

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

# **O Abastecimento Público de Água na Região do Algarve: Caracterização e Perspectivas de Evolução**

**Cristina Maria Fernandes da Silva**

Licenciada em Engenharia Civil

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em  
Engenharia do Ambiente



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

**FEUP**

**Orientador**

**Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia**

Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

2009



*Aos meus pais, à minha irmã*



## AGRADECIMENTOS

A todos os que incentivaram e contribuíram para a elaboração desta dissertação, familiares, amigos e colegas de trabalho, o meu sincero agradecimento.

Ao Professor Rodrigo Maia, pela confiança demonstrada, pela infindável paciência e rigor com que acompanhou a elaboração desta dissertação.

À empresa Águas do Algarve, S.A., na pessoa do seu Administrador, Eng. Artur Ribeiro, por todo o apoio concedido à realização desta dissertação. Um agradecimento muito especial à Eng.<sup>a</sup> Helena Lucas pela simpatia e disponibilidade ímpares, pelas sugestões construtivas e pelo interesse demonstrado ao longo deste trabalho.

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos.



## Resumo

A região do Algarve beneficia de um clima favorável ao desenvolvimento do turismo que constitui um sector de actividade importante na região. Nesse contexto, a pressão exercida sobre os recursos hídricos existentes assume grande importância nos meses de Verão durante os quais, às necessidades em água para abastecer a população residente e flutuante, se juntam as necessidades em água para a agricultura.

O estudo aqui apresentado incide especificamente sobre a problemática do abastecimento público na região do Algarve, com maior ênfase no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água ao Algarve, que assegura o abastecimento de água fornecido à região (designado geralmente como abastecimento “em alta”), concessionado à empresa Águas do Algarve, S.A. De facto, a pressão crescente sobre os recursos hídricos da região originada pelos conflitos de usos existentes assim como a potencial ocorrência de períodos secos, tal como aconteceu entre 2003 e 2005, obriga a considerar soluções alternativas para o abastecimento em água que permitam melhorar ou pelo menos manter os índices de atendimento existentes.

Nesse contexto, este trabalho apresenta o estudo de soluções alternativas ao abastecimento público de água na região do Algarve. Para esse efeito, foi utilizado um modelo de apoio à decisão desenvolvido e testado anteriormente no âmbito de um projecto Europeu, o projecto WaterStrategyMan, que permite, com base num Sistema de Informação Geográfica (SIG), simular diversos cenários de disponibilidade hídrica e de procura e também introduzir e avaliar diferentes opções alternativas de mitigação dos eventuais défices hídricos existentes. Mais ainda, para além dos aspectos técnicos propriamente ditos, o modelo utilizado permite ter em conta aspectos ambientais, económicos, sociais e também institucionais, pretendendo assim obedecer aos requisitos impostos pela Directiva Quadro da Água.

Numa primeira fase, após terem sido identificados os défices em água existentes ao longo do período de simulação considerado, foram testadas e comparadas entre si diferentes opções de gestão de recursos hídricos, de tipo estrutural e não estrutural, de forma isolada, tendo como objectivo a mitigação dos défices em água observados.

Numa segunda fase, foram analisadas diferentes combinações temporais e espaciais das opções de gestão de recursos hídricos testadas na primeira fase. Essas combinações, formando potenciais estratégias de gestão desses recursos, foram avaliadas através de um conjunto de indicadores disponibilizados pelo modelo e de uma análise económica.

Com os resultados das simulações levadas a cabo, pretende-se contribuir para a caracterização da situação actual e futura da região em termos de disponibilidade e procura de água no sector doméstico assim como facultar aos decisores uma perspectiva, à escala regional, das incidências e efeitos de diferentes opções de gestão de recursos hídricos.



## Abstract

The Algarve region benefits from favourable climatic conditions to the development of tourism, which is an important economic sector in the region. In that context, the pressure on existing water resources assumes a great importance during summer months on which the irrigation demand adds to the water demand for resident and tourist population.

The study presented here specifically focuses on the public water supply problematic in the Algarve region, with major emphasis on the Multimunicipal Water Supply System of the Algarve, which ensures the water supply to the region (usually referred to as “primary” water supply), operated by the Águas do Algarve Company. In fact, the increasing pressure on the water resources of the region originated by the existing conflicts of uses as well as the potential occurrence of dry periods, as the one occurred between 2003 and 2005, urge to consider alternative water supply solutions to allow improving or at least maintaining the existing supply levels.

In this context, this work presents the study of alternative solutions for public water supply in the Algarve region. For that, a decision support system, formerly developed and tested in a European Project, the WaterStrategyMan Project, was used, which allows, based on Geographic Information System (GIS), to simulate different availability and demand scenarios and also to introduce and evaluate different alternatives mitigation options for eventual water deficits identified. Moreover, besides the technical aspects, the tool used allows considering environmental, economic, social but also institutional aspects, having in mind to comply with the requirements imposed by the Water Framework Directive.

On a first phase, after having identified the water deficits existing during the simulation period considered, different structural and non-structural water resources management options were separately tested and compared among each other, having in mind the mitigation of the water deficits observed.

On a second phase, different temporal and spatial combinations of the water resources management options tested in the first phase were analysed. These combinations, framing potential water management strategies, were evaluated through a set of indicators available in the tool and an economic analysis.

With the results of the simulations undertaken, one intends to contribute for the characterization of the current and future situation of the region in terms of water availability and demand in the domestic sector as well as to provide to decision makers a perspective, at the regional scale, of the incidences and effects of different water resources management options.



## Résumé

La région de l'Algarve bénéficie d'un climat favorable au développement du tourisme qui constitue un secteur d'activité important dans la région. Dans ce contexte, la pression exercée sur les ressources en eau existantes assume une grande importance durant les mois d'été pendant lesquels, aux nécessités en eau à approvisionner à la population résidente et touristique s'additionnent les nécessités en eau pour l'agriculture.

L'étude ici présentée a une incidence spécifique sur la problématique de l'approvisionnement public en eau dans la région de l'Algarve, en mettant l'accent sur le Système Multimunicipal d'Approvisionnement en Eau de l'Algarve, qui assure l'approvisionnement en eau fourni à la région (généralement désigné comme approvisionnement « en haute »). En effet, la pression croissante sur les ressources en eau de la région originée par les conflits d'utilisations existants ainsi que la potentielle occurrence de périodes sèches, comme cela s'est produit entre 2003 et 2005, oblige à considérer des solutions alternatives pour l'approvisionnement en eau qui permettent d'améliorer ou du moins maintenir les niveaux d'approvisionnement en eau existants.

Dans ce contexte, ce travail présente l'étude de solutions alternatives à l'approvisionnement en eau à la population de la région de l'Algarve. Pour cela, un système d'aide à la décision, développé et testé précédemment durant un projet européen, le projet WaterStrategyMan, a été utilisé, qui permet, à partir d'un Système d'Information Géographique (SIG), de simuler différents scénarios de disponibilité et de demande en eau et également d'introduire et évaluer différentes options alternatives de mitigation des éventuels déficits en eau observés. De plus, au-delà des aspects techniques proprement dit, le modèle de simulation utilisé permet de prendre en compte des aspects environnementaux, économiques, sociaux et aussi institutionnels, prétendant ainsi obéir aux exigences imposées par la Directive-Cadre sur l'Eau.

Dans une première phase, après avoir identifié les déficits en eau existants au long de la période de simulation considérée, différentes options de gestion des ressources en eau, du type structurel et non-structurel ont été testées de façon isolée et comparées entre elles, ayant comme objectif la mitigation des déficits en eau observés.

Dans une seconde phase, différentes combinaisons temporelles et spatiales des options de gestion de ressources en eau testées durant la première phase ont été analysées. Ces combinaisons, formant des potentielles stratégies de gestion des ressources en eau, ont été évaluées à travers d'un ensemble d'indicateurs fournis par le modèle de simulation et d'une analyse économique.

Avec les résultats des simulations entreprises, on prétend contribuer à la caractérisation de la situation actuelle et future de la région en termes de disponibilité et demande en eau dans le secteur urbain ainsi que fournir aux preneurs de décision une perspective, à l'échelle nationale, des incidences et effets de différentes options de gestion des ressources en eau.



## Índice



|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>                                                                       | <b>1</b>  |
| <b>2. Importância da gestão dos recursos hídricos e das ferramentas de apoio à decisão .....</b> | <b>7</b>  |
| 2.1 Introdução .....                                                                             | 9         |
| 2.2 Gestão integrada de recursos hídricos .....                                                  | 10        |
| 2.3 Sistemas de apoio à decisão .....                                                            | 11        |
| 2.3.1 Breves notas históricas .....                                                              | 11        |
| 2.3.2 Aplicação de DSS à gestão dos recursos hídricos .....                                      | 12        |
| 2.3.3 Exemplos de sistemas de apoio à decisão .....                                              | 13        |
| 2.3.3.1 MIKE BASIN .....                                                                         | 13        |
| 2.3.3.2 Aquatool .....                                                                           | 16        |
| 2.4. Aspectos relevantes dos DSS .....                                                           | 17        |
| <b>3. O modelo WSM-DSS e as suas potencialidades .....</b>                                       | <b>19</b> |
| 3.1. Introdução.....                                                                             | 21        |
| 3.2. Estrutura DPSIR.....                                                                        | 21        |
| 3.3. Descrição conceptual do modelo de apoio à decisão.....                                      | 23        |
| 3.4. Arquitectura e funcionamento geral do sistema de apoio à decisão WSM-DSS .....              | 25        |
| 3.5. Definição dos cenários hidrológicos e de procura.....                                       | 34        |
| 3.6. Módulos do WSM-DSS .....                                                                    | 37        |
| 3.6.1. Módulo de disponibilidade hídrica .....                                                   | 37        |
| 3.6.2. Módulo de procura.....                                                                    | 37        |
| 3.6.2.1. Necessidades domésticas .....                                                           | 38        |
| 3.6.2.2. Necessidades agrícolas.....                                                             | 38        |
| 3.6.2.3. Necessidades industriais .....                                                          | 40        |
| 3.6.2.4. Necessidades para criação animal .....                                                  | 40        |
| 3.6.2.5. Necessidades para produção hidroeléctrica.....                                          | 40        |
| 3.6.2.6. Exportação .....                                                                        | 40        |
| 3.6.2.7. Necessidades ambientais, recreativas e navegação .....                                  | 40        |
| 3.6.3. Módulo de alocação da água .....                                                          | 41        |
| 3.6.4. Módulo de qualidade .....                                                                 | 42        |
| 3.6.5. Módulo económico.....                                                                     | 43        |
| 3.6.5.1. Custos directos .....                                                                   | 43        |
| 3.6.5.2. Custos ambientais.....                                                                  | 45        |
| 3.6.5.3. Custos de recurso .....                                                                 | 46        |
| 3.6.6. Módulo de avaliação.....                                                                  | 46        |

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. Caracterização da região do Algarve .....</b>                          | <b>49</b> |
| 4.1. Introdução.....                                                         | 51        |
| 4.2. A região do Algarve .....                                               | 51        |
| 4.3. Clima .....                                                             | 52        |
| 4.4. Disponibilidades hídricas .....                                         | 53        |
| 4.4.1. Recursos hídricos superficiais.....                                   | 53        |
| 4.4.2. Recursos hídricos subterrâneos.....                                   | 54        |
| 4.5. Principais sectores consumidores de água.....                           | 56        |
| 4.5.1. Agricultura e campos de golfe .....                                   | 56        |
| 4.5.2. Abastecimento público.....                                            | 57        |
| 4.6. Avaliação DPSIR .....                                                   | 60        |
| <br>                                                                         |           |
| <b>5. Conceptualização e elementos-base .....</b>                            | <b>63</b> |
| 5.1. Introdução.....                                                         | 65        |
| 5.1.1. População .....                                                       | 66        |
| 5.1.2. Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve .....      | 67        |
| 5.2. Definição dos cenários .....                                            | 69        |
| 5.2.1. Cenários hidrológicos.....                                            | 69        |
| 5.2.2. Cenários de procura .....                                             | 70        |
| 5.2.2.1. Uso urbano .....                                                    | 70        |
| 5.2.2.2. Uso agrícola .....                                                  | 72        |
| 5.2.2.3. Outros usos.....                                                    | 73        |
| 5.2.3. Combinação de cenários.....                                           | 73        |
| 5.3. Custos associados .....                                                 | 74        |
| 5.3.1. Custos directos .....                                                 | 74        |
| 5.3.2. Receitas do uso da água .....                                         | 74        |
| 5.3.3. Custos ambientais .....                                               | 75        |
| <br>                                                                         |           |
| <b>6. Opções de gestão de recursos hídricos simuladas e resultados .....</b> | <b>79</b> |
| 6.1. Introdução.....                                                         | 81        |
| 6.2. Caso de referência.....                                                 | 81        |
| 6.3. Opções estruturais analisadas .....                                     | 84        |
| 6.3.1. Construção de barragem.....                                           | 84        |
| 6.3.1.1. Descrição da opção “Odelouca” .....                                 | 84        |
| 6.3.1.2. Estimativa dos custos associados.....                               | 84        |
| 6.3.1.3. Resultados.....                                                     | 85        |
| 6.3.2. Captação de águas subterrâneas .....                                  | 87        |

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| 6.3.2.1. Descrição da opção “aquífero Querença-Silves” ..... | 87         |
| 6.3.2.2. Estimativa dos custos associados.....               | 88         |
| 6.3.2.3. Resultados.....                                     | 88         |
| 6.3.3. Importação da barragem de Santa Clara .....           | 91         |
| 6.3.3.1. Descrição da opção .....                            | 91         |
| 6.3.3.2. Estimativa dos custos associados.....               | 92         |
| 6.3.3.3. Resultados.....                                     | 92         |
| 6.3.4. Dessalinizadoras.....                                 | 94         |
| 6.3.4.1. Descrição da opção .....                            | 94         |
| 6.3.4.2. Estimativa dos custos associados.....               | 94         |
| 6.3.4.3. Resultados.....                                     | 95         |
| 6.4. Opções não estruturais .....                            | 96         |
| 6.4.1. Redução de perdas .....                               | 96         |
| 6.4.1.1. Descrição da opção .....                            | 96         |
| 6.4.1.2. Estimativa de custos.....                           | 96         |
| 6.4.1.3. Resultados.....                                     | 97         |
| 6.4.2. Medidas de conservação .....                          | 99         |
| 6.4.2.1. Descrição da opção .....                            | 99         |
| 6.4.2.2. Estimativa dos custos associados.....               | 100        |
| 6.4.2.3. Resultados.....                                     | 101        |
| 6.4.3. Reutilização de águas tratadas.....                   | 102        |
| 6.4.3.1. Descrição da opção .....                            | 102        |
| 6.4.3.2. Estimativa de custos.....                           | 103        |
| 6.4.3.3. Resultados.....                                     | 103        |
| 6.5. Opções de carácter operacional .....                    | 105        |
| 6.5.1. Expansão do sistema .....                             | 105        |
| 6.5.1.1. Descrição da opção .....                            | 105        |
| 6.5.1.2. Estimativa de custos.....                           | 106        |
| 6.5.1.3. Resultados.....                                     | 106        |
| 6.6. Classificação final.....                                | 108        |
| <b>7. Estratégias .....</b>                                  | <b>111</b> |
| 7.1. Introdução.....                                         | 113        |
| 7.2. Definição das estratégias.....                          | 114        |
| 7.2.1. Estratégia 1 .....                                    | 114        |
| 7.2.2. Estratégia 2 .....                                    | 115        |
| 7.2.3. Estratégia 3 .....                                    | 116        |
| 7.3. Resultados.....                                         | 117        |
| 7.3.1. Estratégia 1 .....                                    | 117        |

|                                                |            |
|------------------------------------------------|------------|
| 7.3.2. Estratégia 2 .....                      | 119        |
| 7.3.3. Estratégia 3 .....                      | 120        |
| 7.4. Classificação final.....                  | 122        |
| 7.5. Estratégia de recuperação de custos ..... | 124        |
| <b>8. Conclusões .....</b>                     | <b>129</b> |
| <b>Bibliografia.....</b>                       | <b>135</b> |
| <b>Anexos.....</b>                             | <b>141</b> |
| <b>Anexo 1: População .....</b>                | <b>143</b> |
| <b>Anexo 2: Cenários Hidrológicos .....</b>    | <b>161</b> |

## Índice de Figuras



|                                                                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1: Resultados do MIKE BASIN - animação dos reservatórios ( <a href="http://www.dhigroup.com">www.dhigroup.com</a> ) .....                                                                                     | 15 |
| Figura 2.2: Esquema das bases de dados e programas associados ao Aquatool (Solera et al., 2007). 17                                                                                                                    |    |
| Solera et al. (2007) enumeram os diferentes tipos de resultados que podem ser obtidos através da utilização do Aquatool e que podem ser visualizados sob a forma de tabelas ou gráficos. ....                          | 17 |
| <br>                                                                                                                                                                                                                   |    |
| Figura 3.1: Estrutura do WSM-DSS (adaptado de ProGEA, 2004) .....                                                                                                                                                      | 22 |
| Figura 3.2: Esquematização da metodologia adoptada no WSM-DSS .....                                                                                                                                                    | 25 |
| Figura 3.3: “BASE CASE” e simulações no WSM-DSS .....                                                                                                                                                                  | 26 |
| Figura 3.4a: Janela do WSM-DSS - Visualização e edição do mapa .....                                                                                                                                                   | 27 |
| Figura 3.4b: Janela do WSM-DSS - Visualização e edição de uma tabela .....                                                                                                                                             | 28 |
| Figura 3.5: Janela do WSM-DSS - Visualização de resultados globais.....                                                                                                                                                | 29 |
| Figura 3.6: Janela do WSM-DSS - Visualização de resultados parciais.....                                                                                                                                               | 30 |
| Figura 3.7: Janela do WSM-DSS - Funcionalidades da análise económica .....                                                                                                                                             | 33 |
| Figura 3.8: Janela do WSM-DSS - introdução de valores médios mensais.....                                                                                                                                              | 34 |
| Figura 3.9: Janela do WSM-DSS - coeficientes mensais .....                                                                                                                                                             | 35 |
| Figura 3.10: Janela do WSM-DSS - sequência de anos considerada num cenário hidrológico .....                                                                                                                           | 36 |
| Figura 3.11: Janela do WSM-DSS - introdução de taxas de crescimento por sector .....                                                                                                                                   | 37 |
| Figura 3.12: Exemplo de uma curva de coeficientes culturais (FAO, 1977).....                                                                                                                                           | 39 |
| Figura 3.13: Representação esquemática de um sistema de abastecimento (adaptado de ProGEA, 2004) .....                                                                                                                 | 41 |
| Figura 3.14: Componentes a considerar na recuperação de custos dos serviços de abastecimento (adaptado de ProGEA, 2004).....                                                                                           | 43 |
| Figura 3.15: Distribuição dos custos directos no caso de um aglomerado (adaptado de ProGEA, 2004) .....                                                                                                                | 45 |
| Figura 3.16: Janela do WSM-DSS - módulo de avaliação de opções de recursos hídricos/estratégias 47                                                                                                                     |    |
| <br>                                                                                                                                                                                                                   |    |
| Figura 4.1: Concelhos inseridos na região do Algarve.....                                                                                                                                                              | 52 |
| Figura 4.2: Precipitação: Valores médios anuais (mm) para o período 1931-1960 (adaptado do Atlas do Ambiente, <a href="http://www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm">www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm</a> ) ..... | 53 |
| Figura 4.3: Rede hidrográfica e albufeiras existentes na região do Algarve .....                                                                                                                                       | 54 |
| Figura 4.4: Aquíferos existentes na região do Algarve.....                                                                                                                                                             | 55 |
| Figura 4.5: Zona crítica para captação subterrânea .....                                                                                                                                                               | 56 |
| Figura 4.6: Principais regadios públicos existentes na região do Algarve .....                                                                                                                                         | 57 |
| Figura 4.7: Campos de golfe existentes e previstos na região do Algarve (informação da CCDR-Algarve) .....                                                                                                             | 57 |
| Figura 4.8: Sistema Multimunicipal e origens de água para o abastecimento público (informação da Águas do Algarve, S.A.).....                                                                                          | 59 |

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5.1: Pormenor da conceptualização feita no WSM-DSS para o abastecimento público e à indústria no concelho de Loulé.....      | 66 |
| Figura 5.2: Cenários hidrológicos considerados .....                                                                                | 70 |
| Figura 5.3: Evolução da procura de água para o abastecimento público e a agricultura .....                                          | 73 |
| Figura 5.4: Tipos de custos ambientais considerados no WSM-DSS .....                                                                | 76 |
| <br>Figura 6.1: Caso de referência - Taxa de cobertura da região do Algarve para abastecimento público .....                        | 82 |
| Figura 6.2: Caso de referência - Índice de exploração do aquífero Querença-Silves.....                                              | 82 |
| Figura 6.3: Caso de referência - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões de €) .....                  | 83 |
| Figura 6.4: Localização da albufeira de Odelouca .....                                                                              | 84 |
| Figura 6.5: Odelouca - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve.....                                       | 85 |
| Figura 6.6: Odelouca - Taxa de cobertura para abastecimento público na zona do Barlavento Algarvio.....                             | 86 |
| Figura 6.7: Odelouca - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €) ...                                 | 86 |
| Figura 6.8: Aquífero Querença-Silves .....                                                                                          | 87 |
| Figura 6.9: Captações de água no aquífero Querença-Silves - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve ..... | 89 |
| Figura 6.10: Índice de exploração do aquífero Querença-Silves .....                                                                 | 90 |
| Figura 6.11: Captações de água no Querença-Silves - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €).....   | 90 |
| Figura 6.12: Barragem de Santa Clara ( <a href="http://cnpqb.inag.pt">http://cnpqb.inag.pt</a> ) .....                              | 91 |
| Figura 6.13: Santa Clara - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve.....                                   | 93 |
| Figura 6.14: Santa Clara - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2.....                                        | 93 |
| (Milhões €) .....                                                                                                                   | 93 |
| Figura 6.15: Dessalinizadoras - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve .....                             | 95 |
| Figura 6.16: Dessalinizadoras - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €) .....                      | 96 |
| Figura 6.17: Redução de perdas - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve.....                             | 97 |
| Figura 6.18: Redução de perdas - Percentagem de melhoria do défice de água para abastecimento público.....                          | 98 |
| Figura 6.19: Redução de perdas - Perdas de água no abastecimento público nas zonas de Barlavento e Sotavento (cenário C2) .....     | 98 |
| Figura 6.20: Redução de perdas - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €) .....                     | 99 |

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 6.21: Medidas de conservação - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve.....                                     | 101 |
| Figura 6.22: Medidas de conservação - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €) .....                             | 102 |
| Figura 6.23: Reutilização de águas tratadas - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve .....                            | 104 |
| Figura 6.24: Reutilização de águas tratadas - Percentagem de melhoria do défice de água para abastecimento público.....                          | 104 |
| Figura 6.25: Reutilização de águas tratadas - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €) .....                     | 105 |
| Figura 6.26: Expansão do sistema - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve.....                                        | 107 |
| Figura 6.27: Expansão do sistema - Percentagem de melhoria do défice de água para abastecimento público.....                                     | 107 |
| Figura 6.28: Expansão do sistema - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €) .....                                | 108 |
|                                                                                                                                                  |     |
| Figura 7.1: Estratégia 1 - Distribuição espacial das opções de gestão de recursos hídricos consideradas.....                                     | 114 |
| Figura 7.2: Estratégia 2 - Distribuição espacial das opções de gestão de recursos hídricos consideradas.....                                     | 115 |
| Figura 7.3: Estratégia 3 - Distribuição espacial das opções de gestão de recursos hídricos consideradas.....                                     | 116 |
| Figura 7.4: Estratégia 1 - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve ....                                                | 117 |
| Figura 7.5: Estratégia 1 - Taxa de cobertura para a agricultura na região do Algarve.....                                                        | 118 |
| Figura 7.6: Estratégia 1 - Índice de exploração dos aquíferos da região do Algarve .....                                                         | 119 |
| Figura 7.7: Estratégia 2 - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve ....                                                | 119 |
| Figura 7.8: Estratégia 2 - Taxa de cobertura para a agricultura na região do Algarve.....                                                        | 120 |
| Figura 7.9: Estratégia 2 - Índice de exploração dos aquíferos da região do Algarve .....                                                         | 120 |
| Figura 7.10: Estratégia 3 - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve...                                                 | 121 |
| Figura 7.11: Estratégia 3 - Taxa de cobertura para a agricultura na região do Algarve .....                                                      | 121 |
| Figura 7.12: Estratégia 3 - Índice de exploração dos aquíferos da região do Algarve .....                                                        | 122 |
| Figura 7.13: Eficiência das estratégias 1, 2 e 3, admitindo os cenários C1 e C2 .....                                                            | 123 |
| Figura 7.14: Evolução do preço médio de venda da água para cada um das estratégias consideradas .....                                            | 126 |
| Figura 7.15: Eficiência das estratégias consideradas, admitindo uma estratégia de recuperação de custos (RC), admitindo os cenários C1 e C2..... | 127 |



## Índice de Tabelas



|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 3.1: Indicadores globais .....                                                                            | 24  |
| Tabela 3.2: Resultados gerais fornecidos pelo WSM-DSS (totalidade da região em estudo) .....                     | 30  |
| Tabela 3.3: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todos os tipos de ligações consideradas.....                 | 31  |
| Tabela 3.4: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todas as fontes de abastecimento .....                       | 31  |
| Tabela 3.5: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todos os pontos de consumo .....                             | 32  |
| Tabela 3.6: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todos os pontos de tratamento .....                          | 32  |
| <br>                                                                                                             |     |
| Tabela 5.1: Limites impostos nas captações nas albufeiras existentes na região.....                              | 67  |
| Tabela 5.2: Características principais das ETA existentes .....                                                  | 68  |
| Tabela 5.3: Evolução da capacidade de transporte da estação elevatória reversível.....                           | 68  |
| Tabela 5.4: Precipitações anuais associadas a diferentes períodos de retorno .....                               | 69  |
| Tabela 5.5: Tipos de anos e intervalos correspondentes .....                                                     | 69  |
| Tabela 5.6: Coeficientes de variação mensais .....                                                               | 70  |
| Tabela 5.7: Taxas de crescimento anual para a população residente: a) Cenário pr1, b) Cenário pr2<br>.....       | 71  |
| Tabela 5.8: Taxa de crescimento anual da população turística.....                                                | 72  |
| Tabela 5.9: Cenários de procura: uso agrícola .....                                                              | 73  |
| <br>                                                                                                             |     |
| Tabela 6.1: Custos de investimento associados à instalação de dessalinização.....                                | 94  |
| Tabela 6.2: Características e custos associados às dessalinizadoras consideradas .....                           | 95  |
| Tabela 6.3: Taxa de redução de consumo total de água .....                                                       | 100 |
| Tabela 6.4: Ligações ETAR - Aglomerados .....                                                                    | 103 |
| Tabela 6.5: Entrada em funcionamento de novos reservatórios .....                                                | 105 |
| Tabela 6.6: Custo de investimento de novas condutas no concelho de Loulé .....                                   | 106 |
| Tabela 6.7: Custos directos e ambientais das diferentes opções de gestão de recursos hídricos<br>estudadas ..... | 108 |
| <br>                                                                                                             |     |
| Tabela 7.1: Estratégia 1 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas                 | 114 |
| Tabela 7.2: Estratégia 2 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas                 | 115 |
| Tabela 7.3: Estratégia 3 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas                 | 117 |
| Tabela 7.4: indicadores considerados.....                                                                        | 123 |
| Tabela 7.5: Custos directos e ambientais das diferentes opções de gestão de recursos hídricos<br>estudadas ..... | 124 |
| Tabela 7.6: Percentagens médias de aumento do preço de venda da água.....                                        | 125 |
| <br>                                                                                                             |     |
| Tabela 1.A: População residente, CENSOS 2001 .....                                                               | 145 |
| Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) .....                                                           | 147 |
| Tabela 1.C: Distribuição da população dispersa por concelho (2000).....                                          | 155 |
| Tabela 1.D: Distribuição mensal da população flutuante por sistema em 2000.....                                  | 156 |

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 2.A: Sequências de anos para os dois cenários hidrológicos considerados ..... | 163 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## 1. Introdução



A escassez de recursos hídricos constitui um entrave à prosperidade económica e ao desenvolvimento sustentável de qualquer região. De facto, as pressões crescentes a que estão sujeitos os recursos hídricos e a forma como têm sido explorados, resulta numa necessidade crescente da sociedade em geri-los de forma integrada. Mais ainda, em muitas regiões, a escassez de água está associada a uma grande variabilidade sazonal da precipitação e a necessidades hídricas muito mais elevadas durante os meses de verão devido à existência coincidentes de usos (agricultura e turismo). Todos esses aspectos originam uma necessidade crescente de gerir de forma adequada as disponibilidades hídricas existentes e a adaptar o quadro institucional às novas realidades e mudanças que têm vindo também a verificar-se nos padrões de consumo.

Em Portugal, a região do Algarve é, devido às suas condições climáticas e à importância que o turismo e a agricultura assumem na região, um bom exemplo da importância crescente atribuída à gestão integrada dos recursos hídricos. De facto, tem-se verificado nesta região um grande aumento da procura de água nesta última década, largamente superior às expectativas das instituições regionais, e nomeadamente da empresa Águas do Algarve, S.A., concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve. O Algarve é a região portuguesa onde o turismo assume maior relevância, onde a necessidade de satisfazer a procura de água da população residente acresce também a da população turística, sendo a época mais crítica a correspondente aos meses de Verão quando aos consumos elevados para abastecimento público se juntam as necessidades agrícolas mais intensas. Assim sendo, a pressão do turismo sobre os recursos hídricos coincide com a existência de importantes necessidades em água para as actividades agrícolas e também, numa menor escala, para os campos de golfe que têm vindo a ser fomentados como contribuição positiva para a economia da região, atraindo turistas com maior poder de compra.

Nesse contexto, a região do Algarve, mais precisamente a bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve, foi já objecto de um estudo realizado no âmbito de um Projecto Europeu, o Projecto WaterStrategyMan “Developing Strategies for Regulating and Managing Water Resources and Demand in Water Deficient Regions” (<http://environ.chemeng.ntua.gr/WSM/>), financiado pelo 5º Programa Quadro. Esse projecto com a duração de três anos e meio, com início em Janeiro de 2002 permitiu, para além de levar a cabo uma caracterização da região, um envolvimento das diferentes entidades regionais e locais que desempenham um papel na gestão dos recursos hídricos da região e servir de base para a definição e análise conjunta de opções de gestão de recursos hídricos para o abastecimento público e também para a agricultura. Com efeito, foi desenvolvida e testada uma ferramenta de apoio à decisão, o WaterStrategyMan Decision Support System (WSM-DSS) que permite, através da consideração combinada de cenários hidrológicos e de procura, simular e avaliar diferentes opções alternativas de gestão de recursos hídricos que permitam mitigar as situações de escassez identificadas para o período de simulação considerado.

Na sequência do trabalho desenvolvido no âmbito desse projecto, as entidades envolvidas manifestaram o seu interesse na ferramenta utilizada e numa continuação do trabalho já levado a cabo. Em concreto, a empresa Águas do Algarve, S.A., concessionária do Sistema de Abastecimento de Água do Algarve, formalizou o seu interesse em aprofundar o estudo de soluções alternativas para abastecimento em água à região do Algarve recorrendo à ferramenta de apoio à decisão WSM-DSS. Foi nesse quadro que se desenvolveu e formatou a presente Tese.

Convirá referir que, apesar do trabalho apresentado nesta dissertação estar mais especificamente vocacionado para o estudo de soluções alternativas para o abastecimento público de água na região do Algarve, foram tidos em devida conta os restantes sectores “consumidores de água”, nomeadamente os sectores industrial e agrícola, assumindo este último um papel fundamental no estado das disponibilidades hídricas da região. De forma a introduzir o estudo das opções de mitigação escolhidas, o Capítulo 2 deste trabalho refere a importância da gestão dos recursos hídricos, identifica as condicionantes que influenciam e definem regiões com problemas de escassez e salienta o interesse do recurso a ferramentas de apoio à decisão, sendo as potencialidades específicas do WSM-DSS objecto do Capítulo 3 desta dissertação.

De acordo com o enquadramento referido, foi assim desenvolvido um estudo mais exaustivo na óptica da empresa e dos objectivos definidos para o abastecimento público em alta na região. Nesta perspectiva foi, no âmbito desta Tese, alargada a toda a região do Algarve a caracterização efectuada no âmbito do Projecto WaterStrategyMan, e mais especificamente a toda a área de influência do Sistema de Abastecimento de Água do Algarve, objecto deste estudo (Capítulo 4). Complementarmente, foram também avaliadas as perspectivas de evolução da região em termos de crescimento populacional de forma a permitir a definição dos cenários de procura a considerar no estudo, cenários estes apresentados no Capítulo 5.

Paralelamente à avaliação das perspectivas de evolução da procura, foi também necessário definir cenários de disponibilidade hídrica tendo em conta as características da região, isto é a variabilidade do regime hidrológico e a potencial ocorrência de períodos secos. Como exemplo mais recente, o período seco ocorrido no período de 2003 a 2005 foi revelador de algumas insuficiências existentes no sistema de abastecimento em alta, principalmente relacionadas com a quase total dependência deste em origens de água superficial. De facto, estes anos secos levaram a uma diminuição sensível do volume de água armazenado nas albufeiras que servem de fonte de abastecimento do sistema que nem a origem de água complementar entretanto constituída (captações de Vale da Vila, no aquífero Querença-Silves), foi capaz de suprir.

Tendo em conta os aspectos já referidos, a gestão dos recursos hídricos assume um papel de grande importância na região. Tendo em vista contribuir para esse objectivo, o estudo realizado pretende, como já foi referido, simular e avaliar diferentes opções de gestão de recursos hídricos de diferentes tipos (estruturais, não-estruturais e de carácter operacional), tão diversas como a construção de uma barragem ou a implementação de medidas de conservação no sector doméstico. Todas as medidas testadas e os resultados mais relevantes serão apresentados no Capítulo 6. Assim sendo, o trabalho desenvolvido assenta numa forte componente de simulação utilizando o modelo de apoio à Decisão WSM-DSS, que permite testar opções de gestão de recursos hídricos. Adicionalmente, este modelo também possibilita o desenvolvimento e avaliação de estratégias, combinações (espaciais e temporais) de diferentes opções de gestão. Essas estratégias pretendem constituir alternativas para a regulação e a gestão dos recursos hídricos em regiões com problemas de escassez de água, neste caso específico, na região do Algarve, tentando incluir soluções viáveis e exequíveis para fazer frente a situações de falta de água, considerando os diferentes cenários hidrológicos e de procura referidos anteriormente. Finalmente, uma das mais-valias importantes da utilização deste modelo reside na possibilidade de levar a cabo uma análise económica, baseada na avaliação de custos directos e ambientais e também na estimativa da taxa de recuperação desses custos, permitindo responder aos requisitos apresentados na Directiva-Quadro da Água (DQA).

Esta Tese assume como objectivo central a caracterização actual e futura da região do Algarve em termos de abastecimento público, enfatizando os aspectos relacionados com as disponibilidades hídricas e a procura dos diferentes sectores. Procurou-se propor opções alternativas de gestão de recursos hídricos para mitigar as situações de escassez de água na região existentes e previstas de acordo com os diferentes cenários hidrológicos e de procura considerados. O recurso a uma ferramenta de apoio à decisão permitiu não só analisar essas opções de forma isolada mas também combiná-las temporal e espacialmente, conferindo aos resultados obtidos um melhor enquadramento na realidade regional. Finalmente, foram considerados aspectos económicos, nomeadamente os custos directos e ambientais e a recuperação de custos, de forma a ter em conta os requisitos apresentados na DQA.



## 2. Importância da gestão dos recursos hídricos e das ferramentas de apoio à decisão



## 2.1 Introdução

Apesar das importantes infra-estruturas construídas no século XX para abastecimento às populações, subsistem ainda alguns problemas nesta área, devido a escassez de água nas origens e perdas elevadas nos sistemas de abastecimento por exemplo. De acordo com Brown (2001) a procura de água a nível mundial triplicou na segunda metade do século XX e continua a aumentar uma vez que a população aumenta em cerca de 80 milhões por ano. Um dos efeitos mais visíveis dessa evolução é a diminuição verificada nos regimes de caudais em rios dos diferentes continentes. Essa redução dos caudais fluviais é explicada pelo aumento da procura em água tal como nos casos do rio Colorado e do rio Nilo para suprir as necessidades agrícolas ao longo do seu percurso ou ainda o rio Ganges que abastece uma das regiões mais povoadas do mundo. Verifica-se em cada um destes casos uma diminuição importante do caudal afluente à foz, sendo que o rio Amarelo por exemplo chegou mesmo, por diversas vezes nos últimos anos, a secar (Brown, 2001). No caso dos aquíferos, situações similares ocorrem, traduzindo-se numa descida sensível dos níveis piezométricos. Neste contexto, a gestão dos recursos hídricos tem vindo a assumir uma importância cada vez maior em grande parte originada pelo aumento da procura que se tem verificado. Assim sendo, a intensificação da tensão existente à volta da aquisição e alocação da água é inevitável (Scully, 2000). O século XXI foi já referido como sendo o “século da água” (Soncini *et al.*, 2003), em que este recurso escasso e indispensável à vida será o factor condicionante do desenvolvimento de qualquer sociedade.

No entanto, as soluções estruturais maioritariamente utilizadas durante as últimas décadas traduziram-se, com frequência, em custos económicos, ambientais e sociais que não tinham sido ponderados anteriormente. Nesse contexto, surge mais clara a necessidade de considerar uma nova abordagem, que não se concentre somente na questão da quantidade e na satisfação da procura, mas à qual se junte o também o interesse em adequar a oferta a essa procura, ou seja, aumentando a “produtividade” da água (Gleick, 2003). Isso implica não só dar especial atenção à qualidade do serviço prestado, tendo em conta aspectos económicos tais como a recuperação de custos requerida na DQA mas também promover o uso eficiente da água por parte dos consumidores. Assim sendo, as medidas estruturais deverão ser complementadas por medidas não estruturais (“soft” measures) tais como redução de perdas nos sistemas de abastecimento ou ainda reutilização de águas tratadas para rega de espaços verdes. Essas medidas, implementadas a uma menor escala, contribuem para impulsionar o envolvimento de todos os agentes envolvidos na dinâmica da gestão da água, desde os tomadores de decisão aos consumidores finais. O caso do sector agrícola é certamente um dos mais relevantes nesta problemática uma vez que constitui o maior consumidor de água representando perto de 70% da água superficial e subterrânea. No entanto, esses 70% originam a produção de cerca de 40% das necessidades mundiais em alimento (Brown, 2001), sendo uma situação em que a noção de “produtividade” da água assume todo o sentido.

Neste contexto, a gestão dos recursos hídricos constitui uma das prioridades das Entidades responsáveis a todos os níveis: local, regional, nacional e europeu. No entanto, a complexidade crescente associada a essa gestão, mais especificamente à consideração das questões ambientais e sociais até há pouco tempo descuradas, leva a uma solicitação crescente por parte dos responsáveis pela tomada de decisão para que sejam desenvolvidas ferramentas e técnicas que os auxiliem nesse processo e que tenham um papel mediador entre os diferentes agentes envolvidos, de forma a facilitar o diálogo transdisciplinar. Assim sendo, os investigadores têm

tentado responder a essa necessidade nestas últimas décadas através da criação de diversas ferramentas, nomeadamente “sistemas de apoio à decisão”. Idealmente, esses sistemas deveriam permitir uma tomada de decisão informada e rápida, proporcionando um diálogo construtivo entre os diferentes agentes envolvidos na gestão dos recursos hídricos, ou seja, os técnicos, os responsáveis pela tomada de decisão e as diferentes entidades e utilizadores (Giupponi *et al.*, 2006).

## 2.2 Gestão integrada de recursos hídricos

O conceito de gestão integrada de recursos hídricos foi pela primeira vez referido na Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, num esforço conjunto de 170 países para definir recomendações que visem aliar desenvolvimento e protecção ambiental e largamente apoiado nos princípios de Dublin (<http://www.gwpforum.org>).

No entanto, não existe nenhuma definição consensual de gestão integrada de recursos hídricos. Em concreto, implica necessariamente que as instituições nacionais e regionais desenvolvam as suas próprias práticas de gestão de recursos hídricos, de forma integrada, com apoio no quadro de colaboração existente (GWP, 2000). Nesse contexto, o Global Water Partnership (GWP) define a gestão integrada dos recursos hídricos como sendo “um processo que promove o desenvolvimento e a gestão coordenados da água, solo e recursos associados, tendo em vista a maximização do bem-estar social e económico de forma equitativa e sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais”. Isso implica uma maior e melhor coordenação e gestão de (GWP, 2004a): (i) solo e água; (ii) água superficial e água subterrânea; (iii) bacia hidrográfica e ambiente costeiro e marinho adjacente; e (iv) interesses de montante e jusante. Nesta definição, a noção de “gestão” deve ser considerada no seu sentido mais lato, i.e. não apenas considerando os recursos hídricos existentes mas também o seu uso sustentável, de forma a não prejudicar as gerações futuras.

A noção de gestão “integrada” contrasta com a abordagem sectorial dos recursos hídricos que dominou no passado e que ainda subsiste em muitos países. Assim sendo, todos os tipos de usos da água devem ser considerados (Maia, 2007). De forma a facilitar a implementação de processos de gestão integrada de recursos hídricos, o Global Water Partnership sugere a implementação de três pilares (GWP, 2004b): eficiência económica, equidade e sustentabilidade ambiental. A definição e consideração desses pilares tem como principais objectivos: (i) criar um quadro adequado em termos de políticas, estratégias e legislação para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos e sua gestão, (ii) criar um enquadramento institucional compatível com a formulação e implementação de processos de gestão integrada de recursos hídricos; e (iii) facultar os instrumentos de gestão que permitam escolhas acertadas no que diz respeito às opções alternativas de gestão de recursos hídricos a serem consideradas. O sucesso da implementação de um processo de gestão integrada de recursos hídricos também é sensível ao contexto socio-cultural de cada país. Assim sendo, cada país deverá encontrar um equilíbrio entre a abordagem sectorial e a abordagem integrada, definindo em que medida a integração faz sentido tendo em conta os aspectos sociais, políticos e hidrológicos. De facto, o papel da gestão integrada de recursos hídricos vai depender do nível de desenvolvimento do país. Países ainda em vias de desenvolvimento, países em transição e países desenvolvidos terão todas formas distintas de implementar um processo de gestão integrada de recursos hídricos e retirarão deste

diferentes benefícios. Os países em vias de desenvolvimento vêm a gestão de recursos hídricos como um factor essencial com incidência no combate à fome e à pobreza, na saúde e na sustentabilidade ambiental (os objectivos de desenvolvimento do Milénio). Outro aspecto essencial é o desafio específico de conceder às mulheres total envolvimento e consequentemente melhoria da qualidade de vida. Nos países ditos “em transição” a visão de gestão integrada de recursos hídricos será mais racional, tendo como objectivo adequá-la e integrá-la no desenvolvimento da economia em curso. Finalmente, no caso dos países desenvolvidos, a abordagem poderá passar por considerar a gestão integrada dos recursos hídricos como um ponto de partida que inspire novas iniciativas, como por exemplo no caso da criação e implementação da DQA na União Europeia (GWP, 2004b).

## 2.3 Sistemas de apoio à decisão

### 2.3.1 Breves notas históricas

Segundo Power (2007), os primeiros sistemas de apoio à decisão (DSS - Decision Support System) apareceram há mais de 40 anos, numa altura em que se iniciou a utilização, por parte dos investigadores, de modelos sistemáticos quantitativos computadorizados para apoio no processo de decisão e planeamento. Nos anos 70, verificou-se um número crescente de artigos publicados sobre sistemas de gestão da decisão (“management decision systems”), sistemas estratégicos de planeamento (“strategic planning systems”) e sistemas de apoio à decisão (“decision support systems”). O conceito de sistema de apoio à decisão (DSS) apareceu pela primeira vez nos anos 1970. Little (1970) identificou quatro critérios para a concepção de modelos e sistemas de apoio à gestão da tomada de decisão que são, segundo Power (2007), ainda hoje aplicáveis aos DSS existentes: simplicidade, robustez, facilidade de controlo, e integralidade no que diz respeito aos detalhes relevantes. Em 1978, Kenn and Morton (Giupponi *et al.*, 2006) propõem uma definição mais específica uma vez que salientam a aptidão de um DSS associar aos recursos intelectuais dos indivíduos às capacidades de um computador para melhorar a qualidade das decisões.

A partir dos anos 80, houve um crescente interesse pelos DSS e suas potencialidades, em muito originado pela crescente importância dos problemas ambientais e pelo aumento dos conflitos causados pela exploração dos recursos naturais. Paralelamente, o desenvolvimento e estudo de DSS nas universidades e empresas tiveram novo alento, o que levou à expansão dos limites de aplicação dos DSS para além dos domínios tradicionais de aplicação, reconhecendo-se o papel que os DSS poderiam desempenhar nos diferentes níveis do processo de tomada de decisão. A tudo isto não estão alheios os importantes desenvolvimentos verificados nas áreas da informática e computação (Giupponi *et al.*, 2006).

Segundo Power (2007), a evolução histórica dos DSS permite sugerir diferentes grandes classes de DSS, nomeadamente:

- os “data-driven DSS” (DSS baseados em dados) por sua vez privilegiam o uso e manipulação de séries de dados ou até dados em tempo real e permitem um elevado nível de funcionalidade e suporte à decisão aquando da análise de grandes quantidades de dados históricos,
- os “communications-driven DSS” (DSS baseados nas comunicações) recorrem a redes e tecnologias de comunicações, sendo estas a componente arquitectural dominante,

- os “document-driven DSS” (DSS baseados em documentos) como o nome indica recorrem a tecnologias de armazenamento e processamento computacional para posterior recuperação ou análise, e
- os “knowledge-driven DSS” (DSS baseados no conhecimento) que podem sugerir ou recomendar determinadas acções aos decisores devido a competências em assuntos específicos que poderão decorrer da contribuição de sistemas de inteligência artificial.

Ainda segundo este autor, os sistemas de apoio à decisão tem uma história ainda considerada recente e os conceitos e tecnologias subjacentes ainda estão em fase de evolução. Os DSS vão certamente continuar a tirar partido dos progressos alcançados no âmbito da inteligência artificial por exemplo, ou ainda da simulação e optimização propriamente ditas.

### 2.3.2 Aplicação de DSS à gestão dos recursos hídricos

Como referido no ponto anterior, os sistemas de apoio à decisão podem ser desenvolvidos para um leque vasto e diversificado de aplicações e objectivos. No entanto, tendo em atenção o tema deste trabalho, interessa avaliar a aplicação dos sistemas de apoio à decisão à área específica dos recursos hídricos.

Neste caso, os sistemas de apoio à decisão, para além da avaliação das componentes base tais como estimativa das disponibilidades hídricas e necessidades dos diferentes sectores, pretendem também incorporar factores económicos, sociais e ambientais. Adicionalmente, a gestão dos recursos hídricos também subentende a consideração de outros agentes tais como os ecossistemas e o terreno. Assim sendo, tem que existir um real esforço interdisciplinar, de forma a alcançar uma gestão dos recursos inserida num contexto ambiental de acordo com os requisitos da sociedade (Argent, 2004).

Apesar do reconhecido interesse do uso de sistemas de apoio à decisão, ainda subsistem muitas entidades relutantes em usar ferramentas que considerem algo para além das simples técnicas de avaliação de custos económicos (Brunner *et al.*, 2004). No entanto, os requisitos da nova Directiva Quadro da Água são muito mais exigentes e abrangentes impulsionando um desenvolvimento e uma oferta cada vez maior desses modelos.

Verifica-se de facto um aumento da complexidade dos problemas e conflitos associados à gestão dos recursos hídricos, facto que requer uma maior precisão e uma avaliação mais global das actividades envolvidas. A maioria dos DSS aplicados na gestão de recursos hídricos é do tipo “model-driven DSS” (ver ponto 2.3.1) com especial importância dada a modelos hidrológicos, associados a uma avaliação ambiental e/ou socio-económica (Giupponi *et al.*, 2006).

Existe um número importante de sistemas de apoio à decisão aplicáveis à gestão de recursos hídricos que foram desenvolvidos para diferentes contextos e características, e.g. diferentes tipos de bacias hidrográficas, e também para alcançar diferentes objectivos tendo em conta questões de escala temporal e espacial e também o tipo de utilizadores a que se destinam. A escolha de um DSS já existente ou o desenvolvimento de um novo sistema de raiz constitui certamente um aspecto essencial a considerar à partida. De facto, o grau de especificidade introduzido num DSS para responder às expectativas e desafios de determinada região pode constituir um aspecto limitativo à sua aplicabilidade noutras situações uma vez que o tipo de

problemas a resolver poderá ser diferente. Por outro lado, o facto de recorrer a um DSS que já existe e portanto já terá sido testado permite um ganho de tempo importante geralmente associada à fase de teste do sistema e avaliação da sua robustez e ainda permitirá beneficiar da experiência dos outros utilizadores.

### 2.3.3 Exemplos de sistemas de apoio à decisão

Giupponi *et al.* (2006) identificou cerca de 60 sistemas de apoio à decisão relacionados com a aplicação da Directiva Quadro da Água e desenvolvidos nos últimos anos no âmbito de Projectos europeus e nacionais. O elevado número de DSS testemunha a variedade existente e possível de sistemas de apoio à decisão, os quais podem constituir uma útil ferramenta para os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos de forma a promover um desenvolvimento sustentável.

Alguns desses modelos foram também objecto de uma análise no âmbito do Projecto WaterStrategyMan “Developing Strategies for Regulating and Managing Water Resources and Demand in Water Deficient Regions”, do 5º Programa-Quadro, no qual a FEUP participou como parceiro português. Essa análise teve como principal objectivo sistematizar as principais características de cada um dos modelos seleccionados e avaliar o seu grau de aplicabilidade aos propósitos do Projecto WaterStrategyMan (ProGEA, 2004). Este estudo foi parte integrante da criação e desenvolvimento de um novo sistema de apoio à decisão, o WSM-DSS (“WaterStrategyMan Decision Support System”), aplicado e testado em bacias hidrográficas do Sul da Europa com problemas de escassez de água. No caso de Portugal, a bacia escolhida foi a bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve pela existência simultânea de uma forte pressão turística e de grandes consumos de água para a agricultura.

Pretendia-se que este novo sistema de apoio à decisão, para além dos aspectos puramente hidrológicos e de alocação da água, permitisse também avaliar as prioridades de desenvolvimento regionais, as limitações económicas e ambientais, tudo isso tendo em conta as directivas e limitações locais, nacionais ou mesmo internacionais. O WSM-DSS beneficiou dos conhecimentos já adquiridos com o desenvolvimento e aplicação de modelos anteriores tendo sido criada uma ferramenta adaptada e adequada às especificidades de cada um dos diferentes casos de estudo desenvolvidos durante o Projecto WaterStrategyMan e ao tipo de dados existentes e disponíveis.

As simulações e resultados apresentados na presente dissertação foram obtidos usando este sistema de apoio à decisão, sendo a descrição das suas características, funcionamento e filosofia subjacente objecto do Capítulo 3.

Não sendo objectivo e pretensão deste trabalho elaborar uma síntese dos modelos existentes e das suas potencialidades, optou-se por apresentar aqui dois sistemas de apoio à decisão considerados mais relevantes na criação e desenvolvimento do WSM-DSS, enfatizando as suas características mais importantes.

#### 2.3.3.1 MIKE BASIN

O sistema de apoio à decisão MIKE BASIN (MB) foi desenvolvido pelo Instituto Dinamarquês de Hidráulica (Danish Hydraulic Institute - DHI) como sendo um modelo de apoio à decisão versátil para planeamento e gestão integrada dos recursos hídricos (ProGEA, 2004). Trata-se de um “data-driven” DSS (sistema de apoio à decisão “baseado em dados”) no qual a bacia hidrográfica/região em estudo é caracterizada por um conjunto de “ligações” e “nós”. O MB foi integrado num ambiente ArcGIS (Sistema de Informação Geográfica) que permite beneficiar das funcionalidades deste tipo de ferramenta na análise levada a cabo.

O primeiro passo na utilização do MB é a construção da rede esquemática da zona de estudo que pode ser mais ou menos simplificada em função dos objectivos do estudo e dos dados disponíveis. O utilizador começa por digitalizar o rio principal e os seus afluentes usando um mapa da zona de estudo. A partir daí, é possível introduzir os diferentes tipos de nós, tais como reservatórios ou pontos de consumo de água. Por defeito, o MB estuda a alocação da água na bacia hidrográfica/região em estudo, mas o utilizador pode também optar por estudar a qualidade da água ou ainda seleccionar o módulo existente para simulação de balanço de água subterrânea.

Os dados relativos a cada elemento introduzido na rede estão acessíveis através do Access mas também directamente consultáveis e/ou editáveis a partir da visualização da rede (“Network View”). No que diz respeito à introdução das séries de dados, duas opções estão disponíveis: a primeira consiste na importação de ficheiros de texto previamente preparados; a segunda, na utilização do “Time Series Edit tool” (ferramenta de edição de séries de dados). Nesta segunda opção, o utilizador poderá introduzir os dados numa folha de tipo Excel. Depois da introdução e edição dos dados, o utilizador pode recorrer a outra funcionalidade, o “Check Topology” (verificação da topologia) que, tal como o nome indica, permite confirmar e validar a rede introduzida antes de realizar as simulações propriamente ditas (ProGEA, 2004).

Outra funcionalidade importante do MB diz respeito à atribuição de níveis de prioridade para a alocação da água no caso de pontos de consumo com múltiplos utilizadores. O princípio da prioridade local (“Local Priority”), tal como está definido no MB, está na base do algoritmo de alocação da água. O termo “local” faz referência ao facto de, no caso de existirem vários pontos de consumo ligados a uma mesma fonte de abastecimento, os mais próximos dessa fonte terão uma prioridade mais alta. Esta abordagem assume especial importância no caso de se verificarem situações de escassez de água. Convém referir que este sistema de prioridade somente se aplica às águas superficiais, sendo que, no caso de águas subterrâneas, todos os consumidores terão a mesma prioridade, sendo os volumes de água entregues proporcionais aos volumes de procura. Existe ainda uma “Global Priority Rule” (regra de prioridade global) que permite ao utilizador definir um conjunto de regras que serão aplicadas no processo de alocação de água. Essas regras aplicam-se por exemplo a volumes de captação de água, caudais mínimos, e armazenamento em reservatórios.

Adicionalmente, depois de ter completado a esquematização da rede, ter introduzido os dados necessários e definidos as prioridades de alocação da água, é necessário definir as datas de início e fim de simulação assim como escolher entre uma análise mensal ou diária.

No que diz respeito à modelação hidráulica propriamente dita, o cálculo dos caudais e a sua distribuição na rede obedece às regras de prioridade definidas, e pode estar baseada em dados

de escoamentos introduzidos pelo utilizador ou então num módulo específico de precipitação-escoamento, integrado no MB, que permite calcular as séries temporais de escoamentos a partir de um conjunto de parâmetros necessários específicos da zona de estudo e de séries temporais de evapotranspiração e precipitação. Esse módulo oferece três modelos diferentes para esta tarefa, todos eles pertencentes a outro software do DHI, o MIKE 11, cujas principais funções são brevemente referidas em ProGEA (2004).

No caso da qualidade da água, o MB simula o transporte e a degradação de substâncias que afectam a qualidade da água nos reservatórios e nos rios, sendo possível adicionar mais substâncias para a análise de um caso específico. Finalmente, o módulo relativo a água subterrânea consiste numa abordagem simples do aquífero como sendo um reservatório linear que interage com os consumidores de água e massas de água superficiais. O balanço hídrico é analisado tendo em conta o volume captado, a recarga e o volume descarregado de/para os rios.

Em termos de visualização de resultados, estes são apresentados em três diferentes formatos: séries de dados e gráficos associados, tabelas resumo HTML e elementos animados em mapas ArcGIS. Os resultados obtidos abrangem todos os aspectos da simulação tais como o desempenho dos reservatórios e também o balanço hidrológico e análise da qualidade da água. A Figura 2.1 apresenta um exemplo de animação de reservatórios obtido com o MB.

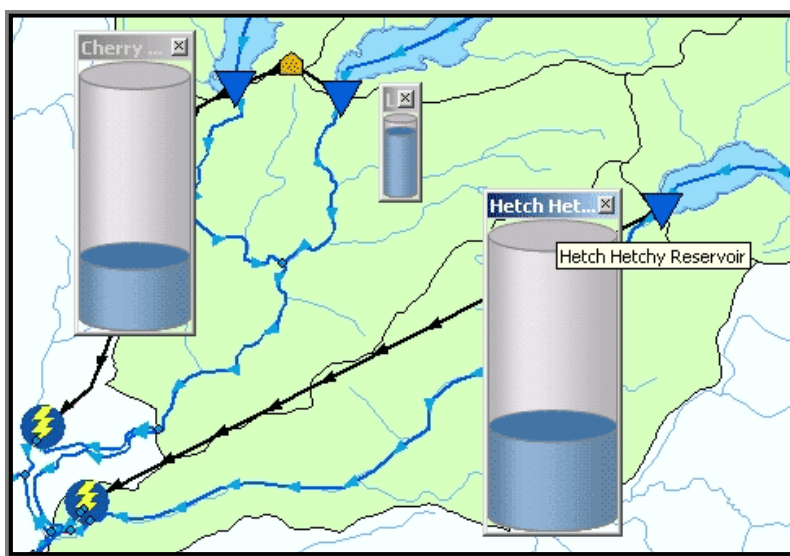


Figura 2.1: Resultados do MIKE BASIN - animação dos reservatórios ([www.dhigroup.com](http://www.dhigroup.com))

Convirá ainda referir um aspecto relevante do MB que diz respeito à possibilidade de ligar directamente os resultados das simulações com o Excel, o que permite levar a cabo uma análise económica recorrendo às funções disponibilizadas no Excel.

Outro aspecto relevante é o leque alargado de aplicações associadas ao MB, tais como ([www.dhigroup.com](http://www.dhigroup.com)):

- análise da disponibilidade hídrica: estudo conjunto de água superficial e subterrânea e sua optimização,
- planeamento de infra-estruturas: potencial área irrigável, desempenho dos reservatórios, capacidade de abastecimento em água, necessidades de tratamento de águas residuais,

- análise da procura dos diferentes sectores tais como doméstico, industrial, agrícola, de produção de energia, navegação, recreativo, ou ainda ambiental, procurando estabelecer compromissos equitativos entre eles,
- estudo dos ecossistemas: qualidade da água, caudais mínimos de descarga, e
- regulação: direitos, prioridades, cumprimento da legislação sobre qualidade da água.

#### 2.3.3.2 Aquatool

O sistema de apoio à decisão Aquatool foi desenvolvido pela Universidade de Valência no início dos anos 90, aproveitando a experiência adquirida com a criação de sistemas anteriores deste tipo e tendo em vista contribuir para a gestão integrada dos recursos hídricos. Este DSS para planeamento de recursos hídricos e gestão operacional dos mesmos à escala da bacia hidrográfica/região tem sido utilizado e melhorado por diversas entidades espanholas responsáveis pela gestão de recursos hídricos. O Aquatool é uma interface para a edição, simulação revisão e análise de modelos de simulação e gestão de bacias hidrográficas, mediante o programa SIMGES, e também de modelos de simulação da qualidade da água, por meio do programa GESCAL (Solera *et al.*, 2007). Concretamente, este DSS inclui os seguintes programas:

- o AQUATOODMA que constitui o interface geral de edição de dados para sua posterior utilização nos restantes programas,
- o SIMGES, que permite a simulação de gestão de bacias hidrográficas e sistemas hidráulicos complexos, tendo em conta os recursos superficiais e subterrâneos,
- o GESCAL que é um programa específico para simulação da qualidade da água à escala da bacia com base em simulações previamente desenvolvidos com o programa SIMGES,
- o GRAFDMA que se dedica ao tratamento de resultados gráficos obtidos com as simulações por SIMGES e GESCAL, e
- o GES2DMA que permite realizar a actualização de projectos desenvolvidos com o SIMWIN (anterior interface de dados) em projectos para o AQUATOODMA.

No caso do SIMGES, as simulações são efectuadas a nível mensal e fornecem a distribuição do caudal no sistema considerado, sendo o nível de detalhe da análise efectuada pelo programa fixada pelos dados introduzidos pelo utilizador. No caso de águas superficiais, o caudal é calculado por continuidade ou por balanço. No caso de águas subterrâneas ou aquíferos, o caudal é simulado recorrendo a diferentes tipos de modelos numéricos, em função dos casos. O programa também considera as perdas por evaporação e por infiltração nos reservatórios e leitos dos rios e também as ligações entre água superficial e subterrânea.

Neste programa, a gestão dos recursos hídricos está baseada em regras de operação introduzidas pelo utilizador. Adicionalmente, a definição de caudais mínimos ecológicos e diferentes prioridades no uso da água também é permitida no programa. A simulação e gestão dos recursos superficiais são feitas através de um algoritmo de optimização da rede de caudais que tem como propósito satisfazer o número máximo dos seguintes objectivos: minimizar os défices em água, procurar uma adaptação às curvas de armazenamento dos reservatórios e atingir os níveis de produção hidroeléctrica pretendidos.

Os resultados deste programa podem ser visualizados sob a forma de uma evolução mensal ou anual das diferentes variáveis, assim como valores médios no período de simulação. Assim, este programa pode ser utilizado para: (i) determinar níveis de garantia associados a diferentes infra-

estruturas e cenários de procura, assim como para diferentes regras de operação das mesmas; (ii) determinar as regras de operação mais adequadas para os níveis de garantia exigidos; (iii) determinar os benefícios ou prejuízos derivados da alteração das prioridades do uso da água, e; (iv) determinar as capacidades de armazenamento de reservatórios, de transporte de condutas e de bombagem de certas instalações para determinados níveis de procura e de garantia (Alvarez *et al.*, 2007).

No caso do programa GESCAL, a principal mais-valia prende-se com a possibilidade de simular simultaneamente reservatórios e rios com a mesma aplicação e de forma integrada com os restantes elementos do sistema. Este programa não tem como intuito apresentar a evolução da qualidade da água resultante da ocorrência de eventos pontuais de poluição mas, pelo contrário, reflectir as evoluções espacial e temporal da qualidade da água nos sistemas simulados, originadas pelas diferentes alternativas de gestão, de depuração, de contaminação e de uso dos recursos hídricos existentes. Podem ser modelados diferentes parâmetros, tais como: temperatura, poluentes, oxigénio dissolvido, matéria orgânica, ciclo do nitrogénio e eutrofização (Arquiola *et al.*, 2007).

Este DSS pretende ser adaptável às necessidades dos diferentes tipos de utilizadores e o mais flexível e versátil possível para uma utilização diária, bem como para alterações e melhoramentos.

A Figura 2.2. esquematiza as bases de dados e programas associados ao Aquatool.

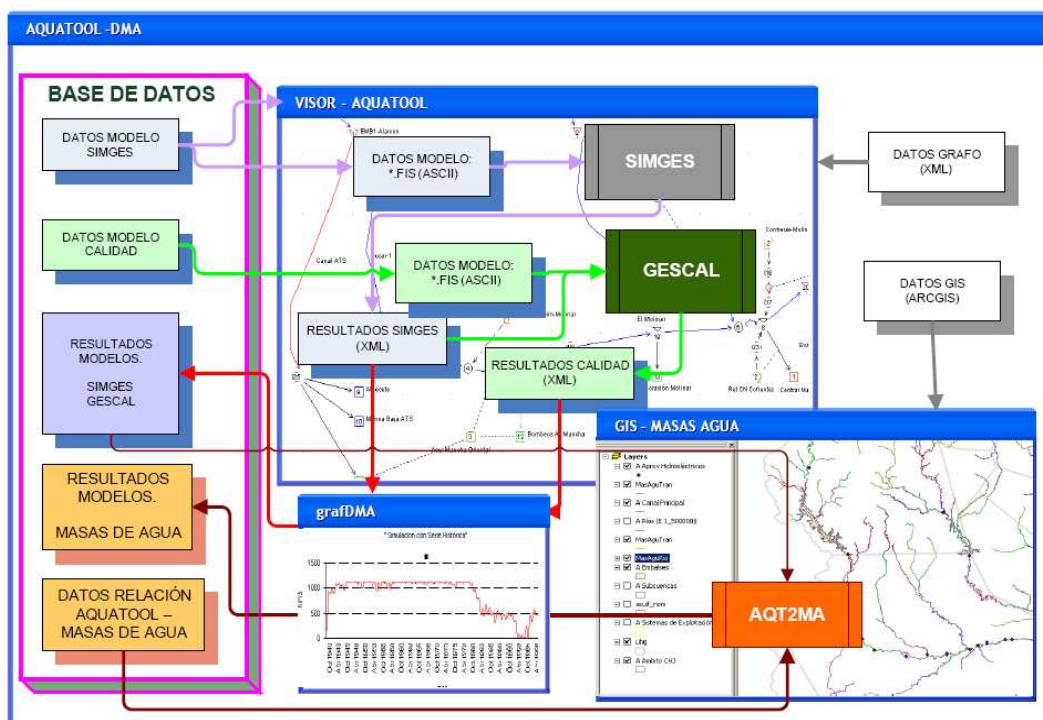


Figura 2.2: Esquema das bases de dados e programas associados ao Aquatool (Solera et al., 2007)

Solera et al. (2007) enumeram os diferentes tipos de resultados que podem ser obtidos através da utilização do Aquatool e que podem ser visualizados sob a forma de tabelas ou gráficos.

#### 2.4. Aspectos relevantes dos DSS

Depois desta descrição sucinta de dois sistemas de apoio à decisão, é possível enumerar algumas das suas funcionalidades mais relevantes:

- uma interface gráfica com o utilizador, capaz de disponibilizar informação e auxílio técnico a um utilizador especializado;
- uma base de dados georreferenciada com possibilidade de ser acedida fácil e directamente a partir de um mapa;
- uma base SIG integrada, com capacidade de importação de mapas georreferenciados a partir de elementos externos;
- vários tipos de modelos, com pelo menos um modelo de alocação da água capaz de efectuar uma distribuição pelas diferentes utilizações existentes no sistema, simultaneamente com o auxílio de regras de prioridade predefinidas;
- uma ferramenta para esquematização da área em estudo, como uma rede de nós e ligações, em que os nós representam as origens de água disponíveis, as infra-estruturas de tratamento da água e ainda os diferentes tipos de utilizadores da água (aglomerados, explorações agrícolas ou indústrias), enquanto as ligações representam canais ou condutas que transportam água dos pontos de abastecimento para os pontos de consumo ou representativos das necessidades em água.

Parece também importante que os resultados obtidos sejam organizados de forma a poder comparar diferentes opções de gestão de recursos hídricos ou para tornar evidentes alguns períodos da simulação nos quais ocorrem situações de défice de água ou em que os padrões de qualidade da água não são satisfatórios. Finalmente, o facto de os DSS estarem em permanente evolução e tenderem a tornar-se cada vez mais versáteis e de fácil utilização são, sem dúvida, aspectos muito aliciantes no recurso a estes sistemas.

Tal como já foi referido anteriormente, o estudo destes e outros DSS existentes serviu de base conceptual para o desenvolvimento do WSM-DSS, modelo utilizado para as simulações apresentadas nesta dissertação e cuja descrição é objecto do Capítulo 3.

### 3. O modelo WSM-DSS e as suas potencialidades



### 3.1. Introdução

O sistema de apoio à decisão WSM-DSS foi desenvolvido no âmbito do Projecto WaterStrategyMan, perspectivando a sua aplicação a bacias hidrográficas do sul da Europa com problemas de escassez de água. A sua aplicabilidade aos diferentes casos de estudo desenvolvidos no âmbito do Projecto foi sendo melhorada com as contribuições dos diferentes parceiros que testaram o WSM-DSS. A FEUP, parceiro português daquele Projecto, teve uma participação activa na detecção/correção de erros e validação do programa, levando também a algumas alterações específicas necessárias à adequação do modelo à bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve e aos dados disponíveis.

Este capítulo apresenta uma descrição do modelo de apoio à decisão WSM-DSS e dos diferentes módulos de análise que incorpora, tendo como base de referência a apresentada em ProGEA (2004). Esta descrição não é exaustiva, procurando-se dar uma ideia global das potencialidades do modelo WSM-DSS e enfatizando os aspectos de maior relevância para o trabalho desenvolvido.

Poder-se-á referir que a arquitectura do modelo WSM-DSS assenta em quatro critérios gerais (ProGEA, 2004):

- a funcionalidade associada a um interface gráfico em Windows, associado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permita uma esquematização gráfica dos sistemas hídricos e uma interacção do utilizador para a sua construção e/ou modificação,
- a integração de um conjunto de indicadores que permitam cobrir um largo espectro de aspectos, desde quantidade e qualidade da água, pressões demográficas, exploração sustentável até aspectos com custos relacionados ou ainda caudais ambientais,
- a capacidade de criar e gerir cenários hidrológicos e de procura e a possibilidade de simular e comparar diferentes alternativas de abordagens multi-critérios, tendo em conta indicadores económicos, sociais e ambientais,
- a capacidade em levar a cabo uma análise económica global, de acordo com os requisitos impostos pela Directiva-Quadro da Água (DQA)

### 3.2. Estrutura DPSIR

De forma a facilitar a análise de casos de estudo regionais, as funções principais do WSM-DSS foram desenvolvidas segundo a estrutura de indicadores DPSIR - Forças Motoras (“Drivers”) / Pressões (“Pressures”) / Estado (“State”) / Impactes (“Impacts”) / Respostas (“Responses”), tal como proposto a nível europeu pela European Environmental Agency (Agência Europeia do Ambiente, [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)).

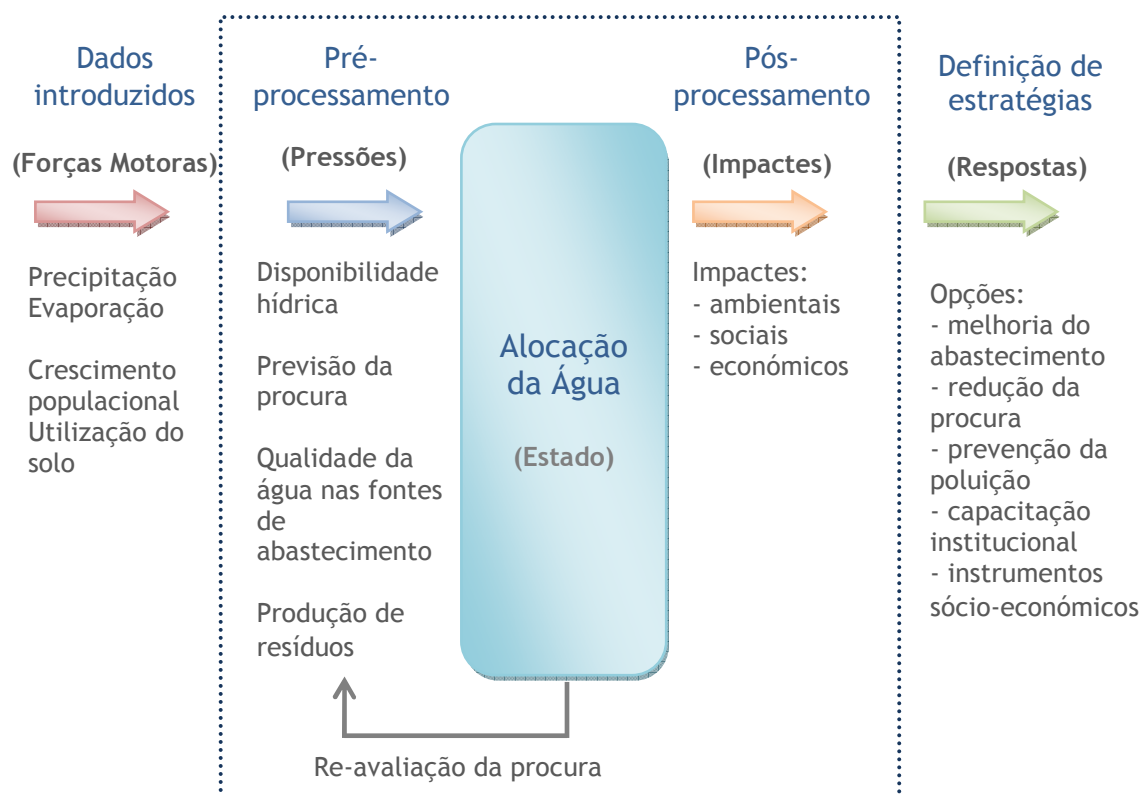


Figura 3.1: Estrutura do WSM-DSS (adaptado de ProGEA, 2004)

A componente relativa às Forças Motoras (“Drivers”), definida como o conjunto de fenómenos naturais e de actividades antropogénicas, não facilmente manipuláveis, é representada no WSM-DSS através de alterações nas condições climáticas, evolução demográfica e padrões de ocupação do solo. As alterações meteorológicas implicam variações nas características de precipitação, evapotranspiração e temperatura o que, em simultâneo com os padrões de ocupação do solo, influencia o balanço hídrico da região, tanto ao nível da água superficial como subterrânea, aumentando ou diminuindo, desta forma os recursos disponíveis. A evolução demográfica por sua vez, relacionando-se com o crescimento da população no tempo, é um dos factores principais na determinação das necessidades em água. Os elementos considerados como Pressões (“Pressures”) são a qualidade da água nas origens e as cargas poluentes geradas por actividades humanas. Ambas as forças motoras e as pressões do sistema em estudo são analisadas no modelo pelo pré-processador através de módulos distintos denominados: “Water Availability Module” (módulo de disponibilidade de água) e “Water Demand Module” (módulo de procura de água).

A componente relativa ao Estado (“State”) do sistema é descrita com base nos resultados do “Water Allocation Module” (módulo de alocação da água) que constitui o núcleo do sistema de apoio à decisão WSM-DSS (Figura 3.1). De facto, o “estado” do sistema é avaliado através de diferentes parâmetros, nomeadamente: relação entre volume de água abastecida e procura, alterações da qualidade da água nas fontes de abastecimento, taxa de cobertura no abastecimento em água aos diferentes sectores, eficiência das estações de tratamento e, análise económica dos serviços e usos da água. O módulo de alocação da água permite uma distribuição da água pelo sistema desde as fontes de abastecimento - tais como albufeiras, aquíferos ou lagos - até aos pontos de consumo - aglomerados populacionais, explorações agrícolas ou ainda pecuária. Essa alocação da água é feita tendo em consideração regras de prioridade: o utilizador atribui prioridades às diferentes fontes de abastecimento e aos pontos de consumo. Essas

prioridades podem reflectir custos, preferências em termos de qualidade e conservação no caso das fontes de abastecimento e ainda (no caso dos pontos de consumo) objectivos sociais e prioridades de desenvolvimento regional.

O pós-processador do WSM-DSS é constituído pelo módulo de avaliação (“Evaluation Module”) cujas funções principais são o cálculo e a apresentação de indicadores que traduzam impactes (“Impacts”) ambientais e socio-económicos tais como custos directos elevados, nível de recuperação de custos insuficiente ou ainda conflitos entre sectores, principalmente em situações de escassez de água.

A partir de uma análise multi-critério desses impactos/indicadores, os responsáveis pela tomada de decisão podem delinear as suas conclusões e dar início à formulação de respostas/soluções (“Responses”), aqui definidas como opções alternativas de gestão de recursos hídricos que pretendem minorar os impactos criados e fazer face aos problemas relacionados com a escassez de recursos hídricos.

### 3.3. Descrição conceptual do modelo de apoio à decisão

Todos os módulos descritos anteriormente constituem ferramentas muito úteis para o processo de tomada de decisão. O sistema de apoio à decisão WSM-DSS (WaterStrategyMan Decision Support System), com base nos diferentes módulos constituintes, pretendeu assim ter em conta aspectos económicos, ambientais, sociais e/ou institucionais da bacia/região em estudo, tendo em especial atenção os requisitos impostos pela União Europeia (EU), mais especificamente pela DQA. Mais ainda, pretendeu-se que esse modelo permitisse, através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de uma base de dados adequados (Silva *et al.*, 2004):

- (i) descrever a situação actual, na área do caso de estudo, no que diz respeito aos sistemas hídricos existentes, respectivos atributos ambientais e infra-estruturais associados;
- (ii) avaliar o estado dos sistemas hídricos segundo diferentes aspectos, nomeadamente: recursos hídricos disponíveis, usos, ciclos da água, qualidade ambiental e aspectos económicos relacionados;
- (iii) definir e aplicar estratégias alternativas, alicerçadas em opções/intervenções técnicas de gestão, de modo a alcançar uma gestão integrada de recursos hídricos;
- (iv) prever o comportamento do sistema hídrico, baseado em cenários regionais, reais ou expectáveis, de oferta e procura por parte de diversos consumidores, e a evolução do comportamento do sistema face à aplicação de medidas de gestão;
- (v) avaliar o impacto das medidas/opções implementadas através da análise dos resultados obtidos para os diferentes cenários testados, medidas e políticas de gestão encaráveis, utilizando uma abordagem multidisciplinar e considerando restrições de ordem local, nacional e internacional.

Essas opções de gestão de recursos hídricos podem ser do tipo “estrutural” ou “não estrutural” e são apresentadas na interface do modelo, classificadas em três categorias distintas:

- medidas para o aumento da oferta disponível que correspondem à criação de novas fontes de abastecimento através da construção de barragens, dessalinizadoras, captações subterrâneas, importação de água de outra bacia hidrográfica ou ainda reutilização de água tratada;

- medidas de gestão da procura tais como redução de perdas, melhoria dos métodos de irrigação, introdução de quotas, medidas de conservação no sector doméstico ou ainda alteração nos processos industriais;
- introdução de novas políticas de desenvolvimento regional e políticas institucionais, nomeadamente políticas de preços.

A escolha das opções mais adequadas, o seu faseamento, localização e custo define uma estratégia de gestão de recursos hídricos. As diferentes estratégias podem ser avaliadas e comparadas em termos de eficácia recorrendo a indicadores de “performance” dessas intervenções no contexto de diferentes cenários de disponibilidades hídricas e de procura, utilizados para obter indicadores globais de decisão (ProGEA, 2004). Esses indicadores globais estão inseridos em três categorias:

Tabela 3.1: Indicadores globais

| <b>Categorias</b>                         | <b>Indicador</b>                                     |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Recursos e Ambiente</b>                | Percentagem de dependência em água importada         |
|                                           | Percentagem de reutilização e dessalinização         |
|                                           | Índice de exploração dos recursos subterrâneos       |
|                                           | Índice de produção de água não sustentável           |
|                                           | Percentagem de satisfação do caudal ambiental mínimo |
| <b>Eficiência<br/>(Taxa de cobertura)</b> | Abastecimento urbano                                 |
|                                           | Agricultura                                          |
|                                           | Indústria                                            |
|                                           | Criação Animal                                       |
|                                           | Produção hidroeléctrica                              |
| <b>Economia</b>                           | Benefício associado ao uso da água                   |
|                                           | Grau de recuperação de custos                        |
|                                           | Custos ambientais                                    |

O utilizador deverá seleccionar o(s) indicador(es) considerados relevantes na avaliação da eficácia de determinada estratégia, podendo combinar indicadores de diferentes categorias. Deverá ainda especificar para estes um valor mínimo e máximo, definindo desse modo a gama de valores considerados aceitáveis. Por exemplo, para a avaliação do impacto da construção de uma barragem para abastecimento público, será indispensável considerar o indicador de “Taxa de cobertura - Abastecimento”, podendo ser irrelevante o correspondente à “Percentagem de reutilização e dessalinização” se não existir nenhuma infra-estrutura desse tipo. O valor de cada indicador é quantificado com base em três valores estatísticos que balizam o seu comportamento temporal, concretamente os índices de: fiabilidade, que indica a probabilidade do valor do indicador se encontrar dentro de uma gama de valores considerados aceitáveis; resiliência, que indica a capacidade do indicador recuperar de um valor definido como não aceitável; e vulnerabilidade, que traduz estatisticamente a duração do período e a amplitude do desvio em

que o indicador apresenta valores inaceitáveis. A cada um dos indicadores deverá ser atribuído um peso, reflectindo a opinião dos interessados na avaliação da medida a ser implantada. A média pesada dos indicadores obtidos, denominado por índice de sustentabilidade global (tanto melhor quanto mais próximo da unidade) indicará a sustentabilidade do sistema após a aplicação de medidas de gestão durante o período de simulação.

A Figura 3.2 esquematiza a metodologia adoptada no WSM-DSS. O utilizador define e simula, com base em hipóteses sobre as condições hidrológicas e o desenvolvimento regional que caracterizam o estado actual do sistema, diferentes combinações de cenários hidrológicos e de procura. Essas combinações de cenários definem “casos de referência” que correspondem a analisar a evolução do sistema sem qualquer opção de gestão de recursos hídricos. Seguidamente, é possível aplicar e avaliar diferentes opções estruturais e não-estruturais, assim como combinações de diferentes opções desfasadas espacial e temporalmente, permitindo a definição de diferentes estratégias. Essas estratégias podem então ser reavaliadas tendo em conta um esquema de recuperação de custos que poderá considerar custos directos ambientais e de recurso. A estratégia de recuperação de custos será traduzida num aumento do preço de venda da água para um ou mais sectores consumidores de água (Figura 3.2).

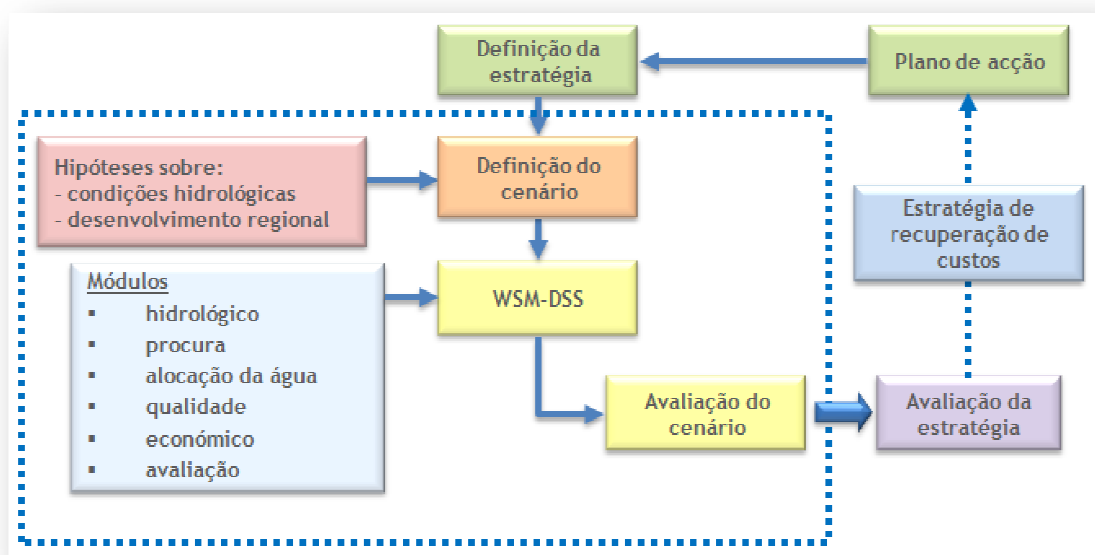


Figura 3.2: Esquematização da metodologia adoptada no WSM-DSS

#### 3.4. Arquitectura e funcionamento geral do sistema de apoio à decisão WSM-DSS

A utilização do sistema de apoio à decisão WSM-DSS inicia-se com o carregamento da informação necessária ao seu funcionamento, a saber um conjunto de mapas em formato “raster” (transformação de um mapa numa grelha, em que a cada pixel está associado um determinado valor, de acordo com o tipo de informação em causa) ou “shape file” assim como uma base de dados “ArcINFO” com informação geográfica organizada em classes e tabelas (ProGEA, 2004).

Depois de uma janela inicial de selecção da região em estudo, o utilizador tem acesso à interface gráfica com um painel de navegação do lado esquerdo que está sempre activo ao longo

da utilização do modelo. Esse painel apresenta o “BASE CASE” (caso base) e as diferentes simulações que vão sendo testadas pelo utilizador. O “BASE CASE” corresponde à base de dados tal como foi carregada inicialmente no WSM-DSS e caracteriza o sistema/a bacia hidrográfica tal como está. Este “BASE CASE” não é simulado pelo WSM-DSS mas será copiado para servir de base às diferentes simulações que forem levadas a cabo. A Figura 3.3 apresenta a janela inicial do sistema WSM-DSS: o “BASE CASE” foi neste caso designado por “Abastecimento Público” e as diferentes simulações a que serviu de base aparecem a verde.

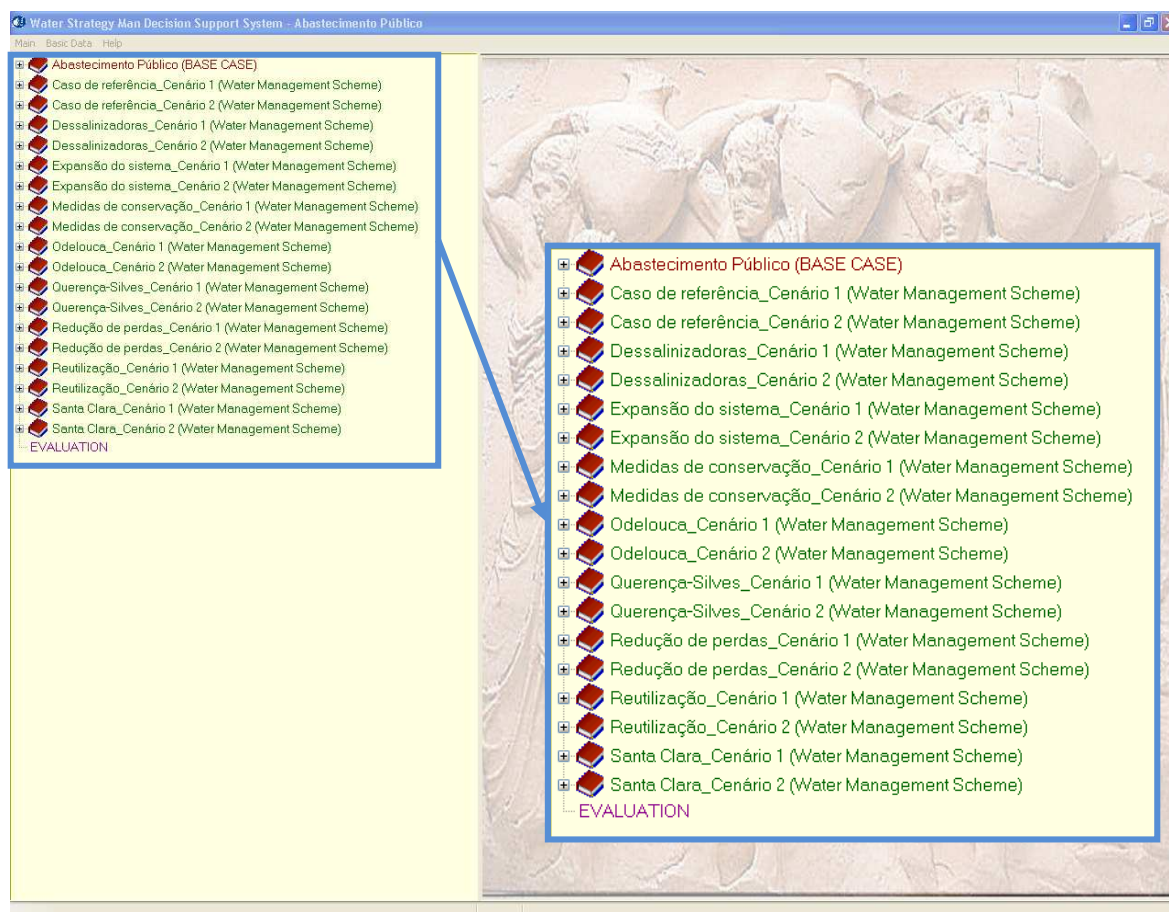


Figura 3.3: “BASE CASE” e simulações no WSM-DSS

Cada uma das cópias do “BASE CASE” criadas, denominadas “Water Management Schemes” (WMS), será objecto de simulação através do WSM-DSS. Quando criada, cada WMS contém a mesma informação que o “BASE CASE”, informação esta (numérica e geográfica) que poderá ser editada pelo utilizador de forma a responder de forma mais adequada aos propósitos da simulação. Abrindo uma das simulações assim criadas (WMS), o utilizador tem acesso às diferentes funcionalidades (sub-menus) associadas. Adicionalmente, aparece um painel intermédio (“Object manager”) (com fundo branco na Figura 3.3) assim como um mapa da região que permitem visualizar todos os elementos e dados introduzidos na base de dados.

Dentro de cada simulação (WMS) criada, aparecem três sub-menus principais: (i) criação de cenário (“Create scenario”); (ii) criação de esquema de gestão da água (“Create water management scheme”), e: (iii) análise (“Analysis”). O primeiro, detalhado na secção seguinte corresponde à definição do cenário hidrológico e do cenário de procura que serão utilizados na simulação a realizar. O segundo sub-menu está ainda subdividido em duas secções: para

modificar a base de dados (“Modify”) e aplicar uma opção de gestão de recursos hídricos (“Apply strategy”). Dentro do item “Modify” o utilizador pode alterar os diferentes elementos da base de dados, através do mapa (“Modify Map”) ou das diferentes tabelas criadas pelo WSM-DSS (“Modify Data”). A Figura 3.4 (a e b) mostra as janelas respectivas destas duas funcionalidades.

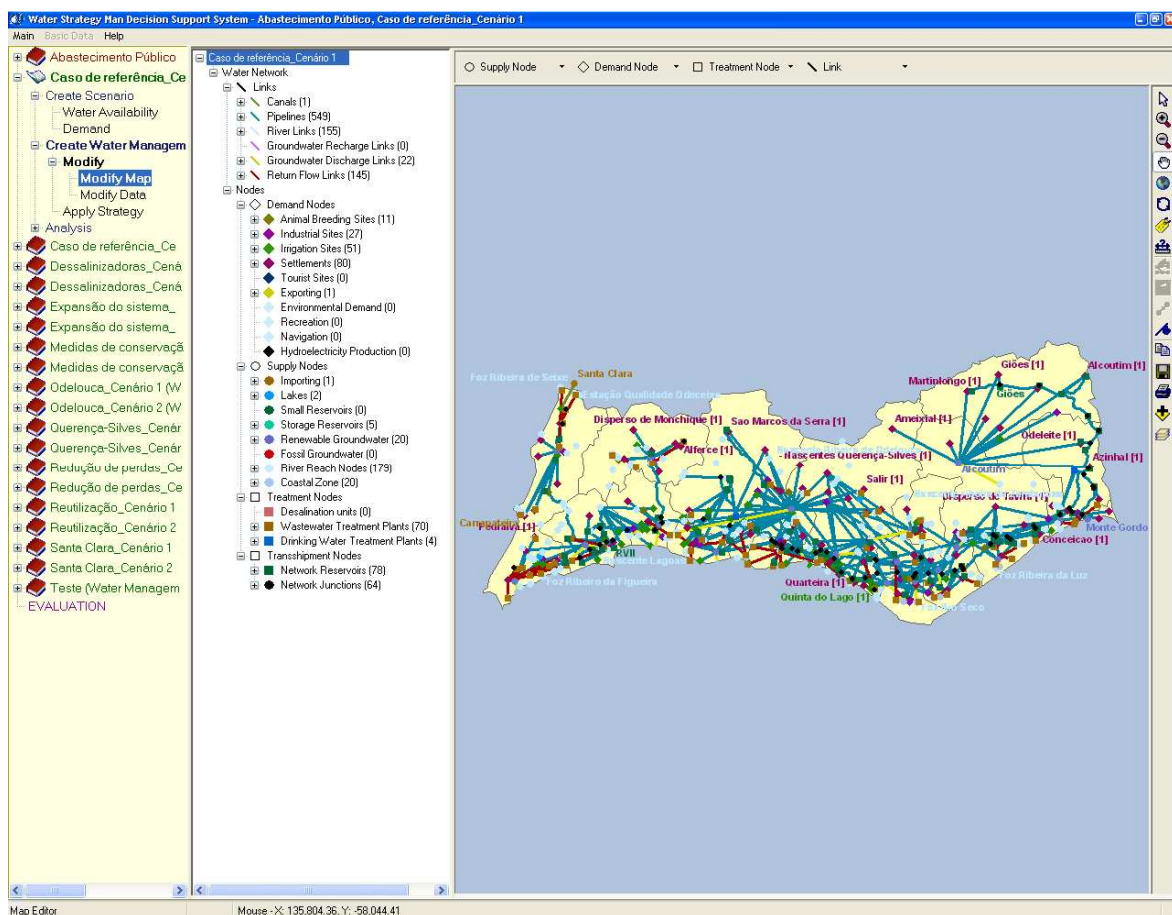


Figura 3.4a: Janela do WSM-DSS - Visualização e edição do mapa

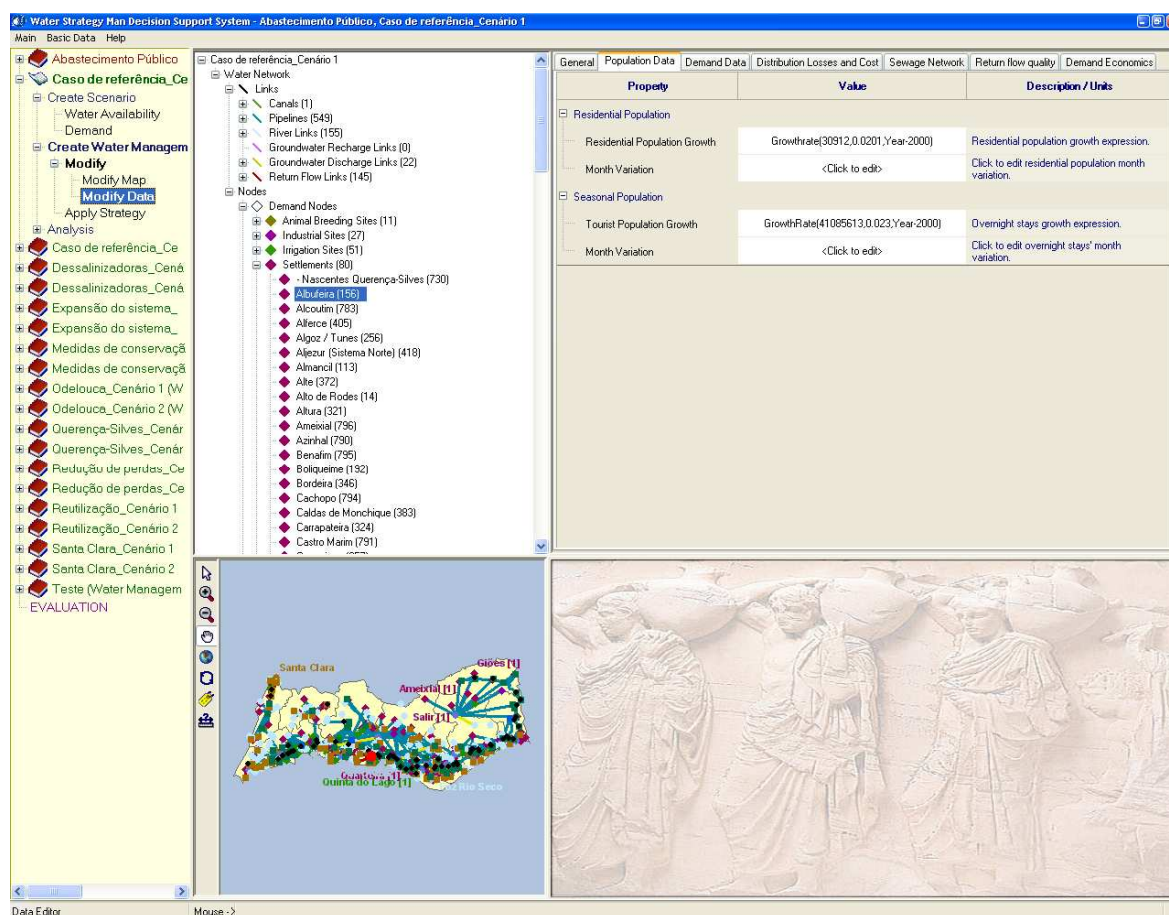


Figura 3.4b: Janela do WSM-DSS - Visualização e edição de uma tabela

Finalmente, o terceiro sub-menu existente diz respeito à análise dos resultados da simulação. Depois da definição de cenários, da edição dos dados necessários, da aplicação da opção de gestão de recursos hídricos escolhida e da simulação da mesma, o WSM-DSS permite ao utilizador visualizar num primeiro ecrã alguns resultados globais da região em estudo (“Overview”), tal como apresentados na Figura 3.5.



Figura 3.5: Janela do WSM-DSS - Visualização de resultados globais

Adicionalmente, o utilizador tem acesso aos resultados parciais relativos a cada elemento da base de dados, nomeadamente, condutas e canais, fontes de abastecimento, pontos de consumo e pontos de tratamento. As séries associadas à maioria destes resultados podem ser visualizadas sob a forma de tabela ou de gráfico, com valores anuais ou mensais, para a totalidade do período de simulação, tal como o exemplo apresentado na Figura 3.6.

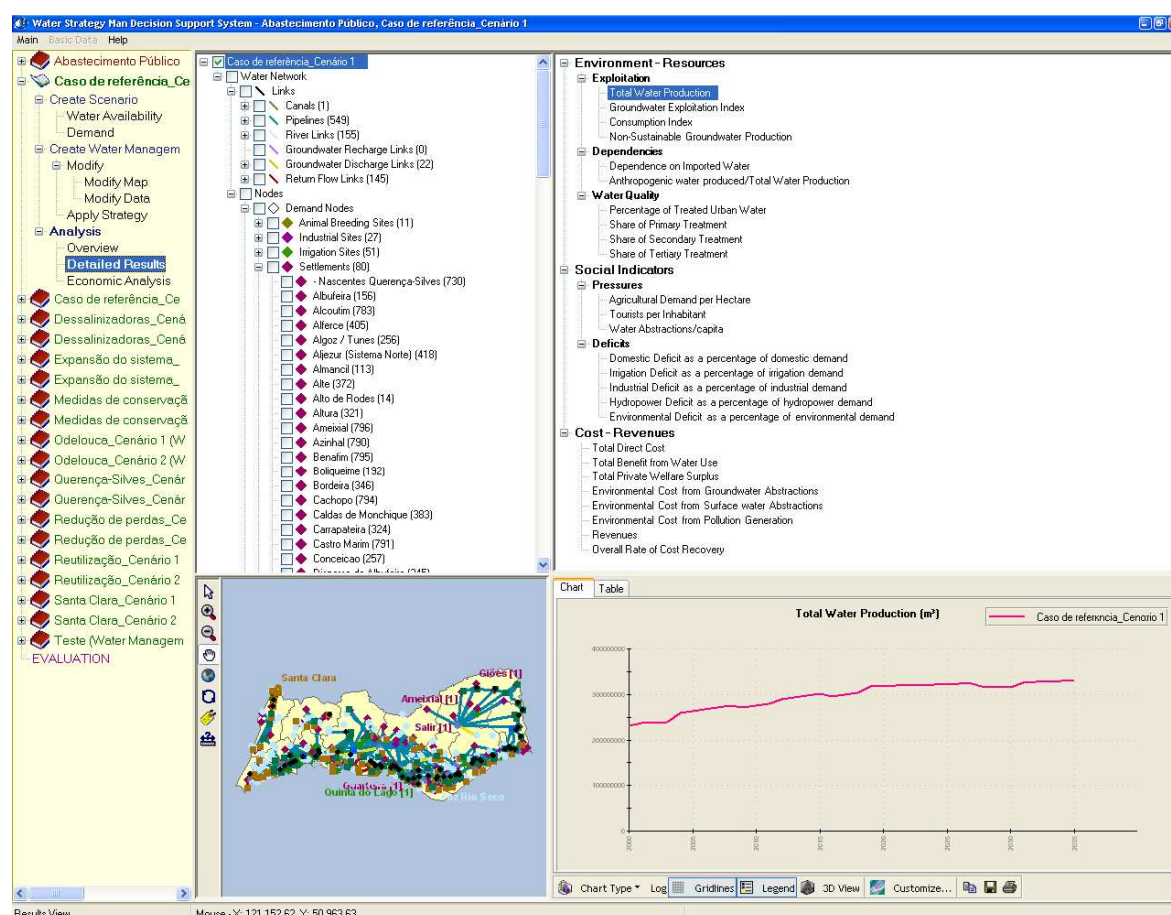


Figura 3.6: Janela do WSM-DSS - Visualização de resultados parciais

Tal como apresentado na figura anterior, os primeiros resultados a serem visualizados dizem respeito à totalidade da região em estudo e são listados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Resultados gerais fornecidos pelo WSM-DSS (totalidade da região em estudo)

|                                                      |                   |                                                                              |                      |
|------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Ambiente e recursos                                  | Exploração        | Total de água produzida                                                      | m <sup>3</sup>       |
|                                                      |                   | Índice de exploração dos aquíferos                                           | %                    |
|                                                      |                   | Índice de consumo                                                            | %                    |
|                                                      |                   | Utilização não-sustentável de água subterrânea                               | %                    |
|                                                      | Dependência       | Dependência em água importada                                                | %                    |
| Água antropogénica produzida/total de água produzida |                   | %                                                                            |                      |
| Indicadores sociais                                  | Pressões          | Procura de água por hectare na agricultura                                   | m <sup>3</sup> /ha   |
|                                                      |                   | Número de turistas por habitante                                             | Tur./hab.            |
|                                                      |                   | Volume de água captada por habitante                                         | m <sup>3</sup> /hab. |
|                                                      | Défices           | Défice de água no sector doméstico, relativamente à procura no sector        | %                    |
|                                                      |                   | Défice de água no sector agrícola, relativamente à procura no sector         | %                    |
|                                                      |                   | Défice de água no sector industrial, relativamente à procura no sector       | %                    |
|                                                      |                   | Défice de água na produção hidroeléctrica, relativamente à procura no sector | %                    |
|                                                      |                   | Défice de água para fins ambientais, relativamente à procura no sector       | %                    |
|                                                      | Custos - receitas | Custos directos totais                                                       | €                    |
| Benefícios totais do uso da água                     |                   | €                                                                            |                      |

Tabela 3.2: Resultados gerais fornecidos pelo WSM-DSS (totalidade da região em estudo) (cont.)

|                                                       |   |
|-------------------------------------------------------|---|
| Rendimentos totais                                    | € |
| Custos ambientais associados a captações subterrâneas | € |
| Custos ambientais associados a captações superficiais | € |
| Custos ambientais associados a poluição               | € |
| Receitas                                              | € |
| Taxa de recuperação de custos                         | % |

De forma mais pormenorizado, o modelo WSM-DSS fornece resultados admitindo as seguintes categorias:

a) “rede” (“water network”): engloba condutas, canais, descargas em rios, descargas dos aquíferos e condutas para transporte de efluentes.

Tabela 3.3: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todos os tipos de ligações consideradas

|                    |                               | Condutas e canais | Descargas em rios, descargas dos aquíferos, transporte de efluentes |
|--------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Quantidade de água | Caudal de entrada             | ✓                 | m <sup>3</sup>                                                      |
|                    | Caudal de saída               | ✓                 | m <sup>3</sup>                                                      |
|                    | Perdas                        | ✓                 | m <sup>3</sup>                                                      |
|                    | Caudal                        |                   | ✓ m <sup>3</sup>                                                    |
| Custos             | Custos totais de transporte   | ✓                 | €                                                                   |
|                    | Custos de capital anualizados | ✓                 | €                                                                   |
|                    | Custos de funcionamento       | ✓                 | €                                                                   |

b) “nós”: correspondem a fontes de abastecimento (Tabela 3.4), pontos de consumo (Tabela 3.5) e pontos de tratamento de água (Tabela 3.6).

Tabela 3.4: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todas as fontes de abastecimento

|                    |                        | Lagos e albufeiras | Aquíferos | Exportação | Importação       |
|--------------------|------------------------|--------------------|-----------|------------|------------------|
| Quantidade de água | Armazenamento          | ✓                  | ✓         |            | m <sup>3</sup>   |
|                    | Captação               | ✓                  | ✓         |            | ✓ m <sup>3</sup> |
|                    | Perdas por evaporação  | ✓                  |           |            | m <sup>3</sup>   |
|                    | Perdas por infiltração | ✓                  |           |            | m <sup>3</sup>   |
|                    | Escoamento total       | ✓                  |           |            | m <sup>3</sup>   |
|                    | Caudal de retorno      | ✓                  | ✓         |            | m <sup>3</sup>   |
|                    | Recarga natural        |                    | ✓         |            | m <sup>3</sup>   |
|                    | Descarga               |                    | ✓         |            | m <sup>3</sup>   |
|                    | Procura                |                    |           | ✓          | m <sup>3</sup>   |
|                    | Volume abastecido      |                    |           | ✓          | m <sup>3</sup>   |
|                    | Défice de água         |                    |           | ✓          | m <sup>3</sup>   |
|                    | Volume disponível      |                    |           |            | ✓ m <sup>3</sup> |

Tabela 3.4: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todas as fontes de abastecimento (cont.)

|        |                                                       |   |   |   |   |   |
|--------|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| Custos | Custos totais de abastecimento                        | ✓ | ✓ |   | ✓ | € |
|        | Custos de capital anualizados                         | ✓ | ✓ |   | ✓ | € |
|        | Custos de funcionamento                               | ✓ | ✓ |   | ✓ | € |
|        | Custos directos totais                                | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | € |
|        | Custos ambientais associados a captações subterrâneas |   | ✓ | ✓ |   | € |
|        | Custos ambientais associados a captações superficiais | ✓ |   | ✓ |   | € |

Tabela 3.5: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todos os pontos de consumo

|                     |                                                       | Aglomerados | Agricultura | Indústria | Criação animal |                |
|---------------------|-------------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------|----------------|----------------|
| População           | População permanente                                  | ✓           |             |           |                | Pessoas        |
|                     | População turística                                   | ✓           |             |           |                | Dormidas       |
|                     | População total                                       | ✓           |             |           |                | Pessoas        |
| Quantidade de água  | Procura                                               | ✓           | ✓           |           |                | m <sup>3</sup> |
|                     | Volume abastecido                                     | ✓           | ✓           |           |                | m <sup>3</sup> |
|                     | Défice em água                                        | ✓           | ✓           |           |                | m <sup>3</sup> |
|                     | Perdas                                                | ✓           | ✓           |           |                | m <sup>3</sup> |
|                     | Caudal de retorno                                     | ✓           | ✓           |           |                | m <sup>3</sup> |
| Custos              | Custos directos totais                                | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | €              |
|                     | Benefícios do uso da água                             | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | €              |
|                     | Rendimentos                                           | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | €              |
|                     | Custos ambientais associados a captações subterrâneas | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | €              |
|                     | Custos ambientais associados a captações superficiais | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | €              |
|                     | Custos ambientais associados a poluição               | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | €              |
|                     | Taxa de recuperação de custos sem custos ambientais   | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | %              |
|                     | Taxa de recuperação de custos com custos ambientais   | ✓           | ✓           | ✓         | ✓              | %              |
| Área cultivada      |                                                       |             | ✓           |           |                | ha             |
| Produção industrial |                                                       |             |             | ✓         |                | unidades       |
| Número de animais   |                                                       |             |             |           | ✓              | cabeças        |

Tabela 3.6: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todos os pontos de tratamento

|                    |                        | Estações de tratamento de água (ETA) | Estações de tratamento de águas residuais (ETAR) | Dessalinizadoras |                |
|--------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------|----------------|
| Quantidade de água | Volume de água tratada | ✓                                    | ✓                                                | ✓                | m <sup>3</sup> |

Tabela 3.6: Resultados fornecidos pelo WSM-DSS para todos os pontos de tratamento (cont.)

|        |                               |   |   |   |   |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|
| Custos | Custos totais de tratamento   | ✓ | ✓ | ✓ | € |
|        | Custos de capital anualizados | ✓ | ✓ | ✓ | € |
|        | Custos de funcionamento       | ✓ | ✓ | ✓ | € |

Finalmente, o separador da análise económica “economic analysis” (Figura 3.7) permite ao utilizador visualizar e avaliar os diferentes tipos de custos e outras variáveis económicas disponibilizadas pelo WSM-DSS para a totalidade da região. As diferentes potencialidades relativas à análise económica são apresentadas em pormenor em ProGEA (2004) sendo que, no âmbito deste trabalho foi dada ênfase à análise dos custos directos e ambientais e à taxa de recuperação de custos.

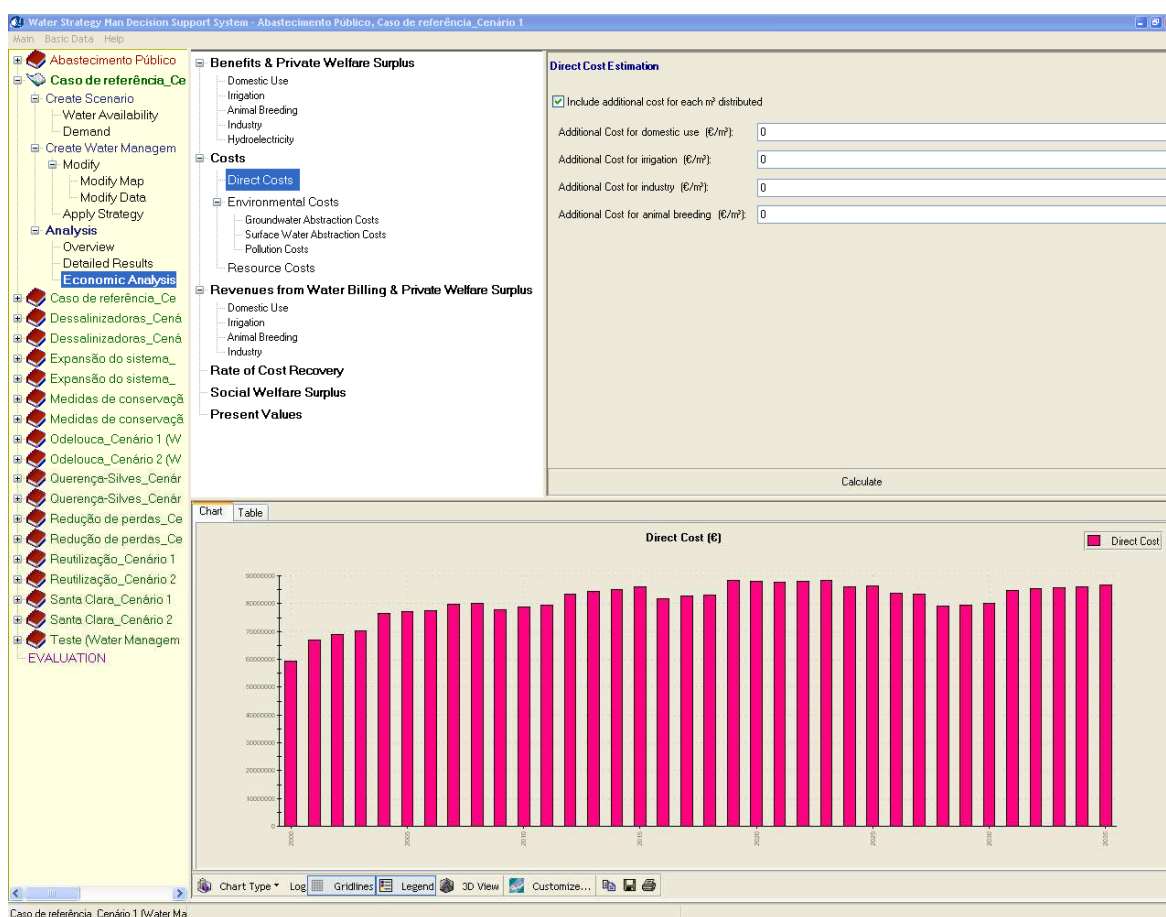


Figura 3.7: Janela do WSM-DSS - Funcionalidades da análise económica

O sistema de apoio à decisão WSM-DSS também fornece resultados relativos à qualidade da água nos diferentes pontos do sistema através da análise de diferentes parâmetros, nomeadamente: bactérias coliformes, clorofila alpha, metais pesados, matéria em suspensão, compostos orgânicos halogenados adsorvíveis, nitratos, oxigénio dissolvido, salinidade, amónia e fósforo total. No entanto, essa análise da qualidade da água não foi efectuada por não se dispor de séries de dados suficientes para caracterizar a região temporal e espacialmente e também por muitas vezes esses dados não serem compatíveis com os requisitos do sistema WSM-DSS.

### 3.5. Definição dos cenários hidrológicos e de procura

Como foi referido na secção 3.2., qualquer análise efectuada com o WSM-DSS assenta na definição de um cenário hidrológico e de um cenário de procura, para um período máximo de análise de 50 anos. O cenário hidrológico é definido pelo utilizador, com base na definição de uma série de anos tipo (de muito seco a muito húmido por exemplo) que serão definidos a partir da consideração de um ano médio, como se explica seguidamente.

Define-se o ano médio através da introdução no WSM-DSS, no separador “Normal Year Data” (Figura 3.8), dos valores médios mensais de recarga dos aquíferos e de afluências às albufeiras, lagos e outros tipos de reservatórios. Os registos para a definição do ano médio podem ser facilmente importados a partir de ficheiros de texto (\*.txt), ou folhas de cálculo do Excel. A Figura 3.8 mostra um exemplo de tabela a preencher com os valores de recarga média mensal para um aquífero, neste caso o aquífero de Querença-Silves.

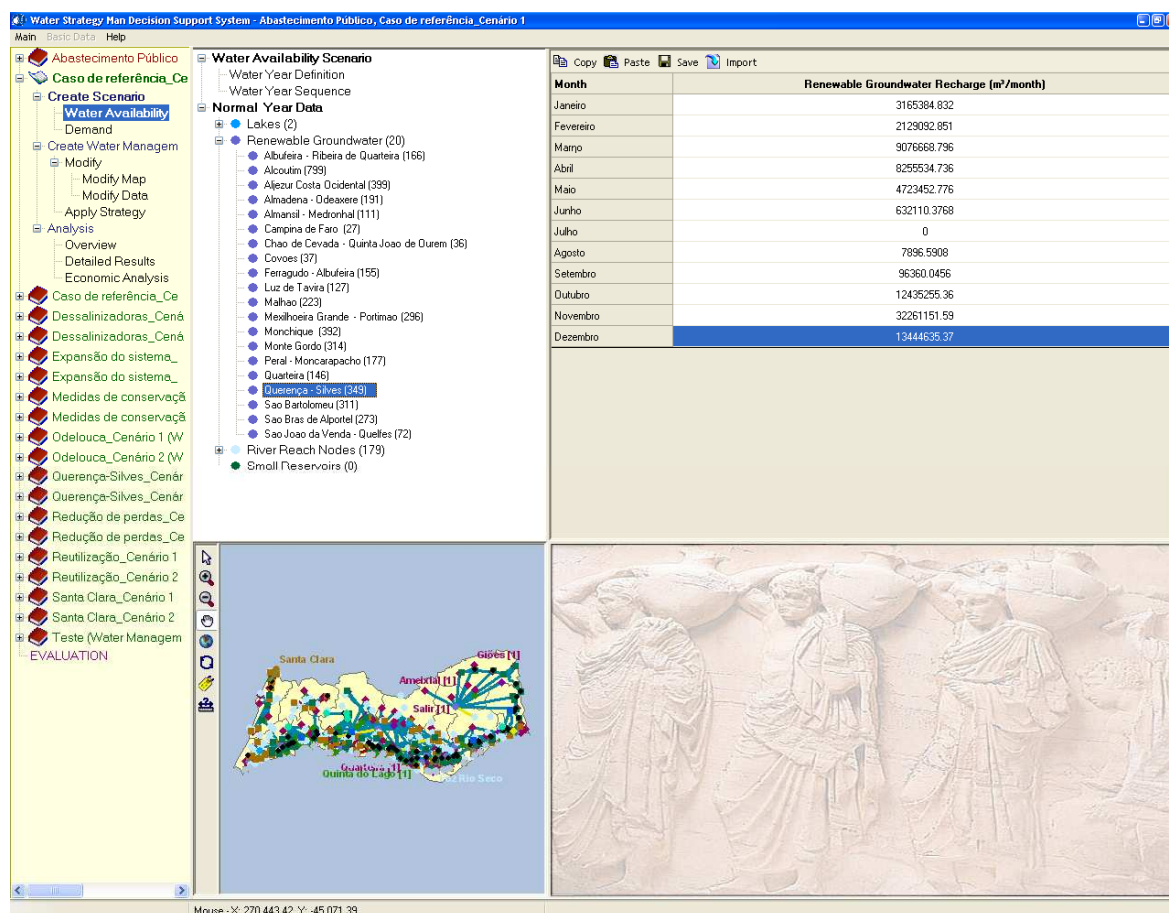


Figura 3.8: Janela do WSM-DSS - introdução de valores médios mensais

É então possível definir outros anos-tipo, mais ou menos gravosos, cujos valores de recargas e afluências correspondentes serão obtidos, para cada uma das fontes de água existentes, a partir dos valores introduzidos para o ano médio, através da multiplicação desses mesmos valores por coeficientes mensais que traduzem a severidade dos diferentes meses. A Figura 3.9 exemplifica a escolha desses coeficientes: neste caso, os anos secos e muito secos (“dry” e “very dry”) são

definidos com coeficientes inferiores a 1 e os anos húmidos e muito húmidos (“wet” e “very wet”) com coeficientes superiores a 1.

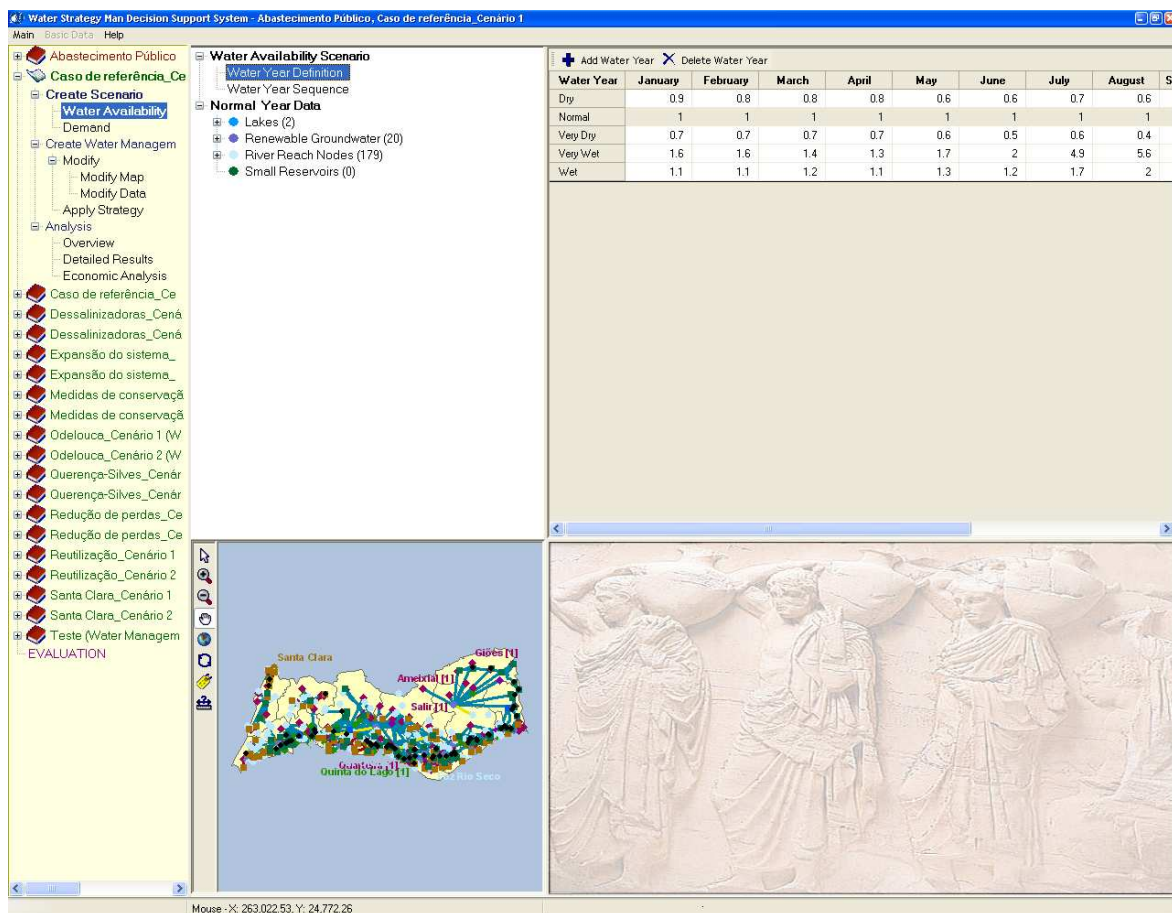


Figura 3.9: Janela do WSM-DSS - coeficientes mensais

Cada cenário hidrológico será definido por uma sequência de diferentes anos-tipo obtidos através da metodologia referida acima. A Figura 3.10 mostra o exemplo de uma sequência de anos.

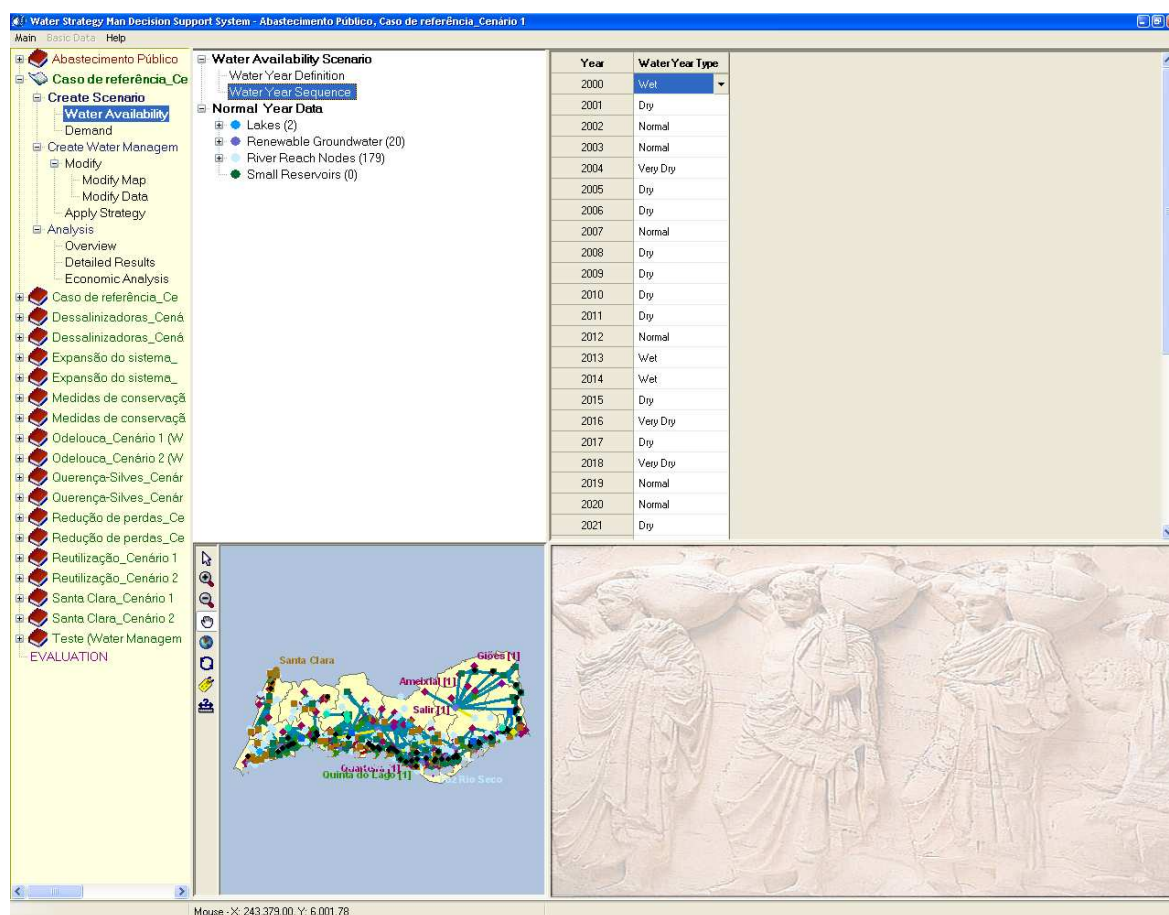


Figura 3.10: Janela do WSM-DSS - sequência de anos considerada num cenário hidrológico

O cenário de procura por sua vez é definido através da consideração de taxas de crescimento que podem ser definidas: (i) para um sector na sua globalidade, como por exemplo o caso do sector do turismo, apresentado na Figura 3.11, para o qual se introduziu uma taxa de crescimento anual de 2.3%, ou; (ii) a nível individual, isto é, introduzindo taxas de crescimento diferenciadas para cada ponto de consumo (doméstico, industrial, agrícola, ...). Essas taxas de crescimento diferenciadas são introduzidas na janela de edição de dados ("Modify Data", Figura 3.4 b) específica de cada ponto de consumo introduzido no WSM-DSS.

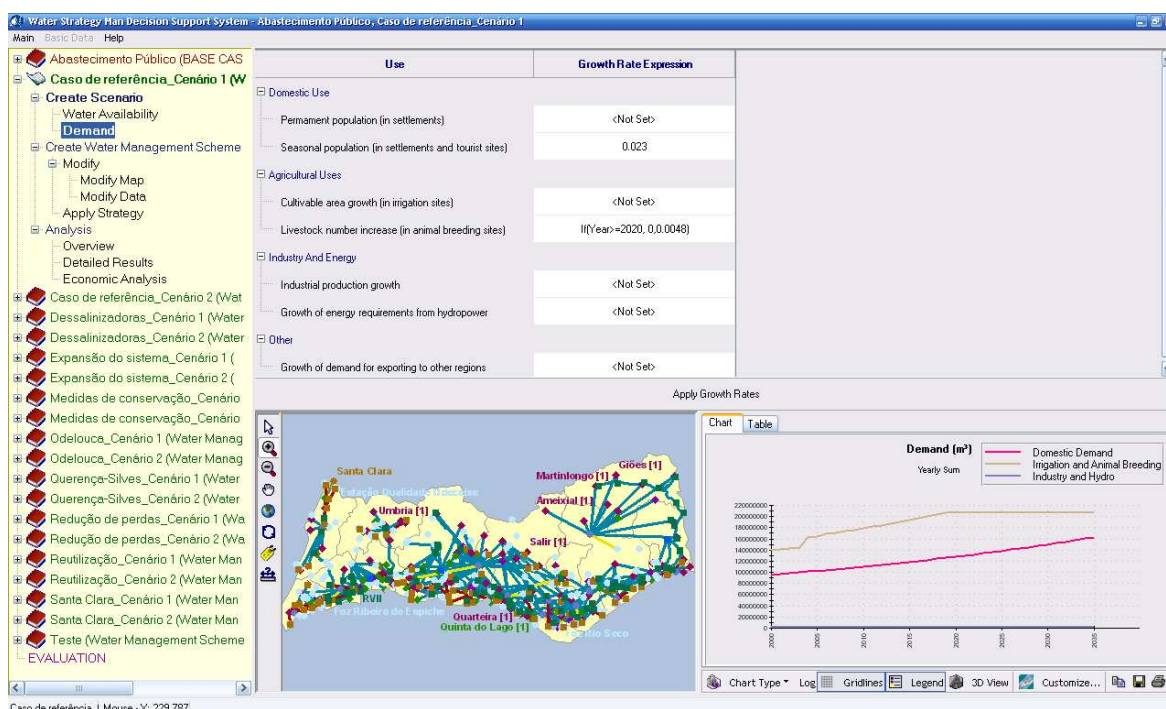


Figura 3.11: Janela do WSM-DSS - introdução de taxas de crescimento por sector

### 3.6. Módulos do WSM-DSS

Os diferentes módulos do WSM-DSS foram já sucintamente referidos em 3.3, nomeadamente através da sua correlação com a estrutura-base do WSM-DSS (Figura 3.2). No entanto, são aqui referidas algumas características mais relevantes de cada um desses módulos.

#### 3.6.1. Módulo de disponibilidade hídrica

O módulo de disponibilidade hídrica permite estimar o volume de água disponível mensalmente nas diferentes fontes de abastecimento existentes no sistema, sendo elas superficiais ou subterrâneas. Essa estimativa é feita a partir da geração de séries de dados mensais em termos de volumes de água disponível em cada origem, nomeadamente tendo em conta por exemplo, as afluições às albufeiras e as recargas dos aquíferos, para todos os anos do período de simulação considerado.

#### 3.6.2. Módulo de procura

Este módulo foi desenvolvido para permitir gerar potenciais cenários de procura para os diferentes tipos de utilizadores, associando-lhes taxas de crescimento. Nessa perspectiva, foi desenvolvida uma formulação específica dos cenários de procura para cada tipo de actividade representada no sistema. Assim, foram considerados:

- População residente e turística, representando o consumo urbano,
- agricultores e criadores de animais, cujo consumo de água corresponde à rega e ao consumo animal,
- indústrias de diferentes tipos.

Para além dos usos ditos consumptivos, foi também introduzida a possibilidade de considerar os usos não consumptivos da água tais como a produção hidroeléctrica ou os caudais ambientais.

Pelo facto das transferências entre bacias representarem por vezes, um elemento relevante no balanço hídrico da bacia, o modelo incorpora ainda outro tipo de “procura”: a exportação de água para outras regiões/bacias hidrográficas (“exporting demand”) que representa o volume de água proveniente de origens de água existentes na região e que é alocado a consumos fora desta.

Em seguida, apresentam-se as abordagens adoptadas para estimar as necessidades de cada tipo de consumidor, dando especial ênfase ao consumo doméstico e agrícola.

#### 3.6.2.1. Necessidades domésticas

A avaliação das necessidades domésticas assenta principalmente em estimativas do crescimento populacional das populações residente e flutuante. A estimativa da procura para este sector é calculada, mês a mês, com base na seguinte expressão:

$$\text{Nec. Domésticas} = (\text{Pop. Perm.} \times \text{Cap. Pop. Perm.} + \text{Pop. Flut.} \times \text{Cap. Pop. Flut.}) \times (1 + \text{Perdas})$$

onde,

Nec. Domésticas = Necessidades domésticas (m<sup>3</sup>/mês)

Pop. Perm = População permanente (habitantes por mês)

Pop. Flut. = População flutuante/turística (dormidas por mês)

Cap. Pop. Perm. = Capitação para a população permanente (l/hab.dia)

Cap. Pop. Flut. = Capitação para a população flutuante/turística (l/hab.dia)

Perdas = Perdas originadas por deficiências no sistema de distribuição. Essas perdas não são constantes ao longo do ano e definidas como uma percentagem do volume total entregue.

#### 3.6.2.2. Necessidades agrícolas

As necessidades de água para a agricultura dependem de factores meteorológicos tais como a precipitação e a evapotranspiração e ainda do tipo de culturas presentes que apresentam características diferentes de crescimento.

As necessidades hídricas de uma cultura *i* por unidade de área são, no modelo WSM-DSS, estimadas numa base mensal de acordo com o método apresentado pela FAO para avaliação dos coeficientes de crescimento:

$$\text{IRR}_{\text{net}_i} = (\text{Kc}_i \times \text{ET}_0 - \text{P})$$

IRR<sub>net<sub>i</sub></sub> = necessidade hídrica mensal (mm/mês)

Kc<sub>i</sub> = coeficiente de cultura *i*

ET<sub>0</sub> = Evapotranspiração de referência (mm/mês)

P = Precipitação útil (mm/mês)

O termo  $ET_0$  corresponde à evapotranspiração de referência de uma superfície coberta com relva de 12 centímetros convenientemente regada. O coeficiente  $K_c$  diz respeito às características da cultura e difere durante as quatro fases admitidas do crescimento:

- a fase inicial, desde a data de plantação até aproximadamente 10% de recobrimento do solo.
- a fase de crescimento propriamente dita, que dura até o recobrimento total do solo, sabendo que em muitas espécies isso corresponde ao início da floração.
- a fase de meia-estação que dura até ao início da maturação, e finalmente,
- a fase de fim de estação que se estende até à colheita.

A Figura 3.12 exemplifica essas diferentes fases de crescimento:

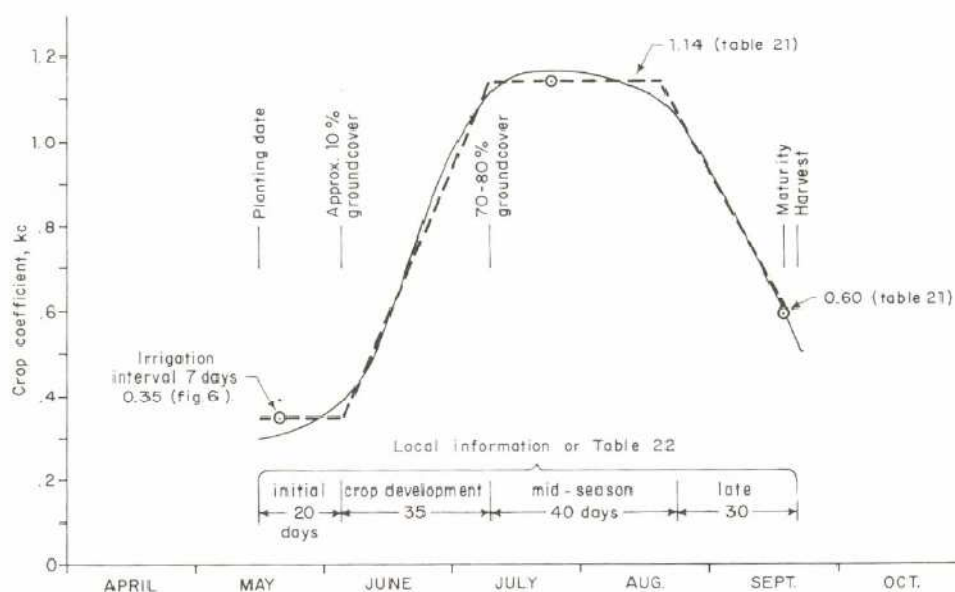


Figura 3.12: Exemplo de uma curva de coeficientes culturais (FAO, 1977)

Esses valores são introduzidos pelo utilizador na interface do modelo WSM-DSS.

Assim, o volume total a ser utilizado numa determinada exploração agrícola corresponderá ao  $IRR_{net}$  multiplicado pela área. Desse modo, o valor total bruto a considerar para esse gasto, referido como “*Gross Irrigation Water requirement*”, deverá ter em conta parâmetros relativos à lixiviação e à eficiência global do sistema de rega. Desse modo:

$$GrossIRR = \frac{10}{Eff} \sum_{crops} \left[ \frac{Area_{crop} \times IRR_{net}}{1 - LR} \right]$$

em que:

GrossIRR = Necessidade total em água ( $m^3/mês$ )

AreaCrop = área cultivada com determinada cultura (ha)

crops= culturas

IRRnet = necessidade hídrica mensal (mm/mês)

LR = factor de lixiviação

Eff = eficiência global

A eficiência global de um sistema de rega é definida como sendo a relação entre o volume de água que é captado e o volume de água que efectivamente chega à planta. Esta relação pode ser desagregada em três factores distintos:

- a eficiência de transporte, que corresponde ao percurso desde a captação até ao sistema de rega;
- a eficiência de distribuição, que diz respeito às perdas verificadas no sistema de rega propriamente dito, e;
- a eficiência de aplicação, que representa o volume de água que efectivamente chega à planta.

No caso português, o Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve define já as necessidades hídricas mensais para cada tipo de cultura (PBHRA, 1999a). Desse modo, foi acrescentada uma funcionalidade ao modelo que permitiu introduzir directamente esses dados.

#### 3.6.2.3. Necessidades industriais

As necessidades industriais são avaliadas através da introdução do volume de água (em m<sup>3</sup>) necessário para produzir uma unidade, o número de unidades produzidas e o crescimento anual previsto da produção durante o período em análise.

#### 3.6.2.4. Necessidades para criação animal

Do mesmo modo, a necessidade mensal em água para criação animal é obtida multiplicando a necessidade mensal por animal pelo número de animais existentes.

#### 3.6.2.5. Necessidades para produção hidroeléctrica

Este tipo de actividade é não-consumptiva e a necessidade em água que lhe está associada é avaliada tendo em conta a quantidade de energia que se pretende produzir através da expressão:

$$E = \int_{t=0}^T Q \times H \times g \times e \cdot dt$$

Sendo que:

E = energia produzida

H = altura manométrica

Q = caudal

e = eficiência global da instalação

#### 3.6.2.6. Exportação

Pode ainda ser considerada uma ou várias transferências de água para outras bacias, introduzindo-se no modelo o volume máximo mensal que pode ser transferido (a exportar) admitindo aqui também uma taxa de crescimento e uma distribuição mensal.

#### 3.6.2.7. Necessidades ambientais, recreativas e navegação

Neste caso, só é possível admitir uma distribuição mensal constante ao longo dos anos.

### 3.6.3. Módulo de alocação da água

O módulo de alocação da água é o módulo central do sistema de apoio à decisão WSM-DSS e a sua principal função é a simulação da distribuição da água no sistema definido.

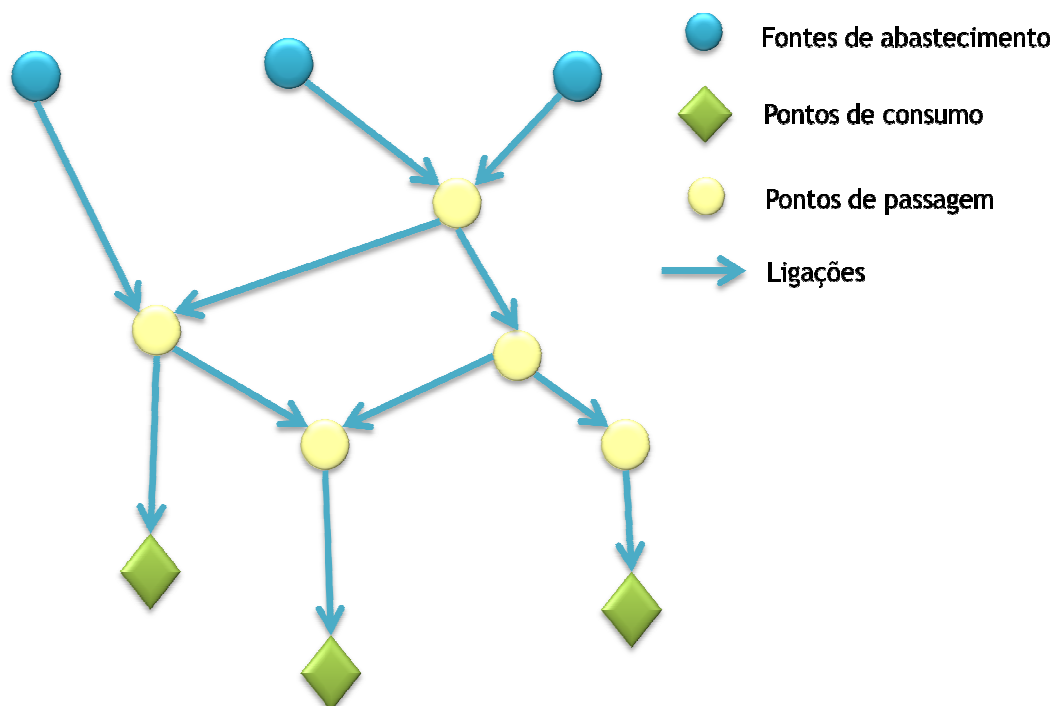


Figura 3.13: Representação esquemática de um sistema de abastecimento (adaptado de ProGEA, 2004)

O “nós” representados podem ser de três tipos:

- fontes de abastecimento, caracterizadas por um volume mensal disponível para distribuição  $s_i$ ,
- pontos de consumo, aos quais estão associadas necessidades mensais  $d_i$ ,
- pontos de passagem, necessários à correcta modelação do sistema.

Todos estes nós estão interligados através de ligações com capacidade  $c_j$  onde, em cada instante circula um caudal  $f_j$ .

Para que essa distribuição seja convenientemente efectuada, foi necessário estabelecer regras de prioridade, agrupadas em dois tipos distintos:

- prioridades nos pontos de consumo: este tipo de prioridade permite definir abastecimento prioritário em caso de seca para determinados sectores, como por exemplo dar prioridade ao abastecimento público. Assim, poderá ser atribuída uma prioridade de 1 a 99 a cada ponto de consumo, sendo 1 a prioridade máxima. Dois pontos de consumo com a mesma prioridade serão abastecidos proporcionalmente em caso de situação de escassez,
- prioridades nas fontes de abastecimento: são usadas nos casos em que um ponto de consumo está ligado a várias fontes de abastecimento. O ponto de consumo será preferencialmente abastecido pela fonte com mais elevada prioridade.

Com base nessas condições, admite-se que em cada mês (unidade de tempo admitida para processamento) do período de simulação, o problema a resolver consiste em definir o caudal que

deverá existir em cada uma das condutas/canais para minimizar os défices de água em todos os pontos de consumo atendendo a restrições de disponibilidade, necessidade, conservação de caudal e capacidade de transporte.

Assim, pretende-se minimizar:

$$\sum_{\text{todos os pontos de consumo } i} \left( d_i - \sum_{\text{todas as ligações associadas } j} f_j \right)$$

sendo que,

$i$  = ponto de consumo

$j$  = ligação

$d_i$  = necessidade mensal do ponto de consumo  $i$

$f_j$  = caudal mensal transportado pela ligação  $j$

tendo em conta:

- restrições associadas a todas as fontes de abastecimento:

$$\sum_{\text{todos as ligações de saída } j} f_j - \sum_{\text{todos as ligações de entrada } j} f_j \leq s_i$$

$s_i$  = volume mensal disponível nas fontes de abastecimento

- restrições associadas a todos os pontos de consumo ( $d_i$ ):

$$\sum_{\text{todos as ligações de entrada } j} f_j - \sum_{\text{todos as ligações de saída } j} f_j \leq d_i$$

- restrições associadas à conservação do caudal em todos os pontos de passagem:

$$\sum_{\text{todos as ligações de saída } j} f_j - \sum_{\text{todos as ligações de entrada } j} f_j = 0$$

- restrições associadas com a capacidade de transporte ( $c_j$ ) de cada uma das ligações:

$$0 \leq f_j \leq c_j$$

#### 3.6.4. Módulo de qualidade

O módulo da qualidade é aqui sucintamente referido uma vez que não foi utilizado no estudo levado a cabo. Este módulo assenta na introdução de um algoritmo simples no modelo WSM-DSS que permite fornecer uma estimativa sobre a evolução de determinados parâmetros de qualidade seleccionados ao longo do período de simulação tendo em conta as características do sistema. As variáveis consideradas no WSM-DSS são: salinidade, clorofila alfa, azoto amoniacal,

azoto-nitratos, coliformes, fósforo total, metais pesados, carência bioquímica de oxigénio e oxigénio dissolvido, sendo a concentração de cada parâmetro de qualidade é actualizada em cada intervalo do período de simulação.

### 3.6.5. Módulo económico

A análise económica processada no WSM-DSS assenta na tentativa de implementar os princípios associados à estimativa do custo total da água e as suas componentes. O artigo 9.1 da Directiva Quadro da Água (CE, 2000) faz referência à recuperação de custos dos serviços de abastecimento de água e estabelece as componentes que deverão ser tidas em conta:

- o custo do serviço (custos directos ou financeiros) que englobam custos de investimento, de operação e manutenção, administração e outros custos directos;
- o custo de recurso que corresponde à perda de benefício originada pelas restrições existentes sobre os recursos hídricos existentes;
- o custo ambiental que traduz o dano originado pelo uso da água no ambiente e nos ecossistemas aquáticos.

A seguinte Figura 3.14 exemplifica estas componentes.

|                                       |                                              |               |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|
| Custos ambientais indirectos          | Custos ambientais                            | Custos totais |
| Custos ambientais directos            |                                              |               |
|                                       | Custos de recurso                            |               |
| Outros custos directos                | Custos directos<br>(custos de abastecimento) |               |
| Custos administrativos                |                                              |               |
| Custos de infra-estruturas existentes |                                              |               |
| Novos custos de investimento          |                                              |               |
| Custos de operação e manutenção       |                                              |               |

Figura 3.14: Componentes a considerar na recuperação de custos dos serviços de abastecimento (adaptado de ProGEA, 2004)

#### 3.6.5.1. Custos directos

O custo de abastecimento, ou custo directo, engloba:

- custos de operação que podem ser custos com material e pessoal,
- custos de manutenção que traduzem o custo associado a manter a infra-estrutura em boas condições de funcionamento durante toda a sua vida útil,
- custos de capital que podem ser subdivididos em:
  - novos investimentos,
  - depreciação (custo anualizado de substituição de uma infra-estrutura no futuro),
  - custos de investimento alternativo (estimativa do retorno que poderia ser alcançado com um investimento alternativo)
- custos administrativos,
- outros custos, principalmente relacionados com perdas na produtividade devido a medidas restritivas.

Assim, os custos directos de um ano  $t$  são definidos como sendo:

$$CDT_t = \sum_{i=1}^n (CCE_{i,t} + OMCusto_{i,t} + ECusto_{i,t})$$

onde,

$CDT_t$  = custos directos totais para o ano  $t$  (€/ano)

$CCE_{i,t}$  = custos de capital equivalente anual para a infra-estrutura  $i$  no ano  $t$  (€/ano)

$OMCusto_{i,t}$  = custos de operação e manutenção para a infra-estrutura  $i$  no ano  $t$  (€/ano)

$ECusto_{i,t}$  = custos de energia para a infra-estrutura  $i$  no ano  $t$  (€/ano)

Nesta equação, o custo de capital equivalente anual (CCE), para uma infra-estrutura  $i$  no ano  $t$ , corresponde a:

$$CCE_{i,t} = \frac{\text{Custo Capital}_i \times \text{Taxa de actualização}}{1 - (1 + \text{Taxa de actualização})^{-PD_i}}$$

em que,

$\text{Custo Capital}_i$  = custos de capital da infra-estrutura  $i$

$PD$  = período de depreciação

e o custo de operação e manutenção de uma infra-estrutura  $i$  no ano  $t$  será dado por:

$$OMCusto_{i,t} = OMCustoEsp_i \times \sum_{\text{meses}} \text{Vol.Água}_{i,\text{mês}}$$

em que,

$OMCustoEsp_i$  = custo de operação e manutenção específico da infra-estrutura  $i$  por  $m^3$  de água

$\text{Volu.Água}_{i,\text{mês}}$  = volume de água que circula pela infra-estrutura  $i$  num mês

Finalmente, o custo de energia associado a uma infra-estrutura  $i$  no ano  $t$ , corresponderá a:

$$ECusto_{i,t} = \sum_{\text{meses}} \text{Preço Energia} \times \text{Consumo Energia}_{i,\text{mês}}$$

em que,

$\text{Preço Energia}$  = preço unitário da energia

$\text{Consumo Energia}_{i,\text{mês}}$  = consumo de energia na infra-estrutura  $i$  num mês

Sendo assim, deverão ser introduzidos os seguintes dados, quando aplicáveis, para cada infra-estrutura e/ou em cada uma das ligações definidas:

- custos de construção (€) e período de depreciação (anos) para a estimativa dos custos anualizados,
- custos de operação e manutenção (€/m<sup>3</sup> de água produzida ou tratada),
- consumo de energia (kWh/m<sup>3</sup>),
- preço da energia (€/kWh).

A Figura 3.15 apresenta um exemplo de atribuição dos custos a um ponto de consumo, aqui o nó D que representa um aglomerado. No caso de um aglomerado são considerados os custos do abastecimento (1 a 6) e também de drenagem e tratamento (7 a 10).

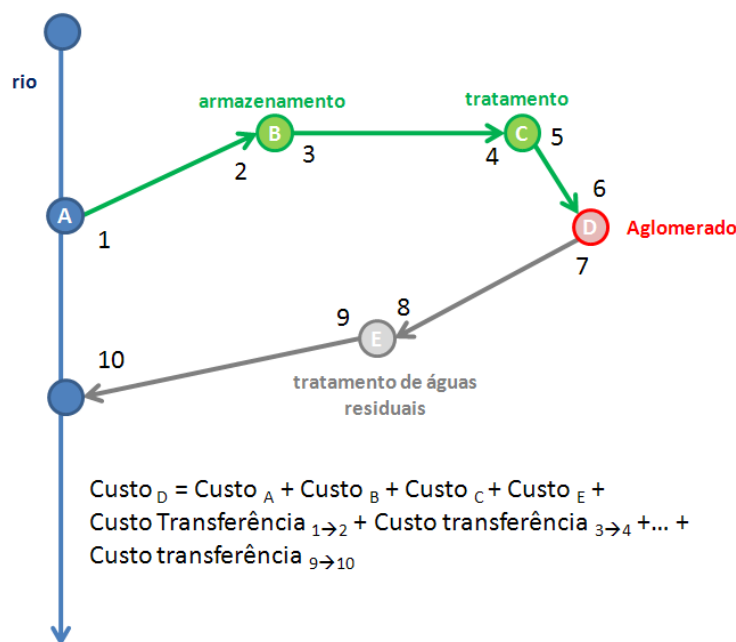


Figura 3.15: Distribuição dos custos directos no caso de um aglomerado (adaptado de ProGEA, 2004)

Nos casos em que uma origem de água ou parte do sistema de abastecimento são partilhados por diferentes pontos de consumo, os custos directos serão distribuídos entre eles de acordo com o volume de água alocado a cada um.

#### 3.6.5.2. Custos ambientais

A avaliação dos custos ambientais feita no modelo WSM-DSS tem como fundamento as práticas correntes adoptadas na sua maioria pela Agence de l'Eau (França). Assim, definem-se duas categorias de custos ambientais:

- custos ambientais relacionados com captação de água e uso consumptivo desta. Neste caso, a distinção é feita entre captações de água subterrâneas e captações de águas superficiais nos rios, nas albufeiras, nos reservatórios, etc.
- custos ambientais associados à descarga dos efluentes tratados.

De acordo com o documento guia da WATECO ("WATer ECOnomics") e os princípios da "Agence de l'Eau", os custos ambientais deverão ser iguais ao custo (construção, operação e manutenção) de medidas mitigadoras (NTUA, 2003).

### 3.6.5.3. Custos de recurso

Os custos de recurso representam o custo da oportunidade perdida por outros sectores originado pela depleção da fonte de abastecimento para além da sua capacidade de recuperação (NTUA, 2003). Sugere-se que esse custo seja aproximado pelo custo de escassez.

### 3.6.6. Módulo de avaliação

Este módulo pretende facilitar a comparação entre, pelo menos, duas opções ou estratégias alternativas. O procedimento adoptado fornece ao utilizador uma classificação para as diferentes opções/estratégias analisadas na qual quanto mais alto for o valor melhor é o desempenho.

Para tal, para cada uma das alternativas analisadas é definido um “*Relative Sustainability Index*” (índice de sustentabilidade relativa) que resulta dos parâmetros estatísticos calculados para cada alternativa e tem como base uma lista predefinida de indicadores. Esta abordagem foi adaptada de “*Sustainability Criteria for Water Resources Systems*” (TCSC, 1998).

Mais especificamente, deverá ser seguido o seguinte procedimento:

- os indicadores escolhidos, nos quais a avaliação será baseada, deverão ser seleccionados (activados na interface do modelo). Devem ser atribuídos pesos e valores máximos e mínimos a cada um deles de acordo com os objectivos específicos do caso de estudo e do responsável pela tomada de decisão,
- são calculados três parâmetros estatísticos para cada indicador, admitindo o período de simulação considerado. Esses parâmetros são “*Reliability*” (fiabilidade, que corresponde à probabilidade de um valor estar no intervalo de valores considerados satisfatórios), “*Resilience*” (resiliência, que descreve a velocidade à qual o sistema recupera de um valor insatisfatório, i.e. a probabilidade de um valor satisfatório suceder a um valor insatisfatório) e “*Relative Vulnerability*” (vulnerabilidade relativa, que mede a extensão e a duração de uma sequência de valores insatisfatórios na série de dados) e estão relacionados com o conceito de intervalo de valores de desempenho satisfatórios cuja extensão foi fixada pelos valores máximos e mínimos anteriormente definidos,
- os critérios estatísticos são normalizados e são agregados no índice de sustentabilidade,
- os índices de sustentabilidade dos respectivos indicadores são ponderados para obter o “*Relative Sustainability Index*”, ao nível da categoria do indicador e ao nível da alternativa no seu global.

De forma a obter um resultado válido para a sustentabilidade de opções ou estratégias alternativas, o utilizador tem que seleccionar e activar um ou mais indicadores que sejam relevantes para o tipo de análise que pretende efectuar. Assim, o modelo apresenta três categorias de indicadores já referidos na Tabela 4.1. A figura seguinte apresenta a janela de interface do modelo que permite a selecção desses indicadores globais.

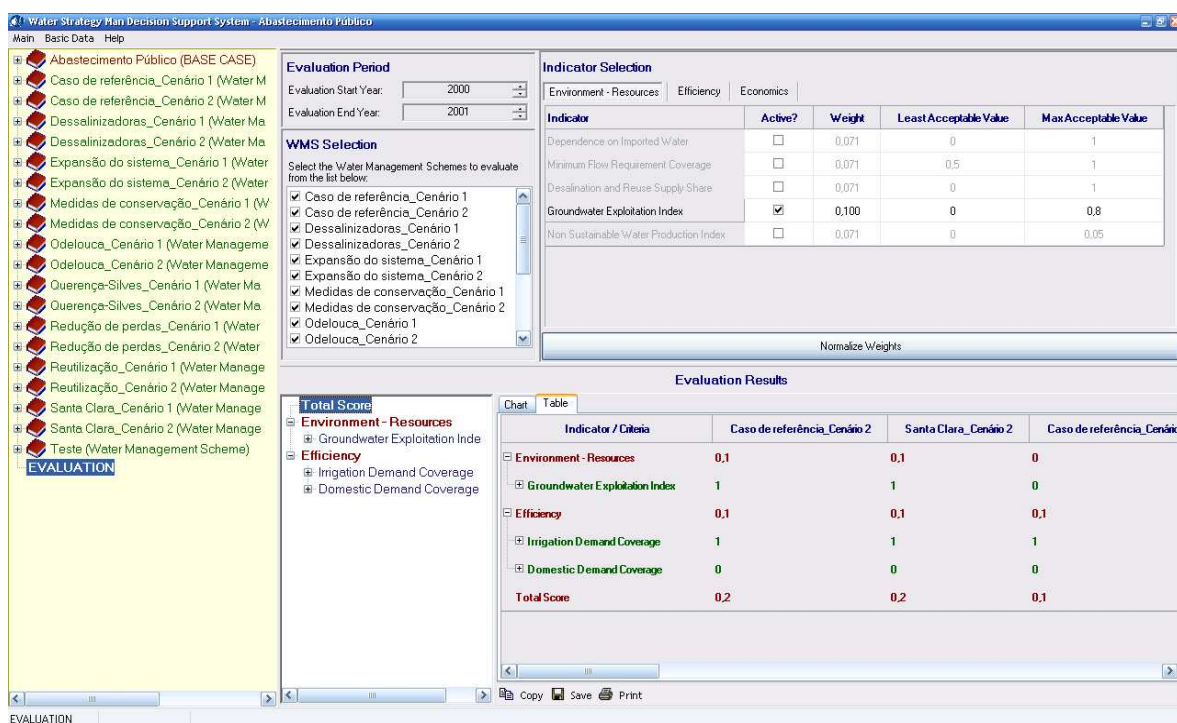


Figura 3.16: Janela do WSM-DSS - módulo de avaliação de opções de recursos hídricos/estratégias

### 3.6.7. ProWam

O sistema de apoio à decisão WSM-DSS incorpora também um módulo independente, o ProWam que, a partir da geração de cenários de precipitação, temperatura e evapotranspiração realiza um balanço hidrológico ao nível da bacia. O ProWam calcula as séries temporais de valores de caudais e de infiltrações para cada elemento hidrológico seleccionado (aquíferos, albufeiras, etc.) previamente definidos na base de dados que está associada ao sistema de apoio à decisão. Além da base de dados do WSM-DSS referida anteriormente, deverão ainda ser preparados, especificamente para o ProWAM, um conjunto de “Rasters”:

- altimetria digitalizada (Digital Elevation Model - DEM) em escala apropriada (grau de pormenorização) relativamente à área da bacia em estudo;
- mapa de caracterização da condutividade hidráulica dos solos;
- mapa da capacidade de retenção de água no solo, em função do tipo de solo;
- mapa da ocupação do solo;
- pontos representativos dos rios (“River Reach Nodes”) criados a partir do Editor de Mapas;
- mapas da rede hidrológica (linhas de água existentes);
- mapa das captações hidrogeológicas relevantes para aquíferos na área em estudo.

Estabelecido o DEM e a posição geográfica das estações de monitorização das linhas de água, o módulo define as sub-bacias a montante através das funções SIG habituais. Estabelecidas estas bacias para todos os elementos de análise, os valores médios de dados climáticos e das características dos solos são calculados para cada elemento. No que aos dados meteorológicos diz respeito, são utilizados 12 mapas de precipitação (distribuição espacial), bem como para a evapotranspiração e para a temperatura, correspondentes a dados mensais para um ano médio. Estes dados serão utilizados como “inputs” do modelo. Os valores médios que forem calculados ao nível da bacia hidrográfica (resultados) irão derivar directamente dos dados introduzidos para

esse ano médio. O utilizador pode visualizar o ano médio para a precipitação, evapotranspiração e temperatura, a partir da interface gráfico do módulo.

Outras funções adicionais estão disponíveis no ProWam tais como o gerador de sequências anuais (anos-tipo), no qual, poderá ser estipulada uma repetição de um ou mais anos-tipo, ou então, uma qualquer alternância entre os anos-tipo base predefinidos, de acordo com a hipótese pretendida pelo utilizador. Uma vez gerados os dados meteorológicos para o período de duração do cenário, o balanço hídrico está concluído, resultando em séries temporais de escoamento para as águas superficiais e de recarga natural para os aquíferos.

Criados os anos-tipo, a partir dos valores definidos para o ano médio e com o auxílio de coeficientes percentuais mensais (positivos ou negativos), o utilizador possui duas formas de construir os cenários de simulação:

- construir uma sequência de vários anos-tipo previamente definidos,
- definir um incremento ou redução total sobre a globalidade do período (tanto anual como mensal), definindo variações anuais ou mensais, respectivamente.

No que toca à geração de séries temporais de dados meteorológicos, o utilizador pode escolher trabalhar com base em referências de evapotranspiração ou em mapas de temperatura, de acordo com os dados disponíveis. Uma vez que o balanço hidrológico recebe a evapotranspiração como um input, nos casos em que a hipótese de dados de temperatura está seleccionada, torna-se necessário que o programa efectue um cálculo intermédio.

Depois da utilização do ProWam para definição do cenário hidrológico, o utilizador, volta à interface principal do WSM para prosseguir com a definição do cenário de procura e levar a cabo as simulações pretendidas.

#### 4. Caracterização da região do Algarve



#### 4.1. Introdução

No seguimento do Projecto WaterStrategyMan, o interesse manifestado por algumas das entidades envolvidas no mesmo e, mais precisamente o apoio fornecido pela empresa Águas do Algarve, S.A. e o interesse existente na utilização e optimização do sistema de apoio à decisão WSM-DSS levou a que o estudo concluído no âmbito daquele Projecto (e em que a autora desta Tese esteve desde logo envolvida no desenvolvimento e aplicação do WSM-DSS) fosse prolongado e alargado a toda a região do Algarve, centrando-o mais especificamente no abastecimento público da região. Nesse contexto, a caracterização aqui apresentada pretende referir as principais especificidades da região assim como focar o sistema de abastecimento público e as suas perspectivas de evolução.

#### 4.2. A região do Algarve

A região do Algarve, situada no sul de Portugal, no extremo sudoeste da Península Ibérica, faz fronteira a norte com o Alentejo e a leste com a região espanhola da Andaluzia, província de Huelva, da qual é separada pelo Rio Guadiana. A sul e a oeste é banhada pelo Oceano Atlântico. Com uma área de cerca de 4 990 km<sup>2</sup> (6% da área total do País), a região do Algarve possui perto de 395.000 habitantes, segundo dados do CENSOS 2001 (INE, 2001), ou seja cerca de 3.8% do total nacional, essencialmente concentrados na faixa litoral sul. É nessa zona que se concentra também a actividade turística, assistindo-se, durante a época alta, a um aumento da população próximo de 150%. A este aumento está associado um aumento das actividades terciárias, podendo potenciar situações de escassez durante os meses de Verão.

A região do Algarve é composta por 16 concelhos identificados na Figura 4.1: Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo e Vila Real de Santo António, que correspondem a 79 freguesias. O Algarve é comumente “dividido” em duas sub-regiões, Barlavento (“lado de onde sopra o vento”) e Sotavento, designando a parte ocidental e oriental da região respectivamente, de acordo com a Figura 4.1. O maior concelho da região algarvia é o concelho de Loulé, com cerca de 765 km<sup>2</sup> e possuindo 11 freguesias, sendo o mais pequeno da região o concelho de S. Brás de Alportel, com cerca de 150 km<sup>2</sup> e uma única freguesia com o mesmo nome.

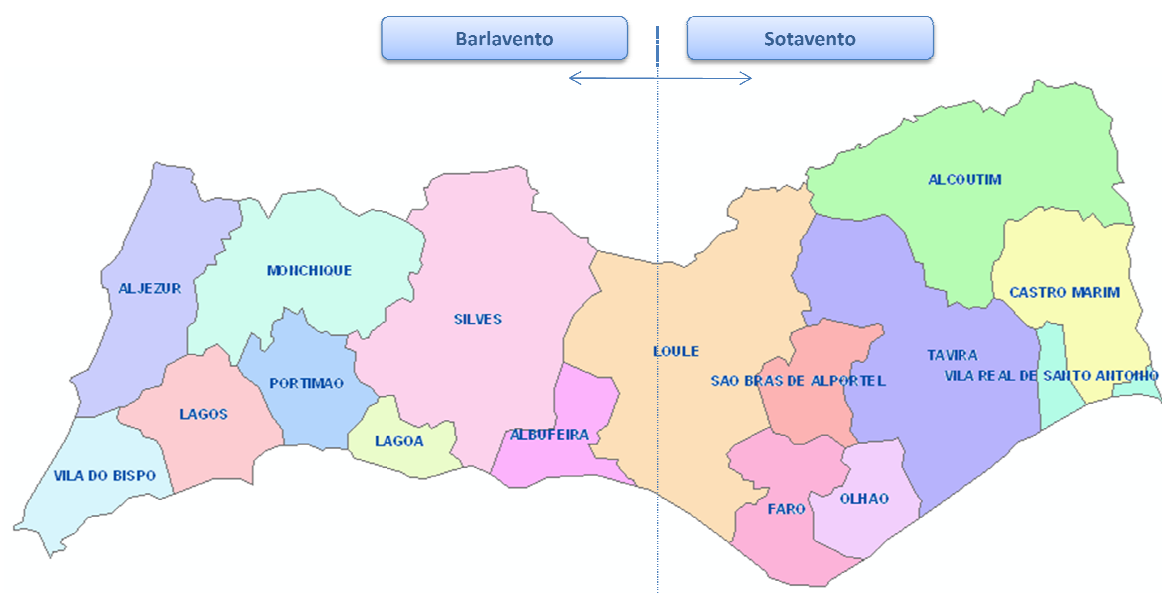


Figura 4.1: Concelhos inseridos na região do Algarve

Identificam-se geralmente três sub-regiões tendo em conta aspectos mesológicos e da ocupação humana ao longo dos séculos: o Litoral, onde se localizam os melhores solos agrícolas; o Barrocal onde são comuns os solos pedregosos e os afloramentos calcários; e a Serra, mais interior, que representa cerca de dois terços do território regional e onde os solos são delgados e de reduzida aptidão agrícola, localmente erodidos e com sintomas de desertificação em termos de coberto vegetal.

#### 4.3. Clima

Segundo o PBHRA (2000a), o clima da região do Algarve é fortemente influenciado por factores gerais relacionados com a circulação atmosférica, pela posição no limite sudoeste da Península Ibérica, na fachada atlântica do Continente Europeu e pelos factores locais, com ênfase para o relevo e a sua disposição.

Por um lado, a serra de Monchique, no sector ocidental, intercepta as massas de ar húmido vindas do Atlântico e constitui uma área com características climáticas que variam entre muito húmido e super húmido. Por outro lado, o Algarve oriental está protegido das influências atlânticas, devido ao relevo da serra do Caldeirão, verificando-se nessa zona um aumento da temperatura e uma diminuição dos níveis de precipitação.

O clima da região do Algarve pode ser classificado, no que à precipitação diz respeito, como moderadamente chuvoso na maior parte da região com uma precipitação anual média de cerca de 750 mm. A grande variação espacial da precipitação leva a que se verifiquem nos locais mais elevados tais como a serra de Monchique, precipitações anuais médias da ordem dos 1650 mm, contra valores entre 250 e 500 mm na área de Sagres, Portimão e Quarteira (sudoeste da região), onde o clima já pode ser considerado como semi-árido (Figura 4.2). Para além disso, verifica-se ainda uma grande irregularidade em termos mensais, muito devida à influência do clima mediterrânico, com Invernos chuvosos e Verões secos.

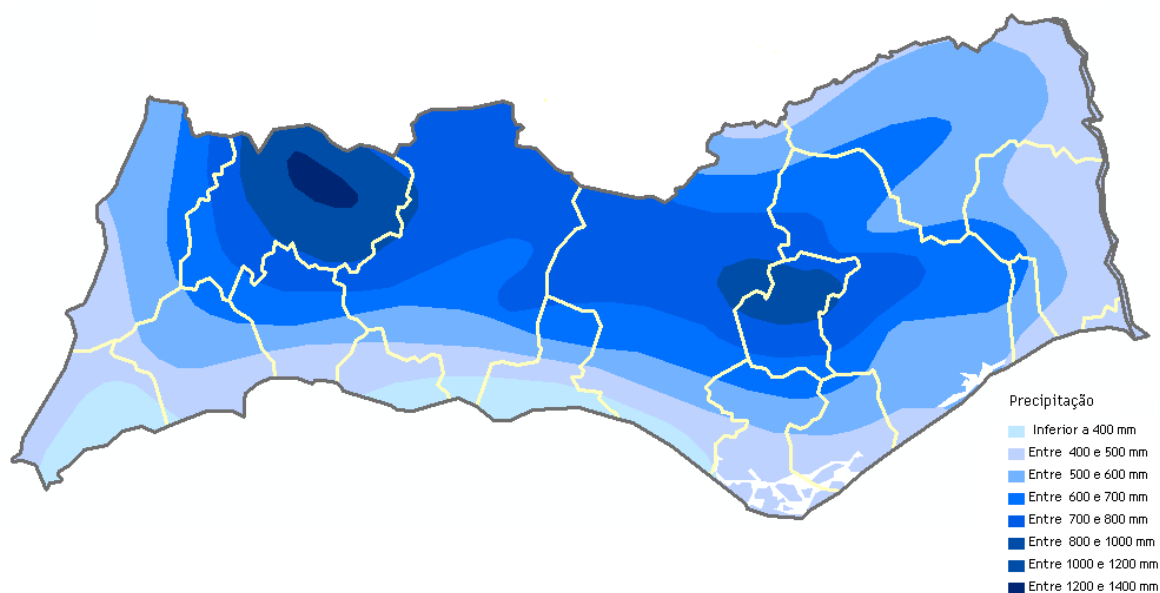


Figura 4.2: Precipitação: Valores médios anuais (mm) para o período 1931-1960 (adaptado do Atlas do Ambiente, [www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm](http://www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm))

Em termos de temperatura, a região do Algarve apresenta valores de temperatura média do ar situados entre os 12°C no Inverno (Janeiro) e os 30°C no Verão (Agosto). O clima pode ser definido como temperado (temperatura média anual do ar entre cerca de 16°C e 18°C) e moderado (amplitude média da variação anual da temperatura do ar entre 11°C e 14.8°C), excepto em Sagres e Vila do Bispo onde a amplitude varia entre 7°C e 9°C, respectivamente, conferindo-lhe características oceânicas.

Ainda segundo o PBRHA (2000a), quanto à humidade do ar, o clima da região pode ser classificado como seco (humidade relativa anual média do ar às 9 horas inferior a 75%), excepto nalguns locais específicos onde é húmido.

#### 4.4. Disponibilidades hídricas

##### 4.4.1. Recursos hídricos superficiais

O sistema hidrológico da região do Algarve apresenta uma densa rede de linhas de água com pequenas bacias hidrográficas. Os cursos de água apresentam maioritariamente regimes torrenciais devido à variabilidade sazonal e interanual da precipitação.

O aproveitamento dos recursos superficiais é feito basicamente através das albufeiras correspondentes a cinco principais barragens, a saber (Figura 4.3):

- a barragem da Bravura, concluída em 1958, está situada na ribeira de Odeáxere e tem uma bacia hidrográfica com uma área de 76,8 km<sup>2</sup> (precipitação média anual de 685,8 mm). Este aproveitamento, com uma albufeira de 32,2 hm<sup>3</sup> de capacidade útil, destina-se à rega e está integrada no aproveitamento hidroagrícola de Campos de Alvor. Adicionalmente, esta albufeira é usada como origem de água complementar para o abastecimento público,
- a barragem do Arade, concluída em 1956 e situada no rio Arade. Possui uma bacia hidrográfica com uma área de 229 km<sup>2</sup> e uma albufeira com uma capacidade útil de 26,7 hm<sup>3</sup> (precipitação

média anual de 777 mm). Esta albufeira é gerida pela Associação de Regantes de Silves e está totalmente alocada à agricultura,

- a barragem do Funcho, situada a montante da albufeira do Arade, no rio Arade, com uma bacia hidrográfica da ordem dos 200 km<sup>2</sup> (precipitação média anual de 777 mm), tem uma capacidade útil de 42,7 hm<sup>3</sup>. Esta albufeira, concluída em 1993, permite controlar as afluências à albufeira do Arade. Esta albufeira é destinada à rega e, desde o ano 2000, também é usada como origem de água do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água ao Algarve. Esta alocação ao abastecimento público está prevista continuar até a barragem de Odelouca entrar em funcionamento, ver secção 4.5.2,

- as barragens de Odeleite e Beliche, a Sotavento, que constituem uma origem de água importante para o abastecimento público e também para rega (Sotavento Algarvio). Situadas nas ribeiras com os mesmos nomes, possuem bacias hidrográficas de 352 e 117 km<sup>2</sup> respectivamente, às quais está associada uma precipitação média anual da ordem dos 778 mm. A albufeira de Odeleite, concluída em 1997, tem uma capacidade útil de 117 hm<sup>3</sup>. Por sua vez, a albufeira de Beliche foi concluída em 1986 e apresenta uma capacidade útil de 47,6 hm<sup>3</sup>.



Figura 4.3: Rede hidrográfica e albufeiras existentes na região do Algarve

#### 4.4.2. Recursos hídricos subterrâneos

Os recursos subterrâneos assumem um papel extremamente importante na região do Algarve, contribuindo largamente para o desenvolvimento do turismo e das culturas de regadio (PBHRA, 1999b). Esses aquíferos estão maioritariamente localizados nas zonas litoral e parte do Barrocal. Existem 17 sistemas aquíferos principais identificados (Figura 4.4), para os quais foram determinadas as características hidráulicas, na sua grande maioria instalados em rochas carbonatadas, e apresentam um volume de recarga estimado em pouco mais de 210 hm<sup>3</sup>/ano, sendo verificadas importantes variações interanuais, originadas pela irregularidade da precipitação na região. Estas oscilações criam situações de sobre-exploração temporária de alguns dos aquíferos existentes que são geralmente solucionadas após um período de chuva mais intensa.

Destes 17 aquíferos, o aquífero Querença-Silves, assinalado na Figura 4.3, é o mais importante da região, abrangendo os concelhos de Silves, Lagoa, Loulé e Albufeira e com uma capacidade de armazenamento estimada em mais de 1000 hm<sup>3</sup>. É também considerado como origem de água

estratégica na região, pelas suas características de quantidade e qualidade da água satisfatórias, e um dos poucos aquíferos da região com uma qualidade da água adequada para consumo humano. Nas restantes áreas da região, as formações rochosas existentes não permitem o armazenamento de grandes quantidades de água, sendo somente possível efectuar captações de menor caudal para fins domésticos e pequenos regadios. Assim, mesmo no caso do aquífero Querença-Silves, apesar do mesmo apresentar uma qualidade adequada para produção de água para consumo humano (Categoria A1 do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto (DR, 1998), possui elevada condutividade e teores em cloretos, sulfatos, magnésio e sódio relativamente altos, sendo que a sua estrutura cársica lhe confere grande vulnerabilidade à poluição.



Figura 4.4: Aquíferos existentes na região do Algarve

De facto, no que diz respeito à qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, verificam-se alguns problemas relacionados com (PBHRA, 1999b):

- processos naturais tais como a existência de minerais muito solúveis nas rochas (tais como sal-gema),
- a dissolução das rochas carbonatadas que origina um aumento da dureza da água,
- situações pontuais de intrusão marinha,
- processos antropogénicos na maioria dos casos relacionados com actividades agrícolas que provocam um aumento do teor da água em nitratos outros iões.

Quanto aos restantes, o conhecimento da qualidade da água nos aquíferos, da zona litoral principalmente, nomeadamente os altos níveis de cloretos e os baixos valores dos níveis piezométricos atingidos, levou a que a CCDR-Algarve (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região do Algarve) delimitasse uma denominada “zona crítica” (Figura 4.5), para a qual foram definidos critérios específicos de licenciamento, com o objectivo de evitar situações de sobre-exploração e de deterioração da qualidade da água existente. Nessa faixa de segurança, as novas captações não são permitidas salvo por exemplo a substituição de alguma em mau estado ou ainda para abastecimento às populações.

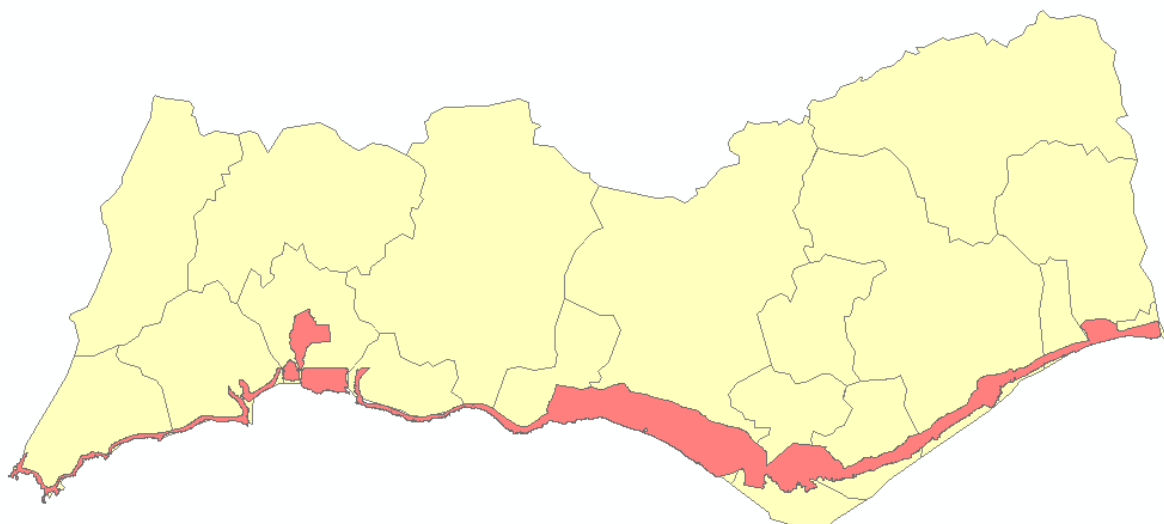


Figura 4.5: Zona crítica para captação subterrânea

#### 4.5. Principais sectores consumidores de água

No actual modelo de gestão dos recursos hídricos na região, a agricultura representa o mais importante consumidor de água. Em paralelo, a pressão criada pelo turismo sobre o abastecimento público tem vindo a adquirir uma importância crescente, complementada pela atracção crescente pelos campos de golfe existentes e em desenvolvimento na região.

#### 4.5.1. Agricultura e campos de golfe

Ao sector agrícola correspondia, no final da década de 90, cerca de 60% dos consumos, com os regadios privados a explorar os recursos subterrâneos e os regadios públicos, na sua maioria, a recorrerem a águas superficiais. No caso da agricultura na zona do Barlavento, a barragem de Santa Clara, situada no Alentejo, abastece a zona do perímetro de rega de Mira situado no litoral oeste da região. Estima-se que os regadios privados existentes nos diferentes concelhos representem uma área da ordem dos 30.000 ha e os regadios públicos cerca de 15.000 ha. (Figura 4.6), sendo que a estes valores ainda deverá acrescer parte do regadio público do Sotavento Algarvio, abastecido por águas superficiais (Sistema Odeleite/Beliche), que poderá vir a representar um aumento global de 35.000 ha da área agrícola referida existente.

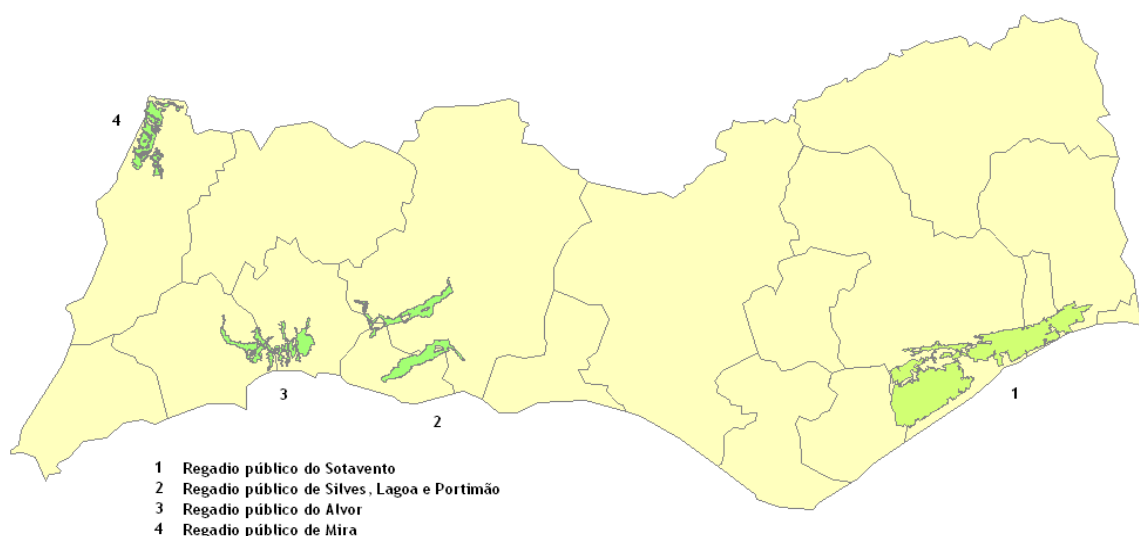


Figura 4.6: Principais regadios públicos existentes na região do Algarve

Aos consumos agrícolas podem ser adicionados os relativos aos campos de golfe, os quais, pelas suas características, podem ser classificados como um tipo específico de cultura irrigada. Existiam, em 2007, 26 campos de golfe na região sendo a maioria abastecida por águas subterrâneas. No entanto, a salinização dos aquíferos obriga a procurar alternativas que podem passar por recorrer a águas residuais tratadas ou água dessalinizada, apesar disso implicar um aumento significativo a nível de custos. Apesar disso, estavam, em Fevereiro de 2008, segundo dados da CCDR-Algarve, mais 13 campos de golfe em fase de execução, e outros 13 nas diferentes fases de apreciação (Figura 4.7).

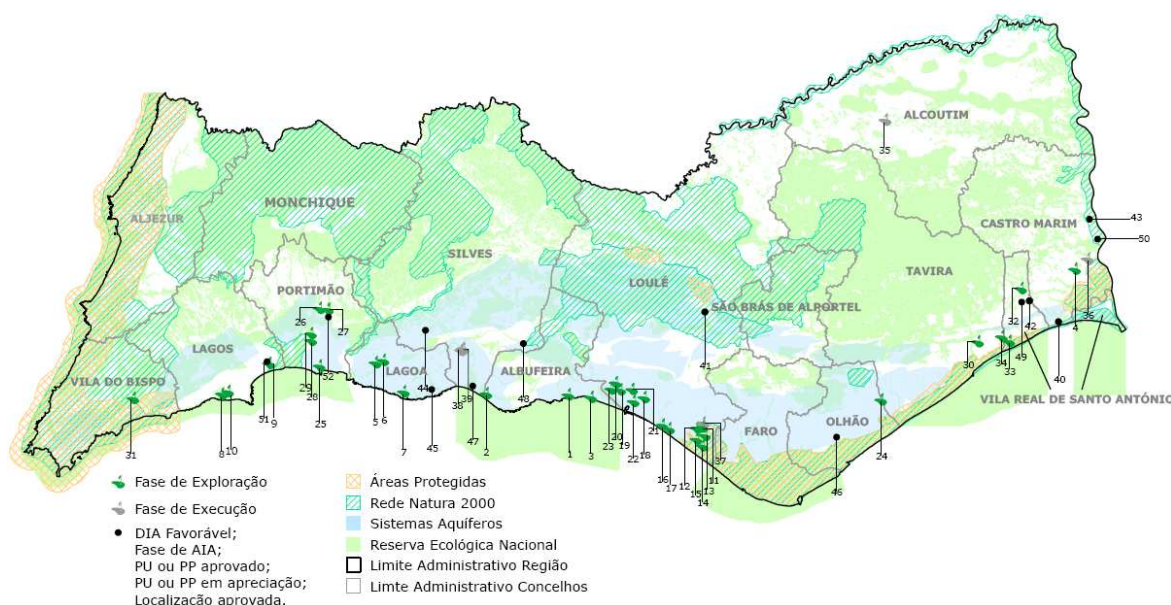


Figura 4.7: Campos de golfe existentes e previstos na região do Algarve (informação da CCDR-Algarve)

#### 4.5.2. Abastecimento público

Até ao início da década de 90, as necessidades do abastecimento público eram também maioritariamente satisfeitas com recurso aos aquíferos existentes (Silva e Maia, 2007). No

entanto, a situação foi alterada com a criação de duas empresas Multimunicipais para abastecimento “em alta” criadas na década de 90 (“Águas do Barlavento Algarvio” e “Águas do Sotavento Algarvio”), fundidas em 2000 numa única, “Águas do Algarve, S.A.”. Esta recorre essencialmente à exploração de águas superficiais, o que praticamente já ocorre em toda a zona actualmente abrangida pelo Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve (Figura 4.8). Os concelhos de Silves, Albufeira e Lagoa constituem casos singulares pois, apesar de serem abastecidos em “alta” pela Águas do Algarve, S.A., continuaram a utilizar algumas captações próprias até 2007.

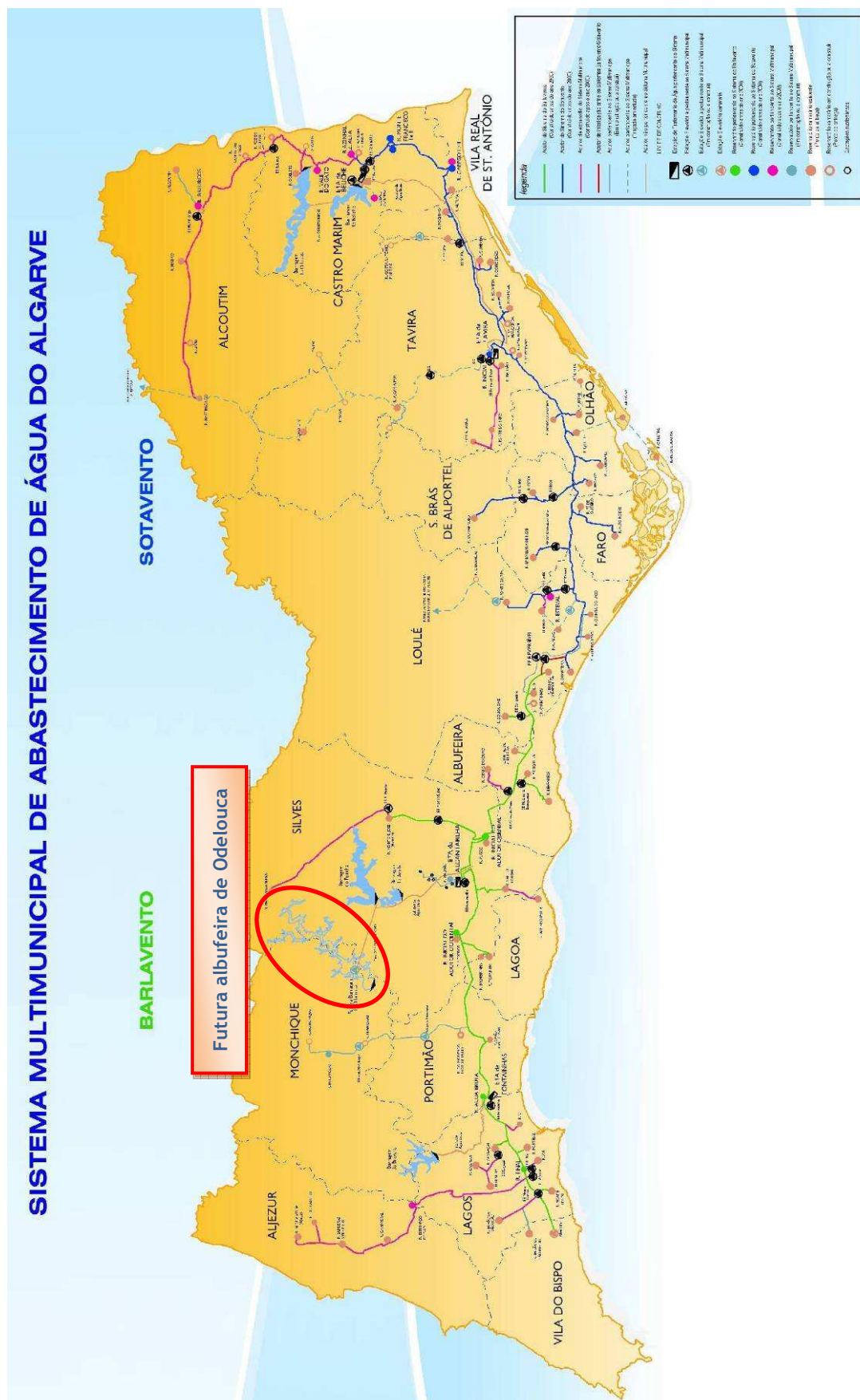


Figura 4.8: Sistema Multimunicipal e origens de água para o abastecimento público (informação da Águas do Algarve, S.A.)

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve, concessionado à Águas do Algarve, S.A., tem actualmente três origens de água superficial (Figura 4.3): (i) na Ribeira de Odeleite, afluente do rio Guadiana, com base nas albufeiras de Odeleite e Beliche (que servem, também, como já referido, como origem de água para o regadio público do Sotavento Algarvio); (ii) na Ribeira de Odeáxere, a partir da albufeira da Bravura, de fins múltiplos; (iii) e, no rio Arade, a partir da albufeira do Funcho, realizada para uso agrícola mas actualmente afectada em parte para o abastecimento público. Esta alocação estará prevista continuar até que seja possível recorrer à barragem de Odelouca, cuja construção foi já iniciada. A entrada em funcionamento da barragem de Odelouca deverá permitir alcançar um índice de atendimento de 95% na zona do Barlavento Algarvio. Complementarmente, o aquífero Querença-Silves é também usado como origem de água através das captações subterrâneas situadas na zona do Vale da Vila (zona ocidental do aquífero Querença-Silves).

#### 4.6. Avaliação DPSIR

Para complementar esta caracterização é aqui apresentada a análise DPSIR (Maia, 2005) levada a cabo para a região do Algarve, de acordo com as definições apresentadas na Secção 3.1, tendo em conta a caracterização atrás apresentada e informação e opiniões recolhidas junto de entidades e instituições locais e regionais:

##### **Forças motoras**

- Irregular distribuição mensal (mais de 80% concentrada no semestre húmido) e inter-anual da precipitação
- Importante desenvolvimento do turismo
- Alteração dos usos do solo originada pelo desenvolvimento do turismo
- Agricultura intensiva recorrendo a métodos antiquados e com baixas eficiências do uso da água

##### **Pressões**

- Aumento das necessidades em água
- Conflito nos usos - agricultura vs. turismo (principalmente durante o verão)
- Elevada exploração dos aquíferos
- Cargas poluentes originadas pelos sectores urbano e agrícola

##### **Estado**

- Situações de escassez de água actuais e a médio/longo prazo, agravadas durante os períodos de rega
- Elevadas perdas nos sistemas de abastecimento público em baixa
- Elevadas perdas nos sistemas de rega
- Poluição das águas subterrâneas e superficiais
- Salinização dos aquíferos da zona costeira (devido a situações de sobre-exploração)

##### **Impactes**

- Poluição da água superficial e subterrânea e diminuição do caudal (até mesmo nulo em certos casos) durante o verão, o que origina uma degradação dos ecossistemas existentes

- Impactes económicos originados por situações de escassez de água para o turismo e para a agricultura
- Uso do solo e infra-estruturas inadequados
- Má qualidade das águas superficiais e subterrâneas

#### **Respostas**

- Construção da barragem de Odelouca
- Melhoria da eficiência na gestão dos reservatórios e sistemas de abastecimento em água
- Técnicas de rega mais eficientes
- Promoção do uso de águas residuais tratadas como água para rega
- Subsídios para a agricultura



## 5. Conceptualização e elementos-base



## 5.1. Introdução

De acordo com os requisitos de funcionamento do sistema de apoio à decisão WSM-DSS, foi necessário começar por criar uma base de dados, compatível com o modelo, agregando a informação disponível por temas. Para tal, foram definidas e caracterizadas, p.e.: origens de água (albufeiras, rios e aquíferos), locais de tratamento (estações de tratamento de água e estações de tratamento de águas residuais), locais de consumos (consumo humano, agricultura, indústria, criação animal) e locais de monitorização (estações hidrométricas e estações de monitorização da qualidade).

No caso específico do abastecimento público, foram introduzidas todas as infra-estruturas pertencentes ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve gerido pela Águas do Algarve, S.A. (ETA, EEs, adutoras, reservatórios) e suas características, bem como identificados todos os sistemas de abastecimento “em baixa” definidos pelo Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 1999c), mantendo a mesma análise a nível do concelho. Assim, foram considerados dois tipos de sistemas, tendo em conta as origens: os abastecidos por águas superficiais e os abastecidos por águas subterrâneas (ver Figura 5.1). Os primeiros estão ligados ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve e são abastecidos através de um ou mais pontos de entrega (reservatórios). Os segundos são abastecidos por captações subterrâneas.

Em termos de modelação, cada um destes sistemas em “baixa” foi representado por um ponto de entrega/consumo, ao qual se associou toda a informação relativa ao respectivo sistema, tal como: população servida, área, capitação e perdas no abastecimento em baixa. Existindo ainda população dispersa, que não está incluída em nenhum dos dois tipos de sistemas definidos, considerou-se que, em cada concelho, essa população estaria concentrada num só ponto de consumo, abastecido por águas subterrâneas.

Para além do abastecimento à população, foi ainda considerado o abastecimento à indústria, de acordo com o Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve. Assim, admitiram-se indústrias ligadas à rede pública (identificadas com os sistemas em “baixa”) e indústrias abastecidas por origens próprias (consideradas como subterrâneas), (PBHRA, 1999c).

Foram ainda introduzidos no modelo WSM-DSS como pontos de consumo todos os regadios públicos, privados, campos de golfe, e criação animal, aos quais se associaram as respectivas origens, consumos de água (superficial e subterrânea) e características físicas.

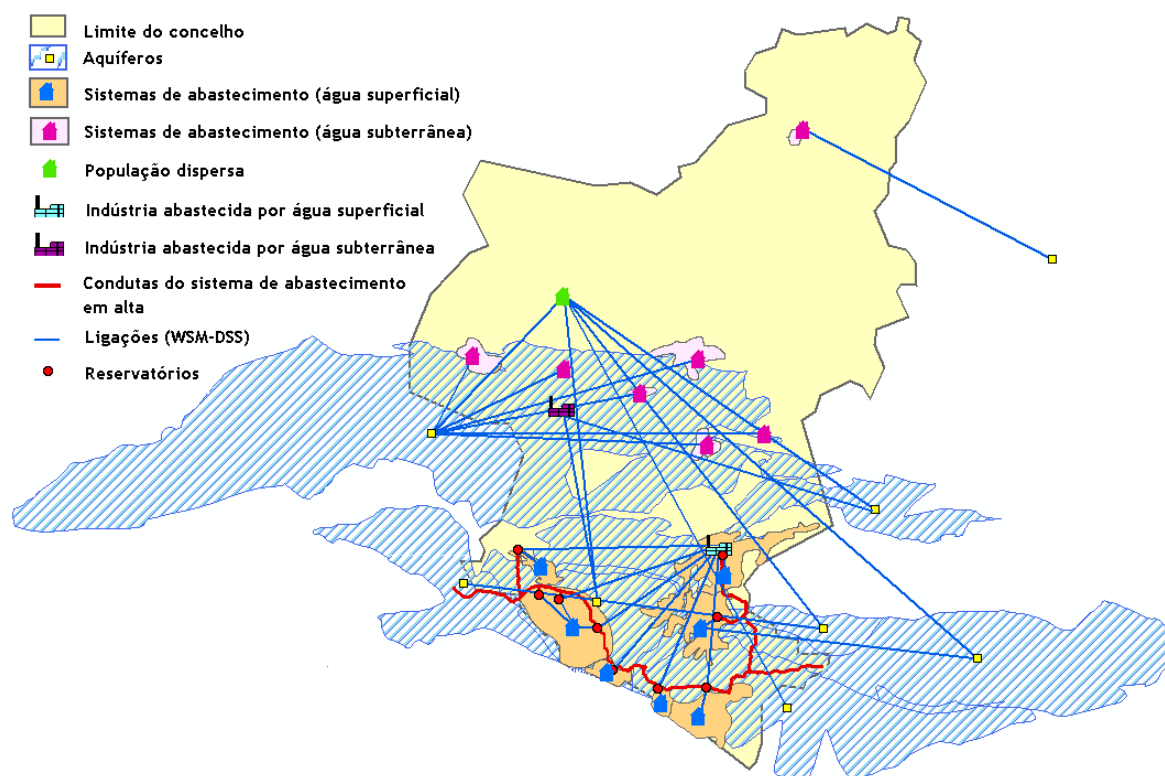


Figura 5.1: Pormenor da conceptualização feita no WSM-DSS para o abastecimento público e à indústria no concelho de Loulé

Seguidamente, apresentam-se, de forma mais sistemática e específica, os elementos incluídos na base de dados com maior relevância no âmbito deste trabalho.

#### 5.1.1. População

##### a) População residente

A população de cada um dos aglomerados considerados teve como base os dados do CENSOS 2001 (Anexo 1, Tabela 1.A), dados estes apresentados por freguesia (INE, 2001). Tendo sido considerados, no âmbito deste trabalho, os sistemas de abastecimento apresentados nos Planos de Bacia Hidrográfica, referentes a 1996 para o caso dos concelhos incluídos na bacia das Ribeiras do Algarve e 1997 para o caso de Alcoutim, foi necessário redistribuir os valores da população referidos no CENSOS 2001 pelos diferentes sistemas de abastecimento considerados. A redistribuição realizada é apresentada na Tabela 1.B do Anexo 1, salientando-se que a população residente é considerada constante ao longo do ano. Para o índice de atendimento, foram admitidos os valores apresentados no Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 1999c) e para o concelho de Alcoutim, o valor apresentado no Relatório Final do Plano de Bacia do rio Guadiana (PBHG, 2001). No entanto, considerando a expansão do Sistema Multimunicipal que foi realizada entretanto para este concelho, admitiu-se um valor de 75% para o índice de atendimento.

Finalmente, a restante população que não está incluída em nenhum sistema de abastecimento em baixa, denominada população dispersa, é agrupada, para efeitos de simulação, num único ponto de consumo por concelho, admitindo-se que essa população é abastecida por furos e poços individuais (Anexo 1, Tabela 1.C).

## b) População flutuante

Para os concelhos pertencentes à bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve, a avaliação da população flutuante foi baseada na distribuição apresentada no PBHRA (PBHRA, 1999c). Considerou-se que era atendida a totalidade da população flutuante era atendida e que a distribuição da população flutuante pelos diferentes sistemas de abastecimento existentes em cada concelho coincidia com o peso de cada um desses sistemas em termos de população residente. No entanto, para o concelho de Loulé, a distribuição da população flutuante de acordo com esse critério não é satisfatória uma vez que não reflecte a grande afluência de turistas para a faixa litoral. Analisando a situação dos concelhos de Faro e Tavira, pareceu então razoável considerar que 75% dos turistas existentes no concelho de Loulé estariam concentrados nos sistemas da faixa litoral. A distribuição assim considerada é apresentada na Tabela 1.D do Anexo 1. No caso de Alcoutim, o Relatório Final do Plano de bacia hidrográfica do rio Guadiana refere 126 habitantes equivalentes/ano nesse concelho (PBHG, 2001).

## 5.1.2. Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve

## a) Barragens

Foram introduzidas no modelo, todas as barragens, actualmente existentes, cujas albufeiras são origens de abastecimento do Sistema Multimunicipal (ver Figura 4.7). Para efeitos de simulação, foram impostos, para cada uma delas, limites no volume a ser captado anualmente para abastecimento público (Tabela 5.1), de forma a tentar aproximar a situação real. No caso da Bravura, o limite é imposto pela Associação de Regantes do Alvor, responsável pela gestão da albufeira. A albufeira do Funcho por sua vez, da responsabilidade do INAG, foi limitada a 17 hm<sup>3</sup>/ano de acordo com os limites impostos no acordo celebrado com a Águas do Algarve, S.A. Na prática, verifica-se que esse limite é ultrapassado quando o volume armazenado na albufeira e a gestão conjunta com as necessidades agrícolas assim o permite. Assim sendo, de acordo com a empresa AdA, é razoável admitir um volume de 23 hm<sup>3</sup> em anos normais e húmidos. Finalmente, no caso de Odeleite-Beliche, o único limite actualmente imposto está associado à capacidade de tratamento da ETA de Tavira.

Tabela 5.1: Limites impostos nas captações nas albufeiras existentes na região

| Albufeira        | Volume (hm <sup>3</sup> ) |              |
|------------------|---------------------------|--------------|
|                  | Anos secos                | Anos húmidos |
| Bravura          | 4                         | 4            |
| Funcho           | 17 *                      | 23           |
| Odeleite-Beliche | 69**                      | 69**         |

\* quando ocorre uma sequência de mais de 3 anos secos e/ou muito secos

\*\* limite correspondente à capacidade de tratamento da ETA de Tavira

## b) Estações de Tratamento de Água (ETA)

Existem, associadas ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve, quatro ETA's com as características apresentadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Características principais das ETA's existentes

| Nome         | Capacidade (m <sup>3</sup> /dia) | Ano de arranque | Custo de investimento (€) | Custo de operação e manutenção (€/m <sup>3</sup> ) |
|--------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------------------------|
| Alcantarilha | 259000                           | 2000            | 17500000                  | 0.036                                              |
| Tavira       | 190000                           | 1998            | 12500000                  | 0.036                                              |
| Fontainhas   | 29000                            | 1978            | 1500000                   | 0.036                                              |
| Beliche      | 13000                            | 1980            | 4000000                   | 0.036                                              |

## c) Conduatas

Foram introduzidas na base de dados todas as condutas do Sistema Multimunicipal, respeitando a sua implantação e características tais como material, diâmetro e capacidade de transporte. Foram também considerados os custos de construção e de operação e manutenção dessas condutas, estimados de acordo com a informação fornecida pela empresa Águas do Algarve, S.A.

## d) Reservatórios

Foram introduzidos todos os reservatórios que correspondem a pontos de entrega do Sistema Multimunicipal, sendo que, em termos de simulação, os mesmos correspondem apenas a pontos de passagem de água. Foi feita a distinção entre reservatórios construídos aquando ou depois da implementação do Sistema Multimunicipal e reservatórios camarários que foram cedidos à empresa concessionária Águas do Algarve, S.A. Essa distinção foi necessária para a avaliação dos custos associados.

## e) Estação elevatória reversível

No concelho de Loulé, entre os reservatórios de Pinhal de Vilamoura e Quarteira, existe um troço reversível, que constitui a ligação física dos dois sistemas anteriormente existentes. A estação elevatória reversível aí existente permite “transferir” água do Sotavento para Barlavento e vice-versa, dinamizando a gestão conjunta das duas partes da região e das diferentes fontes de abastecimento do sistema em alta. De acordo com informação fornecida pela Águas do Algarve, S.A., admitiu-se que a capacidade de transporte a partir de 2007 passaria a ser de 450 l/s ao longo de todo o ano, ou seja 14 hm<sup>3</sup>/ano, havendo uma diminuição de capacidade de transporte de 1 hm<sup>3</sup> de 5 em 5 anos a partir de 2020. Assim:

Tabela 5.3: Evolução da capacidade de transporte da estação elevatória reversível

| Capacidade de transporte | hm <sup>3</sup> /ano | m <sup>3</sup> /mês |
|--------------------------|----------------------|---------------------|
| 2001-2006                | 7                    | 583.333             |
| 2007-2015                | 14                   | 1.166.666           |
| 2016-2020                | 13                   | 1.083.333           |
| 2021-2025                | 12                   | 1.000.000           |
| 2026-2030                | 11                   | 916.666             |
| 2031-2035                | 10                   | 833.333             |

## 5.2. Definição dos cenários

### 5.2.1. Cenários hidrológicos

A formulação dos cenários hidrológicos assentou nas séries históricas de precipitação anual apresentadas no site do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) do INAG para a região em estudo. A partir desses elementos, foi possível definir dois cenários hidrológicos distintos, para o período de simulação admitido (2000-2035):

- a) Cenário normal (Cenário1, denominado h1) que corresponde a:
  - de 2000 a 2005: sequência de anos efectivamente ocorrida, determinada com base nos dados apresentados no SNIRH;
  - de 2006 a 2035: repetição da sequência de anos entre 1970 e 1999 avaliada a partir das precipitações anuais apresentadas no SNIRH.
- b) Cenário com maior ocorrência de anos secos (Cenário 2, denominado h2) definido considerando uma diminuição de 10% dos valores de precipitação relativamente aos valores de precipitação considerados no cenário Normal.

Para efeitos de modelação, foi necessário introduzir no modelo o tipo de ano e não o valor da precipitação ocorrida nesse ano. Desse modo, foi necessário definir os intervalos de valores correspondentes aos diferentes tipos de anos considerados: muito seco, seco, médio, húmido e muito húmido. Por simplificação e, uma vez que a grande maioria da área em estudo corresponde à bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve, consideraram-se os tipos de anos considerados para esta bacia, correspondentes aos seguintes quantis definidos em PBHRA (1999d):

Tabela 5.4: Precipitações anuais associadas a diferentes períodos de retorno

| Quantis (%) | Período de retorno (anos) | Precipitação anual na bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve (mm) | Tipo de ano  |
|-------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| 50          | -                         | 756                                                                   | Médio        |
| 5           | 1.05                      | 365                                                                   | Muito seco   |
| 20          | 1.25                      | 553                                                                   | Seco         |
| 80          | 5                         | 956                                                                   | Húmido       |
| 95          | 20                        | 1159                                                                  | Muito húmido |

A partir destes valores, admitiram-se os seguintes intervalos permitindo classificar cada valor de precipitação anual da sequência considerada num dos tipos de anos definidos. A Tabela 5.5 apresenta os intervalos considerados.

Tabela 5.5: Tipos de anos e intervalos correspondentes

| Tipo de Ano  | (mm)  |
|--------------|-------|
| Muito húmido | >1058 |
| Húmido       | > 856 |
| Médio        | > 655 |
| Seco         | > 459 |
| Muito seco   | ≤ 459 |

Finalmente, definiram-se também os coeficientes de variação mensais (Tabela 5.6) que permitem traduzir os diferentes tipos de anos a partir dos valores introduzidos para o ano médio, de acordo com a metodologia apresentada na Secção 3.5.

Tabela 5.6: Coeficientes de variação mensais

| Tipo de ano  | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Médio        | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| Seco         | 0.9  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.6  | 0.6  | 0.7  | 0.6  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.8  |
| Muito seco   | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.6  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.6  |
| Húmido       | 1.1  | 1.1  | 1.2  | 1.1  | 1.3  | 1.2  | 1.7  | 2    | 1.2  | 1.3  | 1.2  | 1.2  |
| Muito húmido | 1.6  | 1.6  | 1.4  | 1.3  | 1.7  | 2    | 4.9  | 5.6  | 2.1  | 1.6  | 1.5  | 1.7  |

A Figura 5.2 apresenta os dois cenários hidrológicos definidos com base na análise das séries de dados do INAG e nas considerações aqui apresentadas. Adicionalmente, a Tabela 2.A. do Anexo 2 refere as duas sequências de anos consideradas neste estudo.

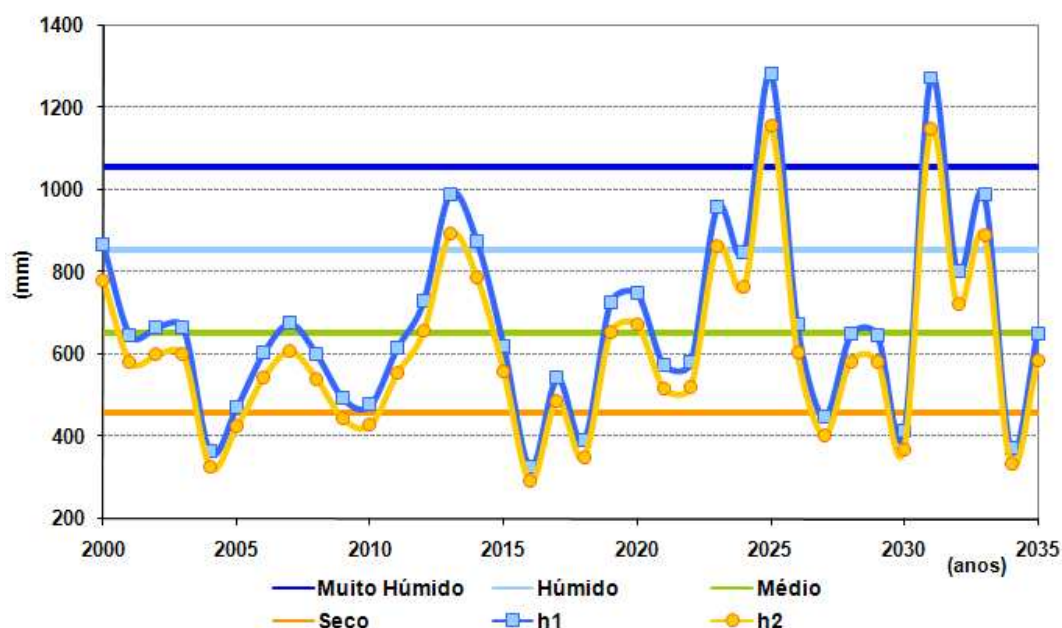


Figura 5.2: Cenários hidrológicos considerados

A partir desses valores mensais, o módulo hidrológico efectua o balanço mensal para todos os aquíferos e albufeiras para cada um dos anos da sequência considerada, afectando cada um dos valores médios do coeficiente correspondente, traduzindo a relação entre o ano médio e outro ano tipo considerado.

## 5.2.2. Cenários de procura

### 5.2.2.1. Uso urbano

Foi definido um cenário de procura tendo como base as projecções apresentadas no Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 2000b). Segundo este, podem ser definidos

dois cenários distintos para a população residente: o primeiro, denominado pr1 corresponde a um comportamento mais expansivo que o segundo cenário, pr2. A Tabela 5.7 (a e b) mostra as correspondentes taxas de crescimento anual, por concelho, apresentadas para o período de análise do PBHRA (2001 a 2021). No caso do concelho de Alcoutim foram usados os valores resultantes da aplicação dos modelos demográficos D2T e D4 91 apresentados no Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana (PBHG, 2000).

Para efeitos de simulação e apresentação de resultados, foi utilizado o cenário pr1 por ser mais gravoso em termos de procura de água (Tabela 5.7a). As taxas de crescimento anual assim calculadas foram consideradas em todo o período de simulação, ou seja de 2000 a 2035.

Tabela 5.7: Taxas de crescimento anual para a população residente: a) Cenário pr1, b) Cenário pr2

a)

| Cenário pr1                                        |               |               |                               |
|----------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|
| Concelhos                                          | 2001          | 2021          | Taxa de crescimento anual (%) |
| <b>Bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve</b>  |               |               |                               |
| Albufeira                                          | 25876         | 38506         | 2,01                          |
| Aljezur                                            | 4120          | 4277          | 0,19                          |
| Castro Marim                                       | 5512          | 4623          | -0,88                         |
| Faro                                               | 57288         | 85307         | 2,01                          |
| Lagoa                                              | 20082         | 24848         | 1,07                          |
| Lagos                                              | 24956         | 30866         | 1,07                          |
| Loulé                                              | 46916         | 58060         | 1,07                          |
| Monchique                                          | 5319          | 3859          | -1,59                         |
| Olhão                                              | 43146         | 43361         | 0,02                          |
| Portimão                                           | 43498         | 64750         | 2,01                          |
| São Brás de Alportel                               | 7605          | 7883          | 0,18                          |
| Silves                                             | 31842         | 39387         | 1,07                          |
| Tavira                                             | 25234         | 26152         | 0,18                          |
| Vila do Bispo                                      | 5986          | 6208          | 0,18                          |
| Vila Real de Santo António                         | 13661         | 11458         | -0,88                         |
| <b>TOTAL</b>                                       | <b>361041</b> | <b>449545</b> | <b>1,10</b>                   |
| <b>Bacia hidrográfica do Guadiana (Modelo D2T)</b> |               |               |                               |
| Alcoutim                                           | 11906         | 10275         | -0,73                         |

b)

| Cenário pr2                                       |       |       |                               |
|---------------------------------------------------|-------|-------|-------------------------------|
| Concelhos                                         | 2001  | 2021  | Taxa de crescimento anual (%) |
| <b>Bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve</b> |       |       |                               |
| Albufeira                                         | 25516 | 34793 | 1,56                          |
| Aljezur                                           | 4090  | 4032  | -0,07                         |
| Castro Marim                                      | 5355  | 3929  | -1,54                         |
| Faro                                              | 56491 | 77077 | 1,57                          |

Tabela 5.7: Taxas de crescimento anual para a população residente: a) Cenário pr1, b) Cenário pr2 (cont.)

|                                                      |               |               |             |
|------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|
| Lagoa                                                | 19889         | 23299         | 0,79        |
| Lagos                                                | 24717         | 28938         | 0,79        |
| Loulé                                                | 46466         | 54443         | 0,80        |
| Monchique                                            | 5122          | 3110          | -2,46       |
| Olhão                                                | 42732         | 50027         | 0,79        |
| Portimão                                             | 42894         | 58505         | 1,56        |
| São Brás de Alportel                                 | 7550          | 7431          | -0,08       |
| Silves                                               | 31537         | 36928         | 0,79        |
| Tavira                                               | 25053         | 24652         | -0,08       |
| Vila do Bispo                                        | 5944          | 5853          | -0,08       |
| Vila Real de Santo António                           | 13272         | 9737          | -1,54       |
| <b>TOTAL</b>                                         | <b>356628</b> | <b>422754</b> | <b>0,85</b> |
| <b>Bacia hidrográfica do Guadiana (Modelo D4 91)</b> |               |               |             |
| Alcoutim                                             | 11546         | 9346          | -1,05       |

No que diz respeito à população turística, existem poucos dados que permitam definir cenários de evolução. Sendo assim, considerou-se apenas um cenário de evolução da população turística, correspondendo à projecção da população sazonal apresentada no PBHRA (PBHRA, 2001). A taxa de crescimento anual de 2.3% (Tabela 5.8) obtida foi considerada para todos os concelhos da região. Admitiu-se, assim, que esse valor possa ser também aplicável ao concelho de Alcoutim, mau grado este não integrar a bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve. Considerar-se-á que, apesar da projecção feita no PBHRA considerar o período 2000-2020, esta taxa de crescimento se mantém até 2035, numa tentativa de dar ênfase ao desenvolvimento turístico previsto/desejado na região.

Tabela 5.8: Taxa de crescimento anual da população turística

|                                                | 2000   | 2020    |
|------------------------------------------------|--------|---------|
| <b>População flutuante (Agosto)</b>            | 972960 | 1541731 |
| <b>Taxa de crescimento anual calculada (%)</b> | 2.3    |         |

No que diz respeito às capitações consideradas, foram admitidas duas situações distintas: (i) no caso dos aglomerados abastecidos pelo Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve, as capitações foram calibradas a partir dos dados relativos aos volumes de água abastecidos, fornecidos pela Águas do Algarve, S.A. para o ano de 2002; (ii) nos restantes casos, i.e. aglomerados abastecidos por captações subterrâneas, admitiram-se os valores de capitação apresentados no Plano de Bacia Hidrográfica (PBHRA, 1999c).

#### 5.2.2.2. Uso agrícola

Tal como no caso dos cenários definidos para o uso doméstico, foram usadas as projecções apresentadas no Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve para o período 2000-2020 (PBHRA, 2001). No caso dos regadios privados, convém referir que se optou pelo cenário A, referido no mesmo, que corresponde a uma hipótese de menor procura de recursos hídricos, ou seja, cerca de 1.3% de crescimento anual até 2020.

Tabela 5.9: Cenários de procura: uso agrícola

|                               | Período     | Taxa de Crescimento (%)              |
|-------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Regadios agrícolas privados   | 2000 - 2020 | 1.3                                  |
|                               | 2021 - 2035 | 0.0                                  |
| Perímetros agrícolas públicos | 2000 - 2020 | Diferenciado por perímetro agrícola* |
|                               | 2021 - 2035 | 0.0                                  |

\* De acordo com o Plano de Bacia das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 2001)

### 5.2.2.3. Outros usos

Foi admitida uma taxa de crescimento anual de 0.5% até 2020 para a criação animal e nenhum crescimento para a indústria.

A Figura seguinte apresenta a evolução da procura de água para os dois sectores principais consumidores de água: a agricultura e o abastecimento público.

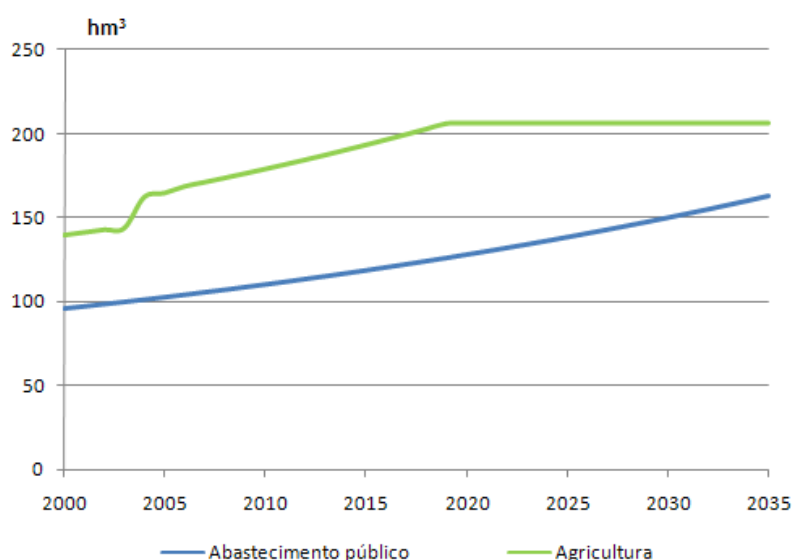


Figura 5.3: Evolução da procura de água para o abastecimento público e a agricultura

Para o estudo levado a cabo, o cenário de procura escolhido, denominado p1, corresponde a combinar o cenário pr1 (mais expansivo) para a população residente com os cenários definidos para a população turística e para a agricultura.

### 5.2.3. Combinação de cenários

De forma a proceder às simulações, e tendo em conta a formulação de cenários apresentada anteriormente, foram definidas duas combinações de cenários (um cenário hidrológico associado a um cenário de procura) para o abastecimento público:

- C1, correspondendo a p1 + h1, que procura traduzir uma evolução “normal” da região, admitindo um cenário hidrológico idêntico ao que se verificou nos últimos 35 anos;
- C2, p1 + h2, que pretende reflectir um cenário mais pessimista em termos de disponibilidade hídrica.

### 5.3. Custos associados

#### 5.3.1. Custos directos

A estimativa dos custos directos está baseada na estimativa de duas competentes:

- A amortização de custos de capital relativos a investimentos passados e actuais efectuados nos sectores do abastecimento público.
- Os custos de operação e manutenção de infra-estruturas já existentes ou novas, no âmbito do abastecimento público.

Foi adoptada a seguinte metodologia para a estimativa dos custos directos para os diferentes sectores, na sequência também de consultas às instituições envolvidas.

##### a) Uso urbano

Os custos de investimento e os custos de manutenção e operação do Sistema Multimunicipal foram estimados a partir de informação fornecida pela Águas do Algarve, S.A. No que diz respeito aos custos associados aos sistemas de abastecimento em baixa, os custos foram estimados com base num estudo do LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) (Lencastre, 1994).

##### b) Uso agrícola

No caso específico dos regadios públicos, os custos foram definidos de acordo com os elementos apresentados no Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 1999a) e dados directamente fornecidos pelas Associações de Regantes de Silves, Lagoa e Portimão (SLP) e do Sotavento Algarvio (IHERA, 2001).

Para os regadios privados, considerados como sendo todos abastecidos por água subterrâneas, os custos de investimento e de operação e manutenção associados à execução de furos e a implementação dos métodos de rega foram fixados de acordo com o Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 1999a).

##### c) Uso industrial

Para as unidades industriais abastecidas por água superficial, i.e. pela Águas do Algarve S.A., os custos de investimento e os custos de operação e manutenção foram definidos de modo similar aos custos referidos no uso doméstico. No caso de unidades industriais abastecidas por origens próprias, ou seja água subterrânea, os custos directos foram definidos tendo em atenção os elementos apresentados no estudo do LNEC referido anteriormente (Lencastre, 1994).

#### 5.3.2. Receitas do uso da água

##### a) Abastecimento público

Os preços da água do sector doméstico praticados na região do Algarve seguem uma estrutura de tarifas (por escalões) definida em função do volume consumido. Devem ser definidos dois níveis de abastecimento na região: (i) o primeiro nível, da responsabilidade da empresa Águas do Algarve, S.A., corresponde ao sistema de abastecimento em alta; (ii) o segundo nível em que cada Município é responsável pelo abastecimento e drenagem de cada aglomerado. As duas excepções são os concelhos de Aljezur (até Agosto de 2006) e de Monchique, totalmente abastecidos por águas subterrâneas, e por isso, onde o Município é o único prestador de serviços.

Existe uma única tarifa cobrada pela Águas do Algarve, S.A. a todos os sistemas secundários dos diferentes Municípios abastecidos, de 0,4107 €/m<sup>3</sup> (valor de 2007). Este valor permite garantir a total recuperação de custos de todos os custos de operação imputáveis ao serviço prestado por esta empresa. Por outro lado, existem diferentes tarifas praticadas pelos Municípios, variando entre 0.41 €/m<sup>3</sup> em Vila do Bispo e 1.04 €/m<sup>3</sup> em Aljezur, de acordo com os valores da Economia da Água do Plano Nacional da Água (PNA, 2000). Essas tarifas são constituídas por uma parte fixa, associada com o acesso ao serviço (aluguer do contador), e uma parte variável que é função do volume consumido. O Plano Nacional da Água ainda refere que a recuperação de custos associada à distribuição de água, drenagem e tratamento de águas residuais de cada Município é, em média de cerca de 30%, sendo o máximo de 60% em Portimão e o mínimo de 16% em Vila do Bispo (PNA, 2000). Sendo assim, poder-se-á concluir que os Municípios precisam urgentemente de reavaliar o seus sistemas de tarifas e a gestão do serviço prestado de forma a cumprir o objectivo definido na DQA relativo à recuperação de custos associados aos serviços da água, que deverá também contemplar custos ambientais e custos de recurso.

#### b) Sector agrícola

No sector agrícola, somente os regadios públicos pagam a água que consomem. De facto, esse tipo de regadios é geralmente gerido por uma associação de regantes que define um preço da água de acordo com os custos de operação e manutenção existentes. Essa definição varia entre as diferentes associações de regantes. De facto, enquanto algumas só definem uma taxa fixa, outras estabelecem tarifas compostas por duas partes: (i) a primeira relativa ao número de hectares irrigados e (ii) a segunda relacionada com o volume consumido. Dessa forma, pretende-se cobrir os custos de operação mas não os custos de investimento. No caso dos regadios privados, geridos individualmente por cada agricultor e abastecidos em grande maioria por água subterrânea, não são praticadas nenhuma taxa nem tarifas. Cada agricultor acaba assim por ser responsável pelos custos de investimento, de operação e de manutenção, sendo que nenhuma limitação no volume de água captada é imposto.

#### c) Sector industrial

No sector industrial, as receitas foram calculadas a partir da informação fornecida na “Economia da Água” do Plano Nacional da Água (PNA, 2000).

#### 5.3.3. Custos ambientais

Feinerman *et al.* (2004) explicam que um custo ambiental pode ser definido como sendo o custo que a “sociedade” terá que pagar no futuro por causa dos impactos no ambiente provocados por actividades económicas, produtos ou serviços. Nesse contexto, a DQA enfatiza o seguinte princípio: “poderá ser adequado integrar num programa de medidas a utilização de instrumentos económicos por parte dos Estados-Membros. O princípio da amortização dos custos dos serviços hídricos, mesmo em termos ambientais e de recursos, associados aos prejuízos ou impactos negativos para o ambiente aquático deve ser tomado em conta, segundo o princípio do poluidor-pagador. Para esse efeito, será necessária uma análise económica dos serviços hídricos baseada em previsões a longo prazo relativas à oferta e à procura de água na região hidrográfica”.

Segundo a abordagem adoptada no WSM-DSS (NTUA, 2003), e já referida na secção 3.6.5.2, os custos ambientais são classificados em duas categorias:

- Custos ambientais relacionados com a captação e consumo de água superficial ou subterrânea, e
- Custos ambientais directamente associados à rejeição de efluentes, referidos como custos de poluição.

O modelo WSM - DSS permite seleccionar as componentes dos custos ambientais a ser incluídas no cálculo dos mesmos (custos de captação de água de origem superficial e/ou subterrânea e/ou custos de poluição, Figura 5.4).

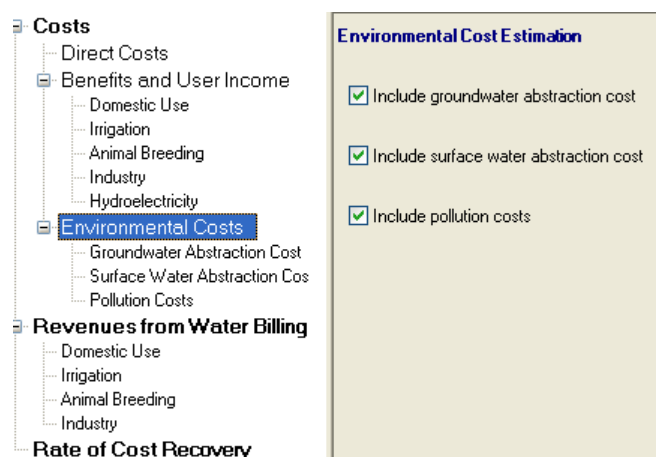


Figura 5.4: Tipos de custos ambientais considerados no WSM-DSS

No presente estudo, a estimativa dos custos ambientais só abrangeu o sector do abastecimento público e teve como base os princípios e linhas orientadoras apresentados no estudo da WATECO (2002). Nesse contexto, os valores estimados dos custos ambientais relativos a captações superficiais e subterrâneas, tiveram em conta alguns pressupostos. Admitiu-se, antes de mais, que todos os utilizadores do sector doméstico, ou seja todos os aglomerados populacionais, pagam o custo ambiental da utilização do recurso natural de acordo com o princípio de equidade. Os custos ambientais foram avaliados com base em exemplos representativos da região do Algarve e extrapolados para toda ela. Em termos de cálculo propriamente dito, a avaliação do custo ambiental incorporou os custos de construção, operação e manutenção de estruturas alternativas que permitam assegurar que, no ano de 2035, ou seja, no último ano do período de simulação todas as necessidades de água associadas aos exemplos considerados sejam supridas.

No caso do custo ambiental associado a águas superficiais, o exemplo escolhido foi o sistema composto pelas albufeiras Funcho e Arade, que constitui uma fonte de abastecimento fundamental para o Barlavento Algarvio tanto para o uso doméstico como agrícola. A estrutura alternativa a considerar deverá permitir fornecer o volume de água necessário para satisfazer a procura prevista para 2035 nessa zona. Para o custo ambiental associado a captações subterrâneas, optou-se pelo exemplo do aquífero Querença-Silves, pela sua importância estratégica no fornecimento de água à região sendo que, neste caso, a solução alternativa a considerar deverá assegurar um volume de água correspondente ao volume não sustentável máximo a ser captado no aquífero Querença-Silves no final do período de simulação considerado.

As secções seguintes exemplificam as considerações feitas para esta avaliação, explicitando os dois exemplos escolhidos.

#### 5.3.3.1. Custo ambiental associado a captações superficiais

A estimativa do o custo ambiental associado a águas superficiais assentou no exemplo do sistema de albufeiras Funcho-Arade. Com cerca de 43 hm<sup>3</sup> de volume útil, a albufeira do Funcho está actualmente alocada a ambos os usos: abastecimento público (máximo de 23 hm<sup>3</sup>) e agrícola. Por sua vez, a albufeira do Arade está disponível para a agricultura. Admite-se, para avaliação do custo ambiental, que esta distribuição se mantém válida até ao fim do período de simulação. Nesse contexto, em 2035, verifica-se que, para além dos 23 hm<sup>3</sup> captados na albufeira do Funcho, são ainda necessários, para suprir as necessidades para o abastecimento público do Barlavento Algarvio, 10 hm<sup>3</sup>, importados da zona de Sotavento Algarvio através da estação elevatória reversível, 3 hm<sup>3</sup> captados no aquífero Querença-Silves e transportados para a ETA de Alcantarilha, subsistindo ainda um défice de perto de 34 hm<sup>3</sup>.

Nessas condições, para além do volume captado na albufeira do Funcho, o volume máximo necessário para satisfazer as necessidades para abastecimento público na zona do Barlavento Algarvio no último ano de simulação (2035) ascende a perto de 47 hm<sup>3</sup>. Admitiram-se duas soluções alternativas para “fornecer” este volume de água:

a) a primeira foi a construção de uma barragem, com um volume útil de 47 hm<sup>3</sup>, cujos custos associados, correspondentes à construção, exploração e manutenção da mesma, foram estimados com base nos dados existentes para a barragem do Funcho. A estimativa assim efectuada levou a um valor do custo ambiental de 0.009 €/m<sup>3</sup>.

b) a segunda opção considerada foi a construção de duas dessalinizadoras, com uma capacidade diária de tratamento de cerca de 750 L/s para cada uma delas. Neste caso, os mais elevados custos de exploração dão origem a um custo ambiental pouco inferior a 0.17 €/m<sup>3</sup>.

#### 5.3.3.2. Custo ambiental associado a captações subterrâneas

No caso da avaliação do custo ambiental associado às captações subterrâneas, como já foi referido anteriormente, o aquífero Querença Silves foi considerado como representativo da situação/utilização das águas subterrâneas na região do Algarve. Segundo a informação recolhida, é razoável considerar que o volume sustentável para captação neste aquífero corresponde a 80% da recarga do mesmo em ano médio, sendo os restantes 20% correspondentes a descargas naturais. Assim, no ano de 2000 por exemplo (ano médio), o volume de recarga do aquífero Querença-Silves foi de 86 hm<sup>3</sup> ao qual esteve associado um volume descarregado pelas nascentes do aquífero de 21 hm<sup>3</sup>. Nesse caso, o volume sustentável para captação corresponde à diferença entre estes dois valores, ou seja 65 hm<sup>3</sup>.

De acordo com os pressupostos, a estrutura alternativa a construir deverá permitir fornecer o volume de água correspondente à captação de 21 hm<sup>3</sup>. Mais uma vez, admitiram-se duas soluções alternativas para cumprir este requisito:

a) a construção de uma barragem com um volume útil de 21 hm<sup>3</sup> para a qual os cálculos efectuados para os custos de investimento e de exploração levaram a um valor do custo ambiental de 0.006 €/m<sup>3</sup> aproximadamente.

b) a construção de duas dessalinizadoras com uma capacidade unitária de  $10.5 \text{ hm}^3/\text{ano}$ . Neste segundo caso, à semelhança do que aconteceu na estimativa do custo ambiental associado a captações superficiais, o valor do custo ambiental obtido é bastante superior ao estimado considerando a construção de uma barragem, sendo de  $0.12 \text{ €/m}^3$ .

Com base nestas estimativas e tendo em conta que (i) a reabilitação de um aquífero degradado é muito mais morosa e dispendiosa que a de uma albufeira e que os custos de captação, nomeadamente custos energéticos, em aquíferos são mais elevados que os custos associados à captação em albufeiras, e que (ii) o aquífero de Querença-Silves tem características únicas sendo, no Algarve, o mais importante aquífero, com maior volume de água disponível com qualidade, e uma reserva de água fundamental para consumo doméstico e agrícola, optou-se por admitir que:

- o custo ambiental associado à captação de águas subterrâneas é de  $0.15 \text{ €/m}^3$  (superior aos valores estimados com cada uma das alternativas estudadas),
- o custo ambiental associado a águas superficiais corresponde ao valor médio dos custos ambientais associado às duas alternativas (dessalinizadora e a construção de uma nova barragem), tendo-se admitido um valor de  $0.10 \text{ €/m}^3$ .

#### 5.3.3.3. Custo ambiental associado a poluição

No que diz respeito à poluição originada por descargas de efluentes, o custo ambiental associado foi estimado como sendo igual ao custo de tratamento de nível secundário, estimado em  $0.2 \text{ €/m}^3$ . Mais ainda, o modelo requer a introdução de “bónus” associados a efluentes tratados, para os quais foram admitidos valores de  $0.15 \text{ €/m}^3$  no caso de tratamento secundário e  $0.2 \text{ €/m}^3$  no caso do efluente ter sido tratado com nível terciário.

## 6. Opções de gestão de recursos hídricos simuladas e resultados



## 6.1. Introdução

Depois da criação da base de dados referida no Capítulo 3 e da definição dos cenários apresentados no Capítulo 5, foram iniciadas as diferentes simulações pretendidas. Numa primeira fase, as diferentes opções de gestão de recursos hídricos escolhidas foram simuladas individualmente, de forma a poder avaliar o seu valor intrínseco e a sua incidência na região e assim poder compará-las entre si em termos de eficiência e custos. A selecção e combinação temporal e espacial de diferentes opções permitirão definir, no capítulo seguinte, estratégias de gestão de recursos hídricos de forma a atingir objectivos de desenvolvimento fixados.

Todas as opções aqui apresentadas enfatizam a óptica do abastecimento público da região. Apesar da actual concessão do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve, gerido pela Águas do Algarve, S.A. terminar em 2025, foi considerado um período de simulação de 35 anos, com início no ano de 2000, de forma a abranger os períodos de amortização dos investimentos relativos às diferentes infra-estruturas consideradas. São apresentados, para cada uma das opções estudadas, os resultados considerados mais importantes e relevantes no estudo do abastecimento público. Assim, para cada uma das opções são apresentados, para os cenários C1 e C2, a taxa de cobertura para o abastecimento público e os custos directos e ambientais associados (valores actuais, período 2006-2035). Em cada uma das figuras seguintes apresentando resultados, a referência “C1” ou “C2” que precede o nome da opção em estudo indica o cenário usado para simulação da mesma.

As opções são subdivididas em três categorias principais:

- as opções estruturais, que englobam opções que aumentem a quantidade de água no sistema,
- as opções não-estruturais, ou opções de gestão da procura, que pretendem diminuir a procura, através da redução de perdas ou mesmo da própria capitação/necessidades, e
- as opções de tipo operacional, que tendem a otimizar as condições de funcionamento do Sistema Multimunicipal.

## 6.2. Caso de referência

Considerando as combinações de cenários definidas e os dados necessários para a definição do sistema, o primeiro passo é avaliar o comportamento do sistema ao longo dos 35 anos que constituem o período de simulação admitido, definindo assim o caso de referência. A definição deste caso de referência permite ao utilizador identificar, espacial e temporalmente, as situações de escassez de água admitindo que nenhuma intervenção ou alteração (opção de gestão de recursos hídricos) é introduzida no sistema inicial para melhorar a disponibilidade de água ou para reduzir os níveis de procura na bacia. Todos os resultados obtidos permitem caracterizar a bacia sob o ponto de vista, económico, ambiental e da disponibilidade hídrica.

A Figure 6.1 apresenta a taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve para os dois cenários considerados. Os resultados são apresentados Se nenhuma medida de gestão de recursos hídricos for introduzida na região, a taxa de cobertura para abastecimento público, no início do período de simulação com valores próximos dos 95%, atingirá valores pouco superiores a 70% no final do período de simulação. Essa descida é originada pelo crescimento da população considerado e consequentemente do aumento da procura em água, que não consegue ser satisfeita com as origens de água actualmente existentes. Os períodos mais secos introduzidos

nos cenários hidrológicos apresentados no Capítulo 5 traduzem-se em “descidas” da taxa de cobertura para o abastecimento público, nomeadamente nos períodos 2004-2011, 2016-2019 e 2027-2030, que correspondem a períodos secos. Mais ainda, verifica-se que no cenário C2 esses períodos são mais longos do que no cenário C1, facto explicado pelo cenário hidrológico ser mais gravoso no cenário C2.

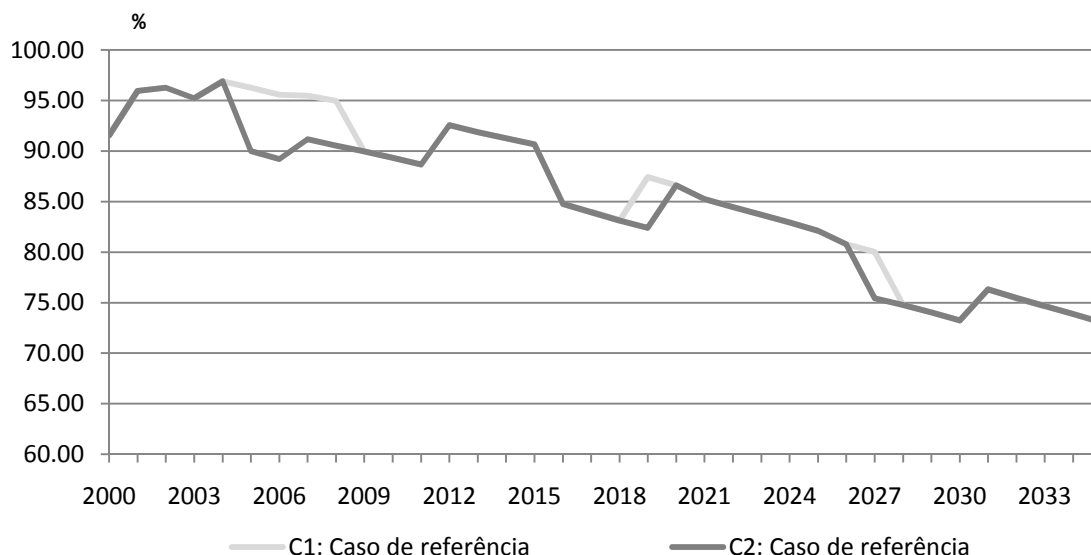


Figura 6.1: Caso de referência - Taxa de cobertura da região do Algarve para abastecimento público

A Figura 6.2 apresenta o índice de exploração do aquífero Querença-Silves, o mais importante da região, para cada um dos cenários, C1 e C2, definidos anteriormente. Este índice representa a razão entre o volume captado e o volume de recarga e permite analisar o comportamento do aquífero, mais especificamente verificar se existe sobre-exploração do mesmo, i.e., valores do índice de exploração superiores a 100%.

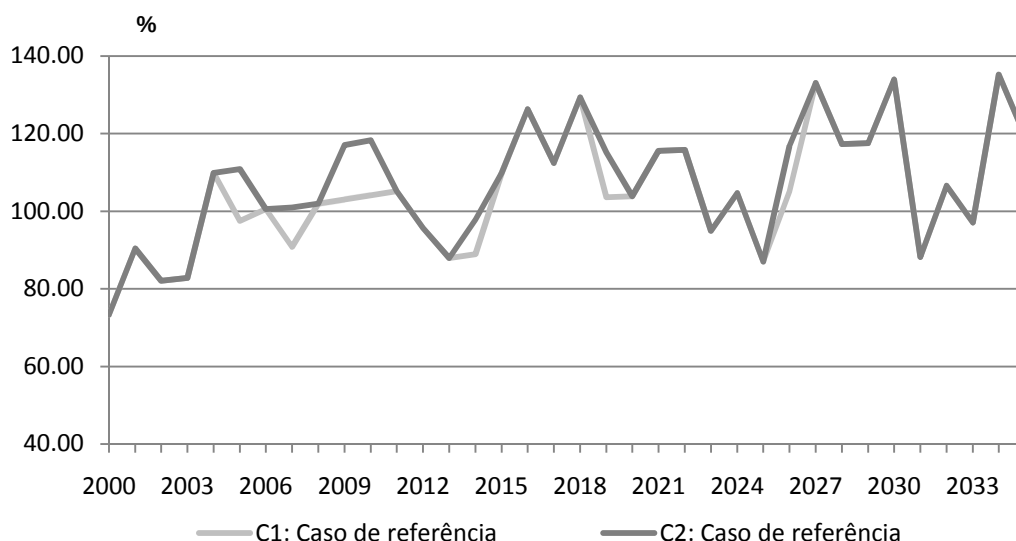


Figura 6.2: Caso de referência - Índice de exploração do aquífero Querença-Silves

Verifica-se então que para ambos os cenários, C1 e C2, os valores do índice de exploração ultrapassam os 100% em mais de 2/3 do período de simulação, traduzindo situações de sobre-

exploração do aquífero, com maior gravidade nos períodos secos já identificados anteriormente. Em média, ao longo do período de simulação, este índice apresenta valores pouco superiores a 100% (105% e 107% para os cenários C1 e C2 respectivamente), verificando-se que, após os três principais períodos secos, o índice de exploração do aquífero Querença-Silves baixa para valores inferiores a 100%, revelando ainda alguma capacidade do mesmo em recuperar dessas situações de sobre-exploração.

No que diz respeito aos custos associados, a Figura 6.3 apresenta os valores obtidos para os custos directos e ambientais nos dois cenários, C1 e C2, admitidos na análise. Os custos directos correspondem ao somatório de todos os custos de investimento e custos de operação e manutenção associados ao abastecimento público na região. Por sua vez, os custos ambientais também contemplam exclusivamente o sector do abastecimento público e podem ser subdivididos em três parcelas: custos ambientais associados a captações superficiais, custos ambientais associados a captações subterrâneas e custos ambientais associados a poluição.

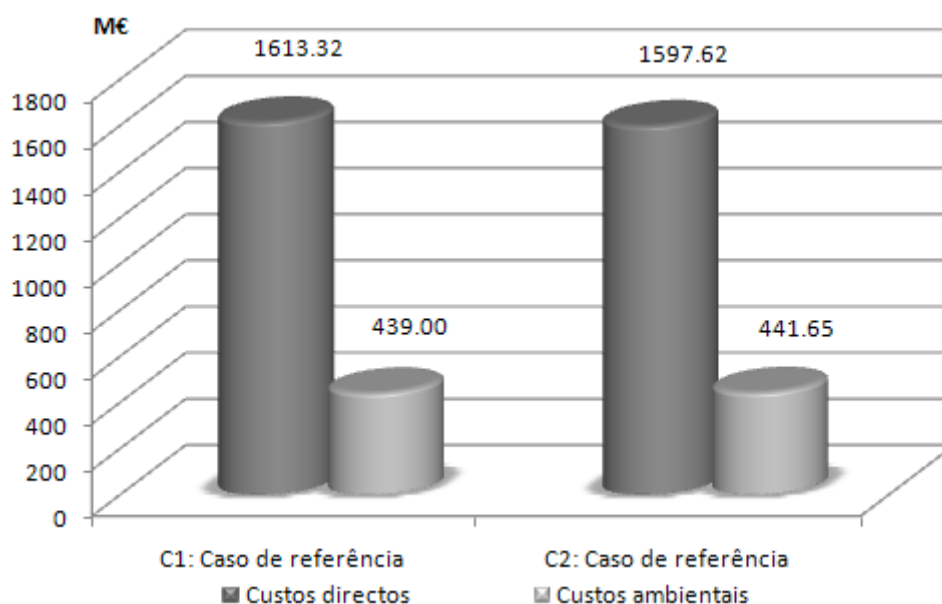


Figura 6.3: Caso de referência - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões de €)

Os valores apresentados correspondem aos valores actuais admitindo como ano de referência o ano de 2006, ano em que a maioria dos investimentos associados ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve já estão realizados. Assim, verifica-se que para o período 2006-2035, os custos directos são superiores no cenário C1, correspondente a ser utilizado um maior volume de água que no cenário C2, originando maiores custos de operação e manutenção. No caso dos custos ambientais, o acréscimo verificado no cenário C2 deve-se ao facto de existirem maiores volumes de água subterrânea captados para minimizar os défices em água verificados com o recurso a água superficiais.

As opções de gestão de recursos hídricos apresentadas nas secções seguintes serão comparadas com o caso de referência, permitindo uma avaliação do seu impacte na região.

### 6.3. Opções estruturais analisadas

#### 6.3.1. Construção de barragem

##### 6.3.1.1. Descrição da opção “Odelouca”

Uma das maiores limitações no abastecimento verificadas na região prende-se com a limitação do volume captado na albufeira do Funcho que origina um défice de água em muitos dos Municípios de Barlavento, principalmente durante períodos secos, e isso para qualquer um dos cenários considerados neste estudo.

Por esse motivo, a primeira opção aqui apresentada diz respeito à perspectivada implementação da barragem de Odelouca que tem como principal objectivo garantir uma taxa de cobertura do abastecimento público superior a 95% no Barlavento algarvio. De acordo com a informação existente (Hidroprojecto, 2005), prevê-se que esse reforço do abastecimento de água só possa ser efectivo a partir de 2012, devido ao período previsto para conclusão da barragem e enchimento da respectiva albufeira. Esse facto prende-se principalmente com as dificuldades encontradas para a aceitação da construção desta barragem, principalmente por parte das Organizações Não Governamentais (ONG's) que desencadearam a apresentação de uma queixa formal junto da União Europeia, atrasando mais de cinco anos a entrada em funcionamento prevista da barragem.

A albufeira de Odelouca estará localizada no Barlavento Algarvio (Figura 6.4) e tem um volume total previsto de 157 hm<sup>3</sup> e um volume útil de 134 hm<sup>3</sup>. Foi entretanto já construído o túnel de Odelouca-Funcho, com um comprimento de 8110 m e um diâmetro de 2.4 m, que permite a transferência dos caudais afluentes à ribeira de Odelouca para o adutor Funcho-Alcantarilha, permitindo assim assegurar o transporte da água bruta até à ETA de Alcantarilha (Estação de Tratamento de Água) para tratamento e adução no Sistema Multimunicipal de abastecimento.

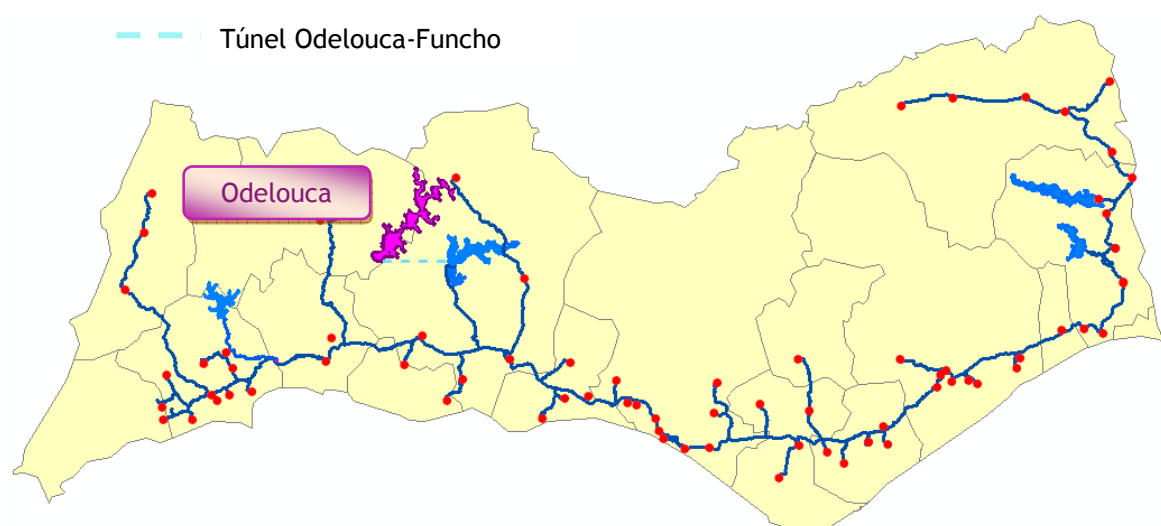


Figura 6.4: Localização da albufeira de Odelouca

##### 6.3.1.2. Estimativa dos custos associados

Para efeitos de simulação, foram considerados os custos referidos pela empresa Águas do Algarve, S.A., admitindo-se um custo total dos trabalhos de construção da barragem de 75.000.000 € e um custo de operação e de manutenção de 0.048 €/m<sup>3</sup> de água bruta.

Mais ainda, os custos de construção do túnel Odelouca-Funcho que assegurará o transporte da água bruta até à ETA de Alcantarilha ascendem os 25.800.000 € e os custos de operação e de manutenção dessa estrutura serão da mesma ordem de grandeza dos custos associados à barragem de Odelouca, ou seja, 0.048 €/m<sup>3</sup>.

#### 6.3.1.3. Resultados

A Figura 6.5 mostra a evolução da taxa de cobertura do abastecimento público obtida com recurso ao modelo WSM-DSS ao longo do período de simulação.

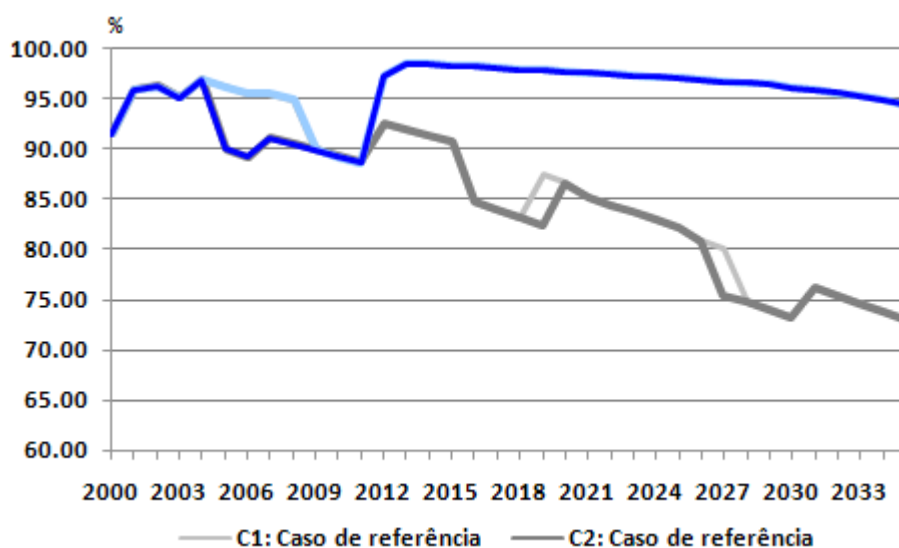


Figura 6.5: Odelouca - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Verifica-se que, a partir de 2012, ou seja, no ano previsto para a entrada em funcionamento da barragem de Odelouca, e pelo seu efeito, a taxa de cobertura do abastecimento público passa de 92% (no cenário de referência) para 97%, sendo que somente a partir de 2034 se verifica um valor inferior a 95%. Os resultados coincidentes verificados para os dois cenários C1 e C2 com a implementação da barragem mostram que esta opção não é afectada pelo cenário hidrológico mais gravoso definido para o cenário C2. A introdução da barragem representa uma diminuição percentual do défice de água para o abastecimento público de mais de 83% em média para os dois cenários, no período 2012-2035.

De notar que, pelo mesmo efeito, se considerada apenas a zona de Barlavento (Figura 6.6), essa taxa de cobertura para o abastecimento público atinge valores sempre superiores a 95% (média de 98% de 2012 a 2035) para os dois cenários considerados. Em 2035, a taxa de cobertura do Barlavento é ainda superior a 95%, confirmando que a barragem cumpre os objectivos para os quais foi dimensionada.

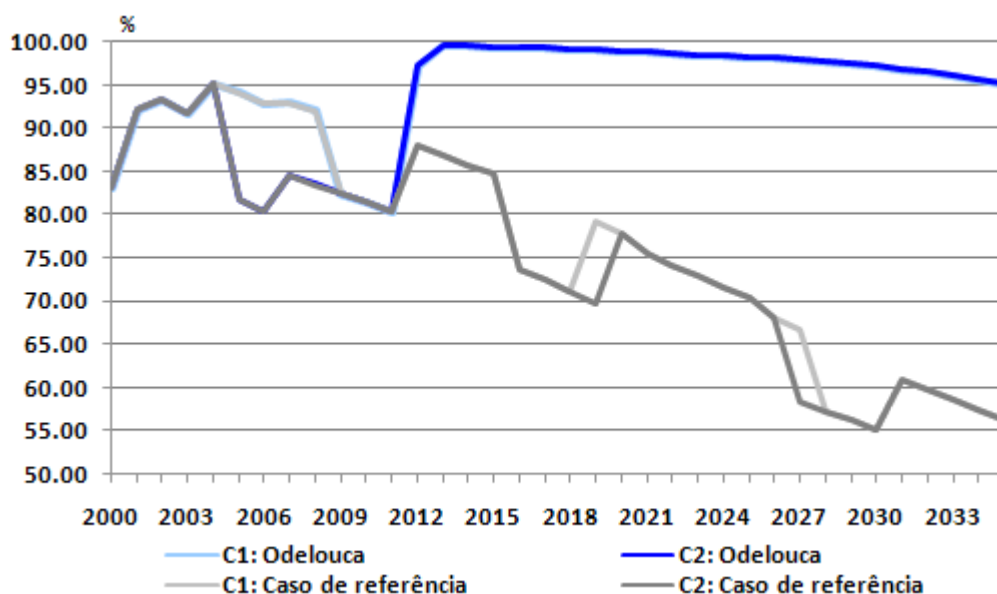


Figura 6.6: Odelouca - Taxa de cobertura para abastecimento público na zona do Barlavento Algarvio

Em termos de custos directos e ambientais, a construção da barragem de Odelouca implica um grande aumento dos mesmos, tal como seria de esperar dada a dimensão da opção considerada.

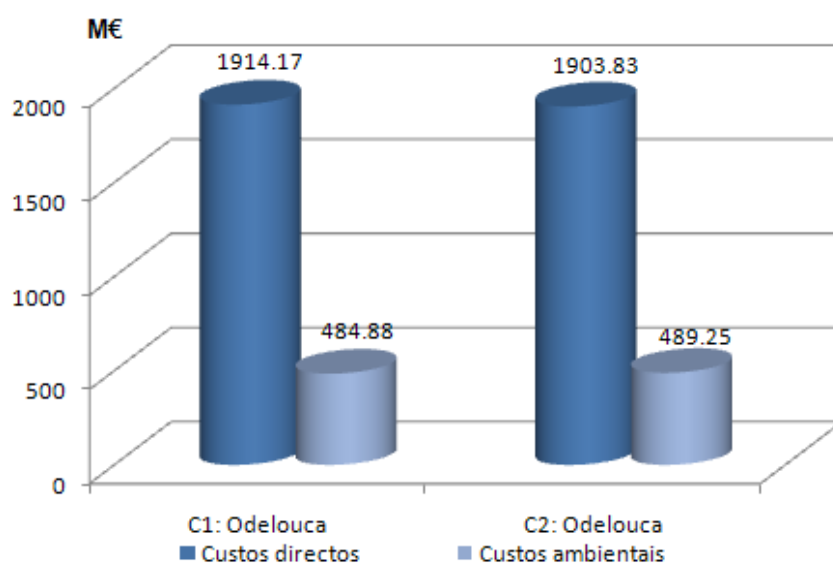


Figura 6.7: Odelouca - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

Em termos de custos directos, verifica-se um aumento da ordem dos 18.6% para o cenário C1 e 19.2% para o cenário 2 (Figura 6.7) relativamente ao caso de referência. No que diz respeito aos custos ambientais, o aumento esperado dos mesmos com a entrada em funcionamento do empreendimento de Odelouca em 2012 atinge quase 10.5% para o cenário C1 e 10.8% para o cenário C2.

### 6.3.2. Captação de águas subterrâneas

#### 6.3.2.1. Descrição da opção “aquífero Querença-Silves”

Tal como referido no Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 2000c), o Algarve é uma região onde as águas subterrâneas assumem um papel muito importante e estratégico. De facto, à exploração intensiva desses recursos para diferentes usos corresponde uma grande densificação de furos (nomeadamente no litoral) e elevados níveis de concentração de cloretos e nitratos das águas subterrâneas, acima do limite legalmente admissível. Essas questões tornaram-se mais sensíveis pelo facto da maioria dos aquíferos identificados estar localizada perto do mar e serem essencialmente constituídos por rochas carbonatadas, o que aumenta o risco de salinização.

Apesar da solução adoptada no Algarve para resolver os problemas emergentes no abastecimento público originados pelo aumento da procura tenha sido a construção de um Sistema Multimunicipal baseado em águas superficiais, parece cada vez mais evidente que uma exploração sustentável de ambos os recursos, superficiais e subterrâneos, seria uma solução muito mais eficiente, evitando a dependência quase total do abastecimento público da região nos recursos hídricos superficiais. No entanto, a análise das características dos aquíferos existentes na região e mais especificamente das suas disponibilidades hídricas mostra que o aquífero Querença-Silves (Figura 6.8) é o único com características de qualidade e produtividade susceptíveis de permitir equacionar a criação de novas captações, como já foi referido no Capítulo 4.

Os resultados dos numerosos estudos e diferentes modelações do aquífero não têm sido consensuais no que diz respeito aos níveis de recarga do aquífero e ao seu comportamento. No entanto, parece razoável, de acordo com os dados existentes, admitir como condição-limite uma utilização de 80% da recarga do aquífero em ano médio, de forma a evitar problemas de quantidade e qualidade da água no aquífero e assegurar o volume estimado de descargas naturais (Maia e Silva, 2007).

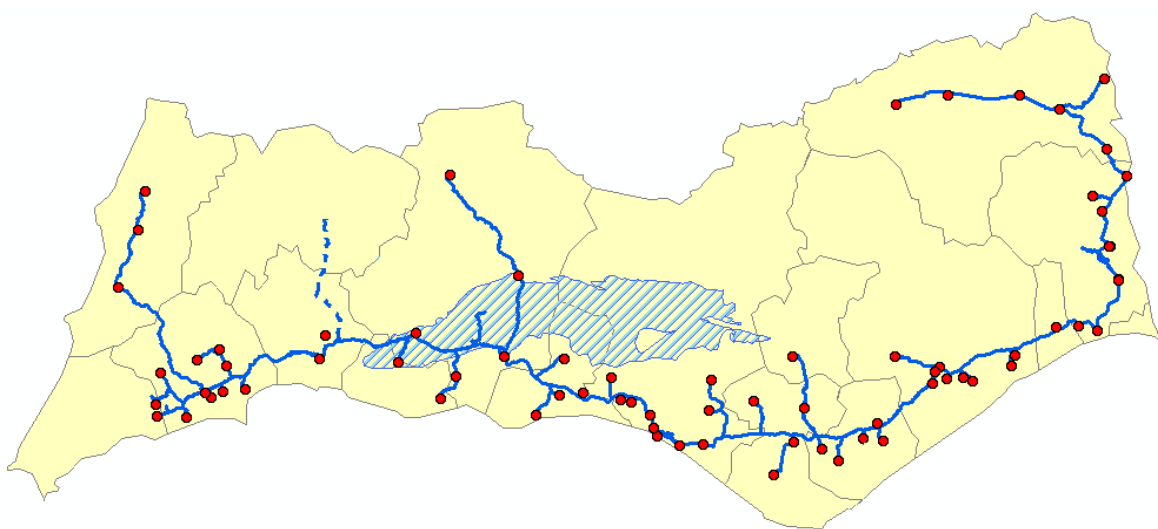


Figura 6.8: Aquífero Querença-Silves

Nesse contexto, uma das opções estudadas neste estudo prende-se com a realização de novas captações para abastecimento público no Barlavento Algarvio. Mais especificamente, pretende-se aproveitar a existência de furos já equipados no perímetro de rega de Benaciate, situado naquela zona, para exploração de um caudal de 306 l/s e dos quais apenas 15 l/s estão a ser utilizados para rega. Na prática, admitiu-se a captação já existente na zona de Vale da Vila-Alcantarilha, que teve início em 2004 e cujo volume captado é da ordem dos 250.000 m<sup>3</sup>/mês. Devido ao menor período de implementação desta opção, admitiu-se que as captações entrariam em funcionamento no início de 2007, começando a abastecer directamente a ETA de Alcantarilha.

Assim, criou-se uma nova captação com início em 2007 e com uma capacidade limitada a 13 hm<sup>3</sup>/ano. Este valor, apresentado no estudo realizado pela Hidroprojecto (2005) foi definido de acordo com o balanço hidrológico do aquífero, com vista a assegurar um reforço que permita manter um nível de qualidade adequado do abastecimento público até à entrada em funcionamento da barragem de Odelouca. Convém referir que neste estudo, as características do aquífero consideradas são as apresentadas no Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 2000c).

Na prática, verificou-se que depois do período seco da década de 1990, o aquífero recuperou níveis piezométricos aceitáveis com bastante rapidez. No entanto, as captações realizadas no aquífero para abastecimento público foram intensificadas no fim do ano de 2005 e levaram a uma descida dos níveis piezométricos muito superior ao previsto, mostrando a dificuldade em prever o comportamento do aquífero e consequentemente em definir o limite para o volume a ser captado no mesmo.

#### 6.3.2.2. Estimativa dos custos associados

Para efeitos de simulação e tendo em conta o estudo sobre “Reforço do abastecimento de água no Algarve” realizado pela Hidroprojecto (2005), admitiu-se que a construção e equipamento das novas captações no aquífero de Querença-Silves para abastecimento público teria um custo de cerca de 28.850.000€. Em termos de custos de operação e manutenção, foi considerado um valor de 0.03 €/m<sup>3</sup> de água captada.

#### 6.3.2.3. Resultados

Observa-se que, com a aplicação da opção, como esperado, logo em 2007, se verifica uma melhoria da taxa de cobertura para abastecimento da ordem dos 3.5% para o cenário C1 e 7% para o cenário C2 (Figura 6.9).

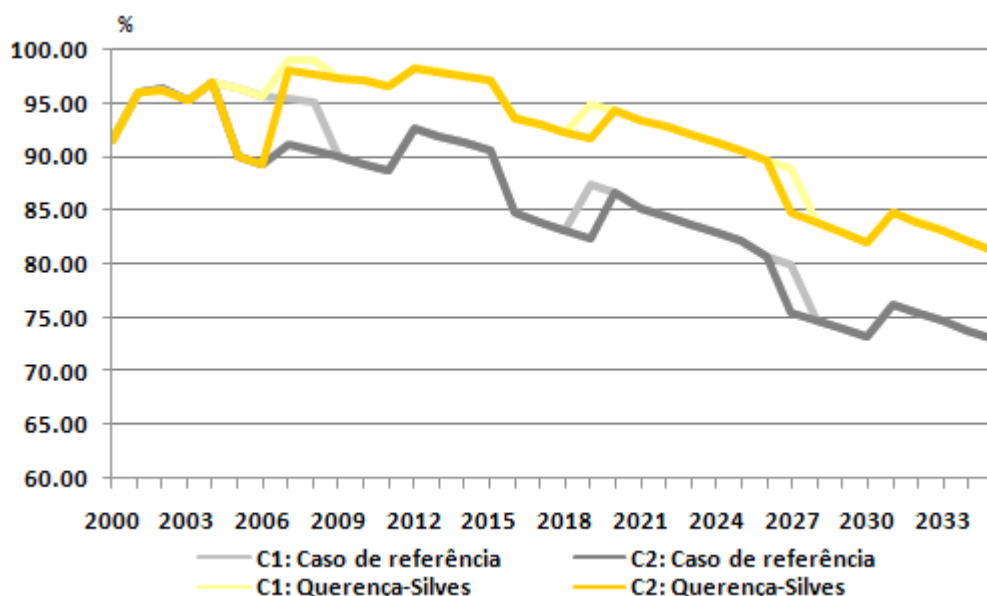


Figura 6.9: Captações de água no aquífero Querença-Silves - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Em média, essa melhoria mantém-se na ordem dos 8% durante todo o período de análise, ou seja até 2035. Verifica-se que o comportamento das curvas correspondentes à implementação da opção é semelhante ao verificado para o caso de referência. Essa observação tem explicação óbvia no facto do volume máximo a ser captado ter um limite constante de 13 hm<sup>3</sup>, que é sempre alcançado e insuficiente para satisfazer as necessidades crescentes verificadas ao longo do período de simulação.

Como se pode verificar na Figura 6.10, a intensificação das captações no aquífero Querença-Silves piora obviamente a situação, originando um agravamento do índice de exploração em relação aos valores verificados para o caso de referência, para cada um dos cenários considerados. Como seria de esperar, os valores mais elevados do índice de exploração verificam-se durante os períodos secos, nomeadamente em 2006-2011, 2016-2019 e 2027-2030. Para os dois cenários considerados, os valores do índice de exploração ultrapassam mesmo os 150% em 2027, 2030 e 2034 que representam três anos muito secos nos dois cenários. No entanto, à semelhança do que se tinha observado para o caso de referência, verifica-se uma recuperação do aquífero, que após cada um dos períodos secos referidos anteriormente volta a apresentar valores do seu índice de exploração inferiores, no entanto ainda acima do limite máximo de 100% julgado adequado para evitar situações de sobre-exploração. Neste contexto, parece razoável equacionar o recurso a novas captações de água no aquífero Querença-Silves somente até ao ano 2013, monitorizando os níveis piezométricos do aquífero e, preferencialmente, combinando estas captações com outras soluções alternativas.

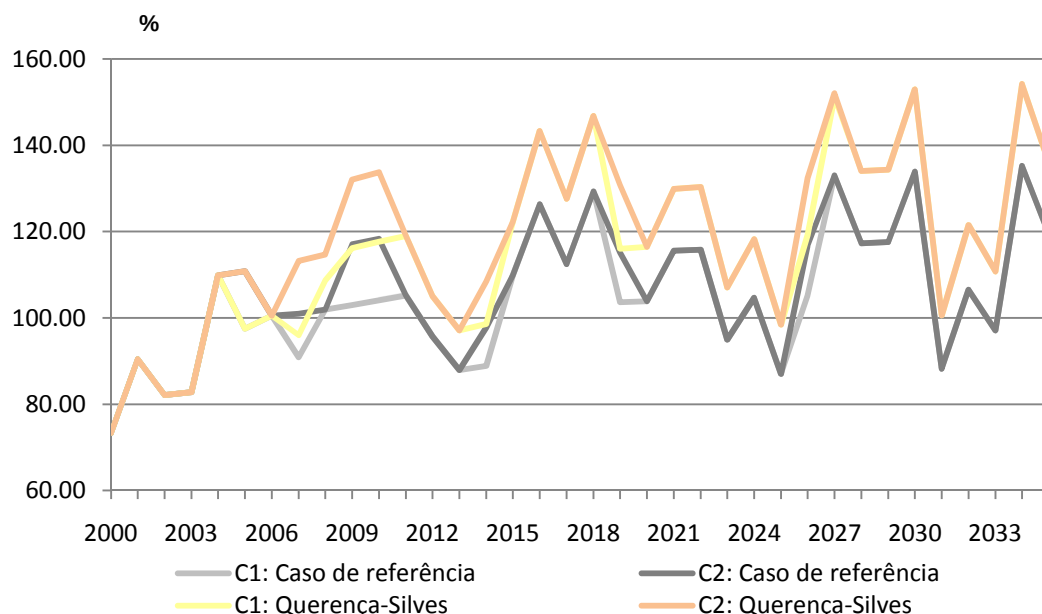


Figura 6.10: Índice de exploração do aquífero Querença-Silves

O recurso a novas captações subterrâneas apresenta vantagens em termos construtivos e prazos de realização uma vez que parte das infra-estruturas já existe. Em termos de custos directos (Figura 6.11), o aumento verificado, em relação ao caso de referência, com a introdução desta opção é de 8.1%, para o cenário C1 e 8.6% para o cenário C2. Em termos de custos ambientais, esse aumento atinge valores próximos dos 9.5% em comparação com o caso de referência. Este valor pode ser considerado elevado se for tido em consideração o facto do volume máximo captado ser de 13 hm<sup>3</sup>, ou seja, bastante inferior ao que é permitido com a implementação da barragem de Odelouca. No entanto, um aspecto importante a reter é o facto do valor do custo ambiental associado a captações subterrâneas ser 1.5 vezes superior ao valor admitido para captações superficiais, tendo como consequência directa maiores custos ambientais.

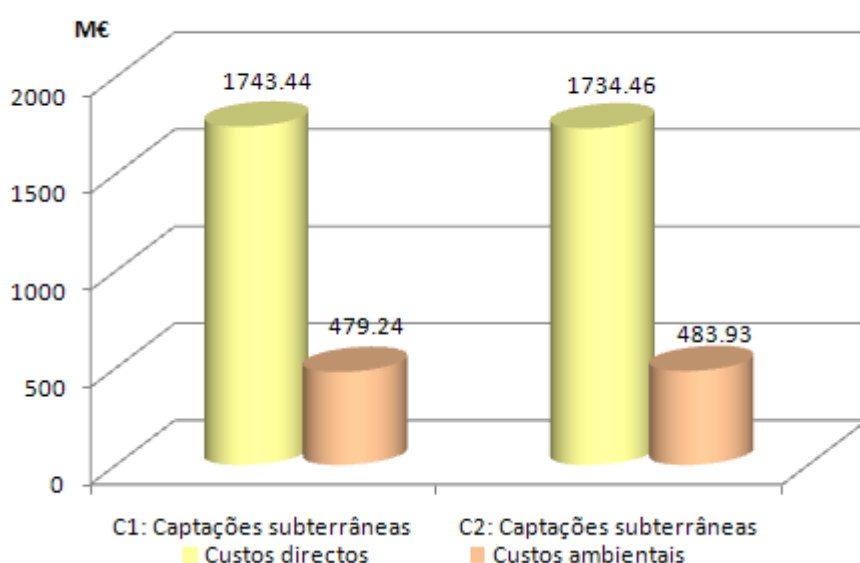


Figura 6.11: Captações de água no Querença-Silves - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

### 6.3.3. Importação da barragem de Santa Clara

#### 6.3.3.1. Descrição da opção

A barragem de Santa Clara (Figura 6.12), com entrada em exploração em 1970, está maioritariamente alocada à agricultura, sendo o regadio público do Mira um dos principais beneficiários. Este regadio público é abastecido através do canal do Mira e canal do Rogil, já no concelho de Aljezur. A albufeira de Santa Clara apresenta uma capacidade total de  $485 \text{ hm}^3$  mas somente uma capacidade útil de  $240 \text{ hm}^3$ . O estudo levado a cabo pela Hidroprojecto (2005) mostrou que é possível efectuar um reforço ao abastecimento público do Algarve a partir da albufeira de Santa Clara, da ordem dos  $20 \text{ hm}^3/\text{ano}$ , com garantia de 100%, no período de 50 anos admitido para o estudo. Desse modo, parece razoável considerar como opção de gestão de recursos hídricos uma importação da barragem de Santa Clara até à ETA de Alcantarilha de cerca de  $20 \text{ hm}^3$  por ano, ou seja  $650 \text{ l/s}$ .



Figura 6.12: Barragem de Santa Clara (<http://cnpqb.inag.pt>)

Subsiste no entanto uma incógnita no que diz respeito à origem da captação. De facto, foram inicialmente apontadas duas soluções para esta medida. A primeira consistiria numa captação directamente no canal do Mira, que permitiria reduzir a extensão da rede adutora a construir. A desvantagem mais óbvia prende-se com o facto da empresa Águas do Algarve, S.A. ter que suportar custos adicionais para comprar a água, traduzindo-se numa consequente “dependência” da Associação de Beneficiários do Mira. A segunda solução, com um custo de investimento superior, passaria por realizar uma captação directamente na albufeira de Santa Clara. Essa solução, para além de exigir um maior custo de investimento na conduta adutora também implica outras diligências tais como um processo para licenciamento dessa captação. No entanto, essas desvantagens económicas e certamente também temporais têm que ser ponderadas perante o facto desta solução permitir à empresa AdA uma total independência em relação à Associação de Beneficiários do Mira, o que, em termos de gestão do Sistema Multimunicipal poderá representar uma séria vantagem. Mais ainda, o estudo de viabilidade económica realizado revelou vantagens óbvias na segunda opção. De facto, os custos de aquisição da água calculados

revelaram que seria mais económico investir numa conduta adutora desde a barragem, apesar de apresentar maior extensão e por isso maior custo de investimento.

Com a introdução desta nova importação da albufeira de Santa Clara, tenta-se obviamente reduzir a dependência do sistema de abastecimento nas albufeiras existentes na região, nomeadamente na albufeira do Funcho permitindo maior disponibilidade de água para satisfazer as necessidades associadas aos regadios públicos abastecidos pela albufeira do Arade, a jusante da albufeira do Funcho.

Para efeitos de simulação, admitiu-se a entrada em funcionamento da captação de água na albufeira de Santa Clara em 2008. No entanto, parece pouco provável que seja possível, em tão curto espaço de tempo, realizar os estudos necessários e levar a cabo o processo de licenciamento. No entanto, os resultados aqui obtidos quase somente difeririam em termos temporais, uma vez que o atraso da implementação da opção de 1 ou 2 anos não iria alterar o comportamento observado, nomeadamente para a taxa de cobertura do abastecimento público.

#### 6.3.3.2. Estimativa dos custos associados

A construção da nova captação na albufeira de Santa Clara implica construir uma rede adutora que ligue essa captação à ETA de Alcantarilha. Analisando os elementos georreferenciados disponíveis e de acordo com o trabalho realizado pela Hidroprojecto (2005), essa rede adutora deverá ter um comprimento de perto de 55.5 km cujo custo estimado de investimento seria da ordem dos 27.500.000 €. O custo de operação e manutenção associado avalia-se em 0.036 €/m<sup>3</sup> de água captada.

#### 6.3.3.3. Resultados

A análise da taxa de cobertura para o abastecimento público (Figura 6.13) revela uma evolução da mesma muito semelhante à observado no caso da implementação de novas captações no aquífero Querença-Silves, devendo-se ao facto de ambas as opções consistirem na adução de um volume fixo de água, diferindo apenas no volume considerado. Como seria de esperar, uma vez que esta nova captação é usada como fonte prioritária de abastecimento, o volume captado é de 20hm<sup>3</sup> logo no ano de 2008, mantendo-se este valor até ao fim do período de simulação. Assim, com a implementação isolada desta nova captação, é possível, para os dois cenários considerados manter a taxa de cobertura acima de 95% até 2016, atingindo-se um mínimo de cerca de 83% em 2035.

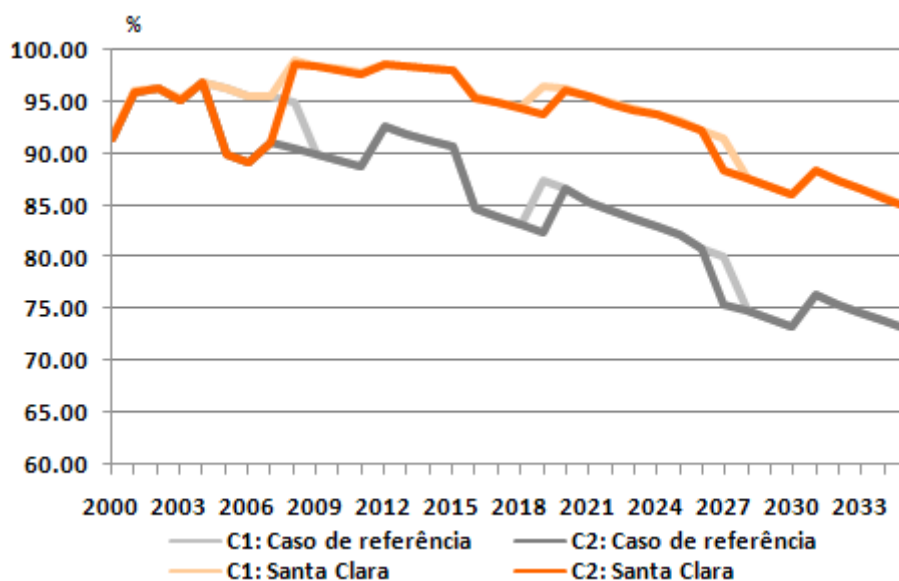


Figura 6.13: Santa Clara - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

A implementação desta nova captação de água na albufeira de Santa Clara, usada como fonte prioritária para o Sistema Multimunicipal, permite, como já referido anteriormente, aumentar, pelo menos durante alguns anos, as descargas da albufeira do Funcho para a albufeira do Arade, beneficiando assim os regadios públicos que dela dependem.

A introdução da nova captação na albufeira de Santa Clara acarreta um aumento de custos tanto directos como ambientais muito semelhantes para os dois cenários (Figura 6.14). No caso dos custos directos, este aumento relativamente ao caso de referência é de 11.2% para o cenário C1 e 11.6% para o cenário C2. Os custos ambientais por sua vez sofrem um aumento de 8.7% no cenário C1 e 8.9% no cenário C2. Uma vez que o volume captado atinge sempre o máximo permitido, a diferença verificada nos dois cenários está estritamente relacionada com as alterações que a implementação da medida origina no funcionamento do sistema.

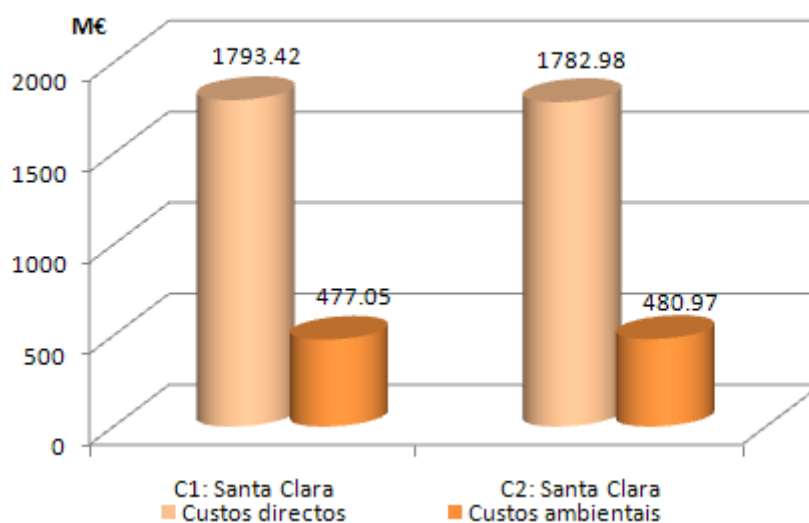


Figura 6.14: Santa Clara - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

#### 6.3.4. Dessalinizadoras

##### 6.3.4.1. Descrição da opção

A dessalinização constitui uma opção ainda muito pouco usada na região e em Portugal, a não ser nalgumas situações muito pontuais normalmente associadas a campos de golfe e empreendimentos turísticos. A água dessalinizada para consumo humano deve, em princípio, responder aos critérios da legislação definidos para tal, apresentando características das Classes A1 e A2. Desse modo, apesar deste estudo não incidir especificamente sobre o processo de dessalinização propriamente dito, admite-se que as dessalinizadoras construídas estarão dimensionadas para atender a esses critérios, o que se reflectirá nos custos associados.

É possível dessalinizar água salobra e água do mar, sendo que, no caso da região do Algarve, parece pouco adequado considerar dessalinização de água salobra uma vez que as zonas estuarinas não apresentam características compatíveis com captação de água para esse fim. Por esse motivo, admitir-se-á que será efectuada dessalinização de água do mar, com captação por poços em areais. Os custos de dessalinização de água do mar têm sofrido reduções significativas nos últimos anos, revelando-se uma solução bastante atractiva e apresentado um vasto leque de possibilidades.

No presente caso, para testar esta opção de gestão de recursos hídricos, foram considerados os quatro aglomerados com maior défice de abastecimento ao longo dos 35 anos do período de simulação, ou seja: Albufeira, Lagos/Luz, Lagoa e Portimão que, por si só, representam mais de 75% do défice total observado no cenário 1.

De acordo com a AdA, não é viável considerar dessalinizadoras com capacidade superiores a 500 l/s. Tendo essa limitação em linha de conta, foram consideradas quatro dessalinizadoras, a uma distância do mar entre 1000 e 3000 m e com as características apresentadas na Tabela 7.1. Mais ainda, admite-se que todas estas dessalinizadoras entram em funcionamento simultaneamente no ano de 2008, tendo sido admitido como capacidade máxima de tratamento 1/12 do défice anual verificado no ano de 2035 para o cenário C2.

##### 6.3.4.2. Estimativa dos custos associados

De acordo com o estudo da Hidroprojecto (2005) os custos de investimento de uma dessalinizadora de água do mar por osmose inversa, incluindo as etapas de pré-tratamento e de ajuste da qualidade da água dessalinizada (mas excluindo a captação e bombagem de água a dessalinizar e a bombagem da água tratada) são da ordem dos valores apresentados na Tabela 6.1:

Tabela 6.1: Custos de investimento associados à instalação de dessalinização

| Produção (m <sup>3</sup> /dia) | Investimento em capital fixo (€/m <sup>3</sup> xdia) |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|
| 28,800                         | 805                                                  |
| 65,000                         | 695                                                  |
| 120,000                        | 475                                                  |
| 140,000                        | 400                                                  |

A este valor deverão acrescer os custos associados às obras complementares a executar tais como poço de captação, condutas e estações elevatórias e emissários de descarga que, de acordo com o mesmo estudo, representam um acréscimo de 30% dos valores apresentados na Tabela 6.1.

Em termos de custos de operação e manutenção, a Hidroprojecto (2005) aponta valores da ordem dos 0.25 a 0.30 €/m<sup>3</sup>, englobando também os custos energéticos associados. Assim, admitiram-se os valores de capacidades de tratamento e custos apresentados na Tabela 6.2:

Tabela 6.2: Características e custos associados às dessalinizadoras consideradas

|           | Capacidade<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Custo de<br>construção<br>(€) | Custos de operação<br>e manutenção<br>(€/m <sup>3</sup> ) |
|-----------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Albufeira | 24,000                              | 25,000,000                    | 0.3                                                       |
| Lagoa     | 17,750                              | 18,500,000                    | 0.3                                                       |
| Lagos/Luz | 16,500                              | 17,500,000                    | 0.3                                                       |
| Portimão  | 23,250                              | 24,500,000                    | 0.3                                                       |

#### 6.3.4.3. Resultados

As quatro dessalinizadoras entram em funcionamento em 2008, permitindo desde logo minimizar os défices em água verificados através da utilização de água do mar. Verifica-se que a introdução destas dessalinizadoras permite manter valores da taxa de cobertura superiores a 95% até ao ano de 2027 e 2028 para os cenários 1 e 2 respectivamente. No entanto, a implementação desta medida de gestão só atenua o agravamento do défice em água verificado no período seco de 2027 a 2030 (Figura 6.15).

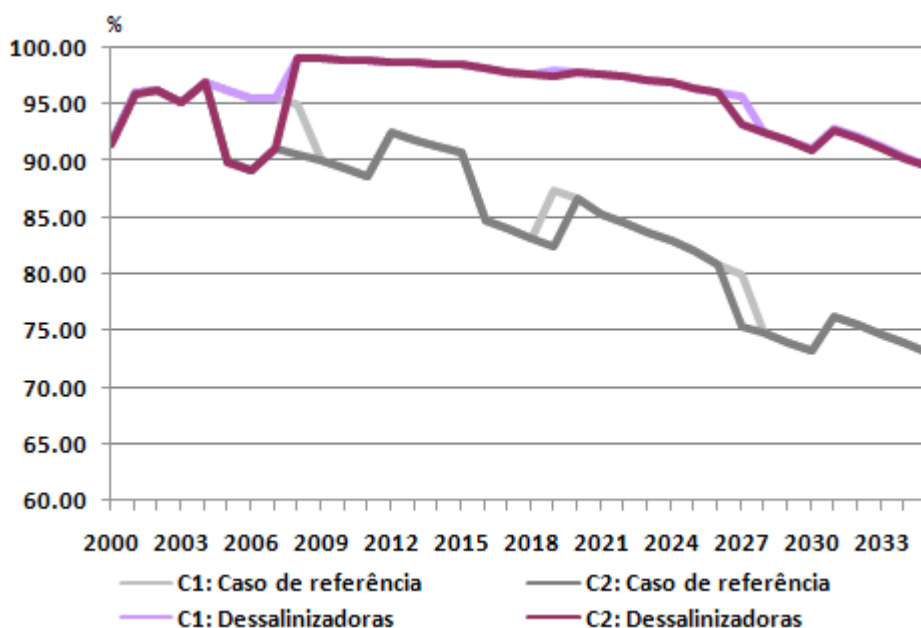


Figura 6.15: Dessalinizadoras - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

A implementação das dessalinizadoras implica um grande investimento inicial mas também acarreta custos de operação e manutenção muito superiores aos associados a outra opção de tipo estrutural como uma albufeira por exemplo. O aspecto positivo reside, sem dúvida, no facto desta opção permitir uma redução dos custos ambientais como se pode verificar na Figura 6.16.

Assim, observa-se um aumento dos custos directos de 16.5% e 17% para os cenários C1 e C2 respectivamente, sendo que os custos ambientais são reduzidos, em relação ao caso de referência, em mais de 1% no cenário C1 e cerca de 0.7% no cenário C2.

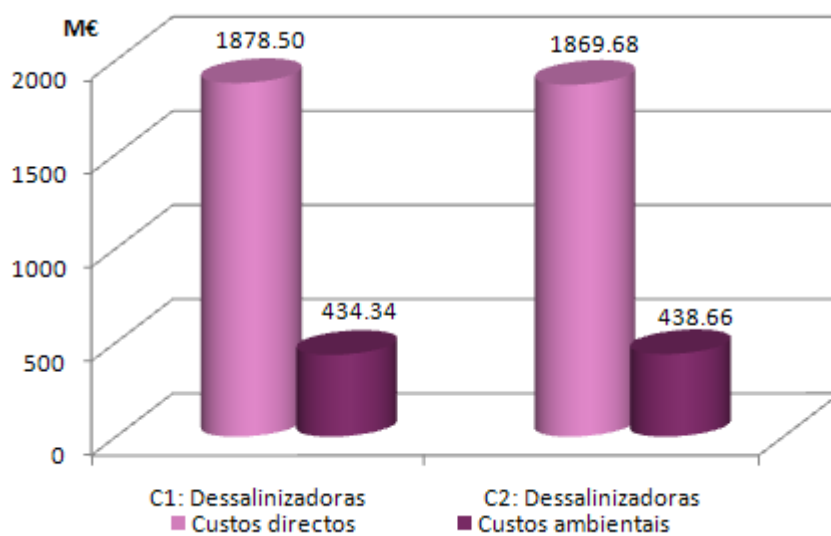


Figura 6.16: Dessalinizadoras - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

#### 6.4. Opções não estruturais

##### 6.4.1. Redução de perdas

###### 6.4.1.1. Descrição da opção

As estimativas dos níveis de perdas nos sistemas de abastecimento secundários, apresentadas no PBHRA (PBHRA, 1999d) apontam para valores de perdas nos sistemas entre 16%, no concelho de Albufeira e 61% no concelho de Olhão. Nesse contexto, e sendo a redução de perdas uma das medidas impulsionadas pelos Planos de Bacia Hidrográfica, optou-se por introduzir uma redução de perdas de 15% em 15 anos, em todos os Municípios da região. Estas reduções são alcançadas através de intervenções no sistema (substituições de condutas, reparações e manutenção). Na prática, admitiu-se que essas intervenções seriam efectuadas de 5 em 5 anos, ou seja em 2010, 2015 e 2020 com uma redução de 5% em cada um dos respectivos anos, sendo que os aglomerados dispersos não são obviamente alvo dessa redução de perdas. No caso específico do concelho de Albufeira, uma vez que o valor das perdas (no ano 2000) é somente de 16%, admite-se uma única redução de perdas em 2010.

###### 6.4.1.2. Estimativa de custos

Não são aqui apresentados os cálculos intermédios efectuados para realizar a estimativa de custos para a implementação desta opção. No entanto, a estimativa realizada assenta na

hipótese de que 20% das receitas da venda da água realizadas nos cinco anos anteriores a cada redução de perdas serão utilizadas para proceder às intervenções necessárias nos sistemas de abastecimento de forma a atingir reduções de perdas da ordem 5% em cada aglomerado considerado.

#### 6.4.1.3. Resultados

A implementação desta opção de gestão dos recursos hídricos é levada a cabo em 3 etapas, ou seja em 3 anos distintos: 2010, 2015 e 2020. Apesar desta opção não permitir, para nenhum dos cenários considerados, atenuar os efeitos dos dois principais períodos secos (2016-2019 e 2027-2030), e não contrariar a tendência decrescente da taxa de cobertura, observa-se que cada uma das intervenções permite alcançar, como seria de esperar, valores da taxa de cobertura para o abastecimento público superiores aos verificados para o caso de referência. Em 2035 no entanto, para os dois cenários, a taxa de cobertura atinge somente perto de 77%, ou seja pouco mais de 3% do que o caso de referência (Figura 6.17).

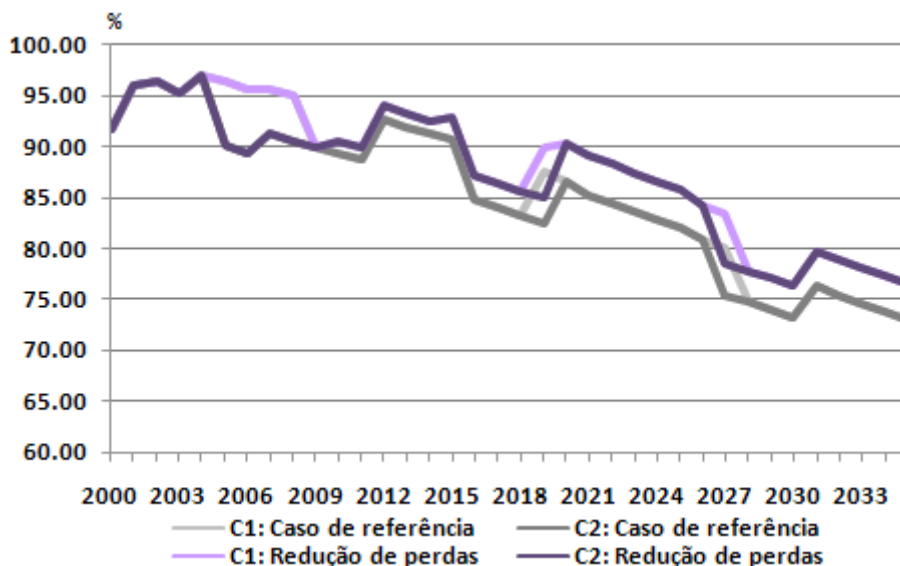


Figura 6.17: Redução de perdas - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Esta última afirmação pode ser confirmada observando a percentagem de melhoria do défice de abastecimento em relação ao caso de referência (Figura 6.18). Verifica-se uma percentagem de melhoria de 14% em 2010, 27.5% em 2015 e de 33.5% em 2020. Em média, no período 2010-2035, a melhoria de défice hídrico verificada é de 23% para os dois cenários (23.4% e 23.1% para os cenários C1 e C2 respectivamente).

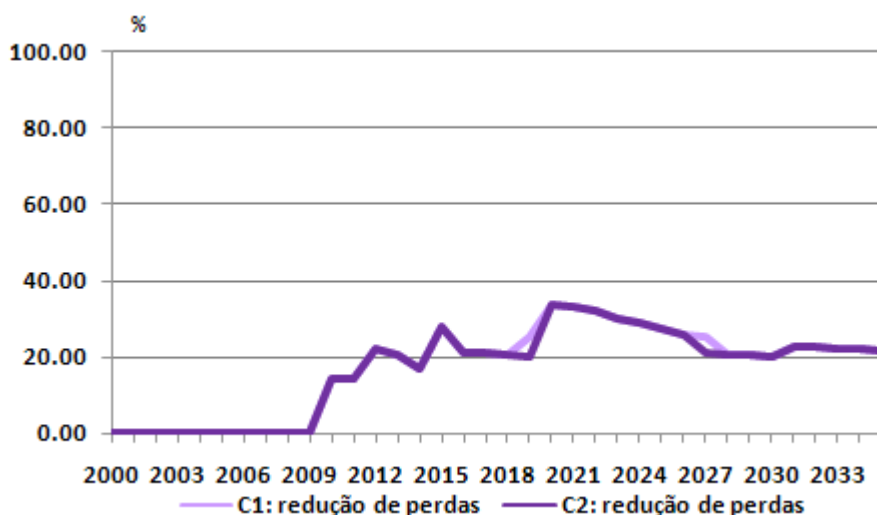


Figura 6.18: Redução de perdas - Percentagem de melhoria do défice de água para abastecimento público

Esta melhoria é no entanto mais visível se forem observados os resultados parciais, relativos às zonas de Barlavento e Sotavento. Na Figura 6.19, observam-se os valores das perdas observados para o cenário C2 (mais gravoso), com e sem a introdução da medida “ redução de perdas”. A zona de Barlavento representa em média perto de 60% das perdas totais da região sendo que, com a implementação da redução de perdas proposta, em 2035 se atinge uma redução de cerca de 39% do défice verificado no caso de referência.

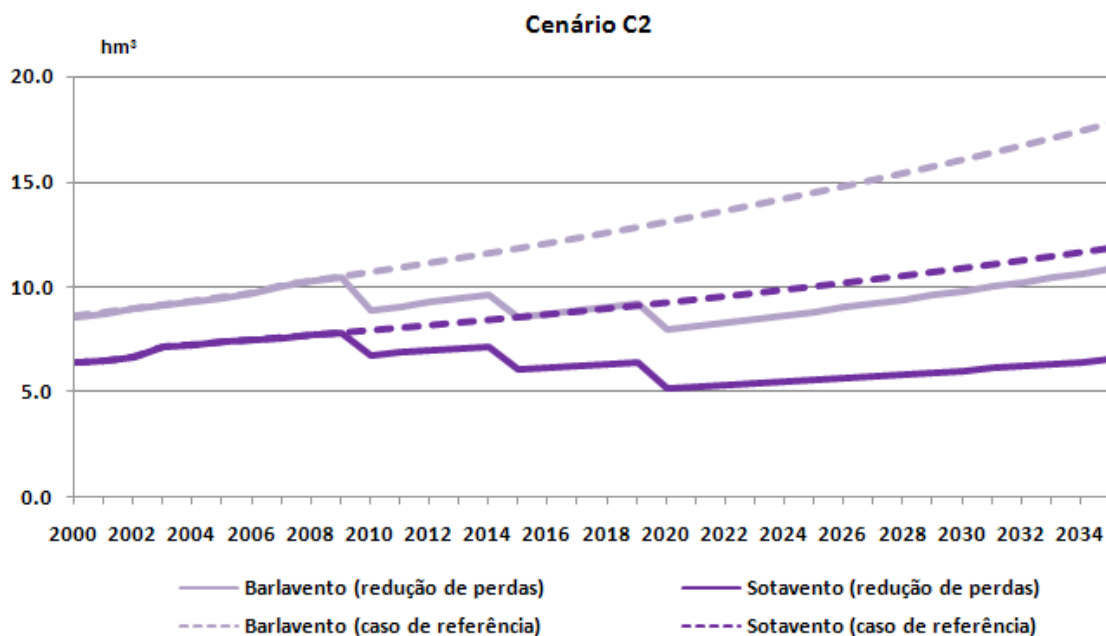


Figura 6.19: Redução de perdas - Perdas de água no abastecimento público nas zonas de Barlavento e Sotavento (cenário C2)

A medida aqui apresentada, pelas suas características, traduz-se numa pequena variação dos custos directos e ambientais. Assim, para os dois cenários, no que diz respeito a custos directos,

esta opção somente representa uma redução inferior a 0.5%, sendo o aumento dos custos ambientais pouco superior a 1% (Figura 6.20).

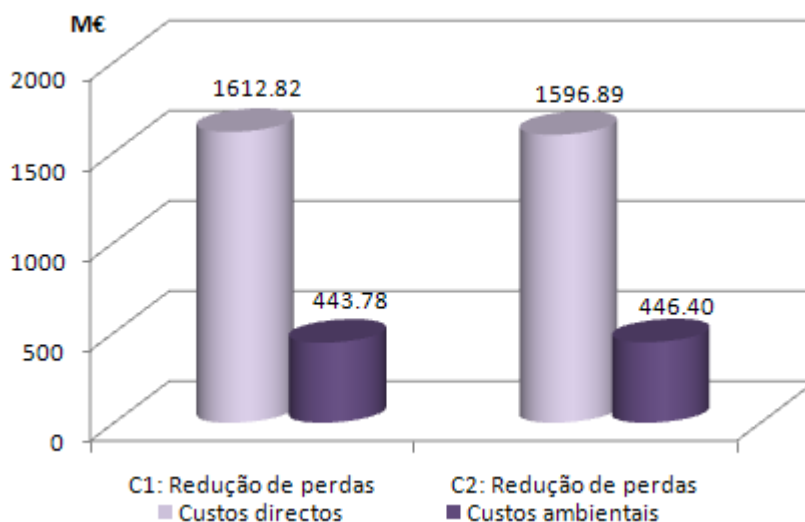


Figura 6.20: Redução de perdas - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

#### 6.4.2. Medidas de conservação

##### 6.4.2.1. Descrição da opção

Um dos aspectos que tem merecido maior atenção no decorrer deste trabalho é a necessidade de se proceder a um uso cada vez mais eficiente da água disponível. Um dos principais objectivos é otimizar a utilização deste recurso tendo em vista responder às existentes necessidades vitais, qualidade de vida e desenvolvimento socio-económico.

A definição desta opção tem por base o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) do Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território de Setembro de 2001 (PNUEA, 2001). Este programa tem como objectivo avaliar a eficiência com que a água é utilizada em Portugal nos sectores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de stress hídrico, quer em situação hídrica normal, quer em períodos de seca (PNUEA, 2001). O conjunto de medidas apresentadas permite uma melhor utilização desse recurso, tendo como vantagens adicionais a redução das águas residuais resultantes e os consumos energéticos associados. Segundo o PNUEA, os maiores potenciais de poupança de água para o uso doméstico, colectivo e similar são:

##### a) Autoclismos;

As descargas de autoclismos são um dos usos com grande peso no consumo doméstico, existindo na maioria das instalações industriais ou colectivas, embora podendo ter menor relevância no consumo global. A frequência diária de uso do autoclismo tradicional é de 4 descargas por habitante sendo o caudal médio de cada descarga cerca de 10 litros, ou seja um total de 40 litros por dia, por habitante. Admitindo que a capitação média por habitante é de 100 litros por dia, este consumo representa 40% do total. Actualmente estão disponíveis aparelhos mais eficientes com volumes por descarga de 6 litros e descarga mínima de 3 litros (sistema dual). Num estudo efectuado no Reino Unido (Friedler *et al.*, 1995), foi verificado que estes representam, em

média, cerca de 30% do número total de descargas com o autoclismo. Assim, em cerca de 70% das descargas seria adequado proceder a uma de menor volume, resultando numa poupança significativa relativamente a um dispositivo de volume de descarga fixo. Tendo em conta a estrutura de consumos de referência apresentado pelo PNUEA, esta medida corresponde a um grau de redução de mais de 6.70%.

#### b) Chuveiros

A maioria das casas de banho possui pelo menos um chuveiro e uma banheira. Os banhos e duchas são usos bastantes significativos na habitação, representando cerca de 39% do consumo médio diário, sendo que os modelos correntes de esquentadores têm caudais entre 10 e 11 litros existindo um potencial de poupança significativo para medidas que reduzam o volume gasto em cada utilização, sem ser sacrificado o conforto do utilizador. Assim, a substituição ou adaptação de chuveiros convencionais, com um caudal médio de 12 litros por minuto, por modelos mais eficientes com caudais da ordem dos 9 litros por minuto, é possível obter uma eficiência potencial de 25%, ou seja uma redução de cerca de 9.75% das necessidades de água.

#### c) Torneiras (lavatório e bidé)

As torneiras são o dispositivo mais comum quer na habitação quer em instalações colectivas. Uma vez que o objectivo desta opção é a análise da possibilidade de redução dos volumes de captação tem de ser definido um modelo de alojamento. Admite-se que uma casa de banho seja equipada com uma banheira, um autoclismo, um bidé e um lavatório. No entanto, só é considerada a torneira do lavatório visto ser a torneira com um uso mais regular. Substituindo essa torneira por modelos mais eficientes, poder-se-á chegar a uma redução do consumo de água da ordem dos 20.50%.

A Tabela 6.3 resume as respectivas taxas de redução possíveis com as diferentes medidas do PNUEA.

Tabela 6.3: Taxa de redução de consumo total de água

| Dispositivo      | Percentagem de redução do consumo total de água |
|------------------|-------------------------------------------------|
| Autoclismo       | 6.70                                            |
| Chuveiro         | 9.75                                            |
| Torneira         | 20.50                                           |
| <b>Total (%)</b> | <b>36.95</b>                                    |

No entanto, não havendo conhecimento de algum objectivo específico para este tipo de medida, admite-se que apenas 15% da população (residente) adere/beneficia desta redução, o que se traduz numa percentagem de redução equivalente a 5.5%. Considera-se, para efeitos de simulação, uma redução de 5% do consumo de água por pessoa nos seguintes aglomerados que, no caso de referência representam quase 95% do défice em água observado: Albufeira, Boliqueime, Lagoa, Lagos/Luz, Loulé, Portimão, São Bartolomeu de Messines, Vila do Bispo e Vilamoura. Admite-se que serão feitas três campanhas de sensibilização em 2008, 2011 e 2014.

#### 6.4.2.2. Estimativa dos custos associados

Os custos associados foram estimados a partir dos valores apresentados no PNUEA.

a) Autoclismos

Segundo dados do PNUEA, assumindo um investimento médio entre 100 a 175 euros para substituir o conjunto autoclismo e bacia de retrete, dependendo do modelo e marca, a sua recuperação com poupança na facturação consegue-se num período de 2 a 3 anos.

b) Chuveiro

Assumindo um investimento médio de 75 euros para substituir o chuveiro, este seria recuperado através de poupança de água em cerca de 8 meses.

c) Torneiras

Assumindo um investimento médio de 75 euros para substituir uma torneira (preferencialmente a que tenha maior frequência e duração de uso), este seria recuperado através da poupança de água em cerca de 10 meses.

Neste contexto, admitiu-se um investimento de 300 euros por família, sendo este investimento amortizado em dois anos.

#### 6.4.2.3. Resultados

Esta opção reveste-se de um grande potencial interesse uma vez que, com um investimento que poderá ser considerado baixo, é possível obter uma redução da capitação doméstica da ordem dos 30%. No entanto, não há conhecimento suficiente para poder avaliar em que medida esta opção de gestão da procura poderia ser implementada. Na perspectiva aqui escolhida, de que 15% da população aderiria a esta opção em cada uma das 3 campanhas previstas, verifica-se que, em 2035, somente se consegue aumentar a taxa de cobertura do abastecimento público para valores da ordem dos 75% (Figura 6.21). No entanto, este tipo de opções, pelo seu carácter pontual e pelo seu pequeno impacte na região fará sentido no âmbito de uma estratégia mais complexa de gestão de recursos hídricos.

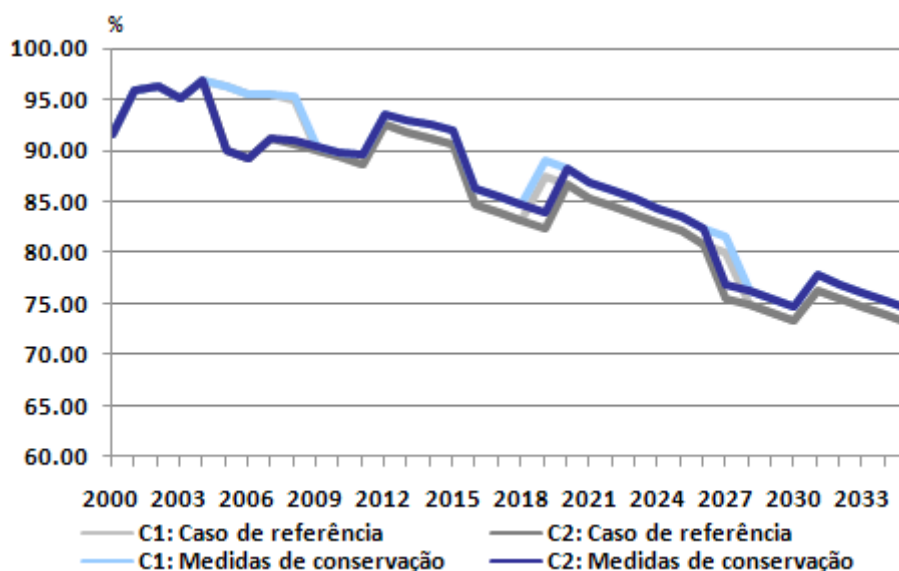


Figura 6.21: Medidas de conservação - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Como seria de esperar, a implementação destas medidas de conservação representam, no caso do cenário C1 uma diminuição dos custos directos, da ordem dos 0.3%, sendo que, em termos de

custos ambientais, essa diminuição é ainda um pouco menor (Figura 6.22). No caso do cenário C2, verifica-se uma diminuição semelhante dos custos directos e ambientais com a aplicação da opção,

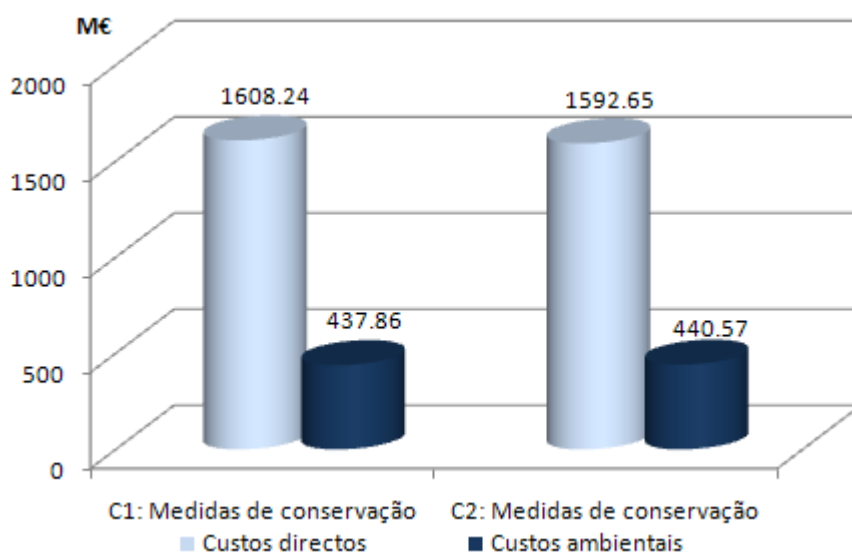


Figura 6.22: Medidas de conservação - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

A diminuição dos custos directos e ambientais verificada com a aplicação desta opção poderá ser explicada pela diminuição da captação que se traduz num menor volume de água captado, tratado e transportado no sistema.

#### 6.4.3. Reutilização de águas tratadas

Esta opção deverá ser simulada novamente introduzindo uma modificação ao modelo de simulação de forma a permitir usar água tratada para abastecimento dos aglomerados.

##### 6.4.3.1. Descrição da opção

De forma geral, a reutilização de efluentes tratados está associada a usos agrícolas. No entanto, esses efluentes também podem ser usados nos espaços verdes existentes nos Municípios. De facto, tem-se verificado, em quase todos os municípios um aumento dos ditos “espaços verdes” que têm na maioria dos casos, uma função puramente estética. Segundo a Águas do Algarve, S.A., parece razoável admitir que, em média, cada concelho terá uma área de 50 a 100 ha reservada a espaços verdes que exigem cuidados e devem ser regados. Nesse contexto, depois de uma análise mais cuidada da distribuição populacional e das respectivas necessidades, admitiu-se, que a rega desses espaços verdes e outras necessidades em água do município para lavagem de passeios por exemplo, poderiam ser assegurados através do recurso prioritário a efluentes tratados.

No âmbito da simulação, admitiu-se que 50 ha de espaços verdes municipais por concelho regados com águas residuais tratadas. Por não existir informação suficiente, o concelho de Alcoutim não foi abrangido por esta opção. Considerou-se ainda que esta medida seria

implementada em 2008 e que as necessidades hídricas desses espaços verdes seriam idênticas às da relva, ou seja 749.5 mm/ano.

Foram consideradas as seguintes ligações, tendo em conta que as ETAR consideradas têm, no mínimo, tratamento secundário e capacidade suficiente para satisfazer os volumes requeridos:

Tabela 6.4: Ligações ETAR - Aglomerados

| Concelho                   | Aglomerado                 | ETAR                      |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Albufeira                  | Albufeira                  | Vale Faro                 |
| Aljezur                    | Aljezur (Sistema Norte)    | Aljezur                   |
| Castro Marim               | Castro Marim               | Altura                    |
| Faro                       | Alto de Rodes              | Faro Nascente             |
| Lagoa                      | Lagoa                      | Mexilhoeira da Carregação |
| Lagos                      | Lagos/Luz                  | Lagos                     |
| Loulé                      | Vilamoura                  | Vilamoura-Quarteira       |
| Monchique                  | Monchique                  | Monchique Sul             |
| Olhão                      | Olhão                      | Olhão Poente              |
| Portimão                   | Portimão                   | Portimão                  |
| São Brás de Alportel       | São Brás de Alportel       | São Brás de Alportel      |
| Silves                     | Silves                     | Silves                    |
| Tavira                     | Tavira (Perogil)           | Tavira                    |
| Vila do Bispo              | Vila do Bispo              | Vila do Bispo             |
| Vila Real de Santo António | Vila Real de Santo António | Vila Nova de Cacela       |

#### 6.4.3.2. Estimativa de custos

Apesar de existirem custos associados ao transporte, e eventual compra por parte do Município, desses efluentes tratados até ao local, não são conhecidos elementos que permitissem fazer uma estimativa, nem que grosseira, destes parâmetros. Assim sendo, assume-se um preço de venda da água aos municípios de 0.20 €/m<sup>3</sup>, que corresponde ao valor anteriormente cobrado por parte da empresa Águas do Algarve, S.A. aos campos de golfe pela água reutilizada.

#### 6.4.3.3. Resultados

A reutilização de águas tratadas para rega de jardins por exemplo, como equacionado nesta opção, permite reduzir a pressão sobre o Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água ao Algarve uma vez que a água captada e tratada nas ETA's e com níveis de qualidade mais elevados passa a ser usada com maior incidência no abastecimento das populações. Como seria de esperar, para os dois cenários, observa-se um aumento da taxa de cobertura do abastecimento público que atinge 95% em 2012 (Figura 6.23).

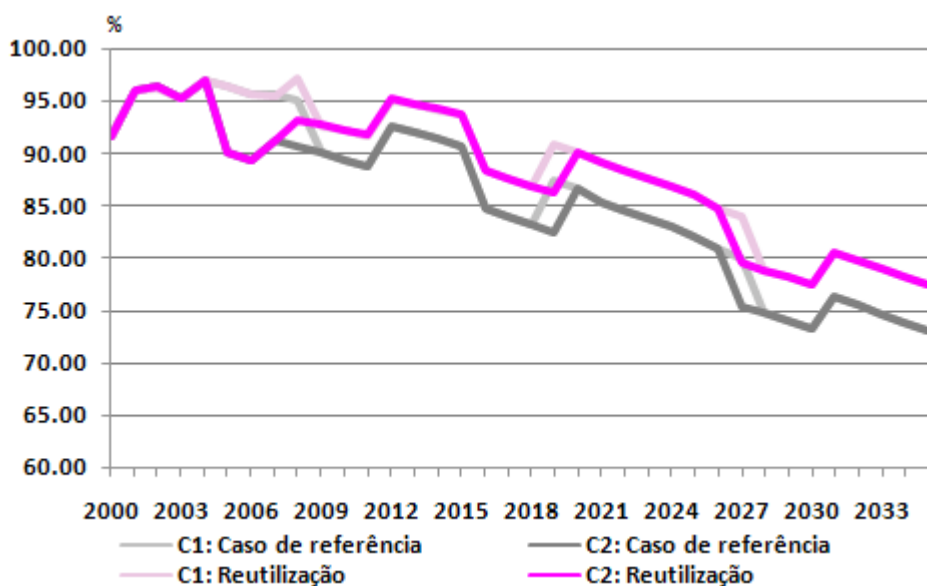


Figura 6.23: Reutilização de águas tratadas - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Os efeitos da reutilização de águas tratadas para rega de espaços públicos representam em média um aumento de cerca de 4% da taxa de cobertura do abastecimento público a partir de 2008. Os efeitos desta opção são visíveis na percentagem de melhoria do défice de abastecimento. De facto, há um aumento da quantidade de água disponível no sistema, uma vez que, para além das fontes de abastecimento consideradas inicialmente, parte da procura é satisfeita recorrendo a uma fonte de água alternativa, neste caso águas tratadas nas ETAR da região (Figura 6.24).

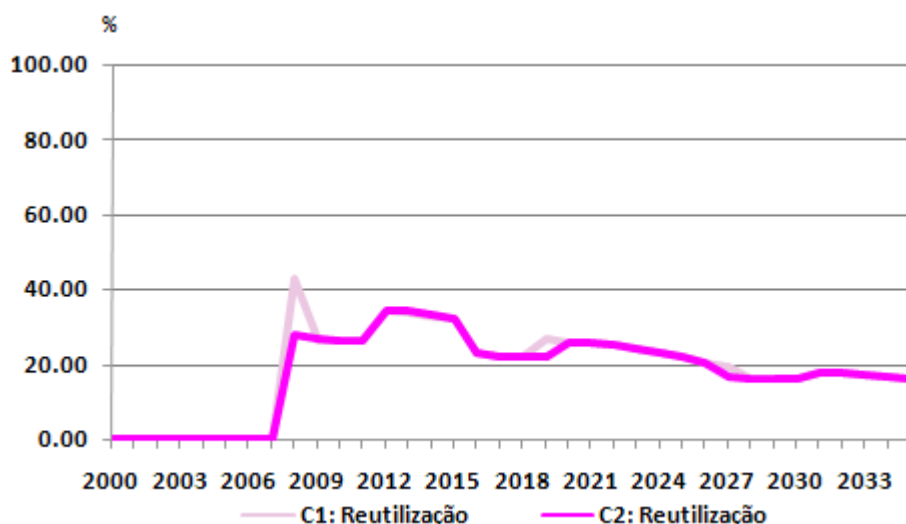


Figura 6.24: Reutilização de águas tratadas - Percentagem de melhoria do défice de água para abastecimento público

Como seria de esperar, existe um aumento dos custos directos que está associado ao preço de venda da água tratada aos municípios. Esse aumento representa cerca de 1% para os dois cenários (Figura 6.25). Em termos de custos ambientais, a sua diminuição da ordem de cerca de

3% para ambos os cenários prende-se maioritariamente com a diminuição dos custos de poluição conseguida com a implementação da medida.

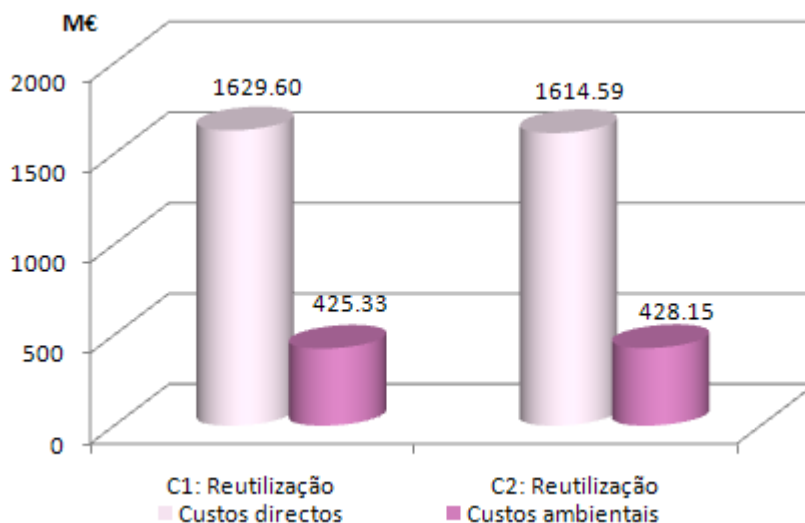


Figura 6.25: Reutilização de águas tratadas - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

## 6.5. Opções de carácter operacional

### 6.5.1. Expansão do sistema

#### 6.5.1.1. Descrição da opção

A empresa Águas do Algarve, S.A. tem como objectivo assegurar uma taxa de cobertura superior a 95% no abastecimento público através da concessão do Sistema Multimunicipal que lhe foi outorgada. Sendo o valor real inferior a esse patamar, são necessários investimentos para melhorar o sistema e aumentar a sua abrangência na região através do abastecimento de populações cada vez mais pequenas e cada vez mais afastadas das infra-estruturas já existentes.

Nesse contexto, estão planeadas/em construção novas ligações ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água ao Algarve e também diferentes substituições de condutas já existentes mas com capacidades de transporte insuficientes para responder às necessidades crescentes verificadas e perspectivadas (concelho de Loulé). Essas novas ligações ao Sistema Multimunicipal traduzem também na entrada em funcionamento de novos reservatórios, aumentando assim o número de pontos de entrega do Sistema Multimunicipal nos municípios (Tabela 6.5).

Tabela 6.5: Entrada em funcionamento de novos reservatórios

| Concelho  | Reservatório          | Entrada em funcionamento |
|-----------|-----------------------|--------------------------|
| Aljezur   | Aldeia Velha          | 2008                     |
|           | Barreiras Vermelhas   | 2008                     |
|           | Chaparral             | 2008                     |
| Monchique | Monchique-Ginjeira    | 2010                     |
| Portimão  | Morgado dos Reguengos | 2010                     |

Tabela 6.5: Entrada em funcionamento de novos reservatórios (cont.)

|          |                     |      |
|----------|---------------------|------|
| Silves   | São Marcos da Serra | 2008 |
| Alcoutim | Giões               | 2008 |
|          | Alcoutim            | 2008 |
|          | Corte das Donas     | 2008 |

#### 6.5.1.2. Estimativa de custos

A estimativa dos custos desta opção reveste-se de alguma dificuldade uma vez que para além do aproveitamento de estruturas já existentes, tais como condutas e reservatórios camarários, as intervenções necessárias são localizadas e por isso de mais difícil avaliação. Nessa perspectiva, admitiram-se os custos das condutas fornecidos pela Águas do Algarve, S.A., sempre que existissem. No caso dos reservatórios: se estes fossem antigos reservatórios camarários, nenhum custo adicional foi considerado, no caso de novos reservatórios, o custo de investimento foi avaliado segundo a metodologia apresentada em LNEC (1995).

No caso específico da substituição das condutas em LNEC (1995), admitiu-se um custo de investimento correspondente à substituição das condutas para aumento da sua capacidade de transporte.

Tabela 6.6: Custo de investimento de novas condutas no concelho de Loulé

| Descrição                  | Comprimento | Diâmetro (mm) | Custo de investimento (€) |
|----------------------------|-------------|---------------|---------------------------|
| Poente Final 4             | 443.022     | 500           | 130,747.75                |
| Poente Final Fonte da Pipa | 5165.647    | 500           | 1,524,521.90              |
| Poente Final Vale Formoso  | 1696.337    | 500           | 500,634.85                |

#### 6.5.1.3. Resultados

Ao contrário das opções anteriormente referidas, a expansão do sistema estudada de forma isolada corresponde a agravar, a médio/longo prazo, os défices verificados no abastecimento. De facto, em termos quantitativos, esta opção corresponde a aumentar a população cujo abastecimento está baseado no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água ao Algarve, sem aumentar o volume de água disponível para satisfazer essa procura. Esse facto explica que desde 2008, se verifiquem valores da taxa de cobertura para abastecimento público com a aplicação da opção inferiores aos do caso de referência, para ambos os cenários (Figura 6.26).

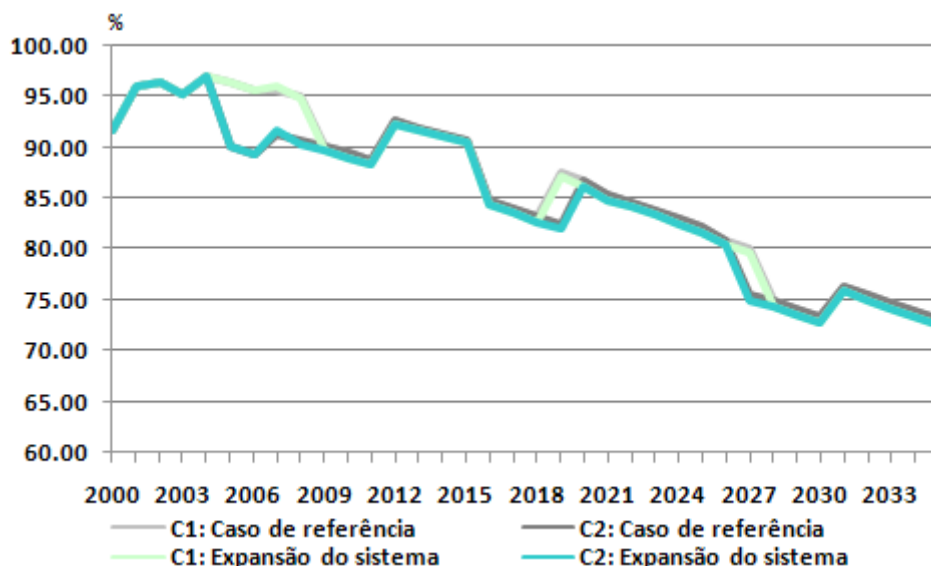


Figura 6.26: Expansão do sistema - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

A percentagem de melhoria associada a esta opção é logicamente negativa, pelos motivos expostos anteriormente. De facto, esta opção só poderá ter um impacto positivo na taxa de cobertura para abastecimento público quando inserida numa estratégia em que o aumento do volume de água disponível para abastecimento também seja contemplado. O valor positivo da percentagem de melhoria do défice de abastecimento verificado em 2007 (Figura 6.27) está associado à substituição de condutas considerada nesse ano o que permite aumentar o volume de água entregue aos sistemas de abastecimento correspondentes. Nos anos seguintes, verifica-se que a água disponível nas diferentes fontes de abastecimento já não é suficiente para satisfazer as necessidades de água existentes.

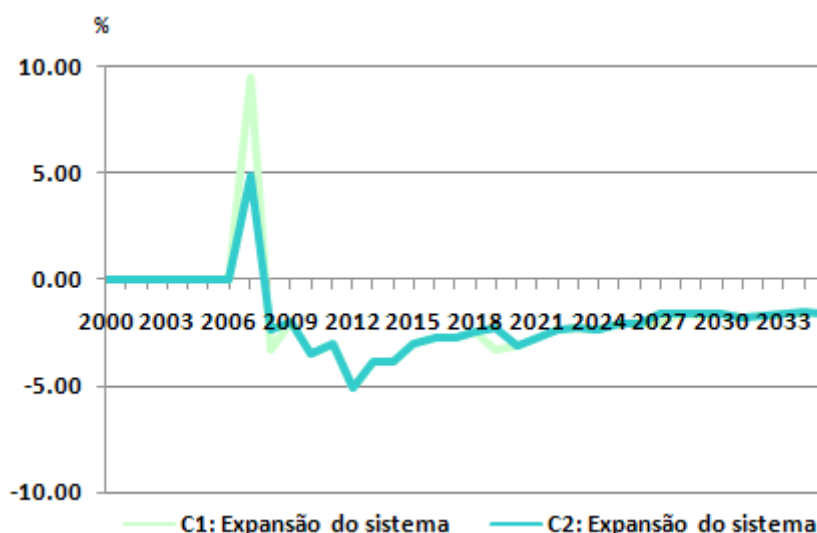


Figura 6.27: Expansão do sistema - Percentagem de melhoria do défice de água para abastecimento público

Os custos de investimento e custos de exploração e manutenção associados à implementação desta opção somente representam um aumento de perto de 0.2% nos dois cenários considerados

(Figura 6.28). Em termos de custos ambientais, a diminuição de cerca de 0.2% verificada para ambos os cenários com a implementação da opção é explicada pela diminuição do volume de água subterrânea usada para o abastecimento público.

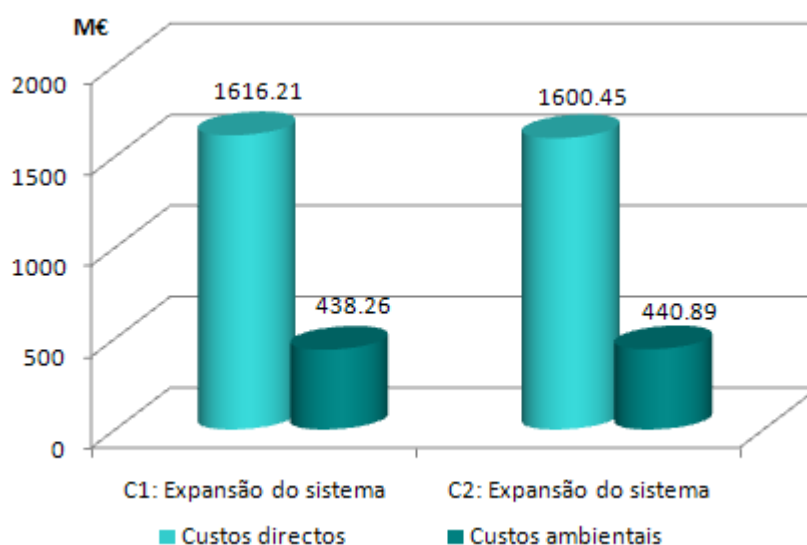


Figura 6.28: Expansão do sistema - Custos directos e custos ambientais para os cenários C1 e C2 (Milhões €)

#### 6.6. Classificação final

A Tabela 6.7 resume os valores obtidos para as diferentes opções em termos de custos directos e ambientais. Verifica-se que as duas opções que apresentam melhores resultados em termos de melhoria da taxa de cobertura para o abastecimento público, a implementação da barragem de Odelouca e a construção de dessalinizadoras, são também as mais caras.

Mais uma vez, as opções estruturais são as que apresentam custos directos associados mais elevados. Em termos de custos ambientais, as opções “dessalinizadoras” e “reutilização” são as que se traduzem em menores custos ambientais, inferiores mesmo aos verificados para o caso de referência. Esse resultado deve-se, como já foi referido anteriormente, ao facto de ambas as opções recorrerem a fontes de abastecimento alternativas, às quais nenhum custo ambiental está associado, a saber: utilização de água do mar e de águas residuais tratadas.

Tabela 6.7: Custos directos e ambientais das diferentes opções de gestão de recursos hídricos estudadas

| M€                 | Cenário 1         |                   | Cenário 2         |                   |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                    | Valor actualizado |                   | Valor actualizado |                   |
|                    | Custos directos   | Custos ambientais | Custos directos   | Custos ambientais |
| Caso de referência | 1,605             | 437               | 1,598             | 442               |
| Odelouca           | 1,914             | 485               | 1,904             | 489               |
| Querença-Silves    | 1,743             | 479               | 1,734             | 484               |

Tabela 6.7: Custos directos e ambientais das diferentes opções de gestão de recursos hídricos estudadas (cont.)

|                        |       |     |       |     |
|------------------------|-------|-----|-------|-----|
| Santa Clara            | 1,793 | 477 | 1,783 | 481 |
| Dessalinizadoras       | 1,879 | 434 | 1,870 | 439 |
| Redução de perdas      | 1,613 | 444 | 1,597 | 446 |
| Medidas de conservação | 1,608 | 438 | 1,593 | 441 |
| Reutilização           | 1,630 | 425 | 1,615 | 428 |
| Expansão do sistema    | 1,616 | 438 | 1,600 | 441 |



## 7. Estratégias



## 7.1. Introdução

Numa primeira fase de simulações, apresentada no Capítulo 6, todas as opções de gestão de recursos hídricos julgadas relevantes e adequadas à região em estudo foram avaliadas isoladamente tendo em conta a sua eficiência em termos de aumento da taxa de cobertura do abastecimento e também o seu impacto na região em termos de custos directos e ambientais.

Essa primeira etapa de estudo individual das diferentes opções de gestão de recursos hídricos assume todo a sua importância na definição de estratégias apresentada neste capítulo. Uma estratégia é definida pela combinação temporal e espacial de diferentes opções de gestão de forma a alcançar determinados objectivos definidos/impostos para a região. Assim, pretende-se tirar o melhor partido das especificidades e potencialidades de cada uma das opções analisadas e avaliadas no capítulo anterior, adaptando-as para atingir as metas definidas. No presente estudo, os objectivos regionais considerados, definidos nos planos regionais e nacionais, foram:

- uma taxa de cobertura para o abastecimento público superior a 95%, ao longo de todo o ano, de acordo com a meta definida no Plano Nacional da Água,
- uma taxa de cobertura para a agricultura superior a 80% em toda a região, traduzindo a importância deste sector na região, e
- um índice de exploração dos aquíferos sempre inferior a 80%, de forma a prevenir/minimizar o risco de sobre-exploração e salinização dos mesmos.

Nessa perspectiva, e de acordo com os resultados obtidos para as diferentes opções estudadas, foram delineadas três estratégias alternativas para uma melhor gestão dos recursos hídricos da região. A metodologia adoptada para a definição de estratégias, na perspectiva da utilização do sistema de apoio à decisão WSM-DSS está descrita, passo a passo, em NTUA (2005). Nesse contexto, são referidos como ponto de partida dessa formulação de estratégias os três critérios principais definidos pelo Global Water Partnership (GWP, 2000) para uma gestão integrada dos recursos hídricos:

- equidade: para além de uma alocação equitativa dos recursos hídricos, está também envolvida uma distribuição equitativa dos custos entre os diferentes utilizadores,
- sustentabilidade ambiental: os impactes incorridos na produção e abastecimento de água devem ser mitigados, traduzindo-se, no caso das águas subterrâneas, numa redução das captações para níveis sustentáveis, e
- eficiência económica: os custos associados com o abastecimento de água devem ser minimizados, através da selecção e aplicação de opções de gestão de recursos hídricos que sejam mais eficientes recorrendo a melhores práticas, novas tecnologias e melhorias.

Foram consideradas três estratégias que diferem na sua essência, uma vez que pretendem exemplificar diferentes linhas de pensamento, privilegiando aspectos distintos tais como a importância de minimizar o recurso a águas subterrâneas ou ainda a implementação de medidas de pequena escala. Convém referir que as opções “redução de perdas” e “expansão do sistema” são introduzidas nas três estratégias definidas: a primeira por constituir um dos objectivos definidos para a região e a segunda por responder às intervenções já efectuadas e previstas pela empresa Águas do Algarve, S.A.

As três estratégias formuladas têm como objectivo melhorar a gestão dos recursos hídricos a médio/longo prazo, com vista a alcançar os objectivos definidos anteriormente, tendo-se

considerado um período de simulação idêntico ao utilizado para a simulação das opções isoladas, ou seja 35 anos.

## 7.2. Definição das estratégias

### 7.2.1. Estratégia 1

A primeira estratégia definida, a estratégia 1, representa o paradigma actual existente na região, baseado numa exploração combinada de recursos superficiais e subterrâneos e na implementação de medidas estruturais. A opção central desta estratégia é a implementação da barragem de Odelouca, uma opção regional, sendo intensificadas as captações subterrâneas até à sua entrada em funcionamento considerada em 2012. A Figura 7.1. esquematiza a distribuição espacial das diferentes opções consideradas na estratégia 1. De notar que a opção “redução de perdas” não está aqui representada uma vez que abrange todos os concelhos da região.

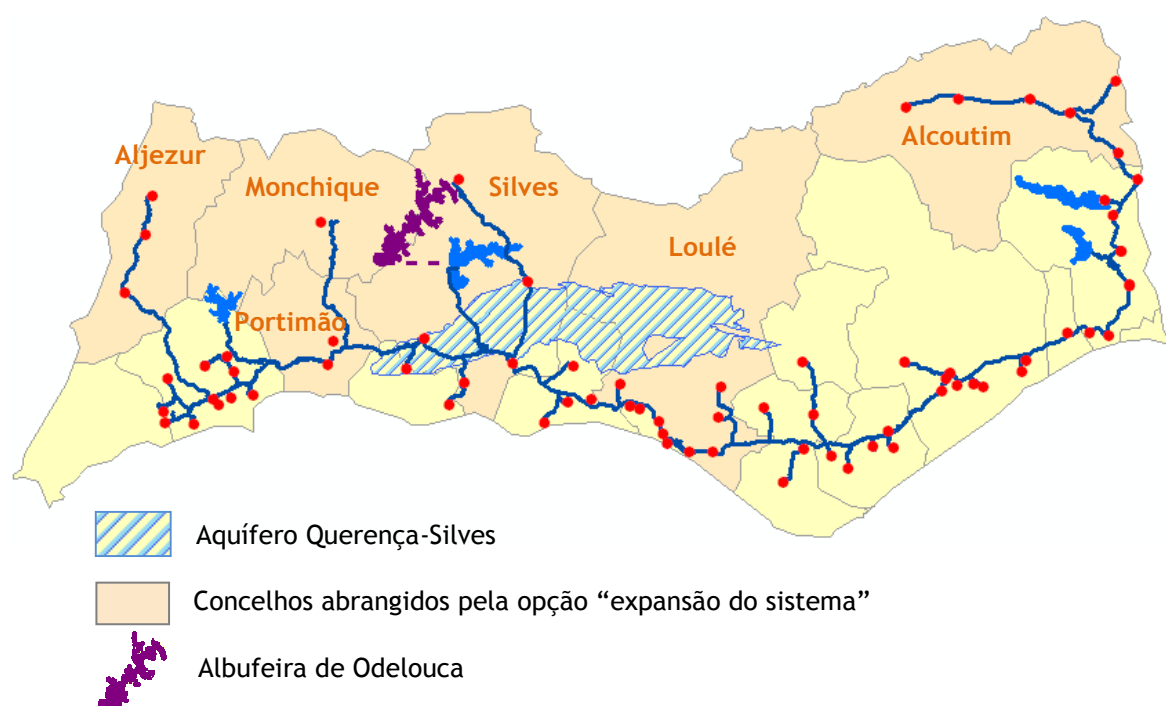


Figura 7.1: Estratégia 1 - Distribuição espacial das opções de gestão de recursos hídricos consideradas

Por sua vez, a Tabela 7.1 apresenta a calendarização das opções consideradas. As captações subterrâneas no aquífero Querença-Silves são intensificadas até 2011, de forma a responder à procura crescente em água para o abastecimento público sendo abandonadas com a entrada em funcionamento da barragem de Odelouca em 2012.

Tabela 7.1: Estratégia 1 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas

| Ano de implementação | Opção de gestão de recursos hídricos                                                   |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 2012                 | Implementação da barragem de Odelouca                                                  |
| 2010/2015/2020       | Redução de perdas no sector doméstico (3 reduções de 5% cada)                          |
| De 2004 a 2011       | 3 hm <sup>3</sup> /ano captados no aquífero Querença-Silves para a ETA de Alcantarilha |

Tabela 7.1: Estratégia 1 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas (cont.)

| Ano de implementação | Opção de gestão de recursos hídricos                                                   |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| De 2006 a 2011       | 9 hm <sup>3</sup> /ano captados no aquífero Querença-Silves para a ETA de Alcantarilha |
| 2007/2008/2010       | Expansão do sistema                                                                    |

### 7.2.2. Estratégia 2

A estratégia 2 tem como principal oferecer uma alternativa à implementação da barragem de Odelouca, substituindo-se a mesma por soluções mais localizadas, diminuindo assim a dependência da região nessa nova fonte de abastecimento. Para isso, intensificam-se as captações subterrâneas no aquífero Querença-Silves e introduzem-se quatro dessalinizadoras (com características idênticas às apresentadas na secção 6.3.4) nos municípios com maiores problemas de escassez de água: Albufeira, Lagoa, Lagos e Portimão. A Figura 7.2 apresenta a localização espacial das opções consideradas na estratégia 2, nomeadamente os concelhos onde são implementadas as dessalinizadoras consideradas. De notar que, à semelhança do que foi referido em relação à Figura 7.1, a opção “redução de perdas” não está aqui representada. Mais ainda, a opção “expansão do sistema” também não é aqui referida, tendo sido já apresentada na figura anterior.



Figura 7.2: Estratégia 2 - Distribuição espacial das opções de gestão de recursos hídricos consideradas

A Tabela 7.2 apresenta a calendarização considerada para esta estratégia, enfatizando-se neste caso a intensificação das captações subterrâneas para abastecimento público a partir de 2009, paralelamente à entrada em funcionamento das quatro dessalinizadoras consideradas.

Tabela 7.2: Estratégia 2 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas

| Ano de implementação | Opção de gestão de recursos hídricos                                                      |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2008                 | Entrada em funcionamento de quatro dessalinizadoras em Albufeira, Lagoa, Lagos e Portimão |

Tabela 7.2: Estratégia 2 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas (cont.)

| Ano de implementação | Opção de gestão de recursos hídricos                                                    |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 2010/2015/2020       | Redução de perdas no sector doméstico (3 reduções de 5% cada)                           |
| De 2004 a 2008       | 3 hm <sup>3</sup> /ano captados no aquífero Querença-Silves para a ETA de Alcantarilha  |
| De 2009 a 2035       | 13 hm <sup>3</sup> /ano captados no aquífero Querença-Silves para a ETA de Alcantarilha |
| 2007/2008/2010       | Expansão do sistema                                                                     |

### 7.2.3. Estratégia 3

Finalmente, admitiu-se uma terceira estratégia, a estratégia 3, que se distingue das duas primeiras pelo facto de serem aqui introduzidas opções de gestão de recursos hídricas menos convencionais, a saber: reutilização de águas tratadas para rega de espaços públicos municipais e medidas de conservação no sector doméstico, opções estas que foram apresentadas em detalhe no capítulo anterior. Ambas estas opções de gestão de recursos hídricos se inserem na mesma linha de acção, ou seja: diminuir a procura em água tratada nas ETA's. A primeira opção permite diminuir essa procura satisfazendo parte dela com recursos a águas residuais tratadas, a segunda através da diminuição directa da procura no sector doméstico, neste caso especificamente da população residente. No entanto, da análise efectuada no capítulo anterior para cada uma das opções de forma isolada, é possível afirmar que estas opções, por si só, não permitem atingir os objectivos fixados, uma vez que os seus efeitos na taxa de cobertura para abastecimento público nomeadamente são insuficientes. Nesse contexto, opta-se por introduzir também uma importação de água da albufeira de Santa Clara de 20 hm<sup>3</sup>/ano, à semelhança da opção isolada apresentada em 6.3.3. De notar que se admite uma captação constante de 3 hm<sup>3</sup>/ano no aquífero Querença-Silves até ao fim do período de simulação, ou seja 2035.

A Figura 7.3 evidencia os concelhos em que foram implementadas medidas de conservação. No que diz respeito à opção “reutilização de águas tratadas”, esta não está representada uma vez que incide sobre todos os concelhos da região (à semelhança da opção “redução de perdas”).



Figura 7.3: Estratégia 3 - Distribuição espacial das opções de gestão de recursos hídricos consideradas

A Tabela 7.3 apresenta sumariamente a calendarização das opções consideradas nesta última estratégia.

Tabela 7.3: Estratégia 3 - Calendarização das opções de gestão de recursos hídricos consideradas

| Ano de implementação | Opção de gestão de recursos hídricos                                                   |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 2010/2015/2020       | Redução de perdas                                                                      |
| De 2004 a 2035       | 3 hm <sup>3</sup> /ano captados no aquífero Querença-Silves para a ETA de Alcantarilha |
| 2007/2008/2010       | Expansão do sistema                                                                    |
| 2008                 | Importação de água da albufeira de Santa Clara                                         |
| 2008                 | Reutilização de águas tratadas para rega de espaços verdes municipais                  |
| 2008/2011/2014       | Medidas de conservação no sector doméstico                                             |

### 7.3. Resultados

Em termos de resultados, optou-se por apresentar, para cada uma das estratégias, a evolução dos três indicadores escolhidos para a análise das estratégias definidas neste capítulo, a saber: a taxa de cobertura para o abastecimento doméstico, a taxa de cobertura para a agricultura e ainda o índice de exploração dos aquíferos da região. Esses resultados são apresentados para os dois cenários estudados, C1 e C2, e comparados com o caso de referência (definido na secção 6.2).

#### 7.3.1. Estratégia 1

Como foi referido aquando da definição das estratégias, a medida central da estratégia 1 é, a entrada em funcionamento da barragem de Odelouca em 2012. De facto, esta medida de carácter regional contribui largamente para os resultados alcançados com a aplicação desta primeira estratégia.

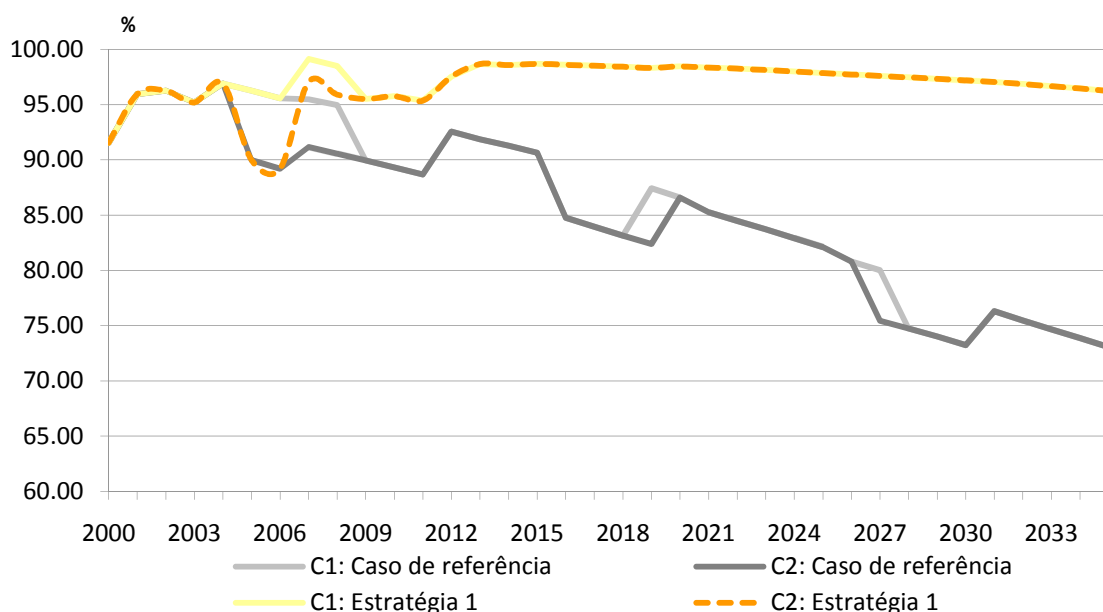


Figura 7.4: Estratégia 1 - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Assim, como seria de esperar, tendo em conta os resultados obtidos com a simulação da implementação da barragem de Odelouca de forma isolada, para ambos os cenários, a Figura 7.4 mostra que a taxa de cobertura para o abastecimento público ultrapassa os 95% até ao fim do período de simulação considerado, ou seja 2035.

No que diz respeito à taxa de cobertura para a agricultura (Figura 7.5), verifica-se que, mesmo antes da aplicação da estratégia, este indicador apresentava valores muito superiores ao mínimo desejável, ou seja 80%. No entanto, poderá aqui ser referido que, a introdução da estratégia e, mais especificamente a entrada em funcionamento da barragem de Odelouca permitiu anular os efeitos dos períodos secos existentes entre 2016 e 2019 e 2027 e 2030. De facto, a redução do volume de água subterrânea utilizada para o abastecimento público beneficia a agricultura permitindo solucionar algumas situações de escassez verificadas no caso de referência.

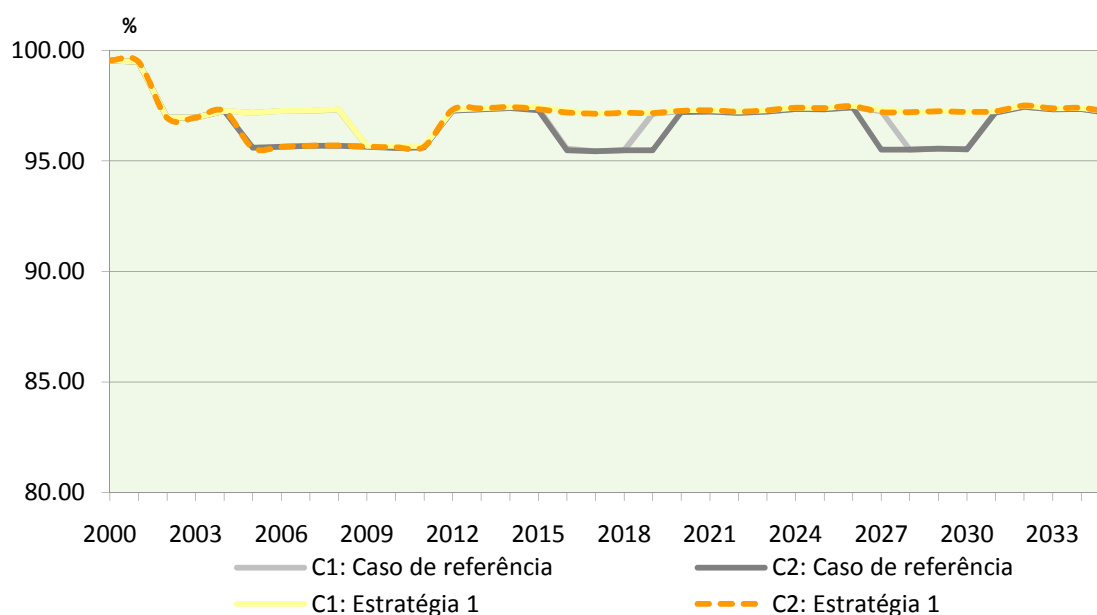


Figura 7.5: Estratégia 1 - Taxa de cobertura para a agricultura na região do Algarve

Finalmente, no que ao índice de exploração dos aquíferos diz respeito, verifica-se que a introdução desta estratégia 1, muito assente na exploração de recursos superficiais, permite uma ligeira redução deste índice a partir do ano de 2012. No entanto, em nenhuma altura, para valores inferiores ao limite mínimo definido de 80%. A evolução deste índice é apresentada na Figura 7.6.

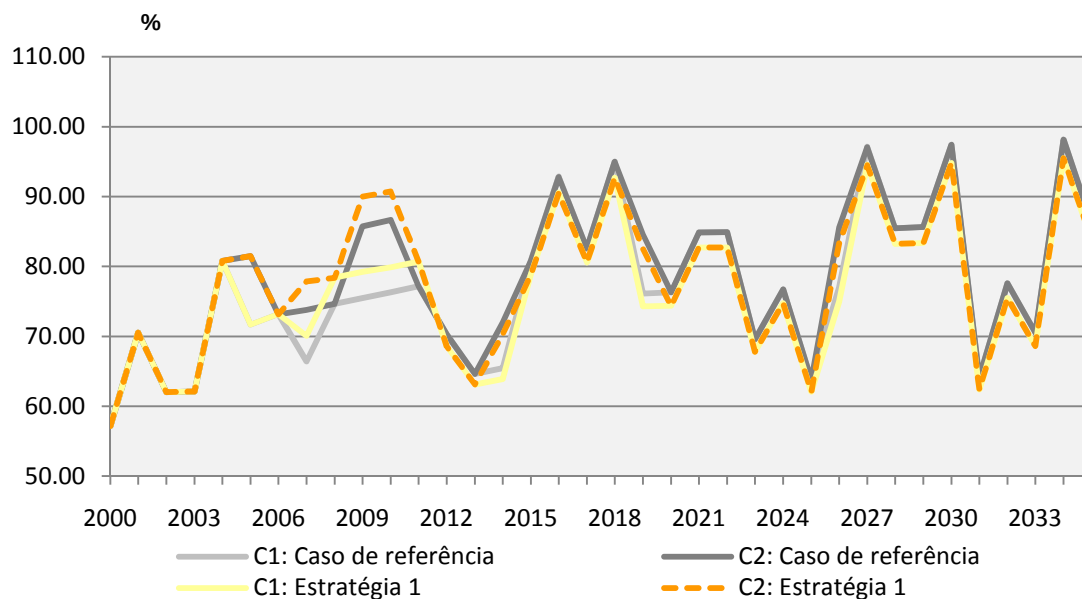


Figura 7.6: Estratégia 1 - Índice de exploração dos aquíferos da região do Algarve

### 7.3.2. Estratégia 2

A estratégia 2 por sua vez prevê a intensificação das captações subterrâneas desde 2006 e a entrada em funcionamento de 4 dessalinizadoras logo em 2008. A implementação destas duas opções traduz-se numa subida da taxa de cobertura para o abastecimento público logo em 2008. Mais uma vez o objectivo principal é alcançado, com uma taxa de cobertura para o abastecimento público que se mantém acima dos 95% até ao fim do período de simulação (Figura 7.7).

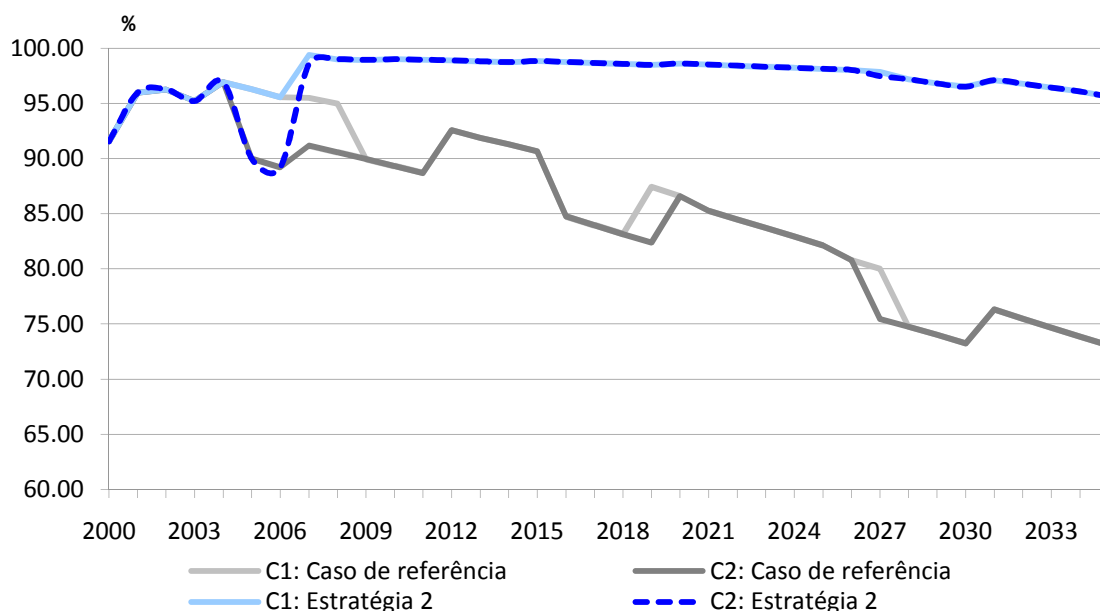


Figura 7.7: Estratégia 2 - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Com a implementação desta segunda estratégia, à semelhança do que já foi referido para a estratégia 1, a Figura 7.8 mostra que a taxa de cobertura para a agricultura apresenta valores muito superiores a 80%. Porém, neste caso, a intensificação das captações subterrâneas não

permite melhorar os resultados deste indicador em relação ao caso de referência, tal como tinha acontecido com a implementação da estratégia 1, para ambos os cenários C1 e C2.

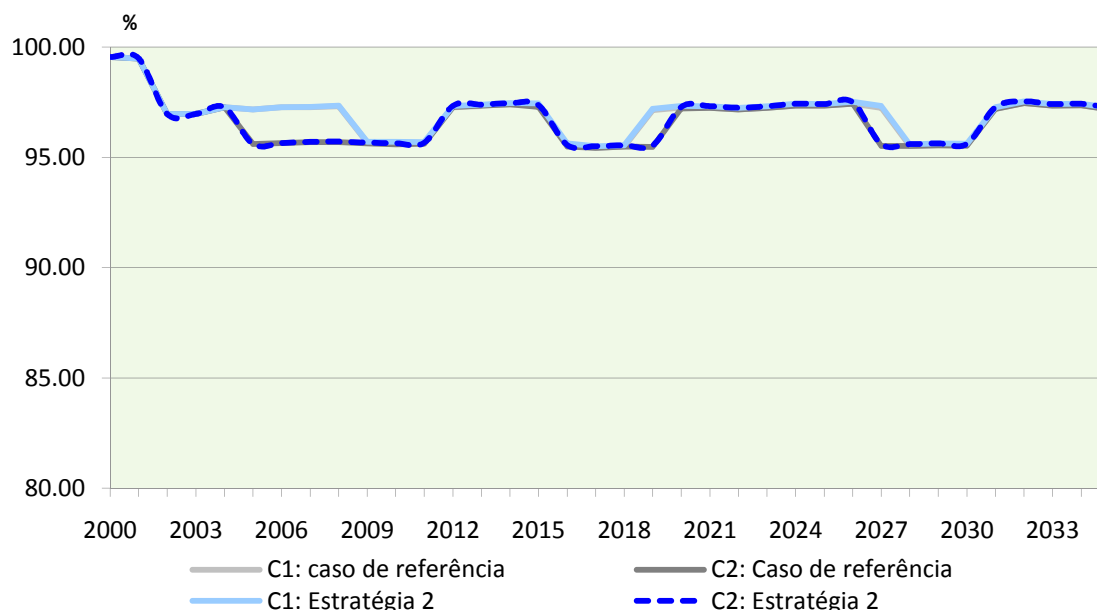


Figura 7.8: Estratégia 2 - Taxa de cobertura para a agricultura na região do Algarve

Observa-se na Figura 7.9 que existe um ligeiro aumento do índice de exploração dos aquíferos, de cerca de 1.5%, a partir de 2006. Esse aumento traduz obviamente a intensificação das captações subterrâneas no aquífero Querença-Silves e afasta os valores do índice de exploração dos 80% fixados como máximo compatível com uma gestão sustentável dos recursos subterrâneos da região.

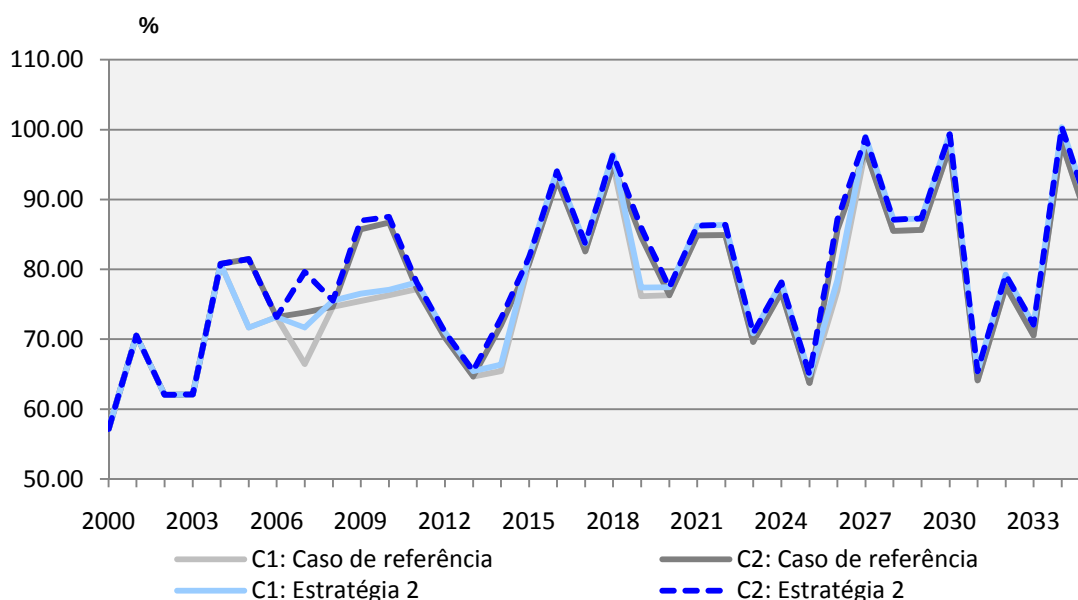


Figura 7.9: Estratégia 2 - Índice de exploração dos aquíferos da região do Algarve

### 7.3.3. Estratégia 3

Por fim, a estratégia 3 agrupa opções menos comuns, de âmbito local e que privilegiam a gestão da procura. A opção estrutural com maior impacte é a importação de água da albufeira de Santa

Clara, directamente para a ETA de Alcantarilha a partir de 2008. É em grande parte esse volume de 20hm<sup>3</sup> que permite alcançar valores da taxa de cobertura para o abastecimento público superiores a 95% até 2027 e 2028 para os cenários C2 e C1 respectivamente (Figura 7.10). Nos últimos anos, existe uma diminuição dessa taxa de cobertura para o abastecimento público, ainda que se verifique porém, um valor superior a 92.5% em 2035 para ambos os cenários.

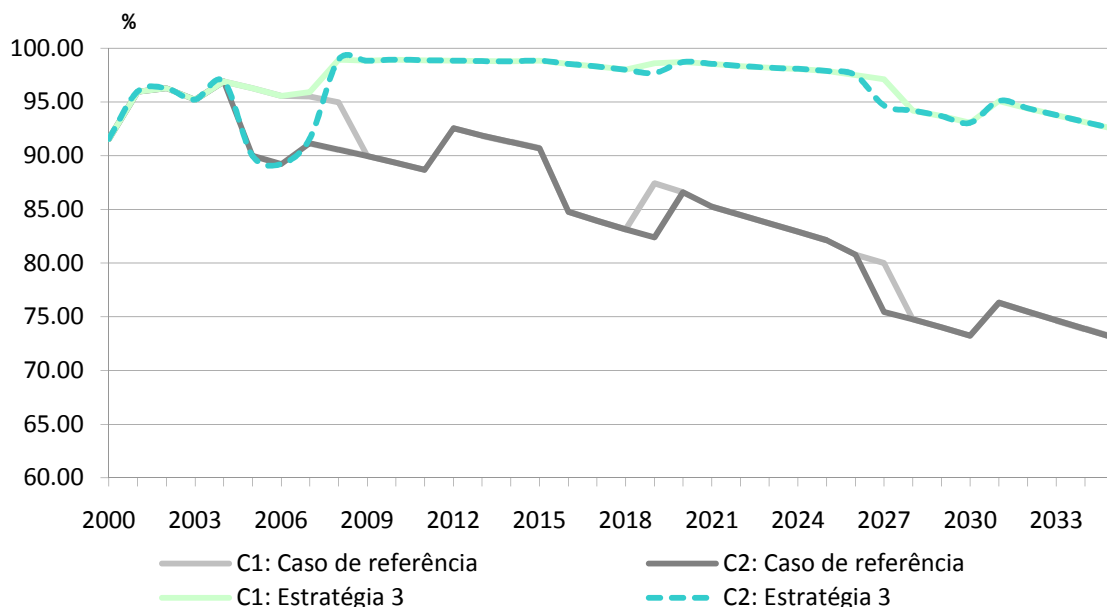


Figura 7.10: Estratégia 3 - Taxa de cobertura para abastecimento público da região do Algarve

Em termos de taxa de cobertura da agricultura, a Figura 7.11 mostra que a implementação desta estratégia, tal como já tinha sido observado com a implementação da estratégia 2, não introduz alterações notáveis neste indicador, sendo os valores também aqui muito superiores a 80%.

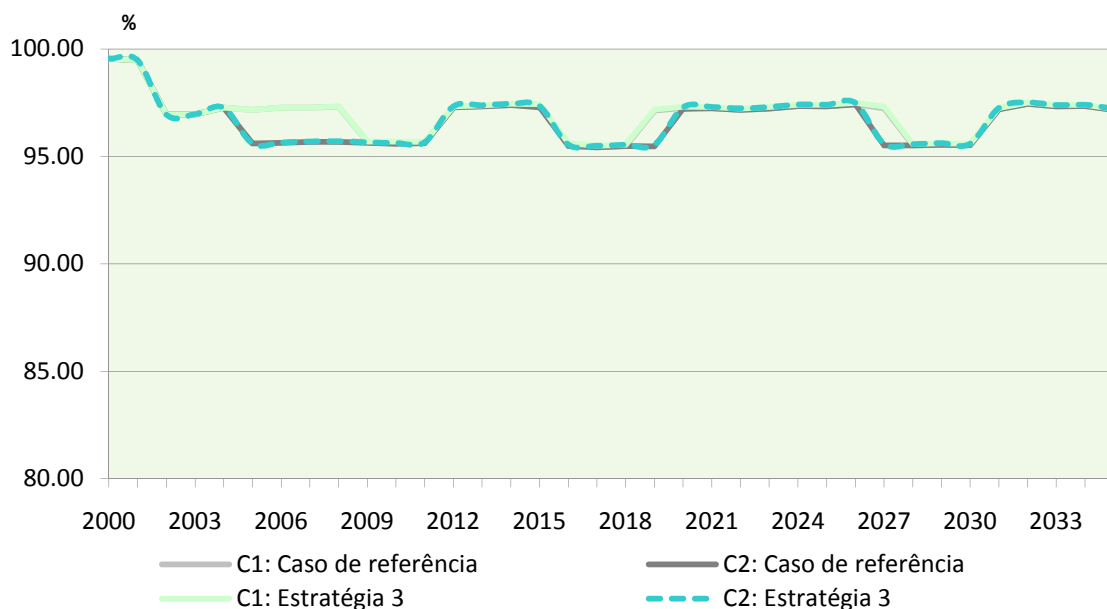


Figura 7.11: Estratégia 3 - Taxa de cobertura para a agricultura na região do Algarve

Finalmente, verifica-se que o índice de exploração dos aquíferos também não apresenta alterações sensíveis com a implementação desta estratégia, sendo os valores obtidos no entanto inferiores aos verificados para o caso de referência (menos cerca de 1% em ambos os cenários).

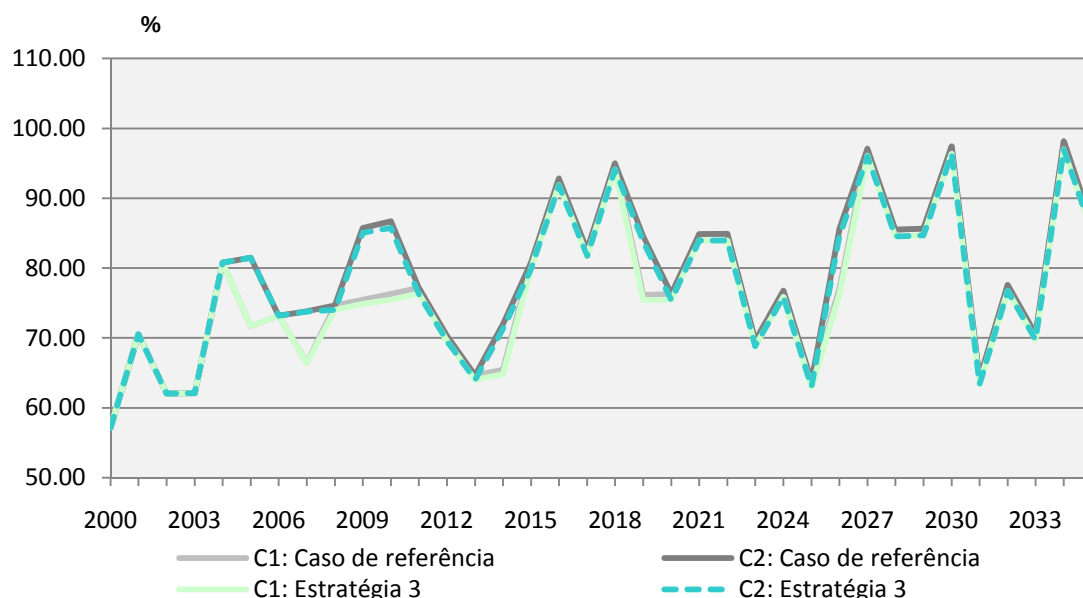


Figura 7.12: Estratégia 3 - Índice de exploração dos aquíferos da região do Algarve

#### 7.4. Classificação final

A análise feita das três estratégias aqui apresentadas pode ser complementada pela comparação das mesmas em termos de eficiência. Como explicitado no ponto 4.2, o modelo WSM-DSS fornece vários indicadores, de diferentes categorias que podem ser usados para comparar as diferentes opções testadas.

No presente estudo, optou-se por uma combinação de três indicadores, já referidos anteriormente, de acordo com os objectivos regionais definidos. Para além da definição desses objectivos, nomeadamente uma taxa de cobertura mínima de 95% para o abastecimento público, de 80% para a agricultura e um índice de exploração dos aquíferos inferior a 80%, foi necessário associar a cada um dos indicadores seleccionados um peso relativo definido com as instituições envolvidas e de acordo com os objectivos propostos para este trabalho (Tabela 7.4). Nesse contexto, uma vez que o tema central desta dissertação é o abastecimento público, foi dada grande importância ao indicador “taxa de cobertura para o abastecimento público”, com um peso de 0.8. Os dois outros indicadores escolhidos “taxa de cobertura para o abastecimento agrícola” e “índice de exploração dos aquíferos” apresentam um peso relativo de 0.1. Pretende-se desse modo salientar a relevância do sector agrícola na região e também a necessidade de preservar os aquíferos em termos de quantidade e de qualidade. Ao indicador global resultante da combinação destes três indicadores é dada a designação de “Eficiência” cujos resultados poderão variar de 0 a 1. Convirá referir que se admitiu como intervalo de análise o período 2008-2035, uma vez que 2008 corresponde ao primeiro ano de implementação de opções de gestão de recursos hídricos específicas consideradas nas estratégias (tais como a construção de dessalinizadoras na estratégia 2 ou ainda a importação de água da albufeira de Santa Clara na estratégia 3).

Tabela 7.4: indicadores considerados

| Índice                                          | Peso | Objectivo |
|-------------------------------------------------|------|-----------|
| Taxa de cobertura para o abastecimento público  | 0.8  | > 95%     |
| Taxa de cobertura para o abastecimento agrícola | 0.1  | > 80%     |
| Índice de exploração dos aquíferos              | 0.1  | < 80%     |

A Figura 7.13 apresenta os valores da “Eficiência” obtidos para cada uma das estratégias consideradas. Esses resultados são apresentados para os dois cenários considerados ao longo deste estudo, C1 e C2, e são comparados com os valores obtidos para o caso de referência.

O valor mínimo de 0.1 obtido no caso de referência para ambos os cenários C1 e C2 corresponde ao peso atribuído ao indicador “taxa de cobertura para a agricultura” que, tal como se verificou nas Figuras 7.5, 7.8 e 7.11 apresenta valores sempre superiores ao objectivo mínimo de 80%. Para ambos os cenários, a estratégia 2 apresenta os melhores resultados, com uma eficiência de perto de 0.5. A estratégia 1, com valores de eficiência de cerca de 0.3 fica, numa primeira abordagem, aquém das expectativas. De facto, este resultado não parece de acordo com os valores da taxa de cobertura para abastecimento público observados na Figura 7.4. No entanto, é aqui importante salientar que o período de análise aqui referenciado abrange os anos de 2008 a 2035, ou seja com um início anterior à implementação da barragem de Odelouca. Assim sendo, os valores de eficiência mais elevados obtidos para a estratégia 2 podem ser explicados pelo facto das dessalinizadoras consideradas entrarem em funcionamento logo em 2008, permitindo de imediato melhorias sensíveis da taxa de cobertura para o abastecimento público e, consequentemente, um impacto positivo no valor da eficiência, fortemente dependente dos resultados alcançados em termos de taxa de cobertura para o abastecimento público, uma vez que este indicador tem um peso de 0.8.

Finalmente, a estratégia 3 apresenta os resultados menos satisfatórios, directamente justificáveis pelo facto do objectivo principal de ultrapassar 95% de taxa de cobertura para o abastecimento público ao longo de todo o período de análise não ter sido alcançado, como já foi verificado na análise da Figura 7.10.

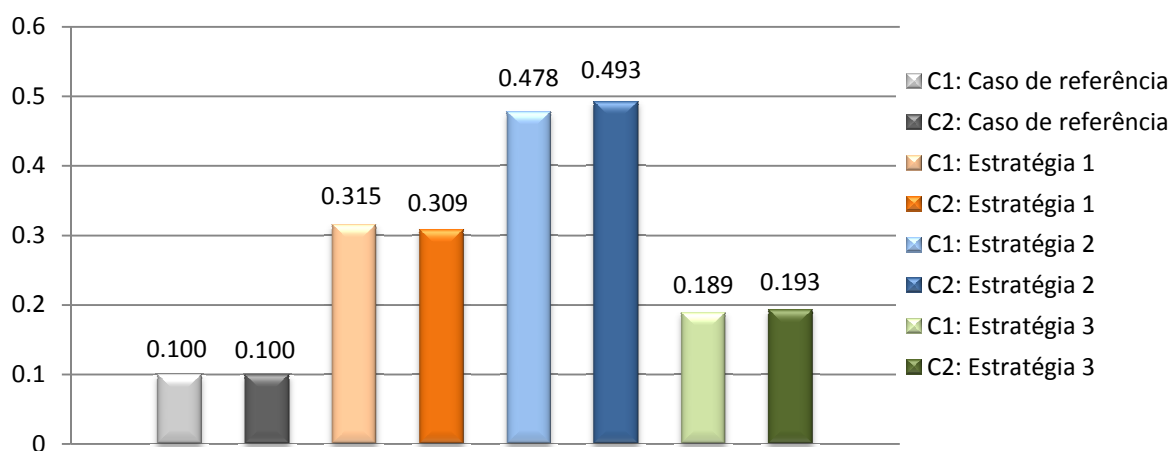


Figura 7.13: Eficiência das estratégias 1, 2 e 3, admitindo os cenários C1 e C2

Para além da comparação em termos de eficiência, é importante analisar também as três estratégias em termos de custos directos e ambientais. A Tabela 7.5 apresenta, para os dois cenários considerados, os valores desses custos em termos de valores actuais, admitindo o período 2008-2035.

Em termos de custos directos, os valores mais elevados estão associados à estratégia 2. Neste caso, grande relevância deverá ser atribuída ao impacto das quatro dessalinizadoras previstas e aos elevados custos de operação e manutenção que lhes estão associados. No caso da estratégia 1, os custos directos avaliados reflectem a implementação da barragem de Odelouca e do túnel Odelouca-Funcho, que perfazem um custo de construção superior a 100 Milhões de euros. Em contrapartida, a estratégia 3 apresenta valores bastante inferiores no que diz respeito aos custos directos, traduzindo a ausência de medidas estruturais fortes.

No que diz respeito aos custos ambientais, a estratégia 2 apresenta os menores valores, facto que poderá ser explicado pela entrada em funcionamento das dessalinizadoras que origina uma diminuição dos custos ambientais, uma vez que parte das necessidades em água para o abastecimento público passa a ser satisfeita com recurso a água do mar, à qual não está associado qualquer custo ambiental. Como seria de esperar, a estratégia 1 apresenta os mais elevados custos ambientais, originados pela implementação da barragem de Odelouca que permite diminuir o défice em água para abastecimento público através de um aumento do volume de água superficial disponível para captação,. Finalmente, verifica-se que a estratégia 3, apesar de não ter alcançado os resultados pretendidos em termos de eficiência, apresenta valores de custos ambientais pouco superiores à estratégia 2 (menos de 2.5%) o que associado a custos directos inferiores em quase 10%, relativamente a essa mesma estratégia, demonstra o interesse desta estratégia em termos económicos.

Tabela 7.5: Custos directos e ambientais das diferentes opções de gestão de recursos hídricos estudadas

| M€           | Cenário 1       |                   | Cenário 2       |                   |
|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|              | Custos directos | Custos ambientais | Custos directos | Custos ambientais |
| Estratégia 1 | 1.814           | 481               | 1.812           | 487               |
| Estratégia 2 | 1.853           | 433               | 1.853           | 439               |
| Estratégia 3 | 1.692           | 443               | 1.692           | 449               |

#### 7.5. Estratégia de recuperação de custos

Depois da análise feita às três estratégias consideradas neste estudo, principalmente em termos económicos, o passo seguinte prende-se com a definição de uma estratégia de recuperação de custos que pretende ser um refinamento do trabalho levado a cabo, visando incorporar os princípios definidos na DQA. Neste contexto, e tendo em conta os objectivos definidos, a estratégia de recuperação de custos aqui definida baseia-se na consideração de um aumento gradual do preço de venda da água, exclusivamente no sector urbano.

Segundo o Plano Nacional da Água (PNA, 2000), o preço médio de venda da água na Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve era de 0.68 €/m<sup>3</sup>, com valores variando de 0,41 €/m<sup>3</sup> em

Vila do Bispo até um máximo de 1,04 €/m<sup>3</sup> em Aljezur. Nesse contexto, e tendo em atenção os propósitos da DQA, admitiram-se dois objectivos a serem alcançados com esta estratégia de recuperação de custos, de acordo com as instituições envolvidas:

- uma recuperação de 100% dos custos directos a partir de 2020, e
- uma recuperação mínima de 70% dos custos ambientais a partir de 2025.

Mais ainda, a definição desta estratégia de recuperação de custos assenta na consideração de um valor para a elasticidade da procura. Uma vez que não há conhecimento de quaisquer estudos relevantes sobre este assunto, admitiu-se um valor de 0.5 para este parâmetro, de acordo com a informação fornecida pela empresa Águas do Algarve, S.A.

Seguidamente, e para cada uma das três estratégias definidas, foi iniciado um processo iterativo tendo como fim a obtenção de um valor do preço da água que permitisse alcançar os objectivos pretendidos. Na prática, esse incremento do preço de venda da água traduziu-se, em cada uma das estratégias, por cinco aumentos do preço de venda da água (em 2008, 2010, 2012, 2014 e 2016) com um valor diferente para cada uma das estratégias, em função dos custos a recuperar, avaliados na primeira fase de análise das estratégias.

Na Tabela 7.6 é possível observar as percentagens médias de aumento do preço de venda da água aos aglomerados consideradas para alcançar os objectivos de recuperação de custos propostos, comuns às três estratégias.

Tabela 7.6: Percentagens médias de aumento do preço de venda da água

|      | Estratégia 1 | Estratégia 2 | Estratégia 3 |
|------|--------------|--------------|--------------|
| 2008 | 15%          | 15%          | 14%          |
| 2010 | 15%          | 15%          | 14%          |
| 2012 | 16%          | 15%          | 14%          |
| 2014 | 16%          | 16%          | 14%          |
| 2016 | 16%          | 16%          | 14%          |

A Figura 7.14 traduz o impacto dos aumentos percentuais considerados na evolução do preço médio de venda da água na região.

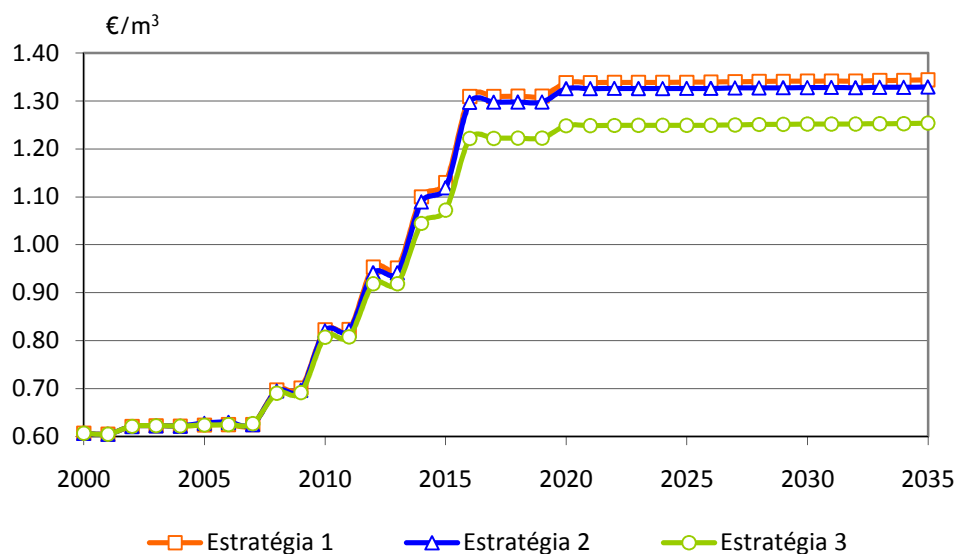


Figura 7.14: Evolução do preço médio de venda da água para cada um das estratégias consideradas

Como resultado do processo iterativo, atinge-se em 2035 um preço médio de venda da água de 1.34 €/m³ para a estratégia 1, 1.33 €/m³ para a estratégia 2 e um valor inferior igual a 1.25 €/m³ para a estratégia 3, alcançando assim os objectivos de recuperação de custos definidos, ou seja 100% de custos directos a partir de 2020, e um mínimo de 70% de custos ambientais a partir de 2025. Como seria de esperar, a estratégia 3 implica um menor aumento do preço de venda da água que resulta dos custos directos associados a esta estratégia serem inferiores aos verificados para as duas outras estratégias: menos 6.7% em relação à estratégia 1 e menos 8.7% em relação à estratégia 2.

Finalmente, com base nestes novos preços de venda da água, as três estratégias são reavaliadas em termos de eficiência. A Figura 7.15 apresenta os valores de eficiência obtidos para as três estratégias definidas, desta vez admitindo a introdução de uma estratégia de recuperação de custos, sendo os indicadores, os seus pesos relativos assim como o período de avaliação os referidos anteriormente.

Como se pode observar, as estratégias 2 e 3 apresentam valores de eficiência muito satisfatórios, iguais a 0.9, demonstrando que com a introdução das respectivas estratégias de recuperação de custos é possível melhorar sensivelmente os resultados associados aos indicadores seleccionados, neste caso com maior incidência nos resultados obtidos para a taxa de cobertura de abastecimento do sector doméstico. A estratégia 1, apesar de ter apresentado resultados muito satisfatórios na primeira fase da análise, está aqui muito aquém das duas outras estratégias. Esse resultado é explicado pelo simples facto do período de análise da eficiência destas três estratégias incidir sobre os anos 2008 a 2012, o que prejudica fortemente a estratégia 1 na qual a implementação da barragem de Odelouca, opção central desta estratégia, só entra em funcionamento em 2012. Se for considerado o período 2013-2035, as três estratégias apresentam eficiências na ordem dos 0.9.

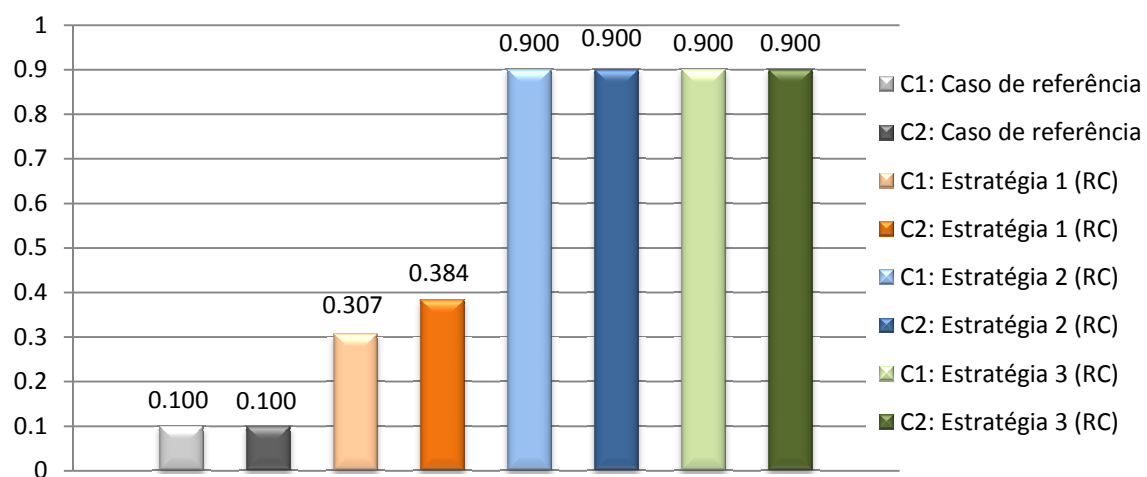


Figura 7.15: Eficiência das estratégias consideradas, admitindo uma estratégia de recuperação de custos (RC), admitindo os cenários C1 e C2



## 8. Conclusões



A gestão integrada de recursos hídricos tem assumido grande relevância nas últimas décadas, facto em grande parte resultante da pressão crescente exercida sobre os recursos hídricos pelos diferentes sectores consumidores. Em Portugal, o período de seca ocorrido entre 2003 e 2005 revelou algumas das deficiências existentes na gestão actual dos recursos hídricos a nível nacional e regional, evidenciando fragilidades das fontes de abastecimento de água existentes e actualmente utilizadas.

Nesse contexto, a região do Algarve constitui um caso de estudo de grande interesse uma vez que sofreu grandes alterações nas últimas décadas tornando-se num destino turístico muito procurado em Portugal. Associada a essa procura turística subsiste uma importante actividade agrícola responsável por mais de 70% do consumo em água da região, assim como um interesse crescente pela implementação e exploração de campos de golfe.

Assim sendo, o trabalho desenvolvido no âmbito desta tese assume especial relevância uma vez que, apesar de se centrar principalmente na problemática do abastecimento público na região, considera também os outros principais sectores consumidores de água existentes, tais como a agricultura e a indústria. Nessa perspectiva de análise global e conjunta dos diferentes sectores, as simulações levadas a cabo permitiram obter uma visão à escala regional da implementação de diferentes opções de gestão de recursos hídricos de diferentes tipos, estruturais e não estruturais.

Numa primeira fase de caracterização, foram identificadas as especificidades da região em termos de procura e disponibilidade de água, assim como as perspectivas de evolução do abastecimento público. Este estudo foi essencial uma vez que permitiu definir os cenários de disponibilidade e de procura usados nas fases seguintes do trabalho. Mais ainda, essa primeira abordagem serviu, recorrendo ao modelo de apoio à decisão utilizado, o WSM-DSS, para identificar os défices previstos ao longo do período de simulação considerado.

Todas as opções de gestão de recursos hídricos consideradas nesta dissertação tiveram como objectivo central minimizar os défices em água identificados no abastecimento público. A escolha das opções a considerar e algumas das suas características foram determinadas tendo em conta as indicações da empresa Águas do Algarve S.A., concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água ao Algarve.

O primeiro conjunto de simulações efectuadas foi constituído por opções isoladas, que pretenderam cobrir um leque bastante alargado de possibilidades de intervenção na região. Assim sendo, foram simuladas opções ditas: (i) estruturais, tais como a introdução da barragem de Odelouca, que está em construção, ou a implementação de dessalinizadoras; (ii) não-estruturais, tais como a redução de perdas nos sistemas de abastecimento em baixa, e; (iii) de carácter operacional, neste caso, expansões do sistema. Essas opções foram avaliadas e comparadas entre si, para cada um dos dois cenários considerados (C1 e C2), admitindo um período de análise de 2000 a 2035, através da evolução da taxa de cobertura para o abastecimento público associada à implementação de cada uma das opções e também dos custos directos e ambientais originados. Verifica-se que, para os dois cenários admitidos, a implementação da barragem de Odelouca e a construção de dessalinizadoras são as opções que permitem alcançar os mais elevados valores da taxa de cobertura para o abastecimento público. No entanto, a esses melhores resultados também estão associados os mais elevados custos

directos. No caso dos custos ambientais, soluções tais como a construção de dessalinizadoras apresentam os menores valores, originados pela diminuição nas captações de água em albufeiras e em aquíferos que a implementação dessas dessalinizadoras possibilita.

A simulação destas diferentes opções teve como principal interesse preparar a fase seguinte de definição e avaliação de estratégias. As estratégias representam a combinação espacial e temporal de diferentes opções de gestão de recursos hídricos tendo como objectivo alcançar objectivos regionais previamente definidos. Nesse contexto, a primeira análise das opções isoladas permitiu avaliar o impacto de cada uma das opções na mitigação do défice em água na região, facilitando o processo de definição dessas estratégias.

No presente trabalho, os objectivos definidos foram: uma taxa de cobertura para o abastecimento público superior a 95% até ao final do período de simulação, uma taxa de cobertura para a agricultura, superior a 80%, e um índice de exploração dos aquíferos da região inferior a 80%, visando minimizar os problemas de quantidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos. As três estratégias aqui apresentadas e avaliadas foram definidas de forma a valorizar diferentes perspectivas de actuação na região. Assim sendo, a estratégia 1 centra-se na implementação da barragem de Odelouca, a estratégia 2 pretende mitigar a dependência da região nas captações em albufeiras através da introdução de medidas mais localizadas tais como a construção de dessalinizadoras e finalmente a estratégia 3 permite avaliar o impacto da introdução de medidas menos comuns/convencionais tais como a reutilização de águas tratadas e medidas de conservação no sector doméstico.

As três estratégias foram avaliadas e comparadas entre si, através do respectivo grau de cumprimento dos objectivos regionais fixados anteriormente. O modelo WSM-DSS permitiu efectuar essa comparação recorrendo aos três indicadores considerados mais relevantes, de acordo com esses objectivos: “taxa de cobertura para o abastecimento público”, “taxa de cobertura para o abastecimento agrícola” e “índice de exploração dos aquíferos”. A cada um destes indicadores foi associado um peso relativo que traduz a importância do mesmo na avaliação efectuada, sendo, no presente caso, o indicador relativo à taxa de cobertura para o abastecimento público, com um peso de 0.8. A combinação dos três indicadores permite obter um indicador global, designado por índice de eficiência que permite comparar as três estratégias propostas. Assim, para o período de análise considerado (2008-2035), verificou-se que, para os dois cenários considerados, a estratégia 2 apresenta os melhores resultados em termos de eficiência, justificados pelo facto das dessalinizadoras entrarem em funcionamento antes da barragem de Odelouca considerada na estratégia 1 e, assim sendo, permitirem alcançar uma taxa de cobertura do abastecimento público mais elevada logo a partir de 2008. Pelo facto de incluir poucas medidas do tipo estrutural, a estratégia 3 apresenta os menores custos directos associados. Em termos de custos ambientais, a estratégia 2 é a mais favorável, em grande parte devido à introdução das dessalinizadoras, uma vez que não está associado qualquer custo ambiental à captação de água do mar que passa a ser usada para abastecer alguns aglomerados.

Finalmente, para completar este estudo, e com vista à incorporação dos princípios definidos na DQA, admitiu-se a introdução de uma estratégia de recuperação de custos que permitisse que, a partir de 2020, 100% dos custos directos fossem recuperados e, a partir de 2025, pelo menos 70% dos custos ambientais também o fossem. Esta estratégia traduziu-se na consideração de um aumento do preço de venda da água no sector doméstico, definido a partir de um processo

iterativo e diferenciado para cada uma das estratégias estudadas. As estratégias foram então reavaliadas, incorporando estes aumentos de preço de venda da água, de forma a observar os efeitos dos mesmos na eficiência das três estratégias. Verificou-se que as estratégias 2 e 3 atingiram os valores mais elevados de eficiência, muito superiores aos verificados para a estratégia 1. Esse facto está directamente relacionado com o período de análise considerado, uma vez que a implementação da barragem de Odelouca, medida mais importante da estratégia 1, só ocorre em 2012, sendo por isso a eficiência desta estratégia inferior até lá.

As simulações e estratégias definidas e avaliadas nesta dissertação permitiram apresentar uma visão global, regional, do impacte da introdução de diferentes tipos de opções de gestão de recursos hídricos na mitigação do défice em água no sector urbano. Mais ainda, o trabalho levado a cabo também tem como objectivo demonstrar as potencialidades do modelo de apoio à decisão utilizado (WSM-DSS) e incentivar o seu uso por parte das diferentes entidades envolvidas no processo de decisão associado à gestão de recursos hídricos.

O seguimento natural do trabalho aqui desenvolvido passaria pela utilização efectiva do modelo WSM-DSS por parte das instituições envolvidas na gestão de recursos hídricos na região do Algarve. No entanto, um dos principais entraves à utilização deste modelo de apoio à decisão, e de outros modelos deste tipo, está relacionado com a permanente necessidade de actualizar a base de dados utilizada, tal como foi feito ao longo deste trabalho. Adicionalmente, outra linha de trabalho poderia passar pela consideração dos efeitos das alterações climáticas, que têm sido discutidos em estudos mais recentes, na análise levada a cabo. Em todos os casos, a troca de informação entre as diferentes entidades envolvidas na gestão de recursos hídricos assume um papel importante permitindo uma visão global mas coerente e actualizada da situação dos recursos hídricos na região assim como das suas perspectivas de evolução.



## Bibliografia



- Alvarez, J., Solera, A., Romá, J., Polo, J., 2007. Modelo SIMGES de Simulación de la Gestión de Recursos Hídricos, incluyendo Utilización Conjunta (em espanhol), Manual do utilizador, versão 3.001, Universidade Politécnica de Valência.
- Argent, R., 2004. An overview of model integration for environmental applications - components, frameworks and semantics. *Environmental Modelling and Software* 19, pp 219-234.
- Arquiola, J., Solera, A., Álvarez, J., 2007. Modelo Gescal para la Simulación de la Calidad del Agua en Sistemas de Recursos Hidricos (em espanhol), Manual do utilizador, versão 1.0, Universidade Politecnica de Valencia.
- Brown, 2001. How water scarcity will shape the new century. *Water Science and Technology* 43 (4), pp 17-22.
- Brunner, N., Starkl, M., 2004. Decision aid systems for evaluating sustainability: a critical survey. *Environmental Impact Assessment Review* 24, pp 441-469.
- CE, 2000. Directiva 2000/60/EC, Directiva Quadro da Água. OJ L 327, 22.12.2000, pp 1-72.
- DR, 1998. Diário da República 176/98, Série I-A, Decreto-Lei n.º 236/98, pp 3676-3722.
- FAO, 1977. Crop Water Requirements. Irrigation and drainage paper 24.
- Feinerman, E., Berland, J. M., Assimacopoulos, D., 2004. Water Framework Directive: economic aspects and their tentative application in the WSM Decision Support System (Directiva Quadro da Água: aspectos económicos e tentativa de aplicação no sistema de apoio à decisão WSM-DSS), WSM Working Document (Documento de Trabalho do Projecto WaterStrategyMan).
- Friedler E., Brown D. M., Butler D., 1995. A study of WC derived sewer solids. *Proceedings of the International Conference on: Sewer solids - Characteristics, movement, effects and control*. Dundee. UK.
- Giupponi C., Mysiac, J., Tamaro, M., 2006. Harmoni-Ca report on the state of DSS developments for water resources management. Relatório preliminar.
- Gleick, 2003. Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21<sup>st</sup> Century. *Science*. 302, pp 1524-1528
- GWP, 2000. Global Water Partnership Technical Committee (TEC). Background Paper N° 4. Sweden.
- GWP, 2004a. Global Water Partnership Technical Committee (TEC). *Catalysing Change - A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies*. Technical Paper of the Global Water Partnership (GWP).
- GWP, 2004b. Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005 - Why, What and How? Technical Committee (TEC) Background Paper No. 10. Technical Paper of the Global Water Partnership (GWP).
- Hidroprojecto, 2005. Reforço do Abastecimento de Água ao Algarve.
- IHERA, 2001. Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente. Estimativa das Necessidades Globais de Água para o Regadio no Continente, Lisboa

- INE, 2001. CENSOS, <http://www.ine.pt/censos2001/censos.asp>.
- Lencastre, A., Carvalho, J., Gonçalves, J., Piedade, M., 1994. Instrumentos de Apoio a uma Política de Desenvolvimento Sustentável em Saneamento Básico, Volume 9 - Custos de Construção e Exploração, Direcção-Geral do Ambiente, Lisboa.
- Little, J. D. C., Models and managers: the concept of a decision calculus. Management Science, Volume 16, nº 8, pp B466-485.
- LNEC, 1995. Gestão de Sistemas de Saneamento Básico. Volume 9: Custos de construção e exploração. LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, Portugal. ISBN: 972-49-1661-8.
- Maia, R., 2005. Application to the development and performance assessment of water management strategies in Ribeiras do Algarve River Basin-Portugal. Em Water management in Arid and Semi-arid Regions: Interdisciplinary Perspectives, Capítulo 7. Editores: Koundouri P., Karousakis K., Jeffrey P., Assimacopoulos D., Lange M.
- Maia, R., 2007. IWRM and IRBM Approaches: International Rivers. FLAD - Fundação Luso Americana (em edição).
- Maia, R., Silva, C., 2007. DSS application at a river basin scale, taking into account water resources exploitation risks and associated costs: The Algarve Region (aceite para publicação numa edição da revista "Desalination").
- NTUA, 2003. WSM Decision Support System (Versão 2.10). Manual de Análise Económica. National Technical University of Athens. pp: 1-36.
- NTUA, 2005. Developing Strategies for Integrated Water Resources Management in Water Deficient Regions, Atenas, Grécia, 346 páginas.
- PBHG, 2000. Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana, 2ª fase - Definição de Objectivos, Volume II - Análise Prospectiva do Desenvolvimento Socio-económico. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- PBHG, 2001. Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana, Relatório Final. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- PBHRA, 1999a. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 1ª fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Anexo 6 - Utilizações e Necessidades, Tomo 6.B - Avaliação das Necessidades Actuais de Água, Parte II - Agricultura e Agropecuária. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- PBHRA, 1999b. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 1ª fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Anexo 4 - Recursos Hídricos Subterrâneos. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- PBHRA, 1999c. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 1ª fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Anexo 6 - Utilizações e Necessidades, Tomo 6.B - Avaliação das Necessidades Actuais de Água, Parte I - Abastecimento Urbano e Industrial. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- PBHRA, 1999d. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 1ª fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Anexo 3 - Recursos Hídricos Superficiais, Tomo 6.A - Análise de Precipitações. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

-  PBHRA, 2000a. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 1ª fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Volume III - Análise, Capítulo 1 - Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
-  PBHRA, 2000b. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 2ª fase - Definição de objectivos, Volume II - Análise Prospectiva do Desenvolvimento Socio-económico. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
-  PBHRA, 2000c. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 1ª fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Anexo 3 - Recursos Hídricos Superficiais, Tomo 3C - Balanço Hídrico. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
-  PBHRA, 2001. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, 3ª - Fase Proposta de Medidas e Acções, Anexo 1 - Cálculo das utilizações e necessidades de água. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
-  PNA, 2000. Economia da Água do Plano Nacional da Água. Instituto da Água.
-  PNUEA, 2001. Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território - Instituto da Água, Lisboa.
-  Power, D. J., 2007. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, World Wide Web, <http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html>, version 4.0, March 10.
-  ProGEA, 2004. A Comprehensive Decision Support System for the Development of Sustainable Water Management Strategies. WSM Project Document: Deliverable 21.4.
-  Silva, C., Faria, R., Lucas, H., Maia, R., 2004. Aplicação de um Modelo de Apoio à Decisão à Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve: importância do Sistema Multimunicipal na gestão sustentável dos recursos hídricos, Encontro Nacional de Saneamento Básico, Universidade do Algarve, Faro 12-15 de Outubro.
-  Silva, C., Maia, R., 2007. Water management solutions for the Algarve River basin. Reducing the Vulnerability of Societies to Water Related Risks at the Basin Scale. IAHS Publicação 317, ISSN 0144-7815, pp 204 - 210.
-  Scully, M., 2000. The Politics of Running Out of Water. Chronicle of Higher Education, Vol. 47 Issue 12.
-  Soncini, R., Castelletti, A., Weber, E., 2003. A DSS Planning and Managing Water Reservoir Systems. Environmental Modelling and Software 18, pp 395-404.
-  Solera, A., Arquiola, J., Álvarez, J., 2007. AQUATOOLDMA- Entorno de Entorno de desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión en materia de planificación de la gestión de cuencas hidrográficas incluyendo utilización conjunta y criterios de calidad de aguas (em espanhol), Manual do utilizador, versão 1.00, Universidade Politécnica de Valência.
-  TCSC, 1998. Task Committee on Sustainability Criteria, Water Resources Planning and Management Division. Sustainability Criteria for water Resource Systems, American Society of Civil Engineers - ASCE.
-  WATECO, 2002. Economics and the Environment. The implementation challenge of the Water Framework Directive (O desafio da implementação da Directiva Quadro da Água). A guidance document, WATECO Working Group Report.

Sítios internet:

-  [http://cnpgb.inag.pt/gr\\_barragens/gbportugal/index.htm](http://cnpgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/index.htm) (último acesso: Junho 2008)
-  [www.dhigroup.com](http://www.dhigroup.com) (último acesso: Junho 2008)
-  [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu) (último acesso: Janeiro 2008)
-  <http://environ.chemeng.ntua.gr/WSM/> (último acesso: Janeiro 2008)
-  [www.gwpforum.org](http://www.gwpforum.org) (último acesso: Maio 2008)
-  [www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm](http://www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm) (último acesso, Janeiro 2008)
-  [www.ine.pt](http://www.ine.pt) (último acesso: Dezembro 2007)
-  [www.snirh.inag.pt](http://www.snirh.inag.pt) (último acesso: Maio 2008)

## Anexos



## Anexo 1: População



Tabela 1.A: População residente, CENSOS 2001

| Concelho     | Freguesia             | Pessoas | Total |
|--------------|-----------------------|---------|-------|
| Albufeira    | Albufeira             | 16237   | 31543 |
|              | Guia                  | 3630    |       |
|              | Paderne               | 3504    |       |
|              | Ferreiras             | 4951    |       |
|              | Olhos de Água         | 3221    |       |
| Alcoutim     | Alcoutim              | 1099    | 3770  |
|              | Giões                 | 307     |       |
|              | Martim Longo          | 1384    |       |
|              | Pereiro               | 287     |       |
|              | Vaqueiros             | 693     |       |
| Aljezur      | Aljezur               | 2687    | 5288  |
|              | Bordeira              | 492     |       |
|              | Odeceixe              | 927     |       |
|              | Rogil                 | 1182    |       |
| Castro Marim | Azinhal               | 692     | 6593  |
|              | Castro Marim          | 3047    |       |
|              | Odeleite              | 934     |       |
|              | Altura                | 1920    |       |
| Faro         | Conceição             | 3751    | 58051 |
|              | Estói                 | 3538    |       |
|              | Santa Bárbara de Nexe | 4119    |       |
|              | Faro (São Pedro)      | 12761   |       |
|              | Faro (Sé)             | 28546   |       |
|              | Montenegro            | 5336    |       |
| Lagoa        | Estômbar              | 4658    | 20651 |
|              | Ferragudo             | 1866    |       |
|              | Lagoa                 | 6063    |       |
|              | Porches               | 1902    |       |
|              | Carvoeiro             | 2784    |       |
|              | Parchal               | 3378    |       |
| Lagos        | Barão de São João     | 804     | 25398 |
|              | Bensafrim             | 1533    |       |
|              | Luz                   | 3068    |       |
|              | Odiáxere              | 2522    |       |
|              | Lagos (Santa Maria)   | 6440    |       |
|              | Lagos (São Sebastião) | 11031   |       |
| Loulé        | Almancil              | 8799    |       |
|              | Alte                  | 2176    |       |
|              | Ameixial              | 604     |       |
|              | Boliqueime            | 4473    |       |
|              | Quarteira             | 16129   |       |
|              | Querença              | 788     |       |
|              | Salir                 | 3023    |       |

Tabela 1.A: População residente, CENSOS 2001 (continuação)

|                                   |                                  |                     |               |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------|
|                                   | Loulé (São Clemente)             | 14406               |               |
|                                   | Loulé (São Sebastião)            | 6734                |               |
|                                   | Benafim                          | 1141                |               |
|                                   | Tôr                              | 887                 | 59160         |
| <b>Monchique</b>                  | Alferce                          | 512                 |               |
|                                   | Marmeleite                       | 1087                |               |
|                                   | Monchique                        | 5375                | 6974          |
| <b>Olhão</b>                      | Fuseta                           | 2146                |               |
|                                   | Moncarapacho                     | 7591                |               |
|                                   | Olhão                            | 14749               |               |
|                                   | Pechão                           | 3033                |               |
|                                   | Quelfes                          | 13289               | 40808         |
| <b>Portimão</b>                   | Alvor                            | 4977                |               |
|                                   | Mexilhoeira Grande               | 3598                |               |
|                                   | Portimão                         | 36243               | 44818         |
| <b>São Brás de Alportel</b>       | São Brás de Alportel             | 10032               | 10032         |
| <b>Silves</b>                     | Alcantarilha                     | 2347                |               |
|                                   | Algoz                            | 2946                |               |
|                                   | Armação de Pêra                  | 3770                |               |
|                                   | Pêra                             | 1951                |               |
|                                   | São Bartolomeu de Messines       | 8491                |               |
|                                   | São Marcos da Serra              | 1535                |               |
|                                   | Silves                           | 10768               |               |
|                                   | Tunes                            | 2022                | 33830         |
| <b>Tavira</b>                     | Cachopo                          | 1026                |               |
|                                   | Conceição                        | 1446                |               |
|                                   | Luz                              | 3778                |               |
|                                   | Santa Catarina da Fonte do Bispo | 2085                |               |
|                                   | Tavira (Santa Maria)             | 6672                |               |
|                                   | Tavira (Santiago)                | 5904                |               |
|                                   | Santo Estêvão                    | 1287                |               |
|                                   | Santa Luzia                      | 1729                |               |
|                                   | Cabanas de Tavira                | 1070                | 24997         |
| <b>Vila do Bispo</b>              | Barão de São Miguel              | 440                 |               |
|                                   | Budens                           | 1573                |               |
|                                   | Raposeira                        | 441                 |               |
|                                   | Sagres                           | 1939                |               |
|                                   | Vila do Bispo                    | 956                 | 5349          |
| <b>Vila Real de Santo António</b> | Vila Nova de Cacela              | 3462                |               |
|                                   | Vila Real de Santo António       | 10542               |               |
|                                   | Monte Gordo                      | 3952                | 17956         |
|                                   |                                  | <b>Total região</b> | <b>395218</b> |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000)

| Concelho | Sistema        | Freguesia     | INE  | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|----------|----------------|---------------|------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Loulé    | Quinta do Lago | Almancil      |      | 451                 | 1                        | 0,62                            | 280               |
|          | Vale do Lobo   | Almancil      |      | 136                 | 0                        |                                 | 84                |
|          | Quarteira      | Quarteira     |      | 13950               | 24                       |                                 | 8649              |
|          | Loulé          | São Clemente  |      | 13201               | 34                       |                                 | 8185              |
|          |                | São Sebastião | 6734 |                     |                          |                                 | 4175              |
|          | Vilamoura      | Quarteira     |      | 2056                | 3                        |                                 | 1275              |
|          | Alte           | Alte          | 2176 |                     | 4                        |                                 | 1349              |
|          | Boliqueime     | Boliqueime    | 4473 |                     | 8                        |                                 | 2773              |
|          | Almancil       | S. Clemente   |      | 1205                |                          |                                 | 747               |
|          |                | Almancil      |      | 8212                |                          |                                 | 5091              |
|          |                | Quarteira     |      | 123                 | 15                       |                                 | 76                |
|          | Salir          | Salir         |      | 2710                | 5                        |                                 | 1680              |
|          | Nave do Barão  | Salir         |      | 313                 | 1                        |                                 | 194               |
|          | Tor            | Tor           | 887  |                     | 1                        |                                 | 550               |
|          | Ameixial       | Ameixial      | 604  |                     | 1                        |                                 | 374               |
|          | Querença       | Querença      | 788  |                     | 1                        |                                 | 489               |
|          | Benafim        | Benafim       | 1141 |                     | 2                        |                                 | 707               |
| Total    |                |               |      | 59160               | 100                      |                                 | 36679             |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) (continuação)

| Concelho | Sistema    | Freguesia        | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|----------|------------|------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Lagos    | Lagos/ Luz | Bensafrim        | 1533  |                     | 100                      | 0,91                            | 1395              |
|          |            | Odiáxere         | 2522  |                     |                          |                                 | 2295              |
|          |            | S. Sebastião     | 11031 |                     |                          |                                 | 10038             |
|          |            | Santa Maria      | 6440  |                     |                          |                                 | 5860              |
|          |            | Luz              | 3068  |                     |                          |                                 | 2792              |
|          |            | Barão de S. João | 804   |                     |                          |                                 | 732               |
| Total    |            |                  | 25398 |                     |                          |                                 | 23112             |

| Concelho  | Sistema             | Freguesia | INE  | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|-----------|---------------------|-----------|------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Monchique | Umbria              | Alferce   |      | 141                 | 2                        | 0,67                            | 94                |
|           | Alferce             | Alferce   |      | 371                 | 5                        |                                 | 249               |
|           | Marmelete           | Marmelete | 1087 | 277                 | 20                       |                                 | 728               |
|           |                     | Monchique |      | 4763                | 68                       |                                 | 186               |
|           | Monchique           | Monchique |      | 334                 | 5                        |                                 | 3191              |
|           | Caldas de Monchique | Monchique |      |                     |                          |                                 | 224               |
| Total     |                     |           | 6974 |                     | 100                      |                                 | 4672              |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) (continuação)

| Concelho | Sistema        | Freguesia    | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|----------|----------------|--------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Olhão    | Olhão          | Olhão        | 14749 |                     | 75                       | 0,92                            | 13569             |
|          |                | Pechão       |       | 1181                |                          |                                 | 1087              |
|          |                | Quelfes      |       | 12140               |                          |                                 | 11168             |
|          |                | Moncarapacho |       | 2677                |                          |                                 | 2462              |
|          | Fuzeta-Quelfes | Fuzeta       | 2146  |                     | 15                       |                                 | 1974              |
|          |                | Quelfes      |       | 1149                |                          |                                 | 1057              |
|          |                | Moncarapacho |       | 2734                |                          |                                 | 2516              |
|          | Moncarapacho   | Moncarapacho |       | 2180                | 5                        |                                 | 2006              |
|          |                | Pechão       |       | 1852                | 5                        |                                 | 1704              |
|          |                |              | Total | 40808               | 100                      |                                 | 37543             |

| Concelho | Sistema  | Freguesia          | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|----------|----------|--------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Portimão | Portimão | Alvor              | 4977  |                     | 100                      | 0,98                            | 4877              |
|          |          | Mexilhoeira Grande | 3598  |                     |                          |                                 | 3526              |
|          |          | Portimão           | 36243 |                     |                          |                                 | 35518             |
|          | Total    |                    | 44818 |                     |                          |                                 | 43922             |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) (continuação)

| Concelho             | Sistema              | Freguesia            | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| São Brás de Alportel | São Brás de Alportel | São Brás de Alportel | 10032 |                     | 100                      | 0,94                            | 9430              |

| Concelho      | Sistema                   | Freguesia                 | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|---------------|---------------------------|---------------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Silves        | S. Marcos de Serra        | S. Marcos da Serra        | 1535  |                     | 5                        | 0,62                            | 952               |
|               | S. Bartolomeu de Messines | S. Bartolomeu de Messines |       | 8296                | 25                       |                                 | 5143              |
|               | Silves                    | S. Bartolomeu de Messines |       | 195                 | 32                       |                                 | 121               |
|               |                           | Silves                    | 10768 |                     |                          |                                 | 6676              |
|               | Algoz/Tunes               | Algoz                     | 2946  |                     |                          |                                 | 1827              |
|               |                           | Tunes                     | 2022  |                     |                          |                                 | 1254              |
|               |                           | Alcantarilha              |       | 354                 |                          |                                 | 220               |
|               |                           | Pêra                      |       | 1616                | 21                       |                                 | 1002              |
|               | Marco/Sul                 | Alcantarilha              |       | 1993                |                          |                                 | 1236              |
|               |                           | Armação de Pêra           | 3770  |                     | 17                       |                                 | 2337              |
| Montes Raposo |                           | Pêra                      |       | 335                 | 1                        |                                 | 208               |
|               |                           | Total                     | 33830 |                     | 100                      |                                 | 20975             |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) (continuação)

| Concelho      | Sistema        | Freguesia                     | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|---------------|----------------|-------------------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Tavira        | Tavira-Pérogil | Luz                           | 3778  |                     |                          | 0,79                            | 2985              |
|               |                | Santiago                      |       | 5531                |                          |                                 | 4369              |
|               |                | Santa Maria                   |       | 6533                |                          |                                 | 5161              |
|               |                | Santa Luzia                   | 1729  |                     | 70                       |                                 | 1366              |
|               | Santo Estevão  | Santiago                      |       | 373                 |                          |                                 | 295               |
|               |                | Santo Estevão                 | 1287  |                     | 7                        |                                 | 1017              |
|               | Conceição      | Conceição                     | 1446  |                     |                          |                                 | 1142              |
|               |                | Cabanas de Tavira             | 1070  |                     | 10                       |                                 | 845               |
|               | Fonte Salgada  | Sta. Maria                    |       | 139                 | 1                        |                                 | 110               |
|               | Santa Catarina | S. Catarina da Fonte do Bispo | 2085  |                     | 8                        |                                 | 1647              |
|               | Cachopo        | Cachopo                       | 1026  |                     | 4                        |                                 | 811               |
| Total         |                |                               | 24997 |                     | 100                      |                                 | 19748             |
| Concelho      | Sistema        | Freguesia                     | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
| Vila do Bispo | Vila do Bispo  | Barão de S. Miguel            | 440   |                     |                          | 0,94                            | 414               |
|               |                | Budens                        | 1573  |                     |                          |                                 | 1479              |
|               |                | Raposeira                     | 441   |                     |                          |                                 | 415               |
|               |                | Sagres                        | 1939  |                     |                          |                                 | 1823              |
|               |                | Vila do Bispo                 |       | 914                 | 99                       |                                 | 859               |
|               | Pedralva       | Vila do Bispo                 |       | 42                  | 1                        |                                 | 39                |
|               |                | Total                         | 5349  |                     | 100                      |                                 | 5028              |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) (continuação)

| Concelho                 | Sistema                  | Freguesia                  | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Vila Real de Sto António | Vila Nova de Cacela      | Vila Nova de Cacela        | 3462  |                     | 19                       | 0,96                            | 3324              |
|                          | Vila Real de Sto António | Vila Real de Santo António | 10542 |                     | 59                       |                                 | 10120             |
|                          | Monte Gordo              | Monte Gordo                | 3952  |                     | 22                       |                                 | 3794              |
|                          |                          | Total                      | 17956 |                     | 100                      |                                 | 17238             |
| Concelho                 | Sistema                  | Freguesia                  | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
| Albufeira                | Albufeira                | Albufeira                  | 16237 |                     | 100                      | 0,98                            | 15912             |
|                          |                          | Guia                       | 3630  |                     |                          |                                 | 3557              |
|                          |                          | Paderne                    | 3504  |                     |                          |                                 | 3434              |
|                          |                          | Ferreiras                  | 4951  |                     |                          |                                 | 4852              |
|                          |                          | Olhos d'Água               | 3221  |                     |                          |                                 | 3157              |
|                          |                          | Total                      | 31543 |                     |                          |                                 | 30912             |
| Concelho                 | Sistema                  | Freguesia                  | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
| Aljezur                  | Bordeira                 | Bordeira                   |       | 141                 | 3                        | 0,60                            | 85                |
|                          | Carrapateira             | Bordeira                   |       | 351                 | 7                        |                                 | 211               |
|                          | Vale da Telha/ Arrifana  | Aljezur                    |       | 209                 | 4                        |                                 | 125               |
|                          | Monte Clérigo/ Espartal  | Aljezur                    |       | 88                  | 2                        |                                 | 53                |
|                          | Aljezur/ Sistema Norte   | Aljezur                    |       | 2390                |                          |                                 | 1434              |
|                          |                          | Odeceixe                   | 927   |                     |                          |                                 | 556               |
|                          |                          | Rogil                      | 1182  |                     | 85                       |                                 | 709               |
|                          |                          | Total                      | 5288  |                     | 100                      |                                 | 3173              |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) (continuação)

| Concelho     | Sistema              | Freguesia            | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|--------------|----------------------|----------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Castro Marim | Altura               | Altura               | 1920  |                     | 30                       | 0,98                            | 1882              |
|              | Azinhal              | Azinhal              | 692   |                     | 10                       |                                 | 678               |
|              | Castro Marim         | Castro Marim         | 3047  |                     | 46                       |                                 | 2986              |
|              | Odeleite             | Odeleite             | 934   |                     | 14                       |                                 | 915               |
|              | Total                |                      | 6593  |                     | 100                      |                                 | 6461              |
| Faro         | Alto de Rodes        | Sé                   | 12761 | 27743               |                          | 0,82                            | 22749             |
|              |                      | São Pedro            |       |                     |                          |                                 | 10464             |
|              |                      | Conceição            |       | 1550                |                          |                                 | 1271              |
|              |                      | Montenegro           | 5336  |                     | 82                       |                                 | 4376              |
|              | Pé de Outeiro        | Conceição            |       | 2201                |                          |                                 | 1805              |
|              |                      | Sé                   |       | 803                 | 5                        |                                 | 658               |
|              | Estói                | Estói                | 3538  |                     |                          |                                 | 2901              |
|              |                      | Sta. Bárbara de Nexe |       | 1003                | 8                        |                                 | 822               |
|              | Sta. Bárbara de Nexe | Sta. Bárbara de Nexe |       | 3116                | 5                        |                                 | 2555              |
|              | Total                |                      | 58051 |                     | 100                      |                                 | 47602             |

Tabela 1.B: População servida por sistema (2000) (continuação)

| Concelho | Sistema                                                   | Freguesia    | INE   | Divisão por sistema | % do sistema no concelho | índice de atendimento total (%) | População servida |
|----------|-----------------------------------------------------------|--------------|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Lagoa    | Lagoa                                                     | Carvoeiro    | 2784  |                     | 100                      | 0,86                            | 2394              |
|          |                                                           | Estômbar     | 4658  |                     |                          |                                 | 4006              |
|          |                                                           | Ferragudo    | 1866  |                     |                          |                                 | 1605              |
|          |                                                           | Lagoa        | 6063  |                     |                          |                                 | 5214              |
|          |                                                           | Porches      | 1902  |                     |                          |                                 | 1636              |
|          |                                                           | Parchal      | 3378  |                     |                          |                                 | 2905              |
|          |                                                           | Total        | 20651 |                     |                          |                                 | 17760             |
| Alcoutim | Alcoutim<br>Gíões<br>Martim Longo<br>Pereiro<br>Vaqueiros | Alcoutim     | 1099  |                     | 100                      | 0,75                            | 824               |
|          |                                                           | Gíões        | 307   |                     |                          |                                 | 230               |
|          |                                                           | Martim Longo | 1384  |                     |                          |                                 | 1038              |
|          |                                                           | Pereiro      | 287   |                     |                          |                                 | 215               |
|          |                                                           | Vaqueiros    | 693   |                     |                          |                                 | 520               |
|          |                                                           | Total        | 3770  |                     |                          |                                 | 2828              |
|          |                                                           |              |       |                     |                          |                                 |                   |

Tabela 1.C: Distribuição da população dispersa por concelho (2000)

| Concelho                   | População Dispersa |
|----------------------------|--------------------|
| Loulé                      | 22481              |
| Lagos                      | 2286               |
| Monchique                  | 2301               |
| Olhão                      | 3265               |
| Portimão                   | 896                |
| São Brás de Alportel       | 602                |
| Silves                     | 12855              |
| Tavira                     | 5249               |
| Vila do Bispo              | 321                |
| Vila Real de Santo António | 718                |
| Albufeira                  | 631                |
| Aljezur                    | 2115               |
| Castro Marim               | 132                |
| Faro                       | 10449              |
| Lagoa                      | 2891               |
| Alcoutim                   | 943                |

Tabela 1.D: Distribuição mensal da população flutuante por sistema em 2000

|                        | %  | Janeiro | Fevereiro | Março   | Abril   | Maio    | Junho   | Julho   | Agosto  | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|------------------------|----|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|
|                        |    | 3       | 4         | 7       | 8       | 11      | 11      | 13      | 15      | 12       | 8       | 4        | 4        |
| Albufeira              |    | 38.146  | 50.950    | 100.860 | 116.390 | 146.994 | 155.245 | 179.204 | 201.384 | 158.130  | 113.572 | 53.211   | 55.434   |
|                        |    | 0       | 0         | 5       | 9       | 9       | 9       | 16      | 29      | 15       | 9       | 0        | 0        |
| Aljezur                |    | 65      | 65        | 3.071   | 5.728   | 5.698   | 6.082   | 10.157  | 19.188  | 9.478    | 5.669   | 65       | 65       |
| Bordeira               | 3  | 2       | 2         | 92      | 172     | 171     | 182     | 305     | 576     | 284      | 170     | 2        | 2        |
| Carrapateira           | 9  | 6       | 6         | 276     | 516     | 513     | 547     | 914     | 1.727   | 853      | 510     | 6        | 6        |
| Vale da Telha/Arrifana | 5  | 3       | 3         | 154     | 286     | 285     | 304     | 508     | 959     | 474      | 283     | 3        | 3        |
| Monte Clérigo/Espartal | 2  | 1       | 1         | 61      | 115     | 114     | 122     | 203     | 384     | 190      | 113     | 1        | 1        |
| Aljezur/Sistema Norte  | 81 | 52      | 52        | 2.488   | 4.640   | 4.616   | 4.926   | 8.227   | 15.543  | 7.677    | 4.592   | 52       | 52       |
|                        |    | 3       | 5         | 7       | 8       | 10      | 9       | 13      | 15      | 10       | 8       | 5        | 5        |
| Castro Marim           |    | 5.090   | 7.959     | 11.548  | 13.169  | 15.785  | 14.897  | 20.864  | 23.442  | 16.242   | 12.545  | 7.959    | 7.755    |
| Alture                 | 30 | 1.527   | 2.388     | 3.464   | 3.951   | 4.736   | 4.469   | 6.259   | 7.033   | 4.873    | 3.763   | 2.388    | 2.327    |
| Azinhal                | 10 | 509     | 796       | 1.155   | 1.317   | 1.579   | 1.490   | 2.086   | 2.344   | 1.624    | 1.254   | 796      | 776      |
| Castro Marim           | 46 | 2.341   | 3.661     | 5.312   | 6.058   | 7.261   | 6.853   | 9.597   | 10.783  | 7.471    | 5.771   | 3.661    | 3.567    |
| Odeleite               | 14 | 713     | 1.114     | 1.617   | 1.844   | 2.210   | 2.086   | 2.921   | 3.282   | 2.274    | 1.756   | 1.114    | 1.086    |
|                        |    | 3       | 5         | 7       | 8       | 11      | 10      | 11      | 15      | 13       | 9       | 5        | 4        |
| Faro                   |    | 8.800   | 12.358    | 16.863  | 21.625  | 28.677  | 24.705  | 28.247  | 37.730  | 32.352   | 22.873  | 13.197   | 10.891   |
| Alto de Rodes          | 80 | 7.040   | 9.887     | 13.491  | 17.300  | 22.942  | 19.764  | 22.598  | 30.184  | 25.881   | 18.298  | 10.558   | 8.713    |
| Pé de Outeiro          | 6  | 528     | 742       | 1.012   | 1.298   | 1.721   | 1.482   | 1.695   | 2.264   | 1.941    | 1.372   | 792      | 653      |
| Estói                  | 8  | 704     | 989       | 1.349   | 1.730   | 2.294   | 1.976   | 2.260   | 3.018   | 2.588    | 1.830   | 1.056    | 871      |
| Sta. Bárbara de Nexe   | 6  | 528     | 742       | 1.012   | 1.298   | 1.721   | 1.482   | 1.695   | 2.264   | 1.941    | 1.372   | 792      | 653      |
|                        |    | 3       | 4         | 8       | 9       | 10      | 10      | 12      | 15      | 11       | 9       | 4        | 4        |
| Lagoa                  |    | 14.117  | 19.117    | 40.721  | 43.794  | 51.138  | 50.030  | 59.839  | 74.190  | 52.735   | 45.671  | 19.808   | 20.255   |
|                        |    | 3       | 4         | 8       | 8       | 10      | 10      | 12      | 17      | 12       | 10      | 4        | 4        |
| Lagos                  |    | 10.239  | 14.662    | 28.814  | 30.732  | 35.757  | 37.372  | 43.883  | 64.364  | 44.435   | 36.335  | 14.094   | 13.582   |
|                        |    | 3       | 5         | 10      | 9       | 10      | 10      | 11      | 13      | 11       | 8       | 6        | 4        |

Distribuição mensal da população flutuante por concelho (%)

Distribuição da população flutuante pelos diferentes aglomerados do concelho (%)

Tabela 1.D: Distribuição mensal da população flutuante por sistema em 2000 (continuação)

|                     | %  | Janeiro | Fevereiro | Março  | Abril  | Maio    | Junho   | Julho   | Agosto  | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|---------------------|----|---------|-----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|
|                     |    | 3       | 5         | 10     | 9      | 10      | 10      | 11      | 13      | 11       | 8       | 6        | 4        |
| Loulé               |    | 35.985  | 50.585    | 98.714 | 88.406 | 100.033 | 101.017 | 108.912 | 137.860 | 113.140  | 87.235  | 63.314   | 43.095   |
| Quinta do Lago      | 10 | 3.598   | 5.059     | 9.871  | 8.841  | 10.003  | 10.102  | 10.891  | 13.786  | 11.314   | 8.723   | 6.331    | 4.309    |
| Quarteira           | 20 | 7.197   | 10.117    | 19.743 | 17.681 | 20.007  | 20.203  | 21.782  | 27.572  | 22.628   | 17.447  | 12.663   | 8.619    |
| Vale do Lobo        | 10 | 3.598   | 5.059     | 9.871  | 8.841  | 10.003  | 10.102  | 10.891  | 13.786  | 11.314   | 8.723   | 6.331    | 4.309    |
| Loulé               | 15 | 5.398   | 7.588     | 14.807 | 13.261 | 15.005  | 15.153  | 16.337  | 20.679  | 16.971   | 13.085  | 9.497    | 6.464    |
| Vilamoura           | 35 | 12.595  | 17.705    | 34.550 | 30.942 | 35.012  | 35.356  | 38.119  | 48.251  | 39.599   | 30.532  | 22.160   | 15.083   |
| Alte                | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
| Boliqueime          | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
| Salir               | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
| Nave do Barão       | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
| Tor                 | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
| Almancil            | 10 | 3.598   | 5.059     | 9.871  | 8.841  | 10.003  | 10.102  | 10.891  | 13.786  | 11.314   | 8.723   | 6.331    | 4.309    |
| Ameixial            | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
| Querença            | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
| Benafim             | 0  | 0       | 0         | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0        | 0        |
|                     | 3  | 4       | 7         | 9      | 9      | 6       | 9       | 10      | 23      | 13       | 9       | 3        | 3        |
| Monchique           |    | 430     | 645       | 1.025  | 1.291  | 912     | 1.343   | 1.425   | 3.371   | 1.926    | 1.281   | 440      | 440      |
| Umbria              | 2  | 9       | 13        | 21     | 26     | 18      | 27      | 28      | 67      | 39       | 26      | 9        | 9        |
| Alferce             | 5  | 22      | 32        | 51     | 65     | 46      | 67      | 71      | 169     | 96       | 64      | 22       | 22       |
| Marmelete           | 20 | 86      | 129       | 205    | 258    | 182     | 269     | 285     | 674     | 385      | 256     | 88       | 88       |
| Monchique           | 68 | 293     | 439       | 697    | 878    | 620     | 913     | 969     | 2.292   | 1.310    | 871     | 299      | 299      |
| Caldas de Monchique | 5  | 22      | 32        | 51     | 65     | 46      | 67      | 71      | 169     | 96       | 64      | 22       | 22       |

Distribuição mensal da população flutuante por concelho (%)

Distribuição da população flutuante pelos diferentes aglomerados do concelho (%)

Tabela 1.D: Distribuição mensal da população flutuante por sistema em 2000 (continuação)

|                           | %  | Janeiro | Fevereiro | Março  | Abril  | Maio   | Junho  | Julho  | Agosto  | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|---------------------------|----|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|---------|----------|----------|
|                           |    | 4       | 4         | 5      | 4      | 5      | 5      | 15     | 42      | 10       | 4       | 1        | 0        |
| Olhão                     |    | 3.373   | 3.482     | 3.918  | 3.265  | 3.808  | 4.026  | 11.425 | 32.826  | 7.726    | 3.373   | 871      | 218      |
| Olhão                     | 75 | 2.530   | 2.611     | 2.938  | 2.449  | 2.856  | 3.020  | 8.569  | 24.620  | 5.794    | 2.530   | 653      | 163      |
| Fuzeta-Queifas            | 15 | 506     | 522       | 588    | 490    | 571    | 604    | 1.714  | 4.924   | 1.159    | 506     | 131      | 33       |
| Moncarapacho              | 5  | 169     | 174       | 196    | 163    | 190    | 201    | 571    | 1.641   | 386      | 169     | 44       | 11       |
| Pechão                    | 5  | 169     | 174       | 196    | 163    | 190    | 201    | 571    | 1.641   | 386      | 169     | 44       | 11       |
|                           |    | 3       | 4         | 9      | 9      | 10     | 11     | 12     | 15      | 11       | 9       | 4        | 3        |
| Portimão                  |    | 24.318  | 30.825    | 76.592 | 72.609 | 81.362 | 89.428 | 99.583 | 125.161 | 92.771   | 71.205  | 31.310   | 26.505   |
|                           |    | 0       | 0         | 0      | 0      | 0      | 0      | 5      | 30      | 22       | 20      | 10       | 13       |
| S. Brás de Alportel       |    | 1       | 1         | 1      | 1      | 1      | 1      | 727    | 4.718   | 3.426    | 3.056   | 1.513    | 2.077    |
|                           |    | 3       | 5         | 9      | 9      | 10     | 10     | 12     | 15      | 11       | 7       | 4        | 4        |
| Silves                    |    | 11.273  | 18.702    | 32.818 | 32.307 | 36.235 | 37.433 | 41.732 | 52.627  | 40.961   | 26.726  | 15.434   | 13.539   |
| S. Marcos da Serra        | 5  | 564     | 935       | 1.641  | 1.615  | 1.812  | 1.872  | 2.087  | 2.631   | 2.048    | 1.336   | 772      | 677      |
| S. Bartolomeu de Messines | 25 | 2.818   | 4.676     | 8.205  | 8.077  | 9.059  | 9.358  | 10.433 | 13.157  | 10.240   | 6.681   | 3.858    | 3.385    |
| Silves                    | 32 | 3.607   | 5.985     | 10.502 | 10.338 | 11.595 | 11.978 | 13.354 | 16.840  | 13.108   | 8.552   | 4.939    | 4.333    |
| Algoz/Tunes               | 20 | 2.255   | 3.740     | 6.564  | 6.461  | 7.247  | 7.487  | 8.346  | 10.525  | 8.192    | 5.345   | 3.087    | 2.708    |
| Marco/Sul                 | 17 | 1.916   | 3.179     | 5.579  | 5.492  | 6.160  | 6.364  | 7.095  | 8.947   | 6.963    | 4.543   | 2.624    | 2.302    |
| Montes Raposo             | 1  | 113     | 187       | 328    | 323    | 362    | 374    | 417    | 526     | 410      | 267     | 154      | 135      |

Distribuição mensal da população flutuante por concelho (%)

Distribuição da população flutuante pelos diferentes aglomerados do concelho (%)

Tabela 1.D: Distribuição mensal da população flutuante por sistema em 2000 (continuação)

| %                                | Janeiro      | Fevereiro     | Março         | Abril         | Maio          | Junho         | Julho         | Agosto        | Setembro      | Outubro       | Novembro      | Dezembro      |
|----------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                  | 3            | 4             | 9             | 10            | 10            | 9             | 11            | 17            | 10            | 8             | 3             | 6             |
| <b>Tavira</b>                    | <b>6.215</b> | <b>10.573</b> | <b>21.975</b> | <b>24.704</b> | <b>24.111</b> | <b>22.749</b> | <b>27.473</b> | <b>40.878</b> | <b>24.956</b> | <b>19.082</b> | <b>6.868</b>  | <b>13.733</b> |
| Tavira-Pêrogil                   | 77           | 4.786         | 8.141         | 16.920        | 18.566        | 17.517        | 21.154        | 31.476        | 19.216        | 14.693        | 5.288         | 10.574        |
| Santo Estevão                    | 7            | 435           | 740           | 1.538         | 1.688         | 1.592         | 1.923         | 2.861         | 1.747         | 1.336         | 481           | 961           |
| Conceição                        | 6            | 373           | 634           | 1.318         | 1.482         | 1.365         | 1.648         | 2.453         | 1.497         | 1.145         | 412           | 824           |
| Fonte Salgada                    | 1            | 62            | 106           | 220           | 247           | 241           | 275           | 409           | 250           | 191           | 69            | 137           |
| Santa Catarina                   | 9            | 559           | 952           | 1.978         | 2.223         | 2.170         | 2.473         | 3.679         | 2.246         | 1.717         | 618           | 1.236         |
|                                  | 3            | 4             | 8             | 9             | 10            | 9             | 11            | 16            | 13            | 10            | 3             | 4             |
| <b>Vila do Bispo</b>             | <b>2.201</b> | <b>2.691</b>  | <b>5.535</b>  | <b>6.533</b>  | <b>7.165</b>  | <b>6.197</b>  | <b>7.997</b>  | <b>10.995</b> | <b>8.979</b>  | <b>7.150</b>  | <b>2.373</b>  | <b>2.657</b>  |
| Vila do Bispo                    | 99           | 2.179         | 2.664         | 5.480         | 6.468         | 6.135         | 7.917         | 10.885        | 8.889         | 7.078         | 2.350         | 2.630         |
| Pedralva                         | 1            | 22            | 55            | 65            | 72            | 62            | 80            | 110           | 90            | 71            | 24            | 27            |
|                                  | 4            | 5             | 8             | 7             | 8             | 10            | 13            | 16            | 12            | 8             | 4             | 4             |
| <b>Vila Real de Sto. António</b> | <b>8.584</b> | <b>12.286</b> | <b>19.279</b> | <b>16.444</b> | <b>19.085</b> | <b>22.673</b> | <b>30.115</b> | <b>36.300</b> | <b>27.554</b> | <b>19.610</b> | <b>10.182</b> | <b>9.099</b>  |
| Vila Nova da Cacela              | 19           | 1.631         | 2.334         | 3.124         | 3.626         | 4.308         | 5.722         | 6.897         | 5.235         | 3.726         | 1.935         | 1.729         |
| Vila Real de Sto António         | 59           | 5.065         | 7.249         | 11.375        | 11.260        | 13.377        | 17.768        | 21.417        | 16.257        | 11.570        | 6.008         | 5.368         |
| Monte Gordo                      | 22           | 1.889         | 2.703         | 3.618         | 4.199         | 4.988         | 6.625         | 7.986         | 6.062         | 4.314         | 2.240         | 2.002         |
|                                  | 8            | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             |
| <b>Alcoutim</b>                  | <b>135</b>   | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    | <b>135</b>    |
| Alcoutim                         | 29           | 39            | 39            | 39            | 39            | 39            | 39            | 39            | 39            | 39            | 39            | 39            |
| Glões                            | 8            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            |
| Martim Longo                     | 37           | 50            | 50            | 50            | 50            | 50            | 50            | 50            | 50            | 50            | 50            | 50            |
| Pereiro                          | 8            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            | 11            |
| Vaqueiros                        | 18           | 24            | 24            | 24            | 24            | 24            | 24            | 24            | 24            | 24            | 24            | 24            |

Distribuição mensal da população flutuante por concelho (%)

Distribuição da população flutuante pelos diferentes aglomerados do concelho (%)



## **Anexo 2: Cenários Hidrológicos (sequências de anos)**



Tabela 2.A: Sequências de anos para os dois cenários hidrológicos considerados

|      | Cenário C1   | Cenário C2   |
|------|--------------|--------------|
| 2000 | Húmido       | Médio        |
| 2001 | Seco         | Seco         |
| 2002 | Médio        | Seco         |
| 2003 | Médio        | Seco         |
| 2004 | Muito Seco   | Muito Seco   |
| 2005 | Seco         | Muito Seco   |
| 2006 | Seco         | Seco         |
| 2007 | Médio        | Seco         |
| 2008 | Seco         | Seco         |
| 2009 | Seco         | Muito Seco   |
| 2010 | Seco         | Muito Seco   |
| 2011 | Seco         | Seco         |
| 2012 | Médio        | Médio        |
| 2013 | Húmido       | Húmido       |
| 2014 | Húmido       | Médio        |
| 2015 | Seco         | Seco         |
| 2016 | Muito Seco   | Muito Seco   |
| 2017 | Seco         | Seco         |
| 2018 | Muito Seco   | Muito Seco   |
| 2019 | Médio        | Seco         |
| 2020 | Médio        | Médio        |
| 2021 | Seco         | Seco         |
| 2022 | Seco         | Seco         |
| 2023 | Húmido       | Húmido       |
| 2024 | Médio        | Médio        |
| 2025 | Muito Húmido | Muito Húmido |
| 2026 | Médio        | Seco         |
| 2027 | Muito Seco   | Muito Seco   |
| 2028 | Seco         | Seco         |
| 2029 | Seco         | Seco         |
| 2030 | Muito Seco   | Muito Seco   |
| 2031 | Muito Húmido | Muito Húmido |
| 2032 | Médio        | Médio        |
| 2033 | Húmido       | Húmido       |
| 2034 | Muito Seco   | Muito Seco   |
| 2035 | Seco         | Seco         |

