodrigues, 2020).

Em síntese, as soluções descritas poderão contribuir para a atenuação dos caudais de ponta de cheia e, conseqüentemente, do volume de escoamento superficial, o que, por sua vez, reduzirá o risco de inundação na cidade, conforme se ilustra no gráfico da figura 45.

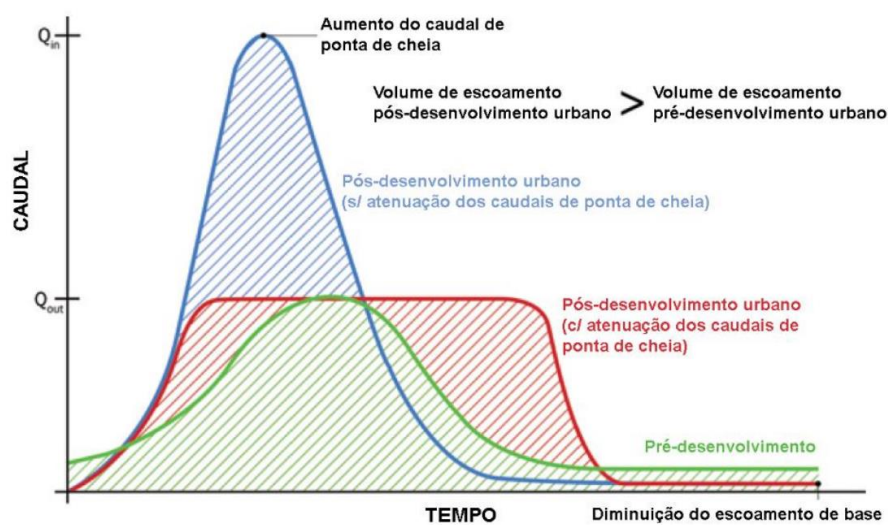


Figura 45: Hidrograma de cheia em diferentes cenários de desenvolvimento urbano.

Fonte: Rodrigues, 2020, adaptado de Kellagher *et al.*, 2015.



## 5.2. Aperfeiçoamento da resposta operacional

Sendo a resposta operacional a situações de exceção motivadas por episódios de precipitação intensa uma responsabilidade partilhada entre várias entidades, os objetivos deverão ser comuns, na extensão aplicável, e as ações coordenadas. Não obstante se considerar que, no geral, na área de estudo, essa articulação se tem revelado eficaz, existem alguns aspetos que podem ser melhorados. O objetivo último é sempre o de manter o controlo da situação e mitigar as suas consequências. Neste âmbito, elencam-se um conjunto de medidas que, em diferentes domínios, poderão contribuir para a prossecução deste objetivo.

Com efeito consideraram-se os seguintes domínios de intervenção:

- Planeamento da resposta à emergência;
- Intervenções de prevenção;
- Reconhecimento e avaliação;
- Comunicações;
- Informação pública e sensibilização;
- Meios e equipamentos;
- Formação, instrução e treino operacional;
- Logística.

Quadro 15: Medidas de aperfeiçoamento da resposta operacional em situação de inundações.

Domínio	Medida
<b>Planeamento da resposta à emergência</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar Plano Prévio de Intervenção para cheias e inundações, com grelhas de alarme predefinidas;</li> <li>• Elaborar Plano Especial de Emergência para condições meteorológicas adversas;</li> <li>• Elaborar cartografia de risco de inundação, tendo por base o histórico de ocorrências;</li> <li>• Constituir uma subcomissão municipal de proteção civil para o risco de cheias e inundações.</li> </ul>
<b>Intervenções de prevenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manter os cursos de água naturais permanentemente desobstruídos;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Constituir equipas de intervenção dedicadas à limpeza e desobstrução dos sistemas de escoamento artificiais, especialmente em períodos de precipitação;</li> <li>● Promover a manutenção dos sistemas de bombagem.</li> </ul>
<p><b>Reconhecimento e Avaliação</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Promover ações integradas de vigilância e monitorização nos locais mais vulneráveis;</li> <li>● Verificar por vias terrestre e aérea (com recurso a drone) todos os diques e infraestruturas hidráulicas, principalmente as mais suscetíveis de galgamento ou colapso;</li> <li>● Constituir uma equipa de reconhecimento e avaliação situação municipal;</li> <li>● Constituir uma equipa de avaliação técnica municipal.</li> </ul>
<p><b>Comunicações</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Melhorar a cobertura de rede SIRESP no concelho, em particular no Quartel dos Bombeiros Municipais de Olhão, onde se registam falhas.</li> </ul>
<p><b>Informação Pública e Sensibilização</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Criar modelos de avisos à população e canais mais expeditos para a sua disseminação;</li> <li>● Adequar os sistemas de previsão, informação e alerta existentes à escala local, associados à ocorrência de eventos climáticos extremos, de modo a garantir que essa informação chegue a todas as entidades e a todos os cidadãos, a fim de suprimir as consequências associadas à ocorrência;</li> <li>● Divulgar medidas de autoproteção e promover ações de sensibilização, tendo em vista a preparação da população e o seu entrosamento na estrutura de resposta à emergência, especialmente os habitantes ou utilizadores de infraestruturas existentes na área com maior probabilidade de danos.</li> </ul>
<p><b>Meios e equipamentos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Adquirir pelo menos dois botes para águas bravas e respetivos motores de baixa potência;</li> <li>● Adquirir equipamentos de radiocomunicações ROB para as entidades cooperantes;</li> <li>● Investir em sistemas de informação e sensorização permitindo ter, em tempo real, acesso a um conjunto de dados e de informação do território;</li> <li>● Implementar estações pluviométricas com sistema de telemetria de dados.</li> </ul>



---

<b>Formação, Instrução e Treino</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover ações de qualificação e treino operacional para agentes de proteção civil e entidades cooperantes;</li> <li>• Realizar exercícios e simulacros envolvendo todas as entidades que concorrem para a resposta.</li> </ul>
<b>Logística</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar o apoio logístico às populações, incluindo soluções de abrigo temporário para animais.</li> </ul>

---

Fonte: Elaboração própria.

### 5.3. Gestão do risco de inundação urbana em Olhão: considerações dos diferentes *stakeholders*

Em Olhão a problemática das inundações não tem sido descurada, existindo, no entanto, ainda muito trabalho a realizar. As conversas mantidas com técnicos, dirigentes e decisores das diferentes instituições que concorrem para a sua gestão, para além de terem evidenciado a preocupação com o tema, permitiram discutir e validar a aplicabilidade de algumas das medidas propostas.

Sobre de estratégia política, o presidente da Câmara Municipal de Olhão, Dr. António Pina, que detém os pelouros do ordenamento do território e da proteção civil, reconhecendo as falhas existentes ao nível do planeamento urbano que suportaram o crescimento da cidade, adianta que, nos últimos anos, se tem tentado reverter, dentro do possível, algumas situações. A revisão do PDM (em curso) contemplará algumas medidas, designadamente em matéria de aproveitamento hídrico nos solos. Paralelamente, tem-se investido na resolução das ligações irregulares à rede de águas pluviais, na implementação de soluções que promovam a permeabilidade dos pavimentos através materiais drenantes, e na substituição de vegetação por espécies autóctones e adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Considera que, efetivamente, o assoreamento dos canais de drenagem pluviais reduz substancialmente a sua capacidade, tornando os sistemas ineficazes em episódios de precipitações intensas. No que concerne ao Parque Urbano da cidade, a sua execução foi condicionada por fatores financeiros, sendo para avançar nos moldes em que está projetado. Em matéria de proteção civil, a aposta tem sido em capacitar os serviços em recursos humanos e materiais, para responderem aos desafios operacionais que aquelas situações exigem.

Face ao que foi possível apurar junto da diretora do departamento de produção, Eng.<sup>a</sup> Clarisse Albino, a Ambiolhão tem realizado um diligente trabalho de limpeza e manutenção das ribeiras e redes de drenagem artificiais, na eliminação e correção de ligações indevidas aos sistemas de drenagem, na elaboração de cadastro de redes pluviais, assim como na construção de novas infraestruturas de drenagem que, sempre que possível, tentam desviar as águas pluviais para redes menos pressionadas. Porém, reconhece a necessidade de implementação de medidas de controlo e amortecimento dos caudais de cheia e outras soluções que possibilitem a retenção e o aproveitamento destas águas e, sobretudo, de uma melhor articulação com os serviços de urbanismo e de ordenamento do território do Município.

Na opinião do Professor Doutor Sidónio Pardal, a chave para reduzir a problemática das inundações urbanas reside, indubitavelmente, em solo rural. Para o distinto urbanista, arquiteto paisagista e eng.<sup>o</sup> agrônomo, o abandono dos espaços e das atividades agroflorestais, determinou que as populações deixassem de executar simples ferramentas de gestão da água, pouco dispendiosas e muito eficazes, contribuindo para o que problema se adensasse a jusante. Em Olhão, tal como em outras cidades algarvias com semelhantes características, a construção, em quantidade, de estruturas de retenção de água como charcas, pequenas barragens e açudes, bem como de socalcos e valas construídas ao longo das curvas de nível, a montante, na zona da Serra e do Barrocal, iria permitir captar boa parte da precipitação, facilitando a sua infiltração em profundidade no solo e, assim, diminuir consideravelmente o volume da escorrência pluvial superficial que atinge os espaços urbanos. Ao mesmo tempo, manteriam a água da chuva no sistema, reduziriam a erosão do solo, contribuiriam para o enriquecimento dos solos em nutrientes e matéria orgânica, e ainda se aumentaria a disponibilidade de água para irrigação, gado, combate a incêndios, populações silvestres, entre outros.

Sobre a construção do Parque Urbano da Cidade, com bacias de detenção e retenção, Sidónio Pardal não tem dúvidas sobre que será uma excelente medida, com efeitos na redução da escorrência, sobretudo, na parte central da cidade. No entanto, adverte que, na prática, o sucesso da implementação das bacias ali previstas depende do facto de estarem devidamente dimensionadas para situações de exceção, especialmente se forem construídas em terra. Isto porque, ao assumirem características de barragens, a quantidade de água não pode extravasar a sua capacidade. Se isso acontecer, o galgamento das margens determinará o arrastamento de elevadas quantidades de sedimentos e resíduos, aumentando o caudal do escoamento, e provocando a obstrução e o estrangulamento dos já comprometidos recetores.

No que concerne à gestão da emergência, um bom planeamento das operações será determinante para o sucesso da resposta operacional. Segundo o Comandante Distrital de Emergência e Proteção Civil, Dr. Richard Marques, apesar do Algarve estar, genericamente, bem preparado para responder a este tipo de ocorrências, existe, ainda, espaço para melhorar. A elaboração de um Plano Prévio de Intervenção de âmbito municipal que defina, para além da grelha de alarme, as devidas instruções de coordenação institucional e operacional, bem como as responsabilidades dos diferentes atores, seria, segundo ele, uma mais-valia, uma vez que permitiria a automatização resposta. Para o Comandante, é também extremamente importante que, nesta matéria, se realizem testes frequentes ao PMEPC de modo a identificar e corrigir possíveis lacunas, ao mesmo tempo que se promove o treino operacional e a interoperabilidade dos diferentes agentes. Defende que é necessário promover uma abordagem coordenada a todos os níveis da administração e entre entidades com diferentes responsabilidades e áreas de intervenção. Para tal sugere a constituição de uma subcomissão municipal de proteção civil para este risco específico, com representantes dos diferentes serviços e instituições que concorrem não só para a resposta, como para as restantes fases do ciclo de gestão de emergência. Concorda que o envolvimento das populações é um fator chave de todo o processo, sendo de intensificar as ações de sensibilização nas áreas mais afetadas, de modo a que a comunidade se torne, tanto quanto possível, resiliente a inundações.

O Coordenador Municipal de Proteção Civil e Comandante do Corpo de Bombeiros territorialmente competente, Dr. Luís Gomes, considera que as inundações em Olhão se devem, essencialmente, a questões de ordenamento do território, agravadas por problemas de drenagem pluvial. Defende que, não sendo esse o seu propósito, a passagem desnivelada tem atuado como um mecanismo de controlo dos caudais que atravessam a cidade, retendo temporariamente um importante volume de água e amortecendo o caudal de ponta. A construção de estruturas de captação de escoamento de superfície nos espaços agrícolas e florestais a montante seria, do seu ponto de vista, uma medida eficaz para reduzir as inundações na cidade e, ao mesmo tempo, uma mais-valia no combate aos incêndios. Confirma a importância da implementação de sistemas de monitorização, mas destaca que a imprevisibilidade das precipitações não viabiliza a emissão antecipada de alertas e avisos à população. Releva, ainda, a importância do conhecimento da distribuição dos locais inundados, para aí se incidirem as ações preventivas e corretivas possíveis, e corrobora a opinião do Comandante Distrital no que à necessidade de elaboração de um PPI diz respeito, para elevação da capacidade de resposta operacional.

*“É ingenuidade do homem imaginar que poderá controlar totalmente as inundações.”*

Tucci, 2005.

## SÍNTESE E CONCLUSÕES

### Considerações finais

O estudo que culmina na presente dissertação permitiu tirar um conjunto de conclusões acerca da problemática das inundações urbanas na cidade de Olhão, bem como da forma como se operacionaliza o processo referente à sua gestão. Assim, a finalizar, destacam-se algumas inferências e considerações gerais que emanam deste trabalho.

Desde logo, a discussão empírica sobre conceitos e terminologias referentes ao tema, permitiu enquadrar cientificamente a problemática no âmbito dos riscos naturais, identificando-se um conjunto de fatores desencadeantes e agravantes das inundações urbanas. De entre estes, foi realçada a importância da precipitação e dos sistemas de drenagem pluviais que, conjugados com o crescimento urbano das cidades, traduzido na maior impermeabilização dos solos, interferem com o escoamento superficial direto. Em áreas ribeirinhas próximas do nível de base do mar e de topografia mais plana, como Olhão, cuja rede de drenagem artificial não está dimensionada para precipitações de exceção, este escoamento causa, amiúde, inundações.

Conforme se asseverou, o risco a elas associado impôs a sua integração no sistema de ordenamento e planeamento territorial, como fator decisivo na mitigação. Em face disso, tem-se verificado um considerável desenvolvimento do edifício legislativo, nas diferentes escalas territoriais, denotador de uma cultura tendencialmente preventiva. Também no domínio da proteção civil ficou explícito o desenvolvimento de normas e regulamentação legislativa que asseguram, cada vez mais, a interligação entre os mecanismos de planeamento de emergência e os IGT, processo no qual os SIG e a cartografia de risco assumem especial destaque. De facto, ao identificarem e localizarem convenientemente os locais mais suscetíveis de serem afetados

por determinado perigo, contribuem para os objetivos quer do ordenamento e planeamento do território como da proteção civil, promovendo a tomada de decisão e enfatizando as atividades de prevenção e mitigação dos mesmos.

Apontados que foram os principais aspetos que balizam uma boa articulação ao nível dos instrumentos de gestão do risco de cheias e inundações, constatou-se que, tendencialmente, a proteção civil é chamada a intervir como sinónimo de emergência e socorro. No entanto, deve ser assumida como um processo diacrónico e transversal a todas as fases do ciclo de gestão de emergência.

Diante do que foi observado, ficou patente que as inundações que afetam a cidade de Olhão são, em geral, resultantes de episódios de precipitação muito intensa, concentrada no tempo e no espaço. O estudo de caracterização dos elementos do meio físico, da população, do edificado e da estrutura urbana e de ocupação do solo, a diferentes níveis, permitiu inferir e sistematizar os fatores que concorrem para a sua ocorrência e influenciam a sua magnitude. A conjugação desses fatores - permanentes e desencadeantes - condiciona a suscetibilidade relativa ao fenómeno. Partindo do princípio que o volume do escoamento superficial e subterrâneo depende das características topográficas e morfológicas, da litologia, do tipo de solo e da permeabilidade dos terrenos (Pedrosa & Pereira, 2006), foram analisados esses elementos.

Sobre os fatores permanentes, concluiu-se que a topografia plana da cidade, com declives suaves e pouco expressivos, favorece a ocorrência de inundações. Já a litologia e o tipo de solos, maioritariamente aluviões e arenitos cujas propriedades lhes conferem permeabilidade e porosidade elevadas, promovem a infiltração da água. No que respeita à permeabilidade dos terrenos, esta foi influenciada pela ocupação do solo, cujo processo de expansão urbana resultou no aumento da área impermeabilizada, com importantes interferências no incremento do escoamento superficial. Em termos hidrológicos, identificaram-se cinco microbacias hidrográficas, todas fortemente modificadas, com a maioria das linhas de água canalizadas e, as que ainda resistem naturalizadas, apresentando um regime torrencial, com caudais nulos ou muito reduzidos durante uma parte do ano. Todas apresentam um grau de evolução recente, com uma hierarquia fluvial (pré urbanização) que não ultrapassa a ordem 4. As respetivas análises morfométricas relacionadas com a forma e extensão, revelaram que nenhuma delas possui características que potenciem a ocorrência de picos de cheia, não sendo por isso suscetíveis a cheias e inundações. Com base na rede de coletores pluviais e pontos de descarga, foram delimitadas as quatro bacias de drenagem artificiais, tendo-se detetado algumas

fragilidades que, ao comprometerem o escoamento, concorrem para a ocorrência de inundações.

Em referência ao mais importante fator desencadeante das inundações na cidade, a precipitação, as séries de dados analisadas refletem a existência de precipitações pluviométricas intensas, suscitadas por fenómenos convectivos, sobretudo nos meses de outubro a dezembro. Já o histórico de ocorrências permitiu a identificação cartográfica dos locais mais afetados por inundações na área de estudo, tendo sido possível correlacionar as situações multi-ocorrência com os quantitativos de precipitação registados.

A análise do episódio de inundação ocorrido a 20 de novembro de 2020, desde as previsões dedicadas até à resposta à emergência, foi determinante para compreender o modo como se materializa o dispositivo integrado de proteção e socorro, e constatar a influência dos fatores desencadeantes e agravantes. Confirmou-se, também, a imprevisibilidade do evento provocado pela instabilidade associada a depressões convectivas, tal como a capacidade do sistema em responder, com eficácia e eficiência, a situações de exceção e multi-ocorrência com esta natureza. Todavia, ao nível da resposta operacional, algumas questões poderão ser aperfeiçoadas, sendo certo que o planeamento da emergência constitui uma componente essencial neste processo.

Sendo colossais os desafios que se colocam à gestão do risco de inundação, tentou-se, de forma pragmática e estratégica, identificar medidas e soluções que, nos diferentes domínios, poderão contribuir para mitigar os seus impactos na área de estudo. Sendo certo que os elevados índices de construção e impermeabilização na cidade de Olhão impedem a aplicação, em toda a sua extensão, dos conceitos de SUD e WSUD, tornando difícil transformá-la numa cidade sensível à água, facto é que uma evolução progressiva, se promovida e incentivada, poderá ser alcançada.

Assim, as medidas não estruturais são fulcrais para a alteração do atual paradigma, promovendo o desenvolvimento da cidade e a resiliência da comunidade. Já as medidas estruturais, mesmo de pequena dimensão, podem ser facilmente incorporadas e, se forem sendo generalizadas, os resultados ganharão relevância. Com os objetivos de ambas a curvarem-se no mesmo interesse, o de gerir as águas pluviais de forma a limitar, reduzir e mitigar os impactos causados pelo escoamento superficial, prevenindo as inundações em meio urbano, a sua implementação deverá constituir uma prioridade. Para o efeito, para além de se aconselhar a envolvimento da comunidade, cuja participação é decisiva para o sucesso das medidas elencadas, sugere-se que



se equacione o recurso a financiamentos no âmbito do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR). Estes estão disponíveis para particulares, administração pública e empresas, objetivando o reforço da resiliência social, económica e territorial do país, designadamente no âmbito da gestão hídrica e no combate às alterações climáticas.

Por último, apesar da inegável relação entre a proteção civil e as políticas de ordenamento do território, este trabalho demonstrou que a consideração dos riscos, em particular os associados a inundações urbanas, carece de uma maior articulação e uma abordagem mais coordenada entre as diferentes entidades que concorrem para a sua gestão. Ademais é de lamentar que o sistema de gestão do território continue a passar incólume às repetidas situações de crise provocadas por erros e omissões dos planos e programas territoriais. Perante esta realidade, torna-se evidente a urgência de se assumir a gestão das inundações urbanas como prioridade municipal, através uma intervenção concertada de médio e de longo prazo, numa lógica de otimização da água e do território coletivo e de minimização das perdas sociais e ambientais.

### **Limitações dos resultados e outras dificuldades**

A elaboração da presente dissertação, após vários meses de investigação, incluiu diversas dificuldades e alguns constrangimentos que importa destacar. Uma das maiores dificuldades confrontadas relacionou-se com a morosidade das entidades na disponibilização da informação, facto que atrasou bastante a conclusão deste estudo. As outras relacionaram-se com a (in)disponibilidade e a atualização de dados e cartografia. Assim, a ausência de séries temporais de dados referentes à estação meteorológica de Olhão, injunziu que se recorresse aos dados da estação meteorológica de Faro/Aeroporto. Apesar das características semelhantes dos locais onde estão instaladas as estações, e da proximidade entre ambas, verificou-se alguma falta de representatividade dos valores de precipitação. Além disso, também se verificaram falhas nos registos da série histórica estudada, o que poderá ter comprometido as análises realizadas. Por outro lado, a inexistência de dados referentes ao volume do escoamento superficial impediu que fossem realizados hidrogramas, visando o estudo do comportamento da vazão nas diferentes microbacias hidrográficas. Por não estar disponível informação mais recente, foi utilizada cartografia de base e dados censitários com um grau de desatualização considerável, o que também poderá ter enviesado algumas conclusões. No que respeita aos dados operacionais referentes à resposta à emergência do episódio concreto, objeto deste estudo, constataram-se algumas lacunas nos registos das fitas do tempo, bem como no preenchimento dos relatórios de

ocorrências. Situações que foram dirimidas com os esclarecimentos prestados pelos intervenientes nas operações, mas que não poderão ser suportadas documentalmente.

### **Desafios futuros**

Na sequência do presente trabalho surgiram alguns temas que se revelaram interessantes para uma abordagem mais detalhada. De seguida, são elencados, sumariamente, aqueles que poderão vir a ser objeto de futura investigação, sobre a cidade ou sobre o concelho de Olhão:

- *Water Sensitive Urban Design* e transformação da cidade numa “*Water Sensitive City*”;
- Avaliação do dimensionamento hidráulico dos sistemas de drenagem pluvial;
- Plano de Gestão do Risco de Inundações;
- Inundações associadas a fenómenos convectivos;
- Inundações urbanas como desafio ao ordenamento do território;
- Avaliação do risco de inundação urbana e identificação dos locais críticos no escoamento superficial;
- Avaliação dos impactos das alterações climáticas e da subida do nível médio do mar nas bacias de drenagem;
- Modelação e mapeamento de áreas de perigo de inundação urbana com recurso a tecnologias de informação geográfica;
- Importância da comunidade local para a gestão de risco de inundação;
- Perceção do risco de inundação e implementação de uma cultura de segurança.

## BIBLIOGRAFIA E FONTES CONSULTADAS

- Albino, C. (2013). *Sistemas urbanos de drenagem de águas residuais e pluviais. Contributo para a análise da problemática da interferência dos dois tipos de sistemas - Caso de estudo: Cidade de Olhão*. Relatório de Mestrado, Universidade do Algarve.
- Alcántara-Ayala, I. (2002). *Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries*. *Time*, 47, pp.107–124.
- Alexander, D. (2015). *Disaster and Emergency Planning for Preparedness, Response, and Recovery*, Natural Hazard Science, Oxford Research Encyclopedias.
- Alexander, D. (2016). *How to write an emergency plan*, Dunedin Academic Press Ltd.
- Almeida, B. (2011). *Risco e gestão do risco. Questões filosóficas subjacentes ao modelo técnico conceptual*. *Territorium* Vol.18, pp. 23-31. Coimbra.
- Almeida, V. (2017). *Estado de Arte em "Coberturas Verdes"*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro. Aveiro.
- Alonso, J., et al. (2014). *Risco de Cheia e Inundação: Exposição e Adaptação na Área Ribeirinha de Ponte de Lima*. *Territorium* Vol.21, pp. 33-48. Coimbra.
- ANEPC (2009). *Guia para a Elaboração de Planos Prévios de Intervenção - Conceito e Organização*. Cadernos Técnicos PROCIV-11. Carnaxide.
- ANEPC (2016). *Gestão do risco de inundação, documento de apoio a boas práticas*. Plataforma Nacional para a redução do risco de catástrofes. Carnaxide.
- ANEPC (2017). *Manual de apoio à elaboração e operacionalização de Planos de Emergência de Proteção Civil*. Cadernos Técnicos PROCIV-3. Carnaxide.
- ANEPC (2018). *Comunicação do risco: sistemas de alerta e aviso*. Divisão de Comunicação e Sensibilização. Carnaxide.

- Baird, M., (2010). *The Phases of Emergency Management*. Background Paper, Vanderbilt Center for Transportation Research (VECTOR) - University of Memphis.
- Barbosa, F. (2006). *Medidas de Proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mananguape/PB*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana apresentada à Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- Below, R. & Loenhout, J. (2021). *Extreme weather events in Europe*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), IRSS, UCLouvain.
- Bichançã, M. (2006). *Bacias de Retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias e secas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.
- Busso, G. (2001). *La vulnerabilidad social y las políticas sociales a inicios del siglo XXI: una aproximación a sus potencialidades y limitaciones para los países latinoamericanos*. CEPAL/CELADE. Santiago do Chile.
- Canholi, J. (2013). *Medidas de Controle “in Situ” do escoamento Superficial em Áreas Urbanas: Análise de Aspectos Técnicos e Legais*; Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Carvalho, L. (2009). *A importância do rio na cidade: análise do risco de inundação no perímetro urbano da cidade de Leiria*. Dissertação de Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- Castro, F. & Loureço, L. (2017). *Resiliência, população e território: contributo conceptual para a terminologia dos riscos*. Territorium Vol. 24, pp. 5-13. Coimbra.
- Coelho, C., et al. (2004). *A Perceção Social das Alterações Climáticas e do Risco de Cheia*. Atas do 7º Congresso da Água. Lisboa.
- Coelho, P. (2015). *Servidões administrativas sobre parcelas privadas de leitos e margens de águas públicas como instrumento de mitigação de cheias urbanas*. Epublica, Revista eletrónica e de Direito Público.
- Costa, F. (2009). *O risco de inundação na cidade de Amarante (Norte de Portugal): contributo metodológico para o seu estudo*. Territorium Vol.16, pp. 99 -111. Coimbra.

- Costa, F. (2020). *Risco de inundação e suas manifestações*. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Cunha, L. & Dimuccio, L. (2002). *Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a sul de Coimbra*. Territorium Vol. 9, pp. 37-51. Coimbra.
- Cunha, L. (2012). *Riscos climáticos no Centro de Portugal. Uma leitura geográfica*. Revista Geonorte. ed. Esp., Vol. 4, n. °4, pp. 105-115. Manaus.
- Cunha, S. & Pinto, F. (2011). *Aplicação de uma metodologia de análise de risco de inundações à zona ribeirinha de Peso da Régua*, 6<sup>ª</sup>s Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.
- Diamantino, C. (2005). *Metodologias de Recarga Artificial de Aquíferos*. Atas do 7<sup>º</sup> Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Évora.
- Dias, L. *et al.* (2010). *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia de Risco de Inundações*. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Dias, S. (2014). *Avaliação do impacto das alterações climáticas nos sistemas de drenagem em meios urbanos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Do Ó, A. (2008). *Gestão do risco de seca no Algarve*. Tese de Doutoramento em Geografia e Planeamento Regional, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa.
- Driessen, P. (2001). *Lecture notes on the major soils of the world*, Wageningen Agricultural University, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Jozef Deckers, Catholic University of Leuven Otto Spaargaren, International Soil Reference and Information Centre Freddy Nachtergaele, FAO.
- Durão, R., *et al.* (2009). *Indices of precipitation extremes in Southern Portugal - a geostatistical approach*. Natural Hazards Earth Syst. Sci. 9, pp. 241-250.
- EM-DAT, (2013). The OFDA/CRED International Disaster Database. Université Catholique de Louvain, Brussels.

- Fernandez, P. (2015). *Avaliação do risco de inundação em zonas urbanas com a integração de dados LiDAR e cartografia de escala grande*. Tese de doutoramento em Engenharia do Território e Ambiente, Universidade de Évora. Évora.
- Fernandez, P. et al. (2018). *Avaliação da vulnerabilidade à inundação nas zonas críticas de Portugal Continental*, Riscos Hidrometeorológicos - Estudos Cindínicos.
- Ferreira, D. B. (2005). *O Ambiente Climático*. In C.A. Medeiros (Ed.), *Geografia de Portugal Vol. I - Ambiente Físico (Vol. I)*. Círculo de Leitores. Lisboa.
- Fonseca, T. (2010). *O Paradigma do Planeamento de Emergência de Proteção Civil em Portugal*. Universidade de Coimbra, Faculdade de Economia. Coimbra.
- Fonseca, T., et al (2014). *A gestão no território, o contributo dos Planos Regionais de Ordenamento do Território*, Revista Riscos Imprensa da Universidade de Coimbra, RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. Guimarães.
- Fragoso, M. (2003). *Climatologia das precipitações intensas no Sul de Portugal*, Tese de Doutoramento em Geografia Física, Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Frias, R. (2013). *Prevenção e análise de riscos naturais - A articulação entre os Planos Directores Municipais e os Planos Municipais de Emergência*. Dissertação de Mestrado em Urbanismo e Ordenamento do Território, Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Giddens, A. (2000). *O mundo na era da globalização*. Editorial Presença. Lisboa.
- Gonçalves, C. (2012). *Desastres naturais”: algumas considerações: vulnerabilidade, risco e resiliência*. Territorium Vol. 19, pp. 5-14. Coimbra.
- Gonçalves, M. (2019). *Planeamento municipal de emergência de proteção civil em Portugal: problemas e desafios*. Dissertação de Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras, Universidade do Porto. Porto.
- Guimarães, R. (2017). *Capítulo 2 - Bacia Hidrográfica*. Guimarães, R. C., Shahidian, S. e Rodrigues, C. M. (Editores). *Hidrologia Agrícola*, 2ª edição, pp. 5-22. Évora.
- Hammerschmidt, D. (2002). *O risco na sociedade contemporânea e o princípio da precaução no direito ambiental*. Revista Sequência, n.º 45, pp. 97-122, dez. de 2002, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina.



Horton R. E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology*. In Chow, Ven Te; Maidment, D. R; Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.

Impulcetto, B. (2017). *Controle de cheias através de medidas estruturais*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Engenharia Civil do Centro Universitário Anhanguera, para a obtenção do título de graduado em Engenharia Civil, São Paulo.

Jacinto, R. (2009). *As cheias na cidade de Leiria: contributo dos SIG para o ordenamento do território*. Dissertação de Mestrado em SIG e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras, Universidade do Porto. Porto.

Julião, R., et al. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2009.

Leal, M. (2011). *As cheias rápidas em bacias hidrográficas da AML Norte: fatores condicionantes e desencadeantes*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa. Lisboa.

Leal, M. (2019). *Cheias e inundações urbanas: tipos, características e danos materiais*. Água e Território: um tributo a Catarina Ramos. CEG, pp. 131-146. Lisboa.

Leandro R. (2013). *Risco de cheias e inundações na cidade de Setúbal*. Dissertação de Mestrado em Riscos e Proteção Civil. Instituto Superior de Educação e Ciências de Lisboa.

Lencastre A. & Franco, F. (1992). *Lições de Hidrologia*. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Lencastre A. & Franco, F. (2006). *Lições de Hidrologia*. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

Lencastre A. & Franco, F., (1984). *Lições de hidrologia*. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.

Lima, I. (2012). *Inundações Urbanas: Desafios ao Ordenamento do Território. O caso da cidade da Praia (Cabo Verde)*. Dissertação de Mestrado em Geografia. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa. Lisboa.

Lima, J., et al. (2013). *Cap. 2 - Sistemas de Drenagem*. In *Hidrologia Urbana - Sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas*. Lisboa, ERSAR e Universidade de Coimbra. Coimbra.

- Lima, P. (2018). *Avaliação da Vulnerabilidade e do Risco de Cheia Urbana na Cidade de Aveiro*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Aveiro. Aveiro.
- Lourenço, L. & Almeida, A. (2018). *Alguns conceitos à luz da teoria do risco*. In: *Riscos e Crises da Teoria à Manifestação*, Imprensa da Universidade. Coimbra.
- Lourenço, L. (1989). *O Rio Alva. Hidrologia, Geomorfologia, Climatologia e Hidrologia*. Instituto de Estudos Geográficos. Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Lourenço, L. (2006). *Riscos Naturais, antrópicos e mistos*. Revista Territorium. Vol.14. pp.107-111. Imprensa da Universidade. Coimbra.
- Lourenço, L. (2007). *Riscos e Catástrofes - Programa, conteúdos e métodos de ensino*. Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Lourenço, L. (2018). *Uma classificação de risco na ótica da proteção civil*. In: *Riscos e Crises da Teoria à Manifestação*, Imprensa da Universidade, Coimbra. pp.114 - 144
- Lourenço, R. (2014). *Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, especialização em construção urbana, Instituto Politécnico de Coimbra, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra.
- Macedo, M., (2016). *Gestão da Emergência*, 5ª Conferência de Segurança, APSEI, Centro de Congressos do Estoril.
- Madeira, C. (2005). *Cheias e inundações do Rio Tejo em Abrantes*. Territorium Vol.12. pp. 55 - 67. Coimbra.
- Mannupella, G., et al., (2007). *Notícia explicativa da folha 53-A Faro*. Departamento de Geologia, INETI, Lisboa.
- Marafuz, I. & Gomes, A. (2013). *Identificação de locais críticos no escoamento superficial das áreas urbanas de Arouca e São João da Madeira: metodologia e casos de estudo*. Riscos naturais, antrópicos e mistos: Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo, Faculdade de Letras, Universidade do Porto. Porto.
- Marques, J. & Sousa, J. (2018). *Hidráulica urbana: sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais*. 4ª Ed. Coimbra.

- Marques, V. (2019). Estudo de medidas estruturais em planos diretores de drenagem urbana. Monografia, Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil. Minas Gerais.
- Martins, M., *et al.* (2018). *Cheias/Inundações no centro urbano de Amarante: Definição de áreas críticas e avaliação de impactos*. XVI Colóquio Ibérico de Geografia. Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa. pp. 1210 – 1217. Lisboa.
- Matias, E. (2006). *Avaliação do Impacto dos Órgãos de Entrada no Comportamento dos Sistemas de Drenagem Urbanos*, Dissertação de mestrado em engenharia civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Mendes, C. (2016). *Cartografia do Risco de Inundação no concelho de Vila Nova de Famalicão Um Instrumento de Aplicação à Proteção Civil*. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade do Minho.
- Mendes, J., *et al.* (2011). *A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal*. Revista Crítica de Ciências Sociais, 93, pp.95-128. Coimbra.
- Moura, A. (2019). *Canais Artificiais e a sua Influência em Processos de Planeamento Urbano e Ordenamento Territorial*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Madeira.
- Nunes, A. (2018). *Riscos Hidrometeorológicos (introdução e conclusão)*. Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. Coimbra.
- Oliveira, D. (2013). *O risco de inundação urbana nas frentes de água de deltas e estuários em cenários de alterações climáticas - a frente ribeirinha de Lisboa*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura Paisagista, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Oliveira, F. (2010). *Proteção Civil e Ordenamento do Território. A Necessária Consideração dos Riscos no Planeamento Territorial*. in Cadernos Municipais Eletrónicos da Fundação República, n.º 3, abril de 2010, pp. 65-82.
- Oliveira, P. & Ramos, C. (2002). *Inundações na cidade de Lisboa durante o século XX e seus fatores agravantes*. Finisterra, Vol.37, n.º 74, Lisboa.

Oliveira, V. *et al.* (2018). *Aplicação do Geoprocessamento na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Vermelho - Goiás*. Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim, MS, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 523-532.

Padrão, V. (2016). *Redes de drenagem de águas pluviais: A integração e o desenvolvimento de órgãos acessórios*; Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, especialização em hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

Paiva, I. (2019). *Risco de Inundação em Coimbra: fatores físicos e ação antrópica. As inundações urbanas e as cheias do Mondego (1950/51-2003/04)*. Fundação Engenheiro António de Almeida. Porto.

Paumgarten, J. (2018). *Gestão do risco de inundação e resiliência urbana - um estudo sobre Belém. Brasil*. Dissertação de Mestrado em Planeamento e Projeto Urbano, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto.

Pedrosa, A. & Pereira, A. (2006). *Diagnóstico dos fatores condicionantes da suscetibilidade face ao risco de inundação urbana no concelho de Matosinhos*. Territorium Vol.13. pp.13-51. Coimbra.

Pedrosa, A. & Pereira, A. (2012). *Povoamento disperso e centralidades médias da bacia terminal do Lima: Um desafio para o ordenamento do território e para a gestão dos riscos*. atas das VIII Jornadas de Geografia e Planeamento. Universidade do Minho. v.1. pp. 211 - 223. Guimarães.

Pedrosa, A. *et al.* (2016). *Os riscos de inundação urbana: uma proposta de gestão das águas pluviais nos aglomerados urbanos*. Geografia, cultura e riscos: livro de homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa, Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra.

Pires, B. (2017). *Caracterização das Bacias de Retenção no Algarve*. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Algarve.

Ramos, C. (1994). *Condições geomorfológicas e climáticas das cheias da Ribeira de Tera e do Rio Maior (bacia hidrográfica do Tejo)*. Tese de Doutoramento em Geografia. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Lisboa.

Ramos C. (2005). *Programa de Hidrogeografia. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial*, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa. Lisboa.

- Ramos C. (2009). *Dinâmica Fluvial e Ordenamento do Território*. Núcleo de Investigação em Sistemas Litorais e Fluviais, SLIF – 6, Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Ramos, C. (2013). *Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações*. e-LP Engineering and Technology Journal, América do Norte, 4.
- Ramos, C. & Reis, E. (2001). *As cheias do Sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas*. Finisterra, XXXVI, pp. 61-82. Lisboa.
- Raposo, F. (2013). *Manual de boas práticas de coberturas verdes*. Dissertação de Mestrado em construção e reabilitação, Instituto Superior Técnico de Lisboa. Lisboa.
- Rebelo, F. (1997). *Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas*. Territorium, Vol. 4, pp. 29-47. Coimbra.
- Rebelo, F. (2003). *Riscos Naturais e Acção Antrópica - Estudos e Reflexões*. Coimbra, Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Rocha, J. (1995). *Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis*. Territorium. Vol.2, pp. 11-20. Coimbra.
- Rocha, J. (2001). *O Risco das Inundações e a sua Gestão – Uma Visão Nacional e Uma Visão Europeia*. LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas. Lisboa.
- Rodrigues, M. (2020). *Water Sensitive Urban Design para a criação de uma Water Sensitive City Caso de Estudo: Quarteira*; Dissertação de Mestrado em Ciclo Urbano da Água; Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve.
- Rodrigues, R. (1990). *Caracterização de episódios meteorológicos extremos: O sotavento Algarvio*. DSH-DGRN. Lisboa.
- Rodríguez, C. & Teixeira, B. (2018). *Avaliação de dois sistemas de bacias de retenção implantados no Município de São Carlos, SP*. Atas do 8 ° Congresso Luso-Brasileiro para o planeamento urbano, regional, integrado e sustentável, Cidades e Territórios - Desenvolvimento, atratividade e novos desafios. Coimbra.
- Sá, L. & Sacadura, P. (2013). *Cartografia de Risco – Instrumento de Apoio à Decisão*, Boletim PROCIV n.º58.

- Santos, F. (2009). *Territórios resilientes enquanto orientação de planeamento*. Direção de Prospetiva e Planeamento. Lisboa.
- Santos, F. (2011). *A resiliência enquanto orientação de planeamento regional. Uma abordagem integrada e aplicada à região do Alentejo*, Tese de Doutoramento em Ciências do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- Santos, J. (2010). *Gestão de Águas Pluviais Urbanas: Mudança do paradigma nos sistemas públicos de drenagem. Um caso aplicado à cidade do Porto*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.
- Santos, J. (2014). *Planeamento e ordenamento do território: Riscos e Proteção Civil - O conhecimento no domínio da Proteção Civil e a eficácia da gestão do risco na prática do Planeamento do Território*. Novas edições Académicas, Universidad Europea. Madrid.
- Santos, M., & Fragoso, M. (2013). *Precipitation variability in Northern Portugal: data homogeneity assessment and trends in extreme precipitation indices*. Atmospheric Research, 131, pp. 34-45.
- Santos, P. (2015). *Cheias e inundações: avaliação, impactos e instrumentos para a gestão do risco*. Tese de Doutoramento em Território (Risco e Políticas Públicas), Universidade de Lisboa, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Lisboa.
- Santos, P. (2016). *A governação do risco de cheias e inundações: breve nota no contexto do processo de participação pública dos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações*. Observatório do Risco, SIRSI/CES. Coimbra.
- Silva, D. (2005). *Risco de cheia: vias para a sua mitigação*. Edições LNEC. Lisboa.
- Smith, K., & Ward, R. (1998). *Floods: Physical Processes and Human Impacts*. John Wiley, pp. 37. New York.
- Strahler A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, section 4 – II, in Chow, Ven Te; Maidment, D. R; Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York
- Teles, V., (2010). *A (in)consciência dos riscos naturais em meio urbano. Estudo de caso: o risco de inundação no concelho de Braga*. Tese de Doutoramento em Geografia. Universidade do Minho. Guimarães.



Telhado, M. (1998). *Aplicações de sistemas de informação geográfica na análise do risco de inundação no Concelho de Lisboa*. Dissertação de Mestrado em SIG, Planeamento e Gestão do Território, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Tominaga, L., et al. (2009). *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. Instituto Geológico. São Paulo.

UNISDR (2002). *International Strategy for Disaster Reduction*. Geneva, Switzerland.

UNISDR (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva, Switzerland.

Valente, J. (2018). *Gestão da Emergência – Conceitos, Princípios e Normas ISO*. In: Revista TMQ – Techniques methodologies and quality. Segurança e saúde no trabalho.

Veloso, N. (2015). *Caracterização das águas pluviais da cidade de Faro*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade do Algarve.

Ventura, J. (1994). *As Precipitações no Sul de Portugal (ritmo e distribuição espacial)*. Tese de Doutoramento em Geografia Física e Planeamento Regional, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

Zêzere, J., (2005). *Dinâmica de vertentes e risco geomorfológico*. Centro de Estudos Geográficos, Relatório N.º 41. Lisboa.

Zêzere, J., (2007). *Riscos e Ordenamento do Território*. Inforgeo Vol.20-21: pp. 59-63.

Zêzere, J., et al. (2005). *Perigos Naturais e Tecnológicos no território de Portugal Continental*. Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa. Lisboa.

Zêzere, J., et al. (2007). *Perigos Naturais em Portugal e Ordenamento do Território. E depois do PNPOP*. Geophilia - O sentir e os sentidos da Geografia. Centro de Estudos Geográficos. pp.529-542. Lisboa.

## **Outras fontes consultadas**

### **Legislação**

Decreto-Lei n.º 53/74, de 15 de fevereiro.

Decreto-Lei n.º 114/2011, de 30 de novembro.

Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro.

Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto.  
Decreto-Lei n.º 134/2006, de 25 de julho.  
Decreto-Lei n.º 141/2014, de 19 de setembro.  
Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto.  
Decreto-Lei n.º 166/97, de 2 de junho.  
Decreto-Lei n.º 2/2019 de 11 de janeiro.  
Decreto-Lei n.º 3/2021, de 7 de janeiro.  
Decreto-Lei n.º 321/83, de 5 de julho.  
Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de novembro.  
Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de setembro.  
Decreto-Lei n.º 45/2019, de 01 de abril.  
Decreto-Lei n.º 45/94, de 22 de fevereiro.  
Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de novembro.  
Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio.  
Decreto-Lei n.º 84/2004, de 14 de abril.  
Decreto-Lei n.º 89/87, de 26 de fevereiro.  
Decreto-Lei n.º 45/2022, de 8 de julho.  
Diretiva nº 2000/60/CE, de 23 de outubro.  
Lei n.º 99/2019 de 5 de setembro.  
Lei n.º 16/2003, de 4 de junho.  
Lei n.º 27/2006, de 03 de julho.  
Lei n.º 31/2014, de 30 de maio.  
Lei n.º 48/98, de 11 de agosto.  
Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro.  
Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro.  
Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro.  
Lei n.º 74/2017, de 16 de agosto.  
Lei n.º 80/2015, de 03 de agosto.  
Lei n.º 99/2019, de 5 de setembro.  
Resolução da Comissão Nacional de Proteção Civil n.º 26/2016, de 5 de agosto.  
Resolução da Comissão Nacional de Proteção Civil n.º 31/2014, de 11 de novembro.  
Resolução da Comissão Nacional de Proteção Civil n.º 30/2015, de 7 de maio.  
Resolução do Conselho de Ministros n.º 102/2007, de 3 de agosto.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 188/2007, de 28 de dezembro.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 44/2016, de 23 de agosto.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2003, de 8 de abril.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015, de 30 de julho.

### **Planos**

AMAL, (2019). *Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas*.

APA (2016). *Plano de Gestão de Região Hidrográfica. Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8)*.

CMO, (2011). *Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Olhão*.

CMO, (1995). *Plano Diretor Municipal de Olhão*.

CCDR-A (2007). *Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve*.

### **Normativos e Diretivas da ANEPC**

DON n.º 1/2009.

DON n.º 2/2021.

NOP n.º 1701/2017.

### **Informação Estatística**

INE (2011a). *Censos 2011. XV Recenseamento Geral da População*. Lisboa.

INE (2021). *Censos 2011 - Resultados provisórios. XVI Recenseamento Geral da População*. Lisboa.

INE (2011b). *Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI) 2011*. Lisboa.

INE (2013). *Censos 2011, Preparação, Metodologia e Conceitos*, Lisboa.

### **Dados meteorológicos**

IPMA (2021). *Resumo Climatológico de novembro de 2020*.

IPMA. *Normais Climatológicas 1981-2010, Estação Meteorológica Faro/Aeroporto*.

IPMA. *Dados de precipitação horária do mês de novembro de 2020, Estação Meteorológica de Olhão*.

IPMA. Dados de precipitação diária de janeiro de 2000 a março de 2022, Estação Meteorológica de Faro/Aeroporto.

### **Imprensa**

Algarve Primeiro (08/05/2016)

Diário de Notícias (06/11/2006 e 08/12/2010)

Expresso (26/11/2020)

Público (02/10/2007 e 20/03/2012)

Sul Informação (18/10/2015 e 12/02/2017)

Visão (27/09/2008)

### **Endereços eletrónicos (mais consultados)**

[www.apa.pt](http://www.apa.pt)

[www.ccdr-alg.pt](http://www.ccdr-alg.pt)

[www.cm-olhao.pt](http://www.cm-olhao.pt)

[www.emdat.be](http://www.emdat.be)

[www.facebook.com/meteomira](https://www.facebook.com/meteomira)

[www.ine.pt](http://www.ine.pt)

[www.ipma.pt](http://www.ipma.pt)

[www.meteologix.com](http://www.meteologix.com)

[www.prociv.pt](http://www.prociv.pt)

[www.sniamb.apambiente.pt](http://www.sniamb.apambiente.pt)

[www.snig.dgterritorio.gov.pt](http://www.snig.dgterritorio.gov.pt)

[www.snirh.apambiente.pt](http://www.snirh.apambiente.pt)

[www.tabuademaes.com/pt/faro/olhao](http://www.tabuademaes.com/pt/faro/olhao)

[www.wxcharts.com](http://www.wxcharts.com)

# ANEXOS

## ANEXO I

<b>Designação da informação geográfica</b>	<b>Formato</b>	<b>Escala ou resolução</b>	<b>Ano</b>	<b>Fonte</b>
Altimetria	<i>dgn</i>	25 000	1999	Município de Olhão
Bacias hidrográficas das massas de água	<i>wms</i>	25 000	2021	APA
BGRI	<i>shapefile</i>	10 000	2011	INE
Carta Administrativa Oficial de Portugal	<i>shapefile</i>	25 000	2020	DGT
Carta de Solos	<i>shapefile</i>	1 000 000	1971	Atlas Ambiente
Carta de Uso e Ocupação do Solo	<i>raster</i>	25 000	1995	DGT
Carta de Uso e Ocupação do Solo	<i>raster</i>	25 000	2020	DGT
Carta geológica	<i>Raster</i>	50 000	2007	LNEG
Cartografia Numérica Vetorial	<i>dwg</i>	10 000	2005	Municípios de Olhão e Faro
Fotografia aérea	<i>raster</i>	-	1972	Município de Olhão
Fotografia aérea da cidade	<i>jpg</i>	-	1972	Município de Olhão
Hidrografia	<i>dgn</i>	25 000	1999	Município de Olhão
Ortografografia	<i>raster</i>	10 000	2018	Municípios de Olhão e Faro
Rede de drenagem de águas pluviais	<i>shapefile</i>	-	2021	Ambiolhão
Sistemas aquíferos	<i>shapefile</i>	25 000	2000	SNIRH