



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE
Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/11/17762
Proc. 0607/14/17372

ÁGUA, ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJECTO PROWATERMAN

**Estratégias e medidas de gestão dos recursos hídricos da bacia
de Melides (quantidade e qualidade química e biológica) em
cenários sócio-económicos e de alterações climáticas**

Estudo realizado para a FCT – Fundação para a Ciência e
Tecnologia e LNEC no âmbito do Programa de Investigação
Programada PIP 2009-2012 – Alterações Climáticas e Águas
Subterrâneas

Lisboa • abril de 2013

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 128/2013 – DHA/NAS

Financiamento

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

ÁGUA, ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJETO PROWATERMAN

Estratégias e Medidas de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia de Melides (Quantidade e Qualidade Química e Biológica) em Cenários Socioeconómicos e de Alterações Climáticas

Resumo

No presente relatório são avaliadas as atuais cargas poluentes que atingem o meio hídrico subterrâneo e superficial (bacia hidrográfica da ribeira de Melides e Lagoa de Melides) em função das pressões atuais, considerando ainda a contribuição percentual de cada fonte poluente para a carga total de poluição que atinge estes meios hídricos. São também analisadas as condições quantitativas, qualitativas e ecológicas e apresentada a evolução futura das cargas poluentes e consequente evolução das condições quantitativas, qualitativas e ecológicas, em função da evolução das pressões sobre os meios hídricos referidos, prevista em conformidade com os cenários socioeconómicos definidos para a região do Alentejo, pela equipa de estudos socioeconómicos deste projeto. Apresenta-se ainda um exercício de avaliação da evolução destas mesmas condições para os meios hídricos da hidrográfica bacia de Melides em cenários de alterações climáticas.

Após esta análise são apresentadas as medidas com vista a recuperar e posteriormente manter o estado quantitativo, qualitativo e ecológico Bom do meio hídrico, nas suas componentes superficiais e subterrânea, para o horizonte 2027. Estas medidas têm uma estrutura subjacente de gestão integrada, dado que, como se demonstrará ao longo do presente trabalho, a atuação num meio refletir-se-á sobre a qualidade, quantidade e ecológicas das restantes componentes no ciclo hidrológico.

São ainda apresentadas medidas tendentes a manter o estado quantitativo, qualitativo e ecológico Bom em condições de alterações climáticas. Estas medidas devem ser encaradas como de proatividade, pois as alterações climáticas originarão inevitavelmente alterações difíceis de contrariar na composição e funcionamento dos ecossistemas. Assim, estas medidas têm por objetivo assegurar as condições mínimas de estado Bom qualitativo e quantitativo, sob o pressuposto que possam de alguma forma minorar os inevitáveis impactos das alterações climáticas sobre os ecossistemas.

Foi também elaborado um código de boas práticas de utilização do recurso hídrico, para os diferentes tipos de utilizadores/atividades económicas, e uma proposta de diretrizes para a gestão dos recursos hídricos, onde é contemplada a estruturação da aplicação das medidas de recuperação e manutenção do bom estado dos meios hídricos da bacia de Melides.

Desenvolveu-se uma metodologia de identificação SIG das áreas prioritárias de intervenção onde as medidas apresentadas deverão ser primeiramente aplicadas, sendo apresentado o zonamento dessas áreas prioritárias. Por fim, como ferramenta de apoio à decisão, no que toca à escolha de quais as medidas mais consensuais e mais eficazes na relação custo/benefício foi também desenvolvida uma metodologia baseada em matrizes de decisão, de que se apresenta também um exercício exemplificativo.

WATER, AQUATIC ECOSYSTEMS AND HUMAN ACTIVITY – PROJECT PROWATERMAN

Strategies and Management Measures for Water Resources in Melides Watershed (Quantity and Chemical and Biological Quality) under Socio-Economic and Climate Change Scenarios

Abstract

This report presents an evaluation of present day pollution reaching the aquifer, the Melides river network and the Melides lagoon in accordance with the known pollution sources and their respective pollution loads. It is also determined the weight (in percentage) of the pollution load contributed by each pollution source for the global pollution load that reaches the river network and the lagoon. An evaluation of the quality, quantity and ecological status of surface waters and groundwaters is also presented, as well as the predicted evolution of such status due to the predicted evolution of pollution charges related to each source due to the socio-economical evolution of the area, as foreseen by the socio-economic scenarios developed for Alentejo by the socio-economical team of this project. A similar evaluation of quality, quantity and ecological status under climate change scenarios is also presented here.

Following such evaluations, a set of actions and measures designed to recover and afterwards preserve the quantity, quality and ecological “Good” status of the water environments (surface and groundwater) until and beyond 2027 are defined. Such measures and actions have an underlying framework of integrated management once, as it shall be shown along this work, acting over any of the local water environments will promote a change in the quantity, quality and ecological status of the remaining components of the hydrological cycle and environments.

Measures attempting to preserve the best as possible the quantity, quality and ecological “Good” status of the water environments under climate change conditions, are also presented. Such measures and actions are proactive and somehow limited by nature, once climate change will inevitably bring along changes in ecosystems composition and functioning difficult to counteract. As such, these measures attempt to preserve the most basic requirements for a quantity and quality “Good” status, or at least minimize the unavoidable impacts of climate change upon the aquatic ecosystems.

A Good Practices Guide for water resources' uses was also developed for the area, encompassing all the users/economical activities there present. A proposal of guidelines for water resource management, complete with a flowchart for the application of measures for recovery and protection of water resources' Good status in Melides watershed, is also presented.

A SIG methodology to pinpoint intervention priority areas, where the above measures are to be implemented, was developed and the priority areas in the study case were identified and mapped. As decision support tool in the choice of which measures are most consensual and cost/benefit effective, a decision matrix methodology was developed as well and a theoretical example of its application to the study case area is also presented.

EAU, ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET ACTIVITE HUMAINE – PROJET PROWATERMAN

Stratégies et Mesures de Gestion des Ressources Hydriques du Bassin de Melides (Quantité et Qualité Chimique et Biologique) sous Scénarios Socio-Economiques et du Changement Climatique

Sommaire

Dans ce rapport on présente une évaluation de la pollution actuelle qui entre dans le milieu hydrique (réseau hydrique, Lagune et aquifère) de Melides en fonction des pressions actuelles, et prenant garde des contributions individuelles de chaque source polluante pour le total de pollution que arrive au milieu hydrique. On analyse aussi l'état qualitatif, quantitatif et écologique de chaque milieu hydrique du bassin de Melides et l'évolution future de cet état en fonction de l'évolution socio-économique prévue pour la région jusqu'à 2027. On présente aussi un exercice d'analyse de l'évolution de l'état qualitatif, quantitatif et écologique du milieu hydrique sous des conditions du changement climatique.

Après cette analyse on présente les mesures destinés à récupérer et maintenir l'état Bon (quantitatif, qualitatif et écologique) du réseau hydrique, Lagune et aquifère du bassin de Melides, jusqu'à l'horizon 2027. Ces mesures furent établies dans un encadrement de gestion intégré, puis-ce que l'actuation sur un milieu aura des conséquences sur les autres milieux hydriques du bassin. Quelques mesures pour maintenir l'état Bon quantitatif, qualitatif et écologique du milieu hydrique du bassin sous des conditions du changement climatique sont aussi présentées. Ces mesures doivent être vues comme mesures-guide car le changement climatique aura des impacts sur la composition et fonctionnement des écosystèmes difficilement irrévocables.

On présente aussi un Code de Bonnes Utilisations du Resource Hydrique qui envisage tous les utilisateurs/activités économiques qui sont installés dans le bassin de Melides. On présente aussi une charte de directives pour le management des ressources hydriques, qui dessine une structure d'application des mesures de récupération du Bon état des ressources hydriques du bassin de Melides. Une méthodologie SIG fut développée pour délimiter des zones prioritaires d'application des mesures d'intervention, où les mesures auparavant présentés doivent être mises en marche. Les résultats de cette méthodologie sont ici présentés.

On a aussi développé une méthodologie de support à la décision, pour le choix des mesures plus consensuels et de meilleure relation prix/bénéfice, fondé sur des matrices de décision. De cette méthodologie on présente un exercice-exemple appliqué à Melides.

ÍNDICE DO TEXTO

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 | METODOLOGIA PARA A DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS PARA DEVOLVER O ESTADO BOM À BACIA DE MELIDES | 2 |
| 3 | CONDICIONANTES DAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO | 8 |
| 3.1 | ENQUADRAMENTO GERAL..... | 8 |
| 3.2 | AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS E FUTURAS DAS CONDIÇÕES DE QUALIDADE E QUANTIDADE DA LAGOA DE MELIDES E MEIOS HÍDRICOS ASSOCIADOS ATÉ 2027 | 14 |
| 3.2.1 | CENÁRIOS E CONDICIONANTES PARA A ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DO MEIO HÍDRICO E PARA AS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO/RECUPERAÇÃO DA LAGOA DE MELIDES..... | 14 |
| 3.2.1.1 | Evolução Qualitativa das Águas Subterrâneas..... | 30 |
| 3.2.1.2 | Evolução Qualitativa das Águas Superficiais: Rede Hidrográfica | 35 |
| 3.2.1.3 | Evolução Qualitativa das Águas Superficiais: a Lagoa..... | 39 |
| 3.2.2 | CENÁRIOS E CONDICIONANTES PARA A ANÁLISE DA EVOLUÇÃO QUANTITATIVA DO MEIO HÍDRICO E PARA AS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO/RECUPERAÇÃO DA LAGOA DE MELIDES..... | 47 |
| 3.3 | AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE E QUANTIDADE DA LAGOA DE MELIDES E MEIOS HÍDRICOS ASSOCIADOS, DEVIDO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS | 51 |
| 3.3.1 | INTRODUÇÃO..... | 51 |
| 3.3.2 | CONDICIONANTES QUANTITATIVAS | 52 |
| 3.3.2.1 | Taxas de exploração admitindo condições de não alteração das necessidades hídricas de pessoas e plantas sob condições de alterações climáticas..... | 52 |
| 3.3.2.2 | Taxas de exploração admitindo condições de alteração das necessidades hídricas de pessoas e plantas como resposta às condições de alterações climáticas | 54 |
| 3.3.3 | CONDICIONANTES QUALITATIVAS | 61 |
| 3.3.3.1 | Previsões de evolução da qualidade das águas subterrâneas..... | 67 |
| 3.3.3.2 | Previsões de evolução da qualidade das águas superficiais..... | 69 |
| 3.3.3.3 | Previsões de evolução da qualidade das águas da Lagoa..... | 73 |
| 3.3.3.3.1 | Evolução das condições médias anuais..... | 73 |
| 3.3.3.3.2 | Evolução das condições médias de Verão..... | 80 |
| 4 | MEDIDAS DE MITIGAÇÃO | 82 |
| 4.1 | FATORES DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE E DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, REDE HIDROGRÁFICA E LAGOA..... | 82 |
| 4.2 | CONTRIBUIÇÃO DE CADA FONTE POLUENTE PARA A DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DOS MEIOS HÍDRICOS..... | 87 |
| 4.3 | MEDIDAS PROPOSTAS | 93 |
| 4.3.1 | MEDIDAS DESTINADAS A LEVAR O MEIO HÍDRICO DA BACIA DE MELIDES AO ESTADO BOM ATÉ 2027 | 94 |
| 4.3.1.1 | Qualidade | 94 |
| 4.3.1.1.1 | Rede Hidrográfica | 95 |
| 4.3.1.1.2 | Meio Hídrico Subterrâneo..... | 98 |
| 4.3.1.1.3 | Lagoa | 104 |
| 4.3.1.2 | Quantidade..... | 105 |
| 4.3.1.2.1 | Rede Hidrográfica e Meio Hídrico Subterrâneo..... | 105 |
| 4.3.1.2.2 | Lagoa | 106 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 4.3.2 | MEDIDAS DESTINADAS A PRESERVAR O MEIO HÍDRICO DA BACIA DE MELIDES EM CONDIÇÕES DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS | 107 |
| 4.3.2.1 | Quantidade | 107 |
| 4.3.2.2 | Qualidade | 110 |
| 4.4 | DIRETRIZES PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM MELIDES..... | 111 |
| 4.4.1 | DIRETRIZES DE GESTÃO..... | 111 |
| 4.4.2 | PROPOSTA DE UM CÓDIGO DE BOAS PRÁTICAS PARA A REGIÃO DE MELIDES | 131 |
| 4.4.3 | ÁREAS PRIORITÁRIAS DE APLICAÇÃO DAS MEDIDAS | 151 |
| 4.4.3.1 | Áreas prioritárias de intervenção no meio hídrico superficial..... | 154 |
| 4.4.3.2 | Áreas prioritárias de intervenção no meio hídrico subterrâneo..... | 164 |
| 4.4.4 | METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO PARA AS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO | 178 |
| 4.4.4.1 | Metodologia DPSIR | 182 |
| 4.4.4.2 | Desenvolvimento da matriz de decisão | 185 |
| 4.4.4.2.1 | Critérios para a análise do impacto das medidas de mitigação..... | 185 |
| 4.4.4.2.2 | Análise integrada das medidas de mitigação propostas..... | 188 |
| 4.4.4.3 | Processo dinâmico de melhoria dos resultados das medidas aplicadas | 190 |
| 5 | CONCLUSÕES | 191 |
| | BIBLIOGRAFIA..... | 210 |
| | ANEXO I..... | 223 |
| | ANEXO II..... | 233 |
| | ANEXO III..... | 261 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Ecossistemas parcialmente dependentes das águas subterrâneas do Sistema aquífero de Sines (as isopiezas e vetores representam as direções predominantes de fluxo conforme o modelo conceptual de fluxo do aquífero superior detrítico do sistema aquífero multicamada de Sines) | 10 |
| Figura 2 – Origens dos volumes de água e poluentes que atingem a Lagoa de Melides | 11 |
| Figura 3 – Pontos de amostragem de águas superficiais e subterrâneas da primeira campanha | 12 |
| Figura 4 – Localização de zonas de agricultura intensiva exteriores à bacia de Melides e potenciais contribuintes para a poluição do ponto P3 | 13 |
| Figura 5 – Pontos de amostragem e fontes de poluição | 13 |
| Figura 6 – Distribuição de fontes poluidoras pontuais na bacia de Melides | 99 |
| Figura 7 – Distribuição das fontes poluentes superficiais e subterrâneas, pontuais e difusas, na bacia hidrográfica de Melides | 113 |
| Figura 8 – Relação entre as diferentes fontes poluentes, meios hídricos e importância relativa da contribuição poluente de cada fonte e meio para a poluição da Lagoa | 116 |
| Figura 9 – Condicionantes do estado dos meios hídricos na bacia de Melides | 117 |
| Figura 10 – Tipos de medidas e utilizadores/aplicadores das medidas | 119 |
| Figura 11 – Trajetos das partículas de poluentes desde a fonte até às massas de água superficiais | 128 |
| Figura 12 – Relação entre os diferentes tipos de medidas, meio hídrico e fontes poluentes a que se aplicam | 130 |
| Figura 13 – Fluxograma de implementação das medidas para a recuperação do estado bom dos meios hídricos da bacia da ribeira de Melides | 131 |
| Figura 14 – Classificação do parâmetro distância à massa de água | 155 |
| Figura 15 – Classificação do parâmetro distribuição espacial das fontes de poluição | 156 |
| Figura 16 – Classificação do parâmetro cargas poluentes | 157 |
| Figura 17 – Classificação do parâmetro zonas de descarga | 160 |
| Figura 18 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Superficial | 164 |
| Figura 19 – Classificação do parâmetro profundidade ao nível de água | 165 |
| Figura 20 – Classificação do parâmetro distribuição das cargas poluentes | 166 |
| Figura 21 – Classificação do parâmetro cargas poluentes | 168 |
| Figura 22 – Classificação do parâmetro tempos de percurso | 168 |
| Figura 23 – Classificação do parâmetro IFI | 170 |
| Figura 24 – Classificação do parâmetro zonas de descarga | 172 |
| Figura 25 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Subterrâneo | 177 |
| Figura 26 – Desenvolvimento da matriz de decisão | 181 |
| Figura 27 – Participação pública e reformulação da matriz de decisão/escolha final das medidas a implementar | 181 |
| Figura 28 – Diagrama de fluxo do processo de tomada de decisão | 183 |
| Figura 29 – Estrutura conceptual da metodologia DPSIR (retirado de Terceiro, 2008) | 184 |

ANEXO I

| | |
|---|-----|
| Figura 30 – Malha do modelo matemático, com indicação das células representantes da ribeira, ao longo das quais descarrega o aquífero | 225 |
| Figura 31 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (sector de jusante dos arrozais; zona vestibular da ribeira) | 226 |
| Figura 32 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (sector central dos arrozais) | 227 |
| Figura 33 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (sector de montante dos arrozais) | 228 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Estado dos pontos de água subterrânea, fontes da poluição e respetivas condicionantes dos pontos com problemas de poluição..... | 19 |
| Quadro 2 – Estado dos pontos de água superficiais, fontes da poluição e respetivas condicionantes dos pontos com problemas de poluição..... | 20 |
| Quadro 3 – Fontes de poluição com contribuição mais provável para a poluição dos pontos de amostragem das águas subterrâneas..... | 21 |
| Quadro 4 – Fontes de poluição com contribuição mais provável para a poluição dos pontos de amostragem das águas superficiais..... | 23 |
| Quadro 5 – Condições atuais e eventuais problemas futuros das águas subterrâneas para os cenários adotados de evolução sócio-económica, sem medidas de atuação implementadas..... | 25 |
| Quadro 6 – Condições atuais e eventuais problemas futuros das águas superficiais para os cenários adotados de evolução sócio-económica, sem medidas de atuação implementadas..... | 26 |
| Quadro 7 – Caracterização da qualidade biológica das águas subterrâneas..... | 26 |
| Quadro 8 – Cargas poluentes (kg/ano) que são atualmente produzidas na bacia hidrográfica de Melides..... | 27 |
| Quadro 9 – Cargas poluentes expectáveis (kg/ano), em conformidade com as projeções dos cenários adotados de evolução sócio-económica, que atingirão a Lagoa de Melides em 2015 e 2030 a partir do meio subterrâneo..... | 27 |
| Quadro 10 – Cargas poluentes expectáveis (kg/ano), em conformidade com as projeções dos cenários adotados de evolução sócio-económica, em 2015 e 2030, que atingirão a Lagoa de Melides a partir do meio superficial (ETARs e 40% das cargas de arrozais)..... | 27 |
| Quadro 11 – Cargas poluentes expectáveis (kg/ano), em conformidade com as projeções dos cenários adotados de evolução sócio-económica, em 2015 e 2030, que atingirão a Lagoa de Melides a partir do meio superficial + subterrâneas..... | 28 |
| Quadro 12 – Variação das áreas dos diferentes tipos de ocupação agrícola e urbana em toda a faixa litoral alentejana a norte de Sines..... | 28 |
| Quadro 13 – Evolução da qualidade média anual nos pontos de monitorização de águas subterrâneas..... | 35 |
| Quadro 14 – Evolução da qualidade média sazonal (época de regadio Abril a Setembro) nos pontos de monitorização de águas subterrâneas..... | 35 |
| Quadro 15 – Evolução da qualidade média anual nos pontos de monitorização de águas superficiais..... | 39 |
| Quadro 16 – Evolução da qualidade média sazonal (época de regadio Abril a Setembro) nos pontos de monitorização de águas superficiais..... | 39 |
| Quadro 17 – Percentagens de contribuição das diferentes fontes poluentes subterrâneas para a poluição da Lagoa (cargas poluentes que demoram até 1 ano a alcançar a Lagoa)..... | 40 |
| Quadro 18 – Importância relativa das fontes poluentes subterrâneas por atividade económica nos totais de carga poluente da bacia de Melides..... | 41 |
| Quadro 19 – Variação atual das cargas de Inverno e Verão (habitantes-equivalentes) nas fossas e ETAR na envolvente da Lagoa de Melides..... | 43 |
| Quadro 20 – Evolução da carga poluente total de nitratos (Kg) entrada na Lagoa por via superficial + subterrânea por efeito da abertura da Lagoa..... | 44 |
| Quadro 21 – Evolução da carga poluente total de fosfatos (Kg) entrada na Lagoa por via superficial + subterrânea por efeito da abertura da Lagoa..... | 44 |
| Quadro 22 – Concentrações médias anuais calculadas de nitratos (mg/l) na Lagoa..... | 45 |
| Quadro 23 – Concentrações médias anuais calculadas de fosfatos (mg/l) na Lagoa..... | 46 |
| Quadro 24 – Concentrações de Verão calculadas de nitratos (mg/l) na Lagoa..... | 46 |
| Quadro 25 – Concentrações de Verão calculadas de fosfatos (mg/l) na Lagoa..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Quadro 26 – Volumes de consumos (m ³ /ano) e taxas de exploração anual atuais e em cenários para 2015 e 2027 | 48 |
| Quadro 27 – Volumes de consumos (m ³ /ano) e taxas de exploração de Verão atuais e em cenários para 2015 e 2027 para o meio hídrico superficial | 48 |
| Quadro 28 – Consumos domésticos (m ³ /ano) e respetivas taxas de exploração | 49 |
| Quadro 29 – Consumos agrícolas (m ³ /ano) e respetivas taxas de exploração por tipo de cultura para os recursos subterrâneos | 50 |
| Quadro 30 – Variação do escoamento direto e recarga por efeito das alterações climáticas | 52 |
| Quadro 31 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos e alteração das taxas de exploração para as origens subterrâneas dos consumos, em função das recargas alteradas por efeito das alterações climáticas | 53 |
| Quadro 32 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos e alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos superficiais alterados por efeito das alterações climáticas (média global anual) | 54 |
| Quadro 33 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos e alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos superficiais alterados por efeito das alterações climáticas (valores referentes ao período de regadio)..... | 54 |
| Quadro 34 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos acrescido do incremento de consumos devido às necessidades de animais, plantas e seres humanos perante as alterações climáticas e consequente alteração das taxas de exploração para as origens subterrâneas dos consumos, em função das recargas alteradas por efeito das alterações climáticas | 57 |
| Quadro 35 – Necessidades de irrigação de arrozais no Sri Lanka | 58 |
| Quadro 36 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos acrescido do incremento de consumos devido às necessidades dos arrozais perante as alterações climáticas e consequente alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos alterados por efeito das alterações climáticas (valores médios anuais)..... | 59 |
| Quadro 37 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos acrescido do incremento de consumos devido às necessidades dos arrozais perante as alterações climáticas e consequente alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos alterados por efeito das alterações climáticas (valores referentes ao período de regadio)..... | 59 |
| Quadro 38 – Evolução das taxas de consumos hídricos face aos valores atuais considerando o efeito das alterações climáticas sobre as necessidades hídricas dos organismos | 60 |
| Quadro 39 – Variação percentual da recarga que alimenta as ribeiras e das recargas totais em cenários de alterações climáticas..... | 63 |
| Quadro 40 – Cenários de evolução do volume da Lagoa (em hm ³) em condições de alterações climáticas | 64 |
| Quadro 41 – Variação dos volumes de água que alimentam e saem da Lagoa em cenários de alterações climáticas em condições de volume constante da Lagoa | 65 |
| Quadro 42 – Variação dos volumes de água que alimentam e saem da Lagoa em cenários de alterações climáticas em condições de percentagem constante de recarga e escoamento saído da Lagoa..... | 66 |
| Quadro 43 – Variação dos volumes de água que alimentam e saem da Lagoa em cenários de alterações climáticas para condições de volumes da Lagoa e descargas para o oceano não constantes | 67 |
| Quadro 44 – Variação média global da carga de nitratos no meio hídrico subterrâneo em cenários de alterações climáticas..... | 67 |
| Quadro 45 – Variação média global da carga de fosfatos no meio hídrico subterrâneo em cenários de alterações climáticas..... | 68 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 46 – Evolução da qualidade em relação aos nitratos para diferentes cenários de alterações climáticas | 68 |
| Quadro 47 – Evolução da qualidade em relação aos fosfatos para diferentes cenários de alterações climáticas | 69 |
| Quadro 48 – Variação média global da concentração de nitratos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas..... | 70 |
| Quadro 49 – Variação média global da concentração de fosfatos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas | 70 |
| Quadro 50 – Variação sazonal da concentração de nitratos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas..... | 71 |
| Quadro 51 – Variação sazonal da concentração de fosfatos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas..... | 71 |
| Quadro 52 – Evolução da qualidade média anual nos pontos de monitorização em cenários de alterações climáticas..... | 72 |
| Quadro 53 – Evolução da qualidade média sazonal (época de regadio Abril a Setembro) nos pontos de monitorização em cenários de alterações climáticas | 73 |
| Quadro 54 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos, em cenários de alterações climáticas | 75 |
| Quadro 55 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos, em cenários de alterações climáticas | 76 |
| Quadro 56 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos, com volume variável da Lagoa como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas | 77 |
| Quadro 57 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos, com volume variável da Lagoa como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas | 77 |
| Quadro 58 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos, com volume da Lagoa e descargas para o oceano variáveis como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas..... | 78 |
| Quadro 59 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos, com volume da Lagoa e descargas para o oceano variáveis como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas..... | 78 |
| Quadro 60 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos em período de Verão, em cenários de alterações climáticas..... | 81 |
| Quadro 61 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos em período de Verão, em cenários de alterações climáticas..... | 81 |
| Quadro 62 – Contribuição percentual de cada uma das origens poluentes (carga média que num ano atinge a Lagoa)..... | 83 |
| Quadro 63 – Contribuição percentual de cada fonte poluente para a carga poluente em diferentes regiões do aquífero e rede hidrográfica | 88 |
| Quadro 64 – Cargas poluentes médias e percentagens desta carga que transitam pelos pontos de monitorização (exclusivamente fontes que afetam os pontos de monitorização)..... | 90 |
| Quadro 65 – Contribuição de cada fonte poluente para a carga poluente global média e valores de redução destas cargas com vista à melhoria da qualidade do meio hídrico | 91 |
| Quadro 66 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 106 |
| Quadro 67 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 107 |
| Quadro 68 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom em condições de alterações climáticas | 108 |
| Quadro 69 – Estruturação das medidas em função do meio, tipo de poluentes e fonte de poluição ... | 118 |
| Quadro 70 – Tempos de percursos associados às várias fontes poluentes na área de estudo..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 71 – Fontes poluentes de curto tempo de percurso, cargas poluentes associadas e tipos de medidas propostas para estas fontes poluentes | 124 |
| Quadro 72 – Fontes poluentes de longo tempo de percurso, cargas poluentes associadas e tipos de medidas propostas para estas fontes poluentes | 125 |
| Quadro 73 – Classes de distâncias à massa de água superficial | 154 |
| Quadro 74 – Classes de distribuição espacial das fontes poluentes | 155 |
| Quadro 75 – Classes de distribuição das cargas poluentes | 157 |
| Quadro 76 – Classes de zonas de descarga para o meio superficial | 159 |
| Quadro 77 – Classes do parâmetro estado ecológico | 161 |
| Quadro 78 – Classes do parâmetro estado ecológico (clorofila a)..... | 162 |
| Quadro 79 – Classes do parâmetro contribuições externas | 162 |
| Quadro 80 – Classificação do índice de prioridade de intervenção no meio hídrico superficial..... | 164 |
| Quadro 81 – Classes de profundidades..... | 165 |
| Quadro 82 – Classes de distribuição espacial das fontes poluentes | 166 |
| Quadro 83 – Classes das cargas poluentes | 167 |
| Quadro 84 – Classes de tempos de percurso..... | 167 |
| Quadro 85 – Parâmetros IFI | 170 |
| Quadro 86 – Classes de zonas de descarga para o meio superficial | 172 |
| Quadro 87 – Classes de ligações hidráulicas entre aquíferos | 173 |
| Quadro 88 – Classes de descargas do meio superficial para o subterrâneo | 175 |
| Quadro 89 – Classificação do índice de prioridade de intervenção no meio hídrico subterrâneo..... | 176 |
| Quadro 90 – Descrição das componentes do modelo DPSIR..... | 184 |
| Quadro 91 – Temas e critérios de base que estruturam a matriz de decisão | 187 |
| Quadro 92 – Temas e critérios de base da matriz de decisão para condições de mudança | 188 |

ANEXO I

| | |
|--|-----|
| Quadro 93 – Células de descarga na ribeira para cada fonte poluente e respetiva percentagem de poluente descarregado face à carga total de poluente na fonte | 229 |
|--|-----|

ANEXO II

| | |
|---|-----|
| Quadro 94 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por hidrocarbonetos, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica..... | 235 |
| Quadro 95 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por nitratos e outros compostos azotados, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica..... | 235 |
| Quadro 96 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por fósforo e compostos fosfatados, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 237 |
| Quadro 97 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por pesticidas e metais pesados, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 239 |
| Quadro 98 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por coliformes, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica..... | 240 |
| Quadro 99 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 242 |
| Quadro 100 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 243 |
| Quadro 101 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 246 |
| Quadro 102 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 247 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 103 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 249 |
| Quadro 104 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 253 |
| Quadro 105 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 255 |
| Quadro 106 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica | 256 |
| Quadro 107 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por coliformes, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica..... | 259 |

ANEXO III

| | |
|--|-----|
| Quadro 108 – Medidas de controlo dos nitratos originários dos arrozais e entrados na ribeira de Melides (cf. Secção 4.3.1.1.1 e Anexo II)..... | 264 |
| Quadro 109 – Medidas de controlo dos fosfatos originários dos arrozais e entrados na ribeira de Melides (cf. Secção 4.3.1.1.1 e Anexo II)..... | 265 |
| Quadro 110 – Temas e critérios considerados para a área de estudo de Melides | 266 |
| Quadro 111 – Fatores de ponderação dos critérios de avaliação das medidas..... | 267 |
| Quadro 112 – Matriz dos fatores de impacto das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial nos critérios de avaliação | 269 |
| Quadro 113 – Matriz dos fatores de impacto das medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial nos critérios de avaliação | 270 |
| Quadro 114 – Matriz dos fatores de ponderação dos critérios para as medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial | 271 |
| Quadro 115 – Matriz dos fatores de ponderação dos critérios para as medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial | 272 |
| Quadro 116 – Matriz da multiplicação dos fatores de ponderação pelos fatores de impacto para as medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial | 273 |
| Quadro 117 – Matriz da multiplicação dos fatores de ponderação pelos fatores de impacto para as medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial..... | 274 |
| Quadro 118 – Valores de classificação das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial | 275 |
| Quadro 119 – Valores de classificação das medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial | 276 |
| Quadro 120 – Classificação das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial..... | 276 |
| Quadro 121 – Classificação das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial..... | 277 |

ÁGUA, ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJECTO PROWATERMAN

Referência do projeto n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008

**Estratégias e Medidas de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia de Melides
(Quantidade e Qualidade Química e Biológica)**

1 Introdução

Com vista a alcançar o objetivo principal do projeto PROWATERMAN para a área de estudo de Melides, que é o de obter medidas cientificamente baseadas que possibilitem a recuperação do bom estado da Lagoa de Melides, aplicou-se a metodologia desenvolvida em Lobo Ferreira et al. (2011; 2012 a e b).

Conforme se referiu em Oliveira et al. (2012) citando (Freitas et al., 2008; CCDR, 2006) e no QSiGA da Região Hidrográfica do Sado e Mira – RH 6 de 2009 (INAG e ARH Alentejo, 2009), a Lagoa de Melides apresenta sérios problemas de eutrofização, o que é confirmado nos capítulos seguintes quando se faz a análise das cargas de nutrientes entradas no sistema hídrico (superficial e subterrâneo) e a sua respetiva evolução ao longo do tempo. Destes cálculos os fosfatos surgem sempre como o nutriente mais problemático, podendo as condições agravar-se em condições de alterações climáticas. A bacia da ribeira de Melides foi considerada pelos Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas Integradas nas Regiões Hidrográficas 6 e 7 em estado medíocre, devido ao valor excessivo de diatomáceas (NEMUS et al., 2011), seres unicelulares cujo excesso está associado aos problemas de eutrofização. A análise desenvolvida neste relatório mostra que se não forem implementadas medidas esta situação manter-se-á nos anos vindouros, dado que uma parte muito significativa do problema das cargas de nutrientes tem origem no meio hídrico subterrâneo, o qual tem caracteristicamente um tempo de resposta muito mais dilatado que o meio hídrico superficial.

Deste modo, e para alcançar o bom estado em 2027, não se podem aplicar apenas medidas tendentes a melhorar a qualidade do meio hídrico superficial, mas atuar também sobre o meio hídrico subterrâneo. Assim, além da abertura periódica artificial da Lagoa ao oceano, que já se realiza outras medidas terão de ser implementadas, num contexto de gestão integrada do recurso superficial e subterrâneo. Esta gestão tem de englobar não apenas os problemas de qualidade mas também os de quantidade, devido não só à importante natureza sazonal dos picos de poluição, mas porque os volumes hídricos (e respetiva qualidade associada) são um fator muito importante na manutenção e/ou melhoria do

funcionamento ecológico da Lagoa e ecossistemas aquáticos associados. Do mesmo modo, a melhoria da qualidade das águas e a preservação, tanto quanto possível, dos volumes de água disponível são fundamentais para assegurar as atividades económicas e qualidade de vida das populações.

Com vista a alcançar estes objetivos, foi desenvolvido o trabalho que agora se apresenta neste relatório, o qual está estruturado do seguinte modo:

- (1) Definição da metodologia de análise dos vários fatores intervenientes na evolução do estado das águas, incluindo as pressões sócio-ecológicas, as condicionantes naturais (ex.: regimes naturais de escoamento superficial), a evolução das pressões sócio-ecológicas em função de cenários socioeconómicos e os efeitos das alterações climáticas.
- (2) Resultados da análise de todos estes fatores e consequente definição dos aspetos mais importantes que condicionam a qualidade, quantidade e evolução do estado das massas de água na bacia de Melides, compreendendo tanto o meio superficial (ribeiras e Lagoa) como subterrâneo.
- (3) Medidas propostas, com base nos resultados desta análise.
- (4) Conclusões e recomendações.

2 Metodologia para a definição das medidas para devolver o Estado Bom à bacia de Melides

Para a análise dos fatores que condicionam a evolução do estado das águas e a proposta de medidas com vista a devolver às massas de água da bacia de Melides o seu estado Bom, aplicou-se, como foi referido, a metodologia desenvolvida em Lobo Ferreira et al. (2011; 2012 a e b) para o Plano de Bacia das Ribeiras do Oeste e Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo, respetivamente para os sistemas aquíferos de Caldas da Rainha-Nazaré e Escusa.

Contudo neste trabalho esta metodologia foi alargada e desenvolvida porque os objetivos são mais amplos do que apenas assegurar o estado Bom do meio hídrico subterrâneo. Com efeito o meio hídrico superficial – e em particular a Lagoa de Melides – são massas de água de extrema importância que necessitam de recuperação como aliás é exigido pela legislação comunitária e nacional. Acresce que estando a Lagoa de Melides integrada na Rede Natura 2000 (Área Classificada SIC Comporta-Galé PTCON034), conforme referido em Salvador e Monteiro (2010), os aspetos de preservação e melhoria do estado ecológico do meio hídrico

são de especial relevância e têm de ser equacionados no âmbito das medidas propostas de gestão e melhoria do estado das massas de água da bacia de Melides.

Deste modo a metodologia foi ampliada, passando a englobar (1) a avaliação das condições quantitativas, qualitativas e ecológicas dos meios hídricos superficiais e subterrâneos, (2) a relação entre os dois meios hídricos e como as condições (qualidade, quantidade, ecológica) de cada um deles influencia o outro, (3) resultados da modelação matemática desenvolvida especificamente para a área de estudo, (4) análise da informação referente às condições quantitativas, qualitativas e ecológicas, (5) evolução das pressões e seus efeitos netas condições para cada um dos meios hídricos superficial e subterrâneo em cenários socioeconómicos (até ao horizonte temporal de 2030), (6) evolução das pressões e seus efeitos nestas mesmas condições para cada um dos meios hídricos superficial e subterrâneo em cenários de alterações climáticas (horizonte temporal de 2100).

A metodologia seguida constitui-se dos seguintes passos:

1. Identificação dos meios hídricos envolvidos na alimentação à Lagoa e definição das suas condições quantitativas, qualitativas e ecológicas, com identificação dos pontos poluídos.
2. Identificação das diferentes fontes poluentes que afetam cada meio hídrico e respetivas cargas poluentes transferidas para cada um dos meios hídricos.
3. Definição dos tempos de percurso e direções de percurso dos poluentes desde cada uma das suas origens até à Lagoa. No caso do meio hídrico subterrâneo considerou-se o tempo de percursos desde a entrada do poluente no aquífero até à sua saída para a rede hidrográfica, tendo tal avaliação sido feita através do modelo de fluxo MODFLOW e “tracking” de partículas MODPATH.
4. Identificação das fontes poluentes que afetam cada um dos pontos de monitorização tanto do meio superficial como subterrâneo e percentagem de contribuição de cada uma destas fontes para a carga final total em cada um destes pontos (cf. secção 4.2). Esta análise foi desenvolvida com base nos resultados do MODPATH, para o caso das águas subterrâneas. Para as águas superficiais foram consideradas como fontes poluentes as fontes superficiais sitas a montante do ponto de monitorização e as fontes subterrâneas na sua envolvente, tendo a análise da contribuição de cada uma destas fontes subterrâneas para a carga poluente total no ponto sito baseada nos resultados do MODPATH.
5. Identificação das fontes poluentes que atingem o meio hídrico superficial por via das descargas subterrâneas, locais onde essa descarga se processa e percentagem de contribuição de cada uma destas fontes para a carga final total em cada um destes

pontos. Esta análise foi desenvolvida com base nos resultados do MODPATH (cf. secção 4.2).

6. Definição, para o caso dos pontos poluídos, das principais atividades antropogénicas responsáveis pela poluição nesse ponto e determinação das proporções em que os limiares de qualidade são ultrapassados.
7. Determinação das cargas poluentes totais por tipo de atividade económica que entram atualmente no sistema hídrico superficial e subterrâneo, e que atingirão a Lagoa em diferentes horizontes temporais (2015 e 2027 – datas limite de implementação de medidas de melhoria dos sistemas hídricos – e 2100 para avaliação das questões relacionadas com alterações climáticas).
8. Determinação da variação sazonal atual das cargas poluentes por atividade económica, por fonte de poluição e identificação dos períodos de pico de poluição na Lagoa. Admite-se que a contribuição do meio hídrico subterrâneo não apresentará significativas variações ao longo do ano.
9. Definição dos volumes e valores percentuais de água que chegam à Lagoa por contribuição subterrânea para o meio hídrico superficial, escoamento direto, descargas das ETAR e arrozais.
10. Definição da proporção da contribuição da componente superficial e subterrânea para a poluição da Lagoa. Admite-se que a contribuição do meio hídrico subterrâneo não apresentará significativas variações de carga ao longo do ano.
11. Definição do volume da Lagoa e de cenários de remoção de poluentes em função das aberturas da Lagoa ao oceano. Definição das cargas poluentes totais anuais removidas da Lagoa em cada cenário de remoção de poluentes.
12. Com base nos cenários socioeconómicos definidos para a área de Melides, pela equipa da Universidade Atlântica no âmbito deste estudo (cf. Lourenço et al., 2011) definiu-se como as cargas poluentes que entram no sistema hídrico superficial e subterrâneo se alterarão, por tipo de atividade económica.
13. Com base nestes cenários avaliou-se a variação anual e sazonal média das cargas poluentes por atividade económica, por fonte de poluição.
14. Com base nestes cenários e nas contribuições das diferentes fontes de poluição que afetam cada ponto de amostragem (definidos nos pontos 3 e 4) avaliou-se a variação média anual da poluição em cada ponto de amostragem (superficial, subterrâneo e Lagoa).

15. Com base nos cenários socioeconómicos e nos cenários de remoção de poluentes da Lagoa, determinaram-se as cargas poluentes totais anuais para os horizontes temporais de 2015, 2027 e 2050, definindo as condições de qualidade média anual para a Lagoa, atualmente e para estes horizontes temporais.
16. Realização da mesma análise do ponto 15, para os períodos de pico de poluição na Lagoa.
17. Avaliação dos volumes hídricos consumidos atualmente pelas diferentes atividades económicas e taxas de exploração associadas para o meio hídrico superficial e subterrâneo. Definição das condições de quantidade e sustentabilidade da exploração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.
18. Com base nos cenários socioeconómicos determinou-se a variação dos consumos por atividade económica para os horizontes temporais de 2015 e 2027 e consequentes variações das taxas de exploração das águas superficiais e subterrâneas. Definição das futuras condições quantitativas e sustentabilidade da exploração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.
19. Admitindo hipóteses de esboços de evolução sócio-económica até ao ano 2100, e usando os valores de recarga e escoamento superficial calculados pelo balanço hídrico BALSEQ_MOD em Oliveira et al. (2012) para diferentes cenários de alterações climáticas na zona de Melides, fez-se a análise da alteração das taxas de exploração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos para:
 - 19.1. Não alteração das necessidades hídricas de plantas, animais e seres humanos sob condições de alteração climática – as taxas de exploração dependem assim exclusivamente das modificações dos regimes de recarga e de escoamento superficial. As taxas de exploração foram calculadas para: (1) valores médios anuais, (2) valores de época de estiagem.
 - 19.2. Alteração das necessidades hídricas de plantas, animais e seres humanos como resposta às condições de alteração climática – neste caso, não apenas a recarga e escoamento é alterado, como os próprios consumos “*per capita*” são modificados pela variação térmica. As taxas de exploração foram calculadas para: (1) valores médios anuais, (2) valores de época de estiagem.
20. Sob os mesmos cenários socioeconómicos e climáticos calcularam-se as modificações à qualidade dos meios hídricos:
 - 20.1. Subterrâneos – avaliaram-se as alterações à qualidade das águas, considerando os valores globais entrados neste meio hídrico e as variações de qualidade face aos

valores atualmente registados, para cada ponto de amostragem de águas subterrâneas. Considerou-se que, devido à menor variação dos volumes de água envolvidos e aos tempos dilatados de percurso haveria pouca flutuação das cargas poluentes entradas no meio hídrico subterrâneo nas diferentes épocas do ano. Por esta razão não se calcularam cargas de estiagem.

20.2. Superficial – refere-se em exclusivo à rede hidrográfica, pois a Lagoa, pelas suas características específicas, foi tratada separadamente. Dado que o meio hídrico superficial tem uma forte componente de alimentação subterrânea, considerou-se que este receberia cargas poluentes superficiais e subterrâneas. No caso do cenário climático IS92a, devido à sua maior recarga e precipitação de Inverno, admitiu-se que cerca de 80% da carga poluente subterrânea atingira o meio hídrico superficial; para os cenários SRES A2 e B2, dadas as muito significativas reduções de recarga, admitiu-se que os níveis piezométricos desceriam muito significativamente e não haveria deste modo transferência do meio hídrico subterrâneo para o superficial, pelo que a carga poluente subterrânea seria nula. Estas percentagens de transferência foram testadas com o modelo matemático desenvolvido para a área de estudo. As alterações à qualidade das águas foram assim avaliadas, considerando:

20.2.1. Os valores anuais médios de escoamento e carga poluente total entrados neste meio hídrico e a sua variação face à atualidade.

20.2.2. Os valores sazonais de escoamento e carga poluente sazonal entrados neste meio hídrico e a sua variação face à atualidade.

20.2.3. A variação anual média da qualidade, face aos valores atualmente registados, nos pontos de amostragem, assumindo que a variação média anual da carga poluente para a globalidade do meio hídrico superficial calculada no ponto 20.2.1 se aplica a cada um dos pontos de monitorização.

20.2.4. A variação sazonal da qualidade face aos valores atualmente registados, nos pontos de amostragem, assumindo que a variação sazonal da carga poluente para a globalidade do meio hídrico superficial calculada no ponto 20.2.2 se aplica a cada um dos pontos de monitorização.

20.3. Lagoa – foi considerado que os aportes de poluentes seriam apenas por via da rede hidrográfica, embora se conheça (Monteiro, informação oral) que ocorrem também transferências diretamente na Lagoa. Contudo como se desconhecem os volumes destas transferências, optou-se por ignorá-las. Deste modo a carga poluente para os diferentes cenários climáticos será afetada das mesmas condicionantes de transferência de cargas poluentes de origem subterrânea, já

referidas acima no ponto 20.2. As alterações que se calcularam foram comparadas com os valores atualmente previstos que venham a ocorrer até 2027 para avaliar o estado de agravamento das condições de qualidade. Não se entrou em consideração com os efeitos de alteração do nível do mar, dado este fator não ter sido objeto de estudo no presente projeto, embora seja de admitir que possa alterar as condições de salinidade da Lagoa e também das suas taxas de depuração/remoção de poluentes. Considerando as hipóteses de:

20.3.1. Lagoa mantém o mesmo volume médio definido em Oliveira et al. (2012) para os diferentes cenários climáticos – para os cenários de remoção de carga poluente da Lagoa (idênticos aos do ponto 15, visto não haver dados que permitam definir como estas taxas de remoção serão alteradas em condições climáticas modificadas) calcularam-se as variações de carga poluente e respetivas condições de qualidade associado, em (1) valores médios anuais e (2) valores médios sazonais, sendo que neste último caso se considerou apenas os escoamentos e cargas poluentes de estiagem. Estas cargas poluentes calculadas permitiram definir as condições de qualidade espectável para a Lagoa e compará-las com as condições atuais e de evolução até 2027.

20.3.2. Lagoa altera o seu volume em função dos cenários climáticos – admitindo os mesmos cenários de remoção de carga poluente da Lagoa calcularam-se as variações de carga poluente e condições de qualidade quanto a (1) valores médios anuais e (2) valores médios sazonais, realizando-se a mesma análise comparativa com as condições de qualidade sazonal atual e previstos em função dos cenários socioeconómicos até 2027.

21. Com base na análise evolutiva em termos de qualidade dos meios hídricos superficiais e subterrâneos efetuada nos pontos 5 a 16, foram definidas medidas de prevenção e mitigação com vista a alcançar a boa qualidade química e biológica na Lagoa de Melides e meio hídrico envolvente (superficial e subterrâneo). A eficácia destas medidas deverá ser testada com o modelo matemático desenvolvido para a região, durante a fase de seleção final das medidas a implementar.

22. Com base na análise evolutiva em termos de quantidade dos meios hídricos superficiais e subterrâneos efetuada nos pontos 17 e 18, foram definidas medidas de gestão com vista a assegurar a sustentabilidade quantitativa da exploração dos recursos hídricos. A eficácia destas medidas deverá ser testada com o modelo matemático desenvolvido para a região, durante a fase de seleção final das medidas a implementar.

23. Com base na análise evolutiva em termos de quantidade e qualidade dos meios hídricos superficiais e subterrâneos, efetuada nos pontos 19 e 20, foram definidas:
- 23.1. Medidas de gestão quantitativa dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos com vista a garantir a continuada exploração sustentável destes recursos e assegurar o melhor possível a sobrevivência da Lagoa e dos seus ecossistemas e ecossistemas associados do meio hídrico superficial em condições de alterações climáticas.
- 23.2. Medidas de prevenção e mitigação com vista a alcançar a boa qualidade química e biológica na Lagoa e meios hídricos envolventes (superficiais e subterrâneos) em condições de alterações climáticas, com vista a garantir o melhor possível o bom estado qualitativo destes recursos e a sobrevivência da Lagoa e seus ecossistemas, assim como dos ecossistemas associados à rede hidrográfica.
24. Definição das áreas prioritárias de aplicação das medidas, em conformidade com a metodologia desenvolvida no presente estudo e apresentada em 4.4.3., que considera, entre outros aspetos relevantes: (1) índice IFI desenvolvido por Oliveira e Lobo Ferreira (2002); (2) cargas poluentes de cada fonte; (3) tempos de percurso (tempos mais longos associam-se a áreas de atuação progressivamente menos prioritárias); (4) tipo de meio sobre o qual cada fonte atua (superficial ou subterrâneo).
25. Desenvolvimento da matriz de decisão (cf. secção 4.4.4).
26. Aplicação da matriz de decisão às diferentes medidas que podem ser aplicadas a cada área prioritária, com vista a selecionar as medidas a serem implementadas. Esta escolha deverá igualmente considerar os resultados da modelação matemática referida nos pontos 21 e 22.

3 Condicionantes das medidas de mitigação

3.1 Enquadramento geral

Como se referiu em publicações anteriores deste projeto (cf. Oliveira et al., 2012) os fluxos de água que afluem à Lagoa são essencialmente os escoados pela rede hidrográfica que nesta Lagoa tem a sua foz, a que se acrescem descargas diretas do aquífero no fundo da Lagoa, estas últimas mal conhecidas e como tal sem quantificação definida até à data. O escoamento superficial tem uma forte componente de alimentação subterrânea, sendo assim um meio hídrico fortemente dependente das descargas do aquífero superficial, donde a maior parte dos ecossistemas associados serão basicamente EDAS (cf. Monteiro et al., in press; Figura 1).

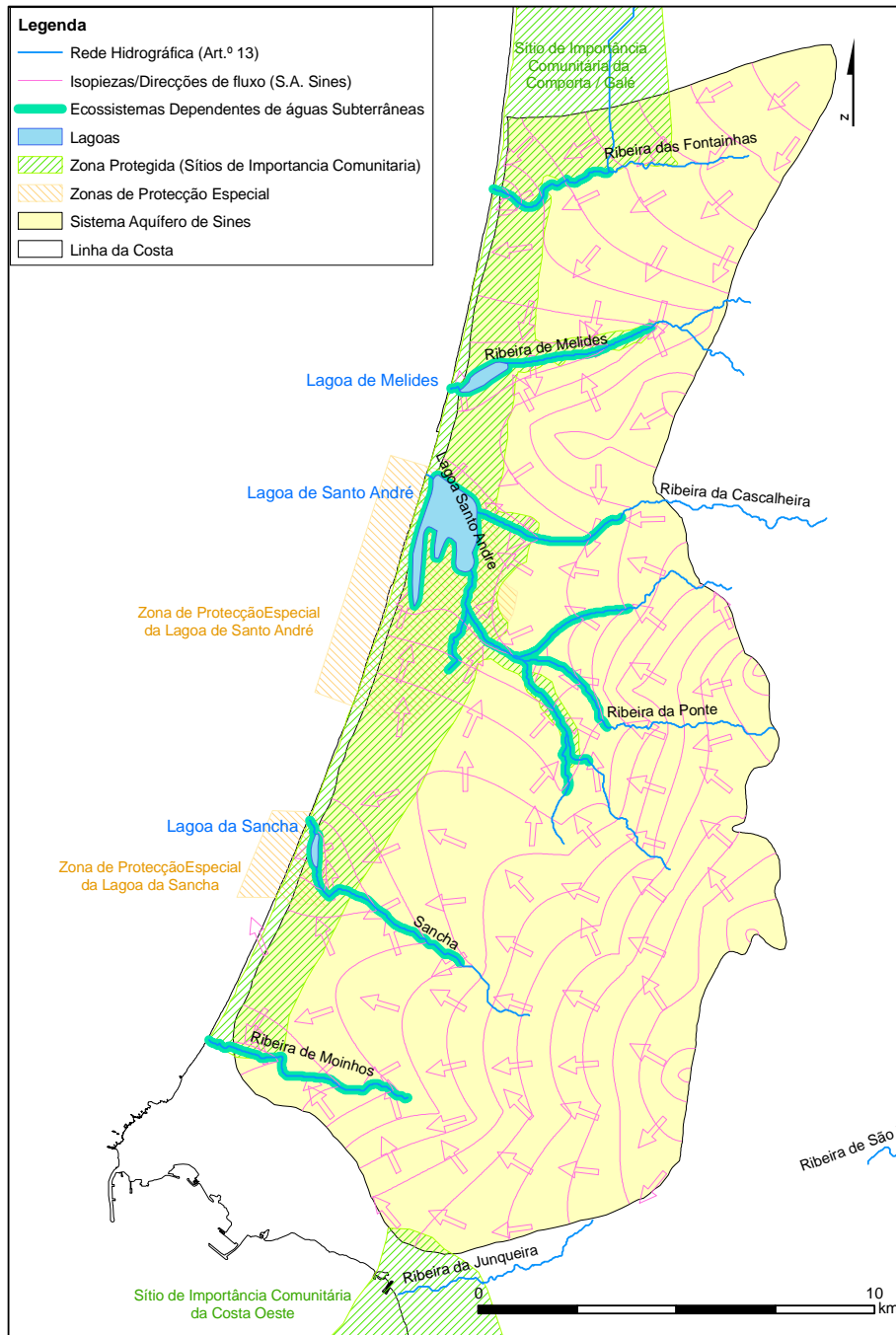
Esta forte dependência do meio hídrico superficial face ao subterrâneo tem consequência em termos de poluição e da evolução da qualidade das águas, com consequentes reflexos na sobrevivência e funcionamento dos ecossistemas. Com efeito a poluição que aflui à Lagoa de Melides surge por:

- (a) **Via subterrânea** direta (descargas do meio subterrâneo no fundo da Lagoa), mal conhecidas e admissivelmente de pequena importância quando comparadas com as que são carregadas por via superficial e,
- (b) **Via superficial**, que inclui as das ribeiras e escoamento direto mas também as cargas de origem subterrânea que são descarregadas para as ribeiras nos processos de transferência hídrica do meio subterrâneo para o superficial. Das duas origens subterrâneas (descarga direta na Lagoa e descargas nas linhas de água) admite-se que estas últimas sejam as mais significativas (Monteiro, 2012 comunicação oral).

As diferentes origens de caudais e poluentes que afluem à Lagoa de Melides, e que se encontram com frequência interligadas, são as seguintes (Figura 2):

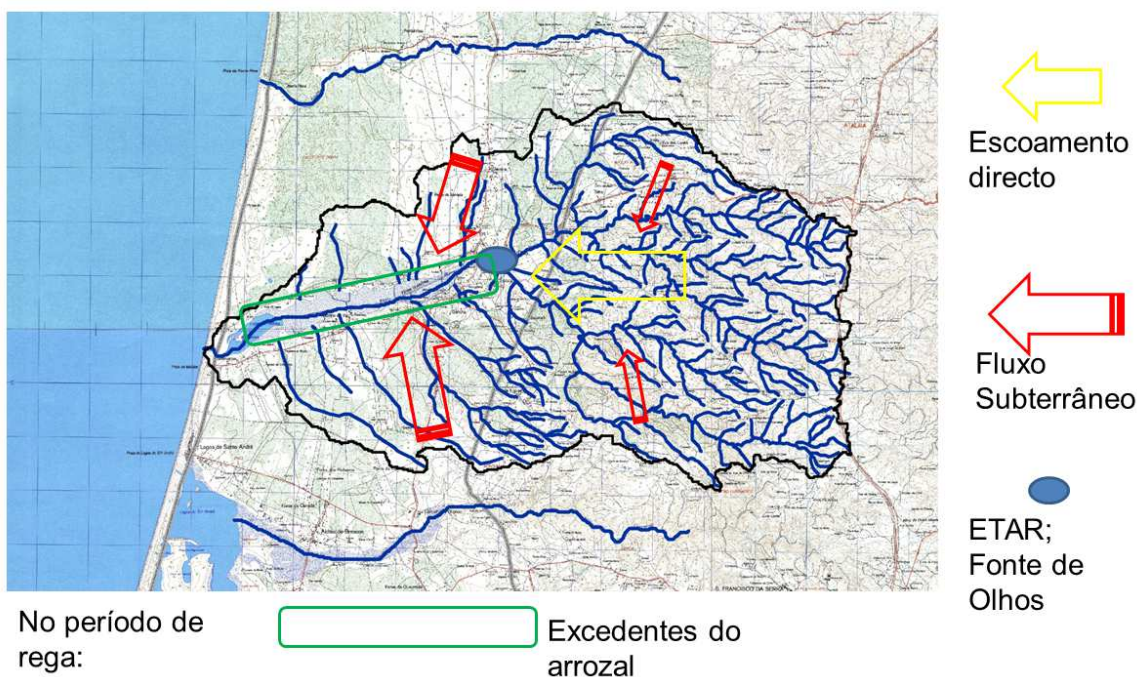
- Ribeira de Melides e seus afluentes;
- Água subterrânea que aflui diretamente à Lagoa;
- Água subterrânea que aflui à ribeira;
- Excedentes de água do arrozal;
- Água da ETAR de Melides e da ETAR de Vale Figueira (Melides);
- Excedentes da Fonte de Olhos em Melides.

Sob este enquadramento geral, a análise do estado das águas e das pressões baseia-se no conjunto de informação apresentado em Oliveira et al. (2012) e na caracterização hidroquímica das águas superficiais e subterrâneas, apresentada em Oliveira et al. (2011). A definição das medidas de mitigação resulta da análise das condições de qualidade, quantidade e ecológicas da água, pressões e carga poluente de cada ponto de poluição.



Fonte: Monteiro et al. (in press)

Figura 1 – Ecosistemas parcialmente dependentes das águas subterrâneas do Sistema aquífero de Sines (as isopiezas e vetores representam as direções predominantes de fluxo conforme o modelo conceptual de fluxo do aquífero superior detrítico do sistema aquífero multicamada de Sines)



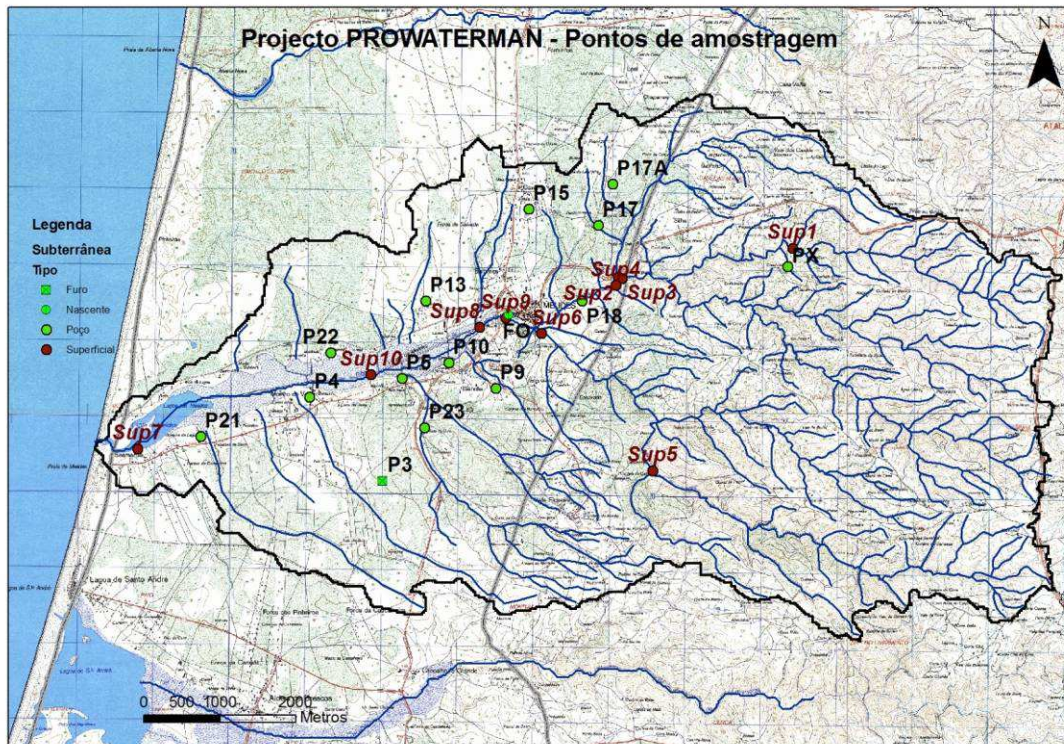
Fonte: Oliveira et al. (2012)

Figura 2 – Origens dos volumes de água e poluentes que atingem a Lagoa de Melides

Os pontos de amostragem estão apresentados nas Figura 3 e Figura 4. As pressões estão apresentadas na Figura 5. O estado das águas (superficiais e subterrâneas), as pressões que originam problemas de qualidade e ecológicos e a possível evolução dos pontos de água caso não sejam implementadas medidas de mitigação são apresentados nos Quadro 1, Quadro 2, Quadro 5 e Quadro 6. A relação entre as pressões e os pontos de amostragem, nomeadamente as fontes de poluição com maior probabilidade de afetarem os pontos de amostragem estão apresentadas nos Quadro 3 para as águas subterrâneas e Quadro 4 para as águas superficiais.

A classificação do estado das águas subterrâneas baseia-se da DQA e a do estado das águas superficiais baseia-se na DQA, INAG (2009) e Salvador e Monteiro (2010). De sublinhar que o estado de qualidade da água da bacia da ribeira de Melides foi classificado como Medíocre no Plano de Gestão da Região Hidrográfica RH6 (NEMUS et al., 2011), devido ao parâmetro diatomáceas, sendo que no geral o aumento do número de microrganismos nas águas se deve à presença muito abundante de nutrientes, e que no caso da bacia hidrográfica de Melides serão os nitratos e os fosfatos, como se pode verificar para as águas subterrâneas no Quadro 1. De referir que a qualidade biológica das águas superficiais reflete igualmente o estado de degradação das águas, como se pode verificar no Quadro 7, onde é indicado o estado de eutrofização de diversos pontos de amostragem (Leitão et al., 2012). No Quadro 8 são apresentadas as cargas poluentes totais que atualmente se infiltram no meio hídrico subterrâneo (quer cheguem à Lagoa de Melides

antes ou depois de 2027) ou são escoadas pelas águas superficiais. Na avaliação das cargas poluentes considerou-se que as áreas de floresta e similares não contribuem com poluição significativa para o meio hídrico.



Fonte: Oliveira et al. (2011)

Figura 3 – Pontos de amostragem de águas superficiais e subterrâneas da primeira campanha

Também se considerou que toda a água (e em consequência toda a carga poluente) que atinge superficialmente a ribeira de Melides irá atingir a Lagoa em menos de um dia (na realidade cerca de 7 horas desde o ponto mais afastado da cabeceira, de acordo com os tempos de concentração da bacia).

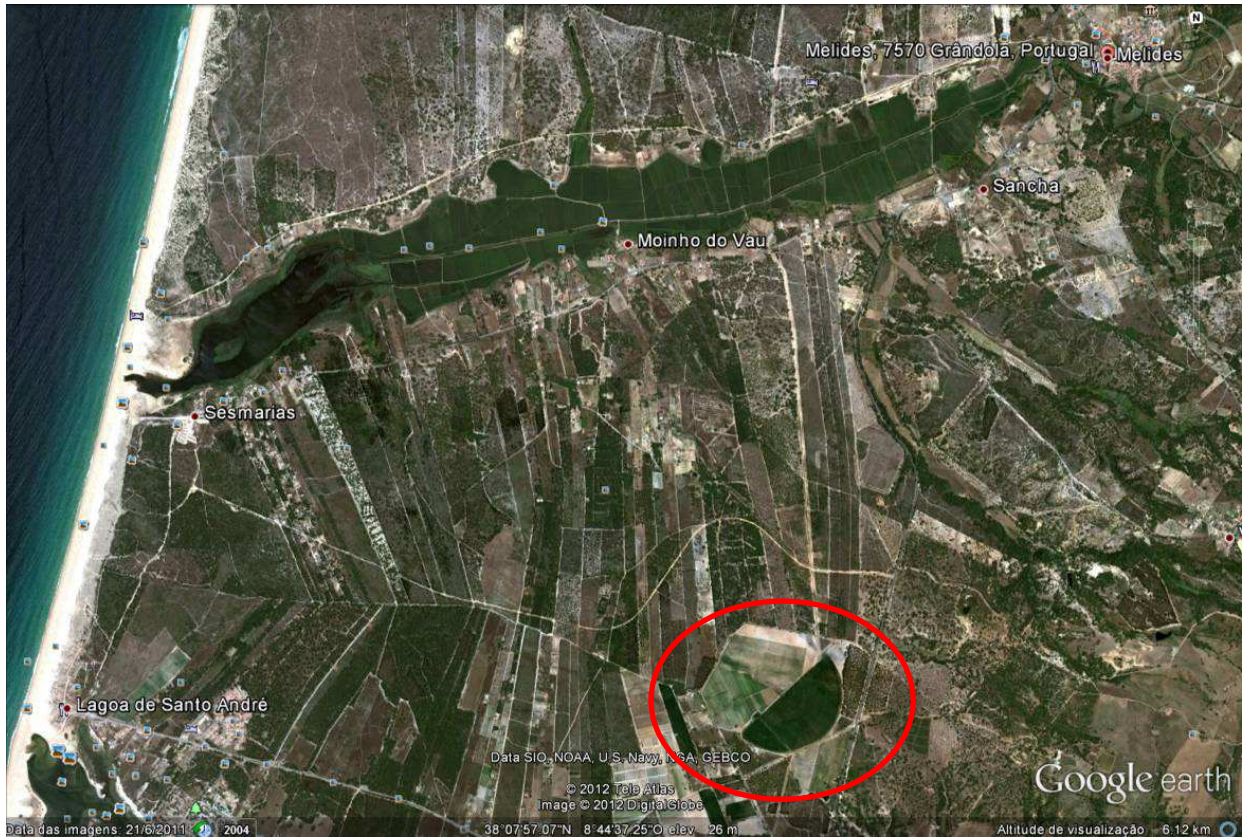


Figura 4 – Localização de zonas de agricultura intensiva exteriores à bacia de Melides e potenciais contribuintes para a poluição do ponto P3

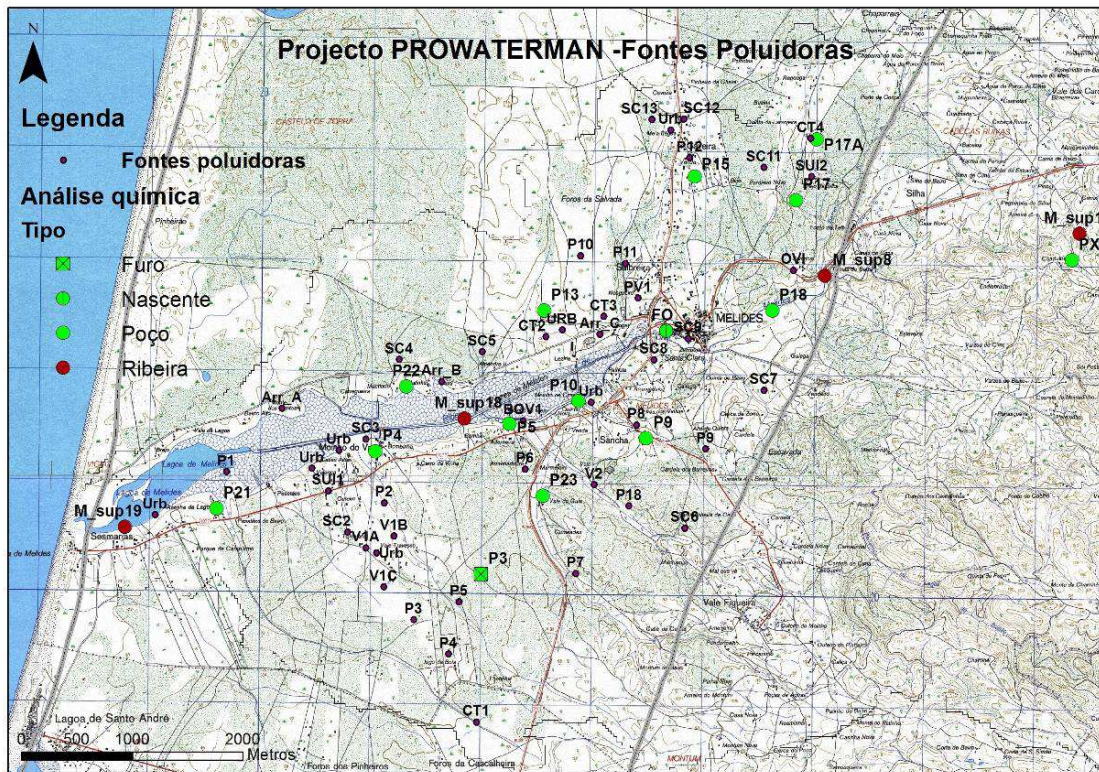


Figura 5 – Pontos de amostragem e fontes de poluição

Para a avaliação das condições atuais e futuras e a posterior definição e implementação das medidas de mitigação tem de se considerar:

- (1) O **conjunto da contribuição subterrânea e da contribuição superficial** em nutrientes.
- (2) A **modificação da ocupação do solo e da população em função dos cenários socioeconómicos** definidos neste estudo e a consequente alteração dos volumes de consumo e de cargas poluentes e respetivos impactos sobre o ecossistema.
- (3) O **efeito das alterações climáticas**, em especial no que se refere à *alteração dos volumes de água consumidos* (e em consequência as taxas de exploração), e como esta alteração dos volumes – mesmo admitindo uma manutenção da ocupação do solo e população entre 2030 e 2050 – poderá *afetar as cargas poluentes*. É também importante considerar o efeito que a *alteração térmica nas massas de água superficial*, assim como a *alteração dos regimes de escoamento superficial* terá sobre os ecossistemas.

3.2 Avaliação das condições atuais e futuras das condições de qualidade e quantidade da Lagoa de Melides e meios hídricos associados até 2027

3.2.1 Cenários e condicionantes para a análise da evolução da qualidade do meio hídrico e para as medidas de mitigação/recuperação da Lagoa de Melides

Considerando a informação relativa aos cenários de evolução sócio-económica e pressões associadas, definidos em Lourenço et al. (2011), Lourenço et al. (2012, 2012a, 2012b) e no Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica, Região Hidrográfica 6, realizado por NEMUS et al. (2011), antevê-se a situação apresentada nos Quadro 9, Quadro 10 e Quadro 11. Como critérios comuns aos cálculos para as diferentes atividades económicas calcularam-se as cargas poluentes para 2015, 2027 e até 2050 tendo em consideração não o total da carga poluente que entra no sistema mas apenas o somatório da carga poluente das fontes que atingem a Lagoa até estas datas. Não se considerou qualquer contribuição por parte da Fonte de Olhos visto as análises químicas (cf. Oliveira et al., 2011) terem indicado que estas águas têm boa qualidade. Deste modo as cargas que atingem a Lagoa nestes diferentes períodos são significativamente inferiores ao total entrado atualmente no meio subterrâneo. As premissas para o cálculo das condições em cada uma destas datas são:

- **População** – de acordo com Lourenço et al. (2012b) há uma redução da população residente de 4,05% em 2015 e 13,45% em 2030. Relativamente à população turística, adotou-se o cenário A do Plano de Gestão de Bacia

(NEMUS et al., 2011) que prevê uma subida da população turística de 6,3% para 2015 e cerca de 12,6% em 2030. Os valores deste cenário A do Plano de Bacia foram os adotados porque tal cenário prevê uma queda da população residente, pelo que se admitiu que este se aproximava mais da realidade de Melides. Para a carga poluente, avaliou-se a contribuição subterrânea e a superficial, sendo a subterrânea a afeta às fossas e a superficial às ETARs. Partindo das cargas poluentes médias anuais de cada fonte e contabilizando o aumento da carga média mensal em função do aumento do n.º de habitantes-equivalentes de Verão e de Inverno, a carga poluente atual total (distinta da carga poluente média – cf. Oliveira et al., 2012 – pois considera as variações de carga de Verão e de Inverno) que entra no sistema subterrâneo é de 52 718,2 kg N/ano e 13 660,5 kg P/ano (Quadro 8), sendo a contribuição por via superficial em média de 607 kg N/ano e de 289 kg P/ano (Quadro 8). Contudo nem toda a carga de origem subterrânea atinge a Lagoa até 2027 (as de Caveira e Salvada atingem-na após 2035). Para o cálculo das cargas poluentes em 2015 e 2027/2030 em função dos cenários considerou-se:

- As cargas poluentes associadas à população residente tomaram o valor médio mensal atual, em todas as fossas e ETAR de Melides, aplicando-lhe as taxas de redução acima referidas para os horizontes de 2015 e 2027/2030 para os 8 meses do ano em que se admite que a contribuição turística seja diminuta.
- A contribuição do turismo foi alocada a todas as fossas e à ETAR de Melides, em conformidade com o aumento de habitantes-equivalente registados por CCDR Alentejo (2008) para os 4 meses do período de Verão, obtendo-se assim a contribuição atual do turismo, que foi adicionada aos valores das cargas de Inverno (população residente).
- Para os horizontes temporais de 2015 e 2027/2030 as cargas poluentes associadas ao turismo, foram calculadas para cada fossa e para a ETAR de Melides, justapondo-lhe um acréscimo que reflete o aumento do turismo em conformidade com os cenários socioeconómicos.
- A carga poluente da ETAR de Melides foi alocada exclusivamente ao meio superficial e as das fossas exclusivamente ao meio subterrâneo.

Daqui resultaram, para a poluição urbana, aumentos na carga poluente subterrânea na Lagoa de cerca de 3,5% entre 2011 em 2015, de 0,9% em 2027 e 6,3% até 2050 para os nitratos; esta variação deve-se nos dois primeiros casos ao efeito da redução da população residente e aumento da turística, sendo que se até 2015 a variação tem um reduzido impacto, para

2027 o peso da população residente torna-se mais expressivo e a subida até 2050 se deve sobretudo ao efeito das cargas poluentes de maior tempo de percurso. Para os fosfatos e porque sendo poluentes com grande apetência para serem retidos nos solos, se irá considerar ao longo deste trabalho apenas as cargas com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, a evolução é algo distinta da dos nitratos. Com efeito, prevê-se que estes registem uma redução muito pouco significativa em 2015 (-0,6%) e uma redução mais acentuada face aos valores atuais (-4,8%) para 2027, expressando assim estes valores a variação simultânea da redução da população residente e o aumento previsto da população turística. No caso das contribuições domésticas, ao invés do que se passa na agricultura, como se verificará, as contribuições de longo tempo de circulação são pouco significativas no cômputo geral. Para a carga poluente superficial (ETAR de Melides) verifica-se tanto nos nitratos como nos fosfatos, uma subida de 11,1% em 2015 versus o valor de 2011 e uma subida significativamente inferior, de 7,4%, em 2027 (mantendo-se após este período dado que se admite a manutenção da população turística e residente após 2027 e, ao invés das fossas, não existem contribuições de longo período de chegada à Lagoa); ou seja, a redução da população residente, e dado que a ETAR tem uma resposta imediata à variação da população (ao invés das fossas, cujo efeito sobre o meio hídrico é no geral mais dilatado), o aumento sazonal do turismo (+12,6% em 2030) não é suficiente para obstar à redução da população residente no que concerne às cargas da ETAR.

- **Pecuária** – de acordo com Lourenço et al. (2011) existirá uma estagnação da atividade pecuária na região, ou mesmo um leve decréscimo, pelo que se admitiu que a carga poluente se manteria similar à atualidade. A carga poluente atual de nitratos é de 3 043 kg N/km²/ano, por via subterrânea, dividida nas seguintes componentes (Quadro 8): suiniculturas (891 kg N/ano), boviniculturas (1 432 kg N/ano), oviculturas (720 kg N/ano). Para os fosfatos obteve-se uma carga total de 1 335 kg P/ano, por via subterrânea, subdividida nas seguintes componentes (Quadro 8): suiniculturas (416 kg P/ano), boviniculturas (649 kg P/ano), oviculturas (270 kg P/ano). Não se considerou a existência de cargas efluentes descarregadas no meio superficial pois Freitas et al. (2008) referem que as pecuárias da região (e que foram as incluídas no presente estudo) têm descarga no solo, dando-se a sua carga superficial como inexistente (Quadro 10). Os valores inferiores encontrados no Quadro 9

refletem o facto de que nem toda a carga total que atualmente entra no meio hídrico subterrâneo atinge a Lagoa de Melides em 2015 ou mesmo em 2027.

- **Agricultura** – de acordo com Lourenço et al. (2011), e especificamente para a zona litoral alentejana a N de Sines, em que se inclui a bacia de Melides, as modificações em área dos diferentes tipos de culturas são as apresentadas no Quadro 12. **Atualmente entram no meio subterrâneo**, no conjunto de todas as fontes poluentes agrícolas, cerca de 11 401 kg N/ano e 6 732 kg P₂O₅/ano (Quadro 8), dos quais uma grande percentagem não atinge a Lagoa antes de 2027. Com efeito, **se se considerarem as fontes poluentes agrícolas que levam menos de um ano a atingir a Lagoa** (arrozal, parcelas de sistemas culturas mistos SC1 e SC2, parcelas de hortas CT1 e CT2, e a parcela pomar+vinha), estas contribuem apenas com cargas de 4 572 kg/ano em nitratos e 3 533 kg/ano de fosfatos (Oliveira et al., 2012), dos quais chegam por via subterrânea 3 439 kg/ano de nitratos e 2 437 kg/ano de fosfatos¹. Admitindo que as alterações em área serão similares às das cargas poluentes (dado estas serem determinadas por unidade de área), e que as áreas florestais não têm carga poluente significativa, consideraram-se duas evoluções: (1) redução de área agrícola, em conformidade com as projeções de Lourenço et al. (2011), e (2) manutenção da área agrícola, pretendendo refletir os cenários B e C do Plano de Bacia. Do Quadro 9 verifica-se que o impacto diferido da contaminação com tempos de percurso mais prolongados (que atingem a Lagoa após 2015) é bastante significativa, dado que, mesmo com a redução de área agrícola, se regista um aumento das cargas poluentes que entram na Lagoa em 2027 e posteriormente, as quais são a parte restante das cargas que atualmente entraram no meio subterrâneo. Tais aumentos, comparativamente aos valores que atingem a Lagoa em menos de 1 ano, são de 16,7%, 35,9% e 54,5% para os nitratos de origem subterrânea, no caso da manutenção da área agrícola. No caso da redução da área agrícola ainda assim ocorre uma subida de 13,5% em 2015 27,6% em 2027 e de 46,5% em 2050 para os nitratos de origem subterrânea, devido às cargas poluentes entradas atualmente e que só nessas datas atingem a Lagoa. As cargas poluentes por via superficial são consideradas apenas para os arrozais, devido às descargas dos campos em Maio e final do ciclo de cultivo, as quais devolvem cerca de metade da água coletada na ribeira de Melides durante todo o período de cultivo; deste modo e

¹ O somatório das cargas poluentes agrícolas com até 1 ano de tempo de percurso até à Lagoa com as das fossas e pecuárias cujos poluentes também com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, é de 8 461 kg/ano em nitratos e 4 757 kg/ano em fosfatos (admitindo que os fosfatos com tão curtos tempos de percurso não são significativamente retidos pelo solo).

considerando os valores de água rejeitados para o meio hídrico superficial admitiu-se uma descarga correspondente a 40% do total de carga poluente associada a esta cultura. De acordo com os valores no Quadro 10 a redução eventual da área agrícola de arrozais será refletida com uma redução de carga de cerca de 3,8% para nitratos e fosfatos em 2015 e de 9,9% para nitratos e fosfatos até 2027.

- **Indústria** – na área de Melides a atividade industrial é, de acordo com o levantamento da equipa de sócio-económica deste projeto, muito reduzida e não há notícia de qualquer intervenção de fomento industrial na área da bacia de Melides (cf. igualmente NEMUS et al., 2011). Dada a ausência de atividade industrial significativa, as cargas poluentes associadas admitem-se como nulas/não quantificadas. Mantendo-se a atual situação no futuro, considerou-se que não haveria cargas poluentes significativas de origem industrial em 2015 e 2030.
- **Campos de golfe** – as projeções para o futuro não indicam a instalação de campos de golfe na bacia de Melides, pelo que se consideraram nulas quer as cargas poluentes, quer os consumos de água associados a esta atividade.

Dos Quadros 8, 9, 10 e 11 ressalta a importância das contribuições da agricultura e da pecuária e a significativa contribuição subterrânea para a poluição do meio hídrico. Com efeito o fluxo subterrâneo contribui com cerca de 26,5% do total de volume de água que alimenta a Lagoa (Oliveira et al., 2012), correspondendo estes 26,5% a 94,9% da recarga na zona arenosa da bacia de Melides. Em termos de carga poluente total atualmente gerada na bacia, o meio hídrico subterrâneo contribui com cerca de 91% da carga total e o meio superficial apenas com 9% no que se refere aos nitratos e com 86% para a componente de fosfatos de origem subterrânea e 13,5% para o fosfato de origem superficial; desta carga total atualmente entrada no meio superficial + subterrâneo, cerca de 20,7% provêm dos **arrozais**, 14,4% da **pecuária** e 13% dos **sistemas culturais mistos**.

Também se verifica que as cargas poluentes com longo tempo de percurso têm uma contribuição muito importante no período pós 2027 (cf. Quadro 8 vs. Quadro 9), sendo de destacar as fontes de origem urbana (fossas) e agrícola, no que se refere aos nitratos. Com efeito, regista-se um aumento das cargas de nitratos de origem subterrânea, tanto das fontes domésticas como das agrícolas e pecuárias entre 2011 e 2050.

Quadro 1 – Estado dos pontos de água subterrânea, fontes da poluição e respetivas condicionantes dos pontos com problemas de poluição

| Aspeto | Ponto-problema | Parâmetro-problema | Ultrapassa limiares | Origem |
|----------------------------------|----------------|--------------------|--|--|
| Qualidade das águas subterrâneas | PX | -- | -- | Ponto localizado em zona sem fontes poluentes significativas na envolvente. |
| | P17A | -- | -- | Ponto em zona de horta (parcela CT4); os parâmetros analisados sugerem reduzida influência desta; refira-se o longo tempo de percurso até os poluentes alcançarem a Lagoa. |
| | P17 | -- | -- | Suicultura (SUI2) a montante, contudo os parâmetros analisados sugerem reduzida influência desta. |
| | P18 | -- | -- | Ovicultura situada a montante mas dada a direção do fluxo, pode não influenciar o ponto de água. |
| | P15 | Fósforo | 1,18 vezes | Sito a S de sistemas culturais (parcelas SC13 e SC12), fossa (lugar de Meia Légua) e sobre pomar (parcela P12). Dada a direção de fluxo, os tempos de percurso, e a proximidade ao ponto admite-se que o fósforo seja de origem agrícola (pomar; pode haver contribuição marginal de origem urbana). |
| | FO | -- | -- | Sistema cultural misto (parcela SC9) e ETAR de Melides sitos a montante. As fontes poluentes não têm ligação hidráulica com o ponto de água, dado esta nascente descarregar o aquífero carbonatado profundo. |
| | P9 | Nitratos | 2,14 vezes | Sito a jusante do pomar (parcela P9) e sobre o pomar (parcela P8), pelo que, dada a direção de fluxo e tempos de percurso, se admite que os nitratos sejam de origem agrícola (pomar). |
| | P13 | -- | -- | Sito a montante de fossa e de horta (parcela CT2) e a alguma distância para jusante de pomar (parcela P10). |
| | P10 | Fósforo | 1,43 vezes | Junto a fossa e a jusante com alguma distância dos pomares P10 e P8. Dadas a direção de fluxo e tempos de percurso, admite-se que os fosfatos sejam essencialmente de origem urbana (sistema da Sancha) com uma componente menor de P8 e P9. |
| | P23 | Fósforo | 1,32 vezes | Sito a jusante de dois pomares (parcelas P7 e P18), a alguma distância a jusante do sistema cultural (parcela SC6) e a montante imediato do pomar (parcela P6) e junto à povoação de Vale da Vinha. Assim, dada a direção de fluxo e os tempos de percurso, admite-se que o fósforo seja de origem agrícola (pomares) e urbana (Vale da Vinha). |
| | P5 | Nitratos | 1,29 vezes | Sito a jusante de pomar (parcela P6) e na proximidade imediata de bovinicultura (Bov1) e zona urbana da Aderneira. Assim admite-se que os nitratos sejam de origem pecuária + urbana (sistema da Aderneira) + agrícola (pomar) e o fósforo (concentração moderada na água) seja de origem similar. |
| | P3 | Nitratos | 2,02 vezes | Sito a jusante de pomares (parcelas P4, P5 e P7). Dada a distribuição das fontes poluentes e a direção de fluxo não há indicação clara de qual poderá ser a origem da contaminação. Admitindo que este furo (de profundidade = 55 m) capta em zona mais profunda do aquífero superficial, a poluição poderá provir de áreas externas à bacia de Melides (ex. área de agricultura intensiva da Figura 4). Assim é desconhecida a origem dos nitratos embora se admita poder ser agrícola . |
| | P22 | -- | -- | Sito sobre sistema cultural (parcela SC4). |
| | P4 | -- | -- | Sito no bordo montante de sistema cultural (parcela SC3) e a jusante de pomar (parcela P2) e vinha (parcela V1B); dada a distância e direção de fluxo, a influência do sistema cultural misto e do pomar poderá ter algum impacto admitindo-se reduzida a da vinha. Poderá haver alguma contribuição lateral de origem urbana (fossas de Moinho do Vento e Valença). |
| P21 | -- | -- | Sito em área sem fontes poluentes a montante; poderá ter influência marginal dum conjunto de vinhas (parcelas V1A e V1C), pomares (parcelas P3 e P4) e da zona de fossas de Vale Travesso. | |

*relativamente a médias de nitratos, em conformidade com os dados das campanhas de análises químicas

Quadro 2 – Estado dos pontos de água superficiais, fontes da poluição e respetivas condicionantes dos pontos com problemas de poluição

| Aspeto | Ponto-problema | Parâmetro-problema | Ultrapassa limiares* | Origem |
|----------------------------------|----------------|--------------------|---|---|
| Qualidade das águas superficiais | MSup_1 | -- | -- | Ponto localizado em zona sem fontes poluentes significativas na envolvente. A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) . |
| | MSup_8 | -- | -- | Ponto localizado na proximidade relativa a uma estrada e a montante de uma ovicultura; a presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola e à eventual influência da estrada . |
| | MSup_6 | CBO ₅ | 1,21 vezes (1) | Ponto localizado na vizinhança do ponto MSup8 e a jusante de Canas de Baixo, que não parece constituir fonte significativa de poluição. Contudo a carência bioquímica de oxigénio poderá dever-se a eventual influência doméstica . A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) . |
| | MSup_9 | -- | -- | Ponto localizado na vizinhança do ponto MSup8, a jusante de MSup6, em área sem fontes poluentes significativas na envolvente. A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) e à eventual influência da estrada . |
| | MSup_5 | -- | -- | Ponto localizado em zona sem fontes poluentes significativas na envolvente, estando uma ovicultura sita a considerável distância a montante. A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) . |
| | MSup_11 | -- | -- | Ponto localizado a montante da ETAR de Melides e junto a caminho rural. A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade e tráfego de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) ou eventualmente aos sólidos suspensos das descargas da ETAR (cf. Vleet e Quinn, 1977) |
| | MSup_19 | Cloretos | 13,48 vezes | O teor de cloretos dever-se-á às águas salobras da Lagoa e influência marinha , tanto mais que o ponto se localiza na envolvente da sua embocadura. A carência bioquímica de oxigénio poderá dever-se a processos de eutrofização, por efeito da chegada de nutrientes à Lagoa. A presença de hidrocarbonetos, a mais elevada em todas as águas superficiais, resultará da acumulação das cargas provenientes de montante e eventualmente de alguma atividade no interior da Lagoa. |
| | | CBO ₅ | 1,18 vezes (1) | |
| | MSup_17 | -- | -- | Ponto localizado a jusante da ETAR de Melides, Fonte dos Olhos e de estrada nacional, na área montante dos arrozais, e a jusante de sistemas culturais mistos (parcelas SC8 e SC9) pomar (parcela P11) e pomar+vinha (parcela PV11) pelo que se admite serem os nitratos, fósforo e fosfatos de origem essencialmente agrícola (sobretudo contribuição dos arrozais e secundariamente de SC8), até porque o ponto MSup13, sito a montante, não regista a presença de nitratos. A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) e possível influência da estrada . |
| | MSup_13 | Fósforo | 6,84 vezes | Ponto localizado a jusante da ETAR de Melides e zona de hortas (parcela SC9). A ausência de nitratos leva a admitir que o fósforo terá origem agrícola . A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) . |
| MSup_18 | -- | -- | Ponto localizado em zona de arrozais, a jusante de bovinicultura (BOV1), fonte urbana (Sancha) e na área de jusante da área de influência de pomares (P7, P23, P6, P5). Deste modo admite-se que os nitratos possam ser prioritariamente de origem pecuária e agrícola (sobretudo arrozais), com uma eventual contribuição urbana ; o fósforo e fosfatos terão origens similares. A presença de hidrocarbonetos pode dever-se à atividade de maquinaria agrícola (Leitão et al., 2012) . | |

1) Em conformidade com o DL n.º 236/98, Anexo XXI.

Quadro 3 – Fontes de poluição com contribuição mais provável para a poluição dos pontos de amostragem das águas subterrâneas

| Ponto de amostragem | Fontes poluentes na envolvente | Carga das fontes poluentes | Tempo percurso até à Lagoa | Fontes de contaminação do ponto de amostragem |
|---------------------|----------------------------------|---|----------------------------|---|
| PX | Sem fontes poluentes | -- | -- | Pouco provável |
| P17A | Área da horta CT4 | 802 kg N/ano; 361 kg P ₂ O ₅ /ano | 134 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte; CT4 contribui com 10% da sua carga total para este ponto |
| P17 | Jusante de horta CT4 | 802 kg N/ano; 361 kg P ₂ O ₅ /ano | 134 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte; CT4 contribui com 8% da sua carga total |
| | Jusante de suinicultura SUI2 | 216 kg N/ano; 101 kg P ₂ O ₅ /ano | 22 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte; SUI2 contribui com 20% da sua carga total |
| | Jusante do sistema cultural SC11 | 178 kg N/ano; 80 kg P ₂ O ₅ /ano | 100 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte pela sua localização e direção de fluxo; SC11 contribui com 20% da sua carga total |
| P18 | Jusante de ovinicultura OVI | 720 kg N/ano; 270 kg P ₂ O ₅ /ano | 1 ano | Não identificada poluição por esta fonte, apesar da sua proximidade relativa, devido à direção de fluxo |
| | Jusante do sistema cultural SC11 | 178 kg N/ano; 80 kg P ₂ O ₅ /ano | 100 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte; SC11 contribui com 13% da sua carga total |
| | Jusante de horta CT4 | 802 kg N/ano; 361 kg P ₂ O ₅ /ano | 134 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte; CT4 contribui com 35% da sua carga total |
| | Jusante de pomar P15 | 86 kg N/ano; 39 kg P ₂ O ₅ /ano | 218 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte; P15 contribui com 10% da sua carga total |
| P15 | Jusante do sistema cultural SC12 | 280 kg N/ano; 125 kg P ₂ O ₅ /ano | 79 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante do sistema cultural SC13 | 97 kg N/ano; 43 kg P ₂ O ₅ /ano | 71 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante de fossa Caveira | 87,6 kg N/ano; 5 kg P ₂ O ₅ /ano | 36 a 63 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante do pomar P12 | 197 kg N/ano; 88 kg P ₂ O ₅ /ano | 37 anos | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; P12 contribui com 17% da sua carga total |
| | Jusante da horta CT4 | 802 kg N/ano; 361 kg P ₂ O ₅ /ano | 134 anos | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; CT4 contribui com 3% da sua carga total |
| FO | Jusante de Melides | -- | -- | Pouco provável dado este ponto drenar o aquífero profundo carbonatado, o qual não tem ligação hidráulica direta com as fontes poluentes superficiais |
| | Jusante de ETAR de Melides | 607 kg N/ano; 289 kg P ₂ O ₅ /ano | ½ ano ou inferior | |
| | Jusante de sistema cultural SC9 | 81 kg N/ano; 36 kg P ₂ O ₅ /ano | < 1 ano | |
| | Junto à estrada nacional 261-2 | -- | -- | |
| P9 | Jusante do pomar P9 | 142 kg N/ano; 64 kg P ₂ O ₅ /ano | 77 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Na área do pomar P8 | 150 kg N/ano; 67 kg P ₂ O ₅ /ano | 22 anos | Efetiva poluição por esta fonte; P8 contribui com 7% da sua carga total |
| P13 | Jusante do pomar P10 | 442 kg N/ano; 199 kg P ₂ O ₅ /ano | 10 anos | Não identificada poluição por estas fontes, devido à direção de fluxo e localização das fontes poluentes; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante do pomar P11 | 83 kg N/ano; 38 kg P ₂ O ₅ /ano | 7 anos | |
| | Bordo montante de horta CT2 | 265 kg N/ano; 119 kg P ₂ O ₅ /ano | 1 ano | |

| Ponto de amostragem | Fontes poluentes na envolvente | Carga das fontes poluentes | Tempo percurso até à Lagoa | Fontes de contaminação do ponto de amostragem |
|--|---|---|--|---|
| P10 | Jusante de fossa Sancha | 35,0 kg N/ano; 9 kg P ₂ O ₅ /ano | 4 a 6 anos | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; P10 contribui com 27% da sua carga total |
| | Jusante do pomar P8 | 150 kg N/ano; 67 kg P ₂ O ₅ /ano | 22 anos | Efetiva poluição por esta fonte; P8 contribui com 7% da sua carga total |
| | Jusante do pomar P9 | 142 kg N/ano; 64 kg P ₂ O ₅ /ano | 77 anos | Não identificada poluição por estas fontes, devido à direção de fluxo e localização das fontes poluentes; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante do pomar P18 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 11 anos | |
| | Jusante do sistema cultural SC6 | 118 kg N/ano; 43 kg P ₂ O ₅ /ano | 88 anos | |
| Bordo do arrozal sector B | 1 768 kg N/ano; 1 711 kg P ₂ O ₅ /ano | 1,25 anos | Provável por difusão da poluição | |
| P23 | Jusante do pomar P7 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 13 anos | Efetiva poluição por esta fonte; P7 contribui com 5% da sua carga total |
| | Jusante do pomar P18 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 11 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo e localização das fontes poluentes; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Junto à povoação de Vale da Guia | Não contabilizada | Não contabilizado | Muito provável mas carga poluente desconhecida |
| | Jusante do sistema cultural SC6 | 118 kg N/ano; 53 kg P ₂ O ₅ /ano | 88 anos | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; SC6 contribui com 15% da sua carga total |
| P5 | Vizinhaça à vinha V2 | 50 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 9 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo e localização da fonte poluente; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Proximidade imediata bovinicultura BOV1 | 677 kg N/ano; 307 kg P ₂ O ₅ /ano | ≈ 37 dias | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; BOV1 contribui com 20% da sua carga total |
| | Jusante do pomar P6 | 116 kg N/ano; 52 kg P ₂ O ₅ /ano | 8 anos | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; P6 contribui com 20% da sua carga total |
| | Jusante do pomar P7 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 13 anos | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; P7 contribui com 35% da sua carga total |
| | Jusante do pomar P18 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 11 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante da vinha V2 | 50 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 9 anos | |
| | Jusante do sistema cultural SC6 | 118 kg N/ano; 53 kg P ₂ O ₅ /ano | 88 anos | Efetiva poluição por esta fonte; SC6 contribui com 10% da sua carga total |
| Proximidade imediata à fossa Aderneira | 24,5 kg N/ano; 6 kg P ₂ O ₅ /ano | < 1 até 2 anos | Efetiva e significativa poluição por esta fonte; Aderneira contribui com 40% da sua carga total | |
| P3 | Bordo do arrozal sector B | 1 768 kg N/ano; 1 711 kg P ₂ O ₅ /ano | 1,25 anos | Provável por difusão da poluição |
| | Jusante da horta CT1 | 1 415 kg N/ano; 637 kg P ₂ O ₅ /ano | 209 anos | Não identificada poluição por estas fontes dada a sua localização, prováveis direções de fluxo e o facto de que este ponto de água capta níveis não superficiais; a poluição deverá provir de fora da área de estudo |
| | Jusante do pomar P7 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 13 anos | |
| | Jusante do pomar P4 | 47 kg N/ano; 21 kg P ₂ O ₅ /ano | 105 anos | |
| Jusante do pomar P5 | 90 kg N/ano; 41 kg P ₂ O ₅ /ano | 73 anos | | |

| Ponto de amostragem | Fontes poluentes na envolvente | Carga das fontes poluentes | Tempo percurso até à Lagoa | Fontes de contaminação do ponto de amostragem |
|---------------------|--------------------------------------|---|----------------------------|--|
| P22 | Jusante do sistema cultural SC4 | 434 kg N/ano; 194 kg P ₂ O ₅ /ano | 2 anos | Algo atenuada poluição por esta fonte devido à direção de fluxo; SC4 contribui com 6% da sua carga total |
| | Jusante do sistema cultural SC5 | 130 kg N/ano; 58 kg P ₂ O ₅ /ano | 2 anos | Não identificada poluição por esta fonte, devido à direção de fluxo e localização da fonte poluente; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Bordo do arrozal sector B | 1 768 kg N/ano; 1 711 kg P ₂ O ₅ /ano | 1,25 anos | Provável mas pouco significativa por difusão da poluição |
| P21 | Jusante de vinha V1C | 162 kg N/ano; 127 kg P ₂ O ₅ /ano | 66 anos | Não identificada poluição por estas fontes, devido à direção de fluxo e localização das fontes poluentes; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante de vinha V1B | 180 kg N/ano; 108 kg P ₂ O ₅ /ano | 26 anos | |
| | Jusante de vinha V1A | 190 kg N/ano; 121 kg P ₂ O ₅ /ano | 22 anos | |
| | Jusante do sistema cultural SC2 | 74 kg N/ano; 33 kg P ₂ O ₅ /ano | 26 anos | |
| | Bordo do arrozal sector A | 934 kg N/ano; 904 P ₂ O ₅ /ano | 1,83 anos | |
| | Jusante de fossa Vale Travesso | 46,7 kg N/ano; 12 kg P ₂ O ₅ /ano | 25 a 39 anos | |
| P21 | Jusante de fossa Azenha da Lagoa | 18,7 kg N/ano; 5 P ₂ O ₅ /ano | 2 a 8 anos | Efetiva mas algo atenuada poluição por esta fonte; Azenha da Lagoa contribui com 30% da sua carga total |
| P4 | Jusante da horta CT1 | 1 415 kg N/ano; 637 kg P ₂ O ₅ /ano | 209 anos | Não identificada poluição por estas fontes, devido à direção de fluxo e localização das fontes poluentes; a poluição segue diretamente para ribeira |
| | Jusante do pomar P4 | 47 kg N/ano; 21 kg P ₂ O ₅ /ano | 105 anos | |
| | Jusante do pomar P5 | 90 kg N/ano; 41 kg P ₂ O ₅ /ano | 73 anos | |
| | Jusante do pomar P3 | 161 kg N/ano; 73 kg P ₂ O ₅ /ano | 77 anos | |
| | Jusante de vinha V1C | 162 kg N/ano; 127 kg P ₂ O ₅ /ano | 66 anos | |
| | Jusante de vinha V1B | 180 kg N/ano; 108 kg P ₂ O ₅ /ano | 26 anos | |
| | Jusante de vinha V1A | 190 kg N/ano; 121 kg P ₂ O ₅ /ano | 22 anos | |
| | Jusante do pomar P2 | 41 kg N/ano; 19 kg P ₂ O ₅ /ano | 6 anos | |
| | Na zona do sistema cultural SC3 | 276 kg N/ano; 123 kg P ₂ O ₅ /ano | < 1 ano | |
| | Jusante de fossa Vale Travesso | 45,7 kg N/ano; 12 kg P ₂ O ₅ /ano | 25 a 39 anos | |
| | Proximidade à fossa de Moinho do Vau | 64,2 N/ano; 16 P ₂ O ₅ /ano | 2 anos | |

Quadro 4 – Fontes de poluição com contribuição mais provável para a poluição dos pontos de amostragem das águas superficiais

| Ponto de amostragem | Fontes poluentes na envolvente | Carga das fontes poluentes | Tempo percurso até à Lagoa | Probabilidade de contaminação do ponto de amostragem |
|----------------------------------|---|---|----------------------------|--|
| MSup_1 | Sem fontes poluentes | -- | -- | Pouco provável |
| MSup_2 | Vizinhança da EN 262_2 | -- | -- | Moderada possibilidade de poluição pela estrada |
| MSup_3 | Ovicultura (< 1 km distância) | 720 kg N/ano; 270 kg P ₂ O ₅ /ano | -- | Provável fonte poluente |
| MSup_4; MSup_5 | Ovicultura (< 1 km distância) | 720 kg N/ano; 270 kg P ₂ O ₅ /ano | -- | Provável fonte poluente |
| MSup_6; MSup_7 MSup_8; MSup_9 | Bordadura da EN 262_2 | -- | -- | Muito provável poluição pela estrada |
| | Jusante de linha de água próxima de Suinicultura SUI2 | 216 kg N/ano; 101 kg P ₂ O ₅ /ano | 4 anos | Efetiva fonte poluente mas reduzido impacto em MSup_7, MSup_8 e MSup_9; não influenciará MSup_6 por este ponto de amostragem estar a montante |
| | Jusante de Canas de Baixo * | -- | -- | Provável em MSup_6; a sua influência será menor no MSup_9 |

| Ponto de amostragem | Fontes poluentes na envolvente | Carga das fontes poluentes | Tempo percurso até à Lagoa | Probabilidade de contaminação do ponto de amostragem | |
|-------------------------|--|---|---|---|--|
| MSup_10 | Sem fontes poluentes | -- | -- | Pouco provável | |
| MSup_11 | Montante de ETAR de Melides | 607 kg N/ano; 289 kg P ₂ O ₅ /ano | ½ ano ou inferior | Pouco provável poluição por esta fonte | |
| | Junto a estrada rural | -- | -- | Provável poluição pela estrada | |
| MSup_12 | Jusante da vila de Melides | -- | -- | Provável poluição de hidrocarbonetos pela povoação | |
| | Área do sistema cultural SC9 | 81 N/ano; 36 kg P ₂ O ₅ /ano | <1 ano | Provável poluição por esta fonte | |
| MSup_13 | Jusante da vila de Melides | -- | -- | Provável poluição de hidrocarbonetos pela povoação | |
| | Jusante da ETAR de Melides | 6074 kg N/ano; 289 kg P ₂ O ₅ /ano | ½ ano ou inferior | Efetiva poluição por esta fonte | |
| | Área do sistema cultural SC9 | 81 N/ano; 36 kg P ₂ O ₅ /ano | <1 ano | Efetiva poluição por esta fonte | |
| MSup_14 | Jusante da vila de Melides | -- | -- | Provável poluição de hidrocarbonetos pela povoação | |
| | Jusante da ETAR de Melides | 607 kg N/ano; 289 kg P ₂ O ₅ /ano | ½ ano ou inferior | Efetiva poluição por esta fonte | |
| | Área do sistema cultural SC9 | 81 N/ano; 36 kg P ₂ O ₅ /ano | <1 ano | Efetiva poluição por esta fonte | |
| MSup_15 MSup_16 | Bordadura da EN 201 | -- | -- | Muito provável poluição pela estrada | |
| | Jusante da ETAR de Melides | 607 kg N/ano; 289 kg P ₂ O ₅ /ano | ½ ano ou inferior | Efetiva poluição por esta fonte mas com efeitos de diluição pela Fonte dos Olhos | |
| | Jusante de Fonte dos Olhos | -- | -- | Muito provável efeito de diluição da poluição | |
| Msup_17 | Área de arrozais sector C | 130 kg N/ano; 126 kg P ₂ O ₅ /ano | ≈ 55 dias | Efetiva poluição por esta fonte | |
| | Jusante de sistema cultural SC8 | 111 kg N/ano; 50 kg P ₂ O ₅ /ano | 16 anos | Efetiva poluição por esta fonte; o efeito da poluição é retardado devido ao tempo de percurso | |
| | Jusante da ETAR de Melides | 607 kg N/ano; 289 kg P ₂ O ₅ /ano | ½ ano ou inferior | Efetiva poluição por esta fonte mas com efeitos de diluição pela Fonte dos Olhos | |
| M_sup_18 | Área de arrozais sector B | 1 768 kg N/ano; 1 711 kg P ₂ O ₅ /ano | 1,25 anos | Efetiva e muito importante carga de poluição por esta fonte | |
| | Jusante bovinicultura BOV1 | 677 kg N/ano; 307 kg P ₂ O ₅ /ano | ≈ 37 dias | Efetiva poluição por esta fonte | |
| | Jusante pomares | P6 | 116 kg N/ano; 52 kg P ₂ O ₅ /ano | 8 | Efetiva poluição por esta fonte |
| | | P7 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 13 | Efetiva poluição por esta fonte |
| | | P18 | 75 kg N/ano; 34 kg P ₂ O ₅ /ano | 11 | Efetiva poluição por esta fonte |
| | Jusante vinha V2 | 50 kg N/ano; 35 kg P ₂ O ₅ /ano | 9 anos | Efetiva poluição por esta fonte | |
| | Jusante sistema cultural SC6 | 118 kg N/ano; 53 kg P ₂ O ₅ /ano | 88 anos | Provável poluição por esta fonte; o efeito da poluição é muito retardado devido ao tempo de percurso | |
| Jusante fossa Aderneira | 24,5 kg N/ano; 6 kg P ₂ O ₅ /ano | 0,8 a 2 anos | Efetiva poluição por esta fonte | | |
| Msup_19 | Jusante arrozais | A | 934 kg N/ano; 904 P ₂ O ₅ /ano | 1,83 anos | Efetiva e muito importante carga de poluição por esta fonte |
| | | B | 1 768 kg N/ano; 1 711 kg P ₂ O ₅ /ano | 1,25 anos | |
| | | C | 130 kg N/ano; 126 kg P ₂ O ₅ /ano | ≈ 55 dias | |
| | Jusante pomar P1 | 92 kg N/ano; 41 P ₂ O ₅ /ano | 1 ano | Efetiva poluição por esta fonte | |
| | Jusante fossa Azenha da Lagoa | 18,7 kg N/ano; 5 kg P ₂ O ₅ /ano | 2 a 8 anos | Efetiva poluição por esta fonte | |
| Zona terminal da Lagoa | -- | -- | -- | Efetiva poluição pela proximidade à Lagoa (responsável pelo carácter salobro das águas) | |

*exceto para MSup_7 e MSUp_8

Quadro 5 – Condições atuais e eventuais problemas futuros das águas subterrâneas para os cenários adotados de evolução sócio-económica, sem medidas de atuação implementadas

| Ponto | Tipo de ponto de água | Concentração (mg/l) | | Situação atual | Problemas futuros se não houver intervenção (a) |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------|---|---|
| | | Nitratos | Fósforo | | |
| PX (nos xistos) | Poço | < 2,0 | 0,036 | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados |
| P3 | Furo (1) | 101,00 | < 0,010 | Ultrapassa os limiars nos nitratos | Ultrapassa os limiars nos nitratos |
| P4 | Poço | 39,2 | 0,045 | Aproxima-se dos limiars nos nitratos | Aproxima-se dos limiars nos nitratos |
| P5 | Poço | 64,5 | 0,279 | Ultrapassa os limiars nos nitratos; fósforo aproxima-se dos limiars | Ultrapassa os limiars nos nitratos, agrava no fósforo |
| P9 | Poço | 107,00 | < LQ | Ultrapassa os limiars nos nitratos | Ultrapassa os limiars nos nitratos |
| P17A | Poço | < 2,0 | < LQ | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados |
| P17 | Poço | 2,52 | < LQ | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados |
| P18 | Poço | < 2,0 | < LQ | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados |
| FO | Nascente | 11,70 | 0,046 | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados (3) |
| P10 | Poço | 28,8 | 0,716 | Ultrapassa os limiars no fósforo | Ultrapassa os limiars no fósforo, agrava nos nitratos (2) |
| P13 | Poço | < 2,0 | 0,162 | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados |
| P15 | Poço | < 2,0 | 0,590 | Ultrapassa os limiars no fósforo | Ultrapassa os limiars no fósforo (2) |
| P21 | Poço | < 2,0 | 0,010 | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados (4) |
| P22 | Poço | < 2,0 | 0,020 | Limiars não ultrapassados | Admissivelmente limiars não ultrapassados (4) |
| P23 | Poço | 7,42 | 0,662 | Ultrapassa os limiars no fósforo | Ultrapassa os limiars no fósforo, agrava nos nitratos |

(a) Com base nos dados das campanhas de análises químicas, localização das fontes poluentes e cenários socioeconómicos. (1) Tem 55 m de profundidade, ou seja capta em zonas intermédias a profundas do aquífero superficial, dado este (de acordo com o modelo matemático) ter nesse local uma profundidade entre os 78 e os 83 m. (2) Devido ao expectável aumento do turismo é de admitir que pelo menos sazonalmente estes pontos tenham valores de nitratos e fosfatos em concentrações significativas. (3) Descarrega o aquífero carbonatado profundo, que se admite sofrerá pouca influência da poluição no aquífero detrítico superficial. (4) Poderá haver degradação, difícil de contabilizar, devido ao aumento do turismo.

Quadro 6 – Condições atuais e eventuais problemas futuros das águas superficiais para os cenários adotados de evolução sócio-económica, sem medidas de atuação implementadas

| Ponto | Concentração (mg/l) | | | Situação atual | Problemas futuros se não houver intervenção (a) |
|---------|---------------------|---------|----------|--|--|
| | Nitratos | Fósforo | Fosfatos | | |
| MSup_1 | < LQ | < LQ | < LQ | Limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes | Admissivelmente limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes |
| MSup_5 | < LQ | < LQ | < LQ | Limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes | Admissivelmente limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes |
| MSup_6 | < LQ | < LQ | < LQ | Limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes | Em dúvida; com possibilidade de ultrapassar limiares quanto aos nutrientes (1, 2) |
| MSup_8 | < LQ | 0,010 | < LQ | Em dúvida (1) | Em dúvida; degradação quanto aos nutrientes, mais acentuada sazonalmente (1, 2) |
| MSup_9 | < LQ | < LQ | < LQ | Limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes | Em dúvida; com possibilidade de ultrapassar limiares quanto aos nutrientes (1, 2) |
| MSup_11 | < LQ | < LQ | < LQ | Limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes | Admissivelmente limiares não ultrapassados quanto aos nutrientes (2) |
| MSup_13 | < LQ | 0,479 | 0,047 | Ultrapassa limiares no fósforo (4) | Agravamento das condições de qualidade quanto ao fósforo (4, 2) |
| Msup_17 | 7,39 | 0,040 | 0,141 | Em dúvida (1) | Em dúvida; degradação quanto aos nutrientes, mais acentuada sazonalmente (1, 2) |
| MSup_18 | 7,6 | 0,044 | 0,130 | Em dúvida (1) | Em dúvida (1); admissível leve melhoria devido a redução da agricultura; eventual degradação sazonal devido ao turismo |
| Msup_19 | < LQ | 0,017 | < LQ | Salobra quanto aos cloretos (3) | Admissivelmente ultrapassará os limiares quanto aos nutrientes (2); Salobra quanto aos cloretos (3) |

(a) Com base nos dados das campanhas de análises químicas, localização das fontes poluentes e cenários socioeconómicos. (1) De acordo com InterSIG (2010, in Salvador e Monteiro, 2010) e, para o caso dos fosfatos, considerando que atualmente não existem limites definidos para os rios e Lagoas da zona sul no que respeita a este parâmetro, segundo INAG (2009). (2) Se se admitir expansão do turismo para este local, podendo as más condições de qualidade serem sazonais. (3) Em conformidade com o DL n.º 236/98, Anexo XXI. (4) Em conformidade com INAG (2009).

Quadro 7 – Caracterização da qualidade biológica das águas subterrâneas

| Ponto | Tipo | Concentração de clorofila | Situação atual |
|---------|---------|---------------------------|---------------------|
| MSup_4 | Remanso | 6,44 | Mesotrófico |
| MSup_5 | Riffle | 4,73 | Mesotrófico |
| | Remanso | 3,75 | Mesotrófico |
| MSup_6 | Riffle | 1,58 | Oligotrófico |
| | Remanso | 4,00 | Mesotrófico |
| MSup_7 | Riffle | 0,87 | Oligotrófico |
| | Remanso | 2,03 | Oligotrófico |
| MSup_9 | Riffle | 2,40 | Oligotrófico |
| | Remanso | 1,58 | Oligotrófico |
| MSup_11 | Riffle | 0,54 | Oligotrófico |
| | Remanso | 1,77 | Oligotrófico |

Fonte: adaptado de Leitão et al. (2012)

Quadro 8 – Cargas poluentes (kg/ano) que são atualmente produzidas na bacia hidrográfica de Melides

| Meio hídrico | Urbano | | Agricultura (5) | | Pecuária (1) | | Indústria | | Outros | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------|----------|--------------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos |
| Superficial (2) | 607,0 (4) | 289,4 (4) | 1 132,8 | 1 096,4 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Subterrâneo (3) | 3 084,0 | 800,0 | 10 268,2 | 5 635,6 | 3 043,0 | 1 335,0 | -- | -- | -- | -- |
| Total | 3 691,0 | 1 089,4 | 11 401,0 | 6 732,0 | 3 043,0 | 1 335,0 | -- | -- | -- | -- |

(1) Considerando o total conjunto de boviniculturas, oviniculturas e suiniculturas; (2) considerou-se apenas a contribuição das ETARs, admitindo-se simplificada que todas as outras fontes descarregam para o solo; (3) consideraram-se todas as fontes poluentes, com exceção das ETARs, mesmo as que demorem mais de 30 anos a alcançar a Lagoa de Melides (a azul encontram-se os totais anuais calculados conforme o referido no texto da pg. 15); (4) calculado admitindo apenas a ETAR como contribuinte superficial, tendo os valores sido calculados a partir dos dados de Freitas et al. (2008) havendo a referir segundo estes autores que ocorrem picos de descarga fosfatos de até 200 mg/l e no caso do azoto total os valores estão quase sempre acima dos VMR; (5) admitiu-se que apenas os arrozais contribuem com carga poluente direta para as linhas de água, numa proporção de cerca de 40%, que pretende refletir a descarga das águas dos arrozais para o meio hídrico superficial no final da colheita.

Quadro 9 – Cargas poluentes expectáveis (kg/ano), em conformidade com as projeções dos cenários adotados de evolução sócio-económica, que atingirão a Lagoa de Melides em 2015 e 2030 a partir do meio subterrâneo

| Anos | Urbano | | Agricultura | | | | Pecuária (1) | | Indústria | | Outros | |
|------------|----------|----------|----------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | Nitratos | Fosfatos | S/redução área | | C/redução área | | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos |
| | | | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | | | | | | |
| Atualmente | 2 492,0 | 647,0 | 4 572,0 | 3 533,0 | 4 572,0 | 3 533,0 | 1 397,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |
| 2015 | 2 579,1 | 643,2 | 5 333,0 | 3 533,0 | 5 189,8 | 3 412,2 | 2 072,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |
| 2027 | 2 513,8 | 616,6 | 6 215,0 | 3 533,0 | 5 833,0 | 3 218,5 | 2 827,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |
| Até 2050 | 2 648,8 | 616,6 | 7 061,0 | 3 533,0 | 6 699,6 | 3 218,5 | 3 043,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |

(1) Considerando o total conjunto de boviniculturas, oviniculturas e suiniculturas. Nas cargas urbanas indicam-se a azul os totais anuais calculados conforme o referido no texto da pg. 15.

Quadro 10 – Cargas poluentes expectáveis (kg/ano), em conformidade com as projeções dos cenários adotados de evolução sócio-económica, em 2015 e 2030, que atingirão a Lagoa de Melides a partir do meio superficial (ETARs e 40% das cargas de arrozais)

| Anos | Urbano | | Agricultura | | | | Pecuária | | Indústria | | Outros | |
|------------|--------------|--------------|----------------|----------|----------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | Nitratos (1) | Fosfatos (1) | S/redução área | | C/redução área | | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos |
| | | | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | | | | | | |
| Atualmente | 607,0 (4) | 289,4 (4) | 1 132,8 | 1 096,4 | 1 132,8 | 1 096,4 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Até 2015 | 674,4 | 321,5 | 1 132,8 | 1 096,4 | 1 089,4 | 1 054,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Até 2027 | 652,0 | 310,8 | 1 132,8 | 1 096,4 | 1 021,0 | 988,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Até 2050 | 652,0 | 310,8 | 1 132,8 | 1 096,4 | 1 021,0 | 988,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

(1) Considerou-se que apenas a ETAR contribui para a poluição do meio superficial por via das descargas na ribeira.

Quadro 11 – Cargas poluentes expectáveis (kg/ano), em conformidade com as projeções dos cenários adotados de evolução sócio-económica, em 2015 e 2030, que atingirão a Lagoa de Melides a partir do meio superficial + subterrâneas

| Anos | Urbano | | Agricultura | | | | Pecuária | | Indústria | | Outros | |
|------------|----------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | Nitratos | Fosfatos | S/redução área | | C/redução área | | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos |
| | | | Nitratos | Fosfatos | Nitratos | Fosfatos | | | | | | |
| Atualmente | 3 099,0 | 936,4 | 5 704,8 | 4 629,4 | 5 704,8 | 4 629,4 | 1 397,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |
| Até 2015 | 3 253,5 | 964,6 | 6 465,8 | 4 629,4 | 6 279,2 | 4 466,7 | 2 072,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |
| Até 2027 | 3 165,8 | 927,0 | 7 347,8 | 4 629,4 | 6 854,0 | 4 206,7 | 2 827,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |
| Até 2050 | 3 300,8 | 927,0 | 8 193,8 | 4 629,4 | 7 720,6 | 4 206,7 | 3 043,0 | 577,0 | -- | -- | -- | -- |

Quadro 12 – Variação das áreas dos diferentes tipos de ocupação agrícola e urbana em toda a faixa litoral alentejana a norte de Sines

| Tipo de ocupação do solo | Área (hectares) | | | Taxas de variação relativas a 2006 (%) | |
|---|-----------------|-----------|-----------|--|--------|
| | 2006 | 2015 | 2030 | 2015 | 2030 |
| Tecido urbano | 906 | 9 79,00 | 1 082,47 | 8,06% | 19,48% |
| Indústria, comércio e transportes | 1 623 | 1 733,75 | 1 923,01 | 6,82% | 18,48% |
| Espaços verdes urbanos, desportivos, lazer e zonas históricas | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00% | 0,00% |
| Culturas temporárias (<i>sequeiro, arrozais</i>) | 10 554 | 10 150,00 | 9 512,04 | -3,83% | -9,87% |
| Culturas permanentes (<i>pomar, olival, vinha</i>) | 390 | 382,75 | 358,34 | -1,86% | -8,12% |
| Pastagens permanentes | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00% | 0,00% |
| Áreas agrícolas heterogéneas (<i>sistemas culturais mistos, hortas</i>) | 8 595 | 8 514,00 | 8 427,00 | -0,94% | -1,95% |
| Florestas | 27 664 | 27 692,00 | 27 187,82 | 0,10% | -1,72% |
| Florestas abertas, vegetação arbustiva e herbácea | 6 782 | 7 114,75 | 8 147,99 | 4,91% | 20,14% |
| Zonas descobertas e com pouca vegetação | 1 555 | 1 555,00 | 1 555,00 | 0,00% | 0,00% |

Fonte: adaptado de Lourenço et al. (2011)

Esta subida é, até 2050, da ordem de 6,5% no caso da poluição subterrânea doméstica (e que não resulta só do aumento sazonal da população turística, sendo que a população residente tende a diminuir mas das cargas com tempo alargado de percurso), 46,5% na poluição agrícola já considerando a redução da área agrícola, e quase triplicando para a pecuária, sendo interessante notar que este aumento das cargas pecuárias não se deve a qualquer aumento do n.º de efetivos pecuários (que se admite manter-se-ão aos níveis atuais ou terão leve redução) mas simplesmente à acumulação das cargas poluentes por efeito dos longos tempos de percurso. Isto sublinha portanto a importância das fontes poluentes com grande tempo de percurso, pelo que quaisquer medidas terão de ter em consideração este aspeto e atuar não apenas de imediato sobre as fontes que atingem rapidamente a Lagoa mas também sobre estes outros locais associados a tempos mais dilatados de trânsito dos poluentes.

No cômputo global das cargas poluentes que vão atingindo a Lagoa ao longo do tempo regista-se para os nitratos² uma subida progressiva, que tomando como valor de partida a situação de referência de 2011 e os cenários de redução de área agrícola regista a seguinte evolução de subida: 13,8% para 2015, de 25,9% em 2027 e 37,9% em 2050 (para os cenários de manutenção das áreas agrícolas estas subidas são respetivamente de 15,6%, 30,8% e 42,5%).

Nos fosfatos consideraram-se apenas como passíveis de exercer impacto sobre a Lagoa as cargas poluentes com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano; esta opção deveu-se ao facto de que estes poluentes demonstram uma grande apetência para serem retidos pelos solos, tendo-se assim admitido que quaisquer cargas com tempos de percurso superiores a 1 ano têm uma forte probabilidade de serem integralmente retidas, não causando portanto qualquer impacto significativo na Lagoa. Deste modo e considerando apenas as cargas poluentes com percursos iguais ou inferiores a 1 ano, as fontes mais importantes são os arrozais (57,6%), seguidas em pesos muito semelhantes, pela restante poluição agrícola, doméstica e pecuária (16,7%, 13,6% e 12,1% respetivamente); em termos globais, a agricultura contribui com mais de 74% para o total de carga poluente de fosfatos (cargas com tempos de percurso ≤ 1 ano). A evolução em termos globais da carga poluente de fosfatos é distinta da dos nitratos pois reflete apenas a evolução da carga poluente associada à evolução demográfica e à variação das áreas agrícolas, não havendo, pelas razões acima expostas relativas aos tempos de percurso, qualquer influência das cargas poluentes com tempos de percurso longos; a evolução é na generalidade de redução da carga poluente até ao ano 2027, quer se considere a redução das áreas agrícolas previstas

² Para as cargas poluentes com até 1 ano de tempo de percurso, a agricultura fornece cerca de 54% da carga poluente de nitratos de toda a bacia hidrográfica.

pelos cenários socioeconómicos, quer se considere o cenário de manutenção das áreas agrícolas, sendo os valores os seguintes -2,2% até 2015 (+0,46% se manutenção da área agrícola, sendo este aumento devido à subida da ocupação turística e à diminuição ainda pouco acentuada da população residente) e 7,0% em 2027 (0,15% se manutenção da área agrícola), mantendo-se este valor para 2050 visto ter-se considerado uma não variação das cargas poluentes para esse horizonte temporal. Deve no entanto ser sublinhada a importância das cargas poluentes de Verão associadas à ocupação turística na envolvente da Lagoa e que deverão ter um aumento sazonal ao longo do tempo até 2027.

As águas superficiais, em termos de qualidade, apresentam menos situações de problemas de poluição, sendo no geral a degradação da sua qualidade associada ao fósforo e fosfatos (Quadro 6 e Quadro 7). As águas subterrâneas apresentam um maior número de pontos com problemas de poluição, verificando-se uma importância equivalente do fósforo e dos nitratos na geração destes problemas.

3.2.1.1 Evolução Qualitativa das Águas Subterrâneas

Adicionando **todas as fontes poluentes**, considerando os cenários de evolução sócio-económica e tomando como ponto de partida a carga poluente que em apenas 1 ano chega à Lagoa, e que se considerou como o valor total de carga poluente na Lagoa em 2011, verifica-se um aumento da poluição dos nitratos por via subterrânea de até 16,3% 2015, de 32,6% entre 2011 e 2027 e de 46,5% entre 2011 e 2050. Para os fosfatos, tendo-se considerado apenas as cargas poluentes que demoram até 1 ano a alcançar a Lagoa, a evolução é distinta e reflete a redução da área agrícola e da evolução demográfica, sendo esta evolução de decréscimo: -3,4% entre 2011 e 2015 e -8,9% entre 2011 e 2027, sendo que após 2027 se admitiu que a carga poluente se manteria constante até 2050. Estes resultados expressam assim, para o caso de poluentes conservativos, como foi o caso admitido neste estudo para os nitratos, a importância das fontes poluentes com longo tempo de percurso na contaminação da Lagoa.

Em conformidade com estes mesmos cenários socioeconómicos, e analisando a evolução das prováveis cargas poluentes futuras das águas superficiais e subterrâneas (nos pontos de amostragem), os cálculos indicam **para as águas subterrâneas**, a manutenção dos problemas de poluição nos pontos atualmente já evidenciando tais problemas, com um agravamento geral, embora pouco acentuado na maioria dos casos, dos teores de nutrientes. O agravamento é mais evidente nos pontos com forte influência urbana.

Para estes cálculos, para o horizonte temporal de 2027, considerou-se **para as águas subterrâneas**: (1) a manutenção aos níveis atuais da carga poluente de origem pecuária, (2) subida da carga poluente para 2027 para as fontes urbanas em conformidade com o

acima referido no tópico “População”, (3) para a agricultura considerou-se a subida da carga poluente para 2027 sempre que as origens da poluição estavam a alguma distância do ponto e para as fontes poluentes que se situam sobre ou na proximidade imediata do ponto assumiu-se a redução de carga associada à redução de área agrícola em 2027, dado que para as fontes mais afastadas haverá um maior tempo de percurso e deste modo um efeito diferido de aumento da carga poluente ao passo que para as fontes próximas, o efeito da redução da área agrícola deverá sentir-se de imediato.

Fazendo uma análise ponto de amostragem a ponto de amostragem, para os pontos de águas subterrâneas que se manterão sem problemas significativos de poluição, tem-se (Quadro 13):

- *PX* – não havendo significativas fontes poluentes identificadas na envolvente e situando-se em zona de progressivo declínio agrícola e provável redução da ocupação humana, a sua qualidade manter-se.
- *FO* – este ponto será uma zona de descarga do aquífero carbonatado profundo sobre o qual admissivelmente os focos de poluição do aquífero superficial terão um impacto reduzido (como aliás as análises químicas o indiciam), dado esta zona ser essencialmente área de descarga, portanto onde o fluxo não promove a percolação profunda para o aquífero carbonatado. Deste modo, e se não se modificarem significativamente as condições na área de recarga do aquífero carbonatado (e ao longo de zonas de conexão hidráulica eventualmente fora da bacia de Melides), a sua boa qualidade deverá manter-se. Para tal é também necessário ter o cuidado de isolar devidamente a nascente de contaminações urbanas e agrícolas na sua envolvente.
- *P13* – considerando que as principais fontes poluentes possam ser os pomares sites a alguma distância, e atribuindo portanto um aumento da carga poluente devido ao efeito diferido da chegada da poluição ao ponto de água, ainda assim os limiares não são ultrapassados e o ponto manter-se-á em bom estado. Refira-se que apesar da carga anual significativa do pomar P10, esta não teve expressão nos resultados das análises das amostras de água colhidas nas campanhas de monitorização (Oliveira et al., 2011).
- *P17* – admitindo a manutenção da carga poluente associada à suinicultura que pode chegar ao ponto e a redução das áreas de horta e sistemas culturais mistos, os cálculos indiciam a manutenção da sua qualidade.
- *P17A* – se houver redução da área de horta, a carga poluente deverá diminuir e qualidade da água manter-se-á. Note-se que esta horta tem uma carga poluente

anual significativa mas que não encontrou expressão nas análises de água colhidas nas campanhas de monitorização (Oliveira et al., 2011).

- *P18* – admitindo a manutenção da carga poluente associada à ovinicultura e a não criação de novas fontes poluentes na área, este ponto deverá manter características de qualidade similares às atuais.
- *P22* – a poluição é essencialmente de origem agrícola, associada a sistemas culturais mistos, admitindo-se uma componente menor devida aos arrozais (por processos difusivos). A carga poluente associada a este sistema cultural misto, assim como aos arrozais, deverá diminuir por efeito da redução da área agrícola prevista para estas culturas. Assim, haverá uma redução da carga poluente, embora pouco acentuada pois a redução associada aos sistemas culturais mistos é pouco significativa, mantendo-se a boa qualidade deste ponto de água.

Para os pontos de águas subterrâneas com problemas de poluição tem-se (Quadro 13):

- *P3* – ponto que capta níveis mais profundos e aos quais deverão estar associadas fontes poluentes que não as suas na sua envolvente imediata, se se tiver em consideração os resultados da modelação matemática (cf. Anexo I, Quadro 93) o que leva a considerar que a poluição neste ponto se deva a contribuições algo distantes, eventualmente até fora da bacia hidrográfica, e muito possivelmente dominadas por origens agrícolas, dada a ocupação da região. Considerando eventuais contribuições dos pomares, sitos a alguma distância, a que se associa um aumento da carga poluente em 2027 pelas razões acima explicadas, o ponto sofre um aumento, mesmo que ligeiro, da carga poluente. Admite-se assim que as medidas de atuação deverão ter um carácter imediato mas mesmo assim o problema deverá permanecer por alguns anos.
- *P4* – admitiu-se uma preponderância da poluição de origem agrícola, tendo a zona de sistemas culturais mistos SC3 um peso de cerca de 70% da carga e as origens urbanas no máximo 10% (admissivelmente vindas da zona de Vale Travesso, ou seja têm um efeito diferido sobre a carga poluente). Assim, e apesar de se reduzir a contribuição poluente devida à parcela SC3 sita nas proximidades do ponto de água, existe um leve aumento da carga poluente, devida às fontes poluentes agrícolas a alguma distância a montante, somando à contribuição urbana, mantendo-se contudo ainda em condições de poluição pouco significativa no que se refere aos nitratos de origem agrícola. É de admitir, dada a localização do ponto de água e das áreas residenciais nas proximidades da Lagoa, que possa existir um aumento muito significativo da carga poluente urbana associada ao turismo, podendo passar a

ocorrer situações sazonais de problemas de poluição. As medidas devem aqui incidir sobre as parcelas agrícolas mas devem focar-se também na redução da carga poluente de origem urbana, tendo em conta cenários futuros de forte expansão sazonal da população.

- *P5* – admitiu-se um predomínio da carga poluente de origem urbana e pecuária (em proporções sensivelmente similares), com a agricultura a representar apenas 9%. Admitindo-se a manutenção ao nível atual das cargas da pecuária, e um aumento – que poderá ser sazonalmente muito significativo – da carga urbana, associado à redução da carga dos arrozais devido à diminuição da sua área e um aumento da carga poluente devido às outras zonas de agrícolas sitas a alguma distância, os cálculos indiciam um aumento com alguma expressão da carga poluente. Assim as medidas deverão focar-se sobretudo na redução da carga agrícola associada à pecuária e às fontes urbanas, fazendo-se a mesma observação para estas últimas feita para o ponto P4. Devem também estabelecer-se medidas de redução da carga para os arrozais e pomares.
- *P9* – a poluição é de origem agrícola, e considerando a redução da carga poluente associada à redução de área do pomar nas proximidades do ponto de água e a redução da carga poluente das outras áreas agrícolas sitas a alguma distância a montante, verifica-se uma leve redução da carga poluente, mantendo-se o ponto com problemas de poluição. Em termos de medidas a situação é similar à do ponto P3, prevendo-se que mesmo com a sua implementação o problema possa permanecer durante alguns anos.
- *P10* – a poluição será maioritariamente de origem urbana, a que se juntará alguma poluição por via agrícola (admitindo-se uma componente menor devida aos arrozais, por processos difusivos). O aumento da carga poluente urbana, da carga agrícola associada aos pontos poluentes mais afastados e uma eventual redução (muito pouco expressiva) da carga poluente associada à redução de área dos arrozais, leva a um aumento significativo da carga poluente (acima dos 10%). Tal como no ponto P5, é de admitir que a carga poluente urbana tenha forte expansão sazonal devido ao turismo e que o mau estado das águas seja ainda sazonalmente mais agravado. Deste modo as medidas deverão incidir sobretudo sobre as fontes poluentes urbanas, devendo dimensionar-se para fazer face a estas fortes variações sazonais de carga. No que se refere à agricultura, as medidas sobre as parcelas mais distantes só terão efeito a médio prazo. Eventuais medidas sobre os arrozais não deverão ter significativo impacto na qualidade do ponto de água (embora devam ter no que se refere às águas superficiais).

- *P15* – a poluição é essencialmente de origem agrícola com uma contribuição menor de origem urbana. Admitiu-se que a carga devida ao pomar P12 será a mais significativa, mas que deverá diminuir por efeito da redução de área agrícola dos pomares, e os pontos poluentes agrícolas mais afastados contribuirão com um aumento da carga. Há assim no total um leve aumento da carga poluente. As medidas deverão incidir assim sobre as cargas agrícolas, mas deve também ter-se em atenção a eventual subida das cargas de origem urbana, as quais terão um carácter marcadamente sazonal.
- *P21* – a poluição é essencialmente de origem urbana, com uma contribuição menor devida aos arrozais (por processos difusivos). Dada a localização do ponto, esta contribuição urbana deverá ter um carácter acentuadamente sazonal, podendo levar a períodos com problemas de poluição. Assim, as medidas deverão incidir sobre as fontes poluentes urbanas, devendo dimensionar-se para fazer face a estas fortes variações sazonais de carga.
- *P23* – a poluição será de origem agrícola e urbana, com uma componente admissivelmente preponderante de poluição urbana dada a proximidade do ponto à povoação (Vale da Guia). Na componente agrícola prevê-se um aumento da carga poluente, dado que se encontra a alguma distância do ponto de água. Assim, prevê-se um acréscimo da carga poluente em 2027. As medidas deverão assim atuar nas cargas urbanas e agrícolas, embora no caso das medidas para as fontes agrícolas os efeitos só possam vir a ser sentidos a médio prazo.

Deste modo os principais problemas que poderão ***futuramente agravar as condições dos pontos já com problemas de poluição nas águas subterrâneas*** relacionam-se sobretudo com a poluição de origem urbana, muito em especial a atividade turística. A carga poluente em azoto e fósforo de origem agrícola tende a reduzir-se por efeito da redução da área agrícola se a fonte poluente estiver na proximidade dos pontos de amostragem; contudo, no caso das fontes poluentes mais distantes, é expectável um aumento da contribuição poluente, o que nalguns casos se refletirá num aumento da poluição nos pontos de monitorização. A carga poluente em azoto e fósforo de origem pecuária admite-se que se mantenha aos níveis atuais, dada a previsível estabilização do sector.

Quadro 13 – Evolução da qualidade média anual nos pontos de monitorização de águas subterrâneas

| Ponto | Nitratos (mg/l) | | Fósforo (mg/l) | |
|-------|-----------------|---------|----------------|-------|
| | Atual | 2027 | Atual | 2027 |
| P17A | < 2,00 | -- | < LQ | -- |
| P17 | 2,52 | 2,569 | < LQ | -- |
| P18 | < 2,00 | -- | < LQ | -- |
| P15 | < 2,00 | -- | 0,590 | 0,597 |
| FO | 11,70 | 13,022 | 0,046 | 0,051 |
| P9 | 107,00 | 105,457 | < LQ | -- |
| P13 | < 2,00 | -- | 0,162 | 0,171 |
| P10 | 28,80 | 31,767 | 0,716 | 0,789 |
| P23 | 7,42 | 8,116 | 0,662 | 0,721 |
| P5 | 64,50 | 68,458 | 0,279 | 0,296 |
| P3 | 101,00 | 101,619 | < 0,01 | -- |
| P22 | < 2,00 | -- | 0,020 | 0,020 |
| P4 | 39,20 | 39,895 | 0,045 | 0,046 |
| P21 | < 2,00 | -- | 0,010 | 0,011 |

Os agravamentos apresentarão um carácter acentuadamente sazonal, em particular tendo em conta que a população residente tenderá a diminuir; prevê-se, com base nesta metodologia, um aumento general das cargas poluentes, menos acentuadas nos pontos onde além das cargas urbanas exista uma significativa componente de cargas agrícolas (pois estas tendem a descer com a redução da área agrícola), havendo alguns raros pontos onde se prevê redução da poluição (Quadro 14). Tipicamente os pontos onde se prevê redução da poluição são pontos exclusiva, ou quase exclusivamente, afetados pela poluição agrícola.

Quadro 14 – Evolução da qualidade média sazonal (época de regadio Abril a Setembro) nos pontos de monitorização de águas subterrâneas

| Ponto | Nitratos (mg/l) | | Fosfatos (mg/l) | |
|-------|-----------------|--------|-----------------|------|
| | Atual | 2027 | Atual | 2027 |
| P17A | < 2,00 | -- | < LQ | -- |
| P17 | 2,52 | 2,57 | < LQ | -- |
| P18 | < 2,00 | -- | < LQ | -- |
| P15 | < 2,00 | -- | 0,71 | 0,73 |
| FO | 16,38 | 18,23 | 0,06 | 0,07 |
| P9 | 107,00 | 105,46 | < LQ | -- |
| P13 | < 2,00 | -- | 0,16 | 0,17 |
| P10 | 53,57 | 59,33 | 1,33 | 1,48 |
| P23 | 11,87 | 13,07 | 1,59 | 1,75 |
| P5 | 112,88 | 122,23 | 0,49 | 0,53 |
| P3 | 101,00 | 101,62 | < 0,01 | -- |
| P22 | < 2,00 | -- | 0,02 | 0,02 |
| P4 | 41,98 | 42,99 | 0,05 | 0,05 |
| P21 | < 2,00 | -- | 0,03 | 0,02 |

3.2.1.2 Evolução Qualitativa das Águas Superficiais: Rede Hidrográfica

Adicionando **todas as fontes poluentes** (incluindo as variações de Verão), e considerando os cenários de evolução sócio-económica, verifica-se para as águas superficiais, e dado que os poluentes por esta via atingem a Lagoa em menos de 1 ano, os cálculos indicam que

entre 2015 e 2027 haverá uma redução de cerca de -5,2% da carga poluente total de nitratos e de -5,6% da de fosfatos (ou seja reduções da ordem dos -6,3% em fosfatos e 3,8% em nitratos desde 2011), o que reflete o efeito simultâneo da redução da área agrícola e da redução da população residente ter um impacto mais significativo do que o aumento sazonal do turismo para este período; entre 2015 e 2050 não haverá alteração significativa deste decréscimo porque, na ausência de dados que permitam cálculos fiáveis, se admitiu que a população residente e turística se mantém aos níveis de 2027, o mesmo ocorrendo para a área agrícola; refira-se que a contribuição agrícola por via superficial é a mais significativa para a poluição (mesmo admitindo que esta se deva exclusivamente aos arrozais), correspondendo a doméstica a cerca de 62% da carga agrícola.

Em conformidade com estes mesmos cenários socioeconómicos, e analisando a evolução das prováveis cargas poluentes futuras das águas superficiais e subterrâneas (nos pontos de amostragem), os dados não são suficientes para uma avaliação detalhada da evolução da qualidade das águas da rede hidrográfica mas preveem uma tendência de agravamento das concentrações de poluentes nos pontos com forte influência urbana, e uma leve redução nos pontos em que a influência é predominantemente agrícola. De registar que o admissível aumento sazonal do turismo deverá colocar problemas sazonais de qualidade destas águas, especialmente nas áreas de influência da ETAR e zonas de descarga das fossas (do meio subterrâneo para o superficial).

Para estes cálculos, relativos à evolução da qualidade da rede hidrográfica, para o horizonte temporal de 2027, considerou-se: (1) manutenção aos níveis atuais da carga poluente de origem pecuária, (2) para a agricultura considerou-se apenas o efeito da redução de área agrícola dado que a chegada dos poluentes ao meio superficial será muito rápida e o seu impacto sentir-se-á em apenas algumas horas (ou ainda menos no caso da envolvente imediata da Lagoa) uma vez alcançado o meio hídrico superficial, (3) para a poluição urbana considerou-se a sua subida em conformidade com o referido no tópico “População”. A poluição urbana, quando não associada à ETAR mas a fossas sépticas admite-se que entre na linha de água mais próxima, consideravelmente atenuada, por descarga do meio subterrâneo.

Fazendo uma análise ponto de amostragem a ponto de amostragem, para os pontos de águas superficiais que se manterão em bom estado tem-se:

- *MSup 5* – as fontes poluentes estarão eventualmente associadas a escoamentos na área de ovinicultura. Como não se prevê a expansão desta atividade, o ponto deverá manter-se no estado de qualidade atual.

- *MSup 6* – as fontes poluentes estarão eventualmente associadas às atividades na área de Canas de Baixo, tendo um impacto muito pouco significativo sobre a qualidade das águas na linha de água. Deste modo admite-se que o ponto de amostragem continuará a registar uma qualidade aceitável. Contudo, se esta zona sofrer um acréscimo de população turística sazonal, poderão ocorrer períodos com problemas de poluição. A implementar medidas, estas deverão ser delineadas tendo em consideração este aspeto de variação sazonal da qualidade.
- *MSup 9* – as fontes poluentes estarão eventualmente associadas às habitações de Canas de Baixo e a resíduos da suinicultura SUI2 que possam ser transportados por escorrências superficiais para a linha de água. Admitindo-se que o potencial impacto das atividades de Canas de Baixo seja reduzido e que mantenham as atuais cargas poluentes provindas da suinicultura, admite-se uma evolução similar à do ponto MSup6.
- *MSup 11* – sito a montante da ETAR de Melides, não devendo sofrer efeitos significativos da sua atividade, admite-se que o ponto mantenha uma qualidade não muito diversa da atual. Poderá contudo haver episódios sazonais de má qualidade, devido à expansão sazonal da população turística, pelo que as medidas deverão contemplar a gestão deste aspeto.

Para os pontos de águas superficiais com problemas de poluição ou em dúvida tem-se:

- *MSup 8* – sito em linha de água que passa nas proximidades da suinicultura SUI2, a jusante desta, a jusante do local de Canas de Baixo, na área dos pontos MSup6, MSup7 e MSup9 e no bordo da EN262-2. Sendo que os pontos de águas superficiais na sua envolvente não apresentam concentrações detetáveis de fósforo ou nitratos (mesmo no caso do ponto MSup7, sito a montante e portanto também potencialmente contaminável pela suinicultura), admite-se que a suinicultura possa não ser o fator contributivo para a presença de fósforo, devendo tal dever-se antes a uma fonte mais localizada. Deste modo, e admitindo que a suinicultura manterá o mesmo volume de carga poluente atual, admite-se que estes nutrientes possam ser de fontes domésticas. Se o turismo aumentar e se expandir para esta região, então poderão ocorrer sazonalmente situações de eventual excesso de nutrientes.
- *MSup 13* – sito a jusante da ETAR de Melides e do sistema cultural misto SC9, a poluição admite-se que seja 90% de origem doméstica e 10% de origem agrícola. Admitindo a regressão de área agrícola e a expansão do turismo, prevê-se que a poluição no que se refere ao fósforo se agrave, projetando-se uma subida média de 10% da carga poluente. Considerando que o turismo tem um carácter fortemente

sazonal, é de admitir que o problema se torne mais expressivo na época alta, ao passo que na época baixa poderá, eventualmente, até ocorrer uma redução da carga devido à prevista redução da população residente.

- *MSup 17* – ponto situado na área de arrozal C (mais de montante), a jusante da ETAR de Melides e dos sistemas culturais mistos SC9 e SC8. Deste modo a poluição será devida aos arrozais e à ETAR. Admitindo a regressão da área de arrozal e a expansão do turismo, haverá um leve agravamento da carga de poluentes (devido essencialmente à expansão da carga de origem doméstica), se se admitir que as fontes domésticas têm um peso de 30%, o arrozal 60% e os sistemas culturais mistos de 10% na carga total de poluentes. É de admitir que este agravamento será muito mais expressivo sazonalmente, na época turística alta, podendo ocorrer um decréscimo que poderá ir até aos 7,5% devido à redução prevista da população residente.
- *MSup 18* – sito em zona de arrozal, a jusante de bovinicultura BOV1, fossas da Aderneira, pomar P6 e, a maior distância os pomares P7 e P18, vinha V2 e sistema cultural misto SC6. As contribuições poluentes serão assim de origem agrícola (com especial destaque para os arrozais), pecuária e doméstica. Sendo que não se prevê expansão da atividade pecuária, a variação futura das cargas poluentes relaciona-se com a agricultura e fontes domésticas. Admitindo a regressão das áreas agrícolas (em especial a redução da área de arrozal) e a expansão do turismo, que nesta zona poderá ser mais acentuada devido à maior proximidade à Lagoa, e admitindo-se que os arrozais contribuem com cerca de 70% do total da carga poluente (os restantes 30% são divididos igualmente por outras culturas, pecuária e fontes urbanas), prevê-se uma redução da carga de nutrientes de -1,65%, devida sobretudo à redução da área de arrozal, dado admitir-se um aumento da carga poluente doméstica associada ao turismo. Assim prevê-se que, em termos médios anuais, ocorra uma leve melhoria da qualidade da água; é de admitir porém que na época turística alta haja agravamento da qualidade das águas devido à significativa expansão sazonal da população.

Para as **águas superficiais** os problemas que **poderão agravar as condições dos pontos já com problemas de poluição** relacionam-se com a poluição de origem urbana, muito em especial a atividade turística, apresentando os agravamentos um carácter marcadamente sazonal. Outro impacto de primeira importância é o dos arrozais; este impacto fica particularmente expresso nas projeções da redução da poluição no meio hídrico superficial nos pontos que são afetados significativamente pelas culturas de arroz, mesmo que as cargas urbanas possam aumentar (Quadro 15 e Quadro 16). O agravamento sazonal dos

pontos com forte componente urbana é especialmente expresso nos que se situam nas proximidades de fontes poluentes cuja carga de Verão é várias vezes superior à de Inverno, como é o caso do ponto MSup_19 (Quadro 16). Os pontos dominados pela agricultura e muito em particular pela cultura do arroz registam igualmente um agravamento na época de Verão, embora se preveja um decréscimo desta poluição face aos valores atuais (Quadro 15 e Quadro 16).

Quadro 15 – Evolução da qualidade média anual nos pontos de monitorização de águas superficiais

| Ponto | Nitratos (mg/l) | | Fósforo (mg/l) | | Fosfatos (mg/l) | |
|---------|-----------------|-------|----------------|-------|-----------------|-------|
| | Atual | 2027 | Atual | 2027 | Atual | 2027 |
| MSup_8 | < LQ | -- | 0,010 | 0,011 | -- | -- |
| Msup_19 | < LQ | -- | 0,017 | 0,018 | -- | -- |
| Msup_17 | 7,39 | 7,464 | 0,040 | 0,041 | 0,141 | 0,143 |
| MSup_13 | < LQ | -- | 0,479 | 0,528 | 0,047 | 0,052 |
| MSup_18 | 7,60 | 7,475 | 0,044 | 0,043 | 0,130 | 0,128 |

Quadro 16 – Evolução da qualidade média sazonal (época de regadio Abril a Setembro) nos pontos de monitorização de águas superficiais

| Ponto | Nitratos (mg/l) | | Fósforo (mg/l) | | Fosfatos (mg/l) | |
|---------|-----------------|-------|----------------|-------|-----------------|-------|
| | Atual | 2027 | Atual | 2027 | Atual | 2027 |
| MSup_8 | < LQ | -- | 0,012 | 0,013 | < LQ | -- |
| Msup_19 | < LQ | -- | 1,091 | 1,215 | < LQ | -- |
| Msup_17 | 8,277 | 8,451 | 0,050 | 0,052 | 0,178 | 0,183 |
| MSup_13 | < LQ | -- | 0,651 | 0,720 | 0,064 | 0,071 |
| MSup_18 | 8,360 | 8,321 | 0,048 | 0,048 | 0,143 | 0,142 |

3.2.1.3 Evolução Qualitativa das Águas Superficiais: a Lagoa

Para a globalidade da Lagoa de Melides, e considerando apenas as cargas poluentes que ao fim de um ano atingem a Lagoa sobressai a importância da contribuição agrícola (essencialmente por via subterrânea, com a exceção dos arrozais que têm uma forte componente de contribuição superficial), a qual corresponde a cerca de 54% da carga de nitratos e 74% da carga de fosfatos (Quadro 17). De entre as várias culturas que afetam a carga poluente da Lagoa, os arrozais são os de maior carga poluente, correspondendo a cerca de 33,5% do total de carga poluente para os nitratos e 56% para os fosfatos (cf. Quadro 17).

Quadro 17 – Percentagens de contribuição das diferentes fontes poluentes subterrâneas para a poluição da Lagoa (cargas poluentes que demoram até 1 ano a alcançar a Lagoa)

| Fonte poluente | Nitratos | | Fosfatos | |
|---|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| | Carga (kg) | % vs total poluição | Carga (kg) | % vs total poluição |
| Arrozal A | 934 | 11,04 | 904 | 19,00 |
| Arrozal B | 1768 | 20,90 | 1711 | 35,97 |
| Arrozal C | 130 | 1,54 | 126 | 2,65 |
| Total Arrozal | 2832 | 33,47 | 2741 | 57,62 |
| P1 | 92 | 1,09 | 41 | 0,86 |
| CT2 | 265 | 3,13 | 119 | 2,50 |
| CT3 | 277 | 3,27 | 125 | 2,63 |
| SC1 | 542 | 6,41 | 241 | 5,80 |
| SC3 | 276 | 3,26 | 123 | 2,59 |
| SC9 | 81 | 0,96 | 36 | 0,76 |
| PV | 207 | 2,45 | 106 | 2,23 |
| Total agricultura s/arrozais | 1740 | 20,56 | 792 | 16,65 |
| Total agricultura | 4572 | 54,04 | 3533 | 74,27 |
| BOV | 677 | 8,00 | 307 | 6,45 |
| OV | 720 | 8,51 | 270 | 5,68 |
| Total pecuária | 1397 | 16,51 | 577 | 12,13 |
| Aderneira | 25 | 0,29 | 6 | 0,13 |
| Salvada | 38 | 0,45 | 10 | 0,21 |
| Sesmarias | 356 | 4,21 | 93 | 1,96 |
| Campismo | 2073 | 24,50 | 538 | 11,31 |
| Total urbana | 2 492 | 29,45 | 647 | 13,60 |
| Total agrícola + pecuária + urbana | 8 461 | 100 | 4 757 | 100 |
| Fonte poluente urbana | Carga (kg) | % vs total poluição urbana | Carga (kg) | % vs total poluição urbana |
| Aderneira | 25 | 0,98 | 6 | 0,93 |
| Salvada | 38 | 1,52 | 10 | 1,55 |
| Sesmarias | 356 | 14,29 | 92 | 14,24 |
| Campismo | 2073 | 83,20 | 538 | 83,28 |
| Fonte poluente pecuária | Carga (kg) | % vs total poluição pecuária | Carga (kg) | % vs total poluição pecuária |
| BOV | 677 | 48,46 | 307 | 53,21 |
| OV1 | 720 | 51,54 | 270 | 46,79 |
| Fonte poluente agrícola | Carga (kg) | % vs total poluição agrícola | Carga (kg) | % vs total poluição agrícola |
| Arrozal | 2832 | 34,00 | 2741 | 74,79 |
| P1 | 92 | 2,01 | 34 | 0,93 |
| CT2 | 265 | 5,80 | 120 | 3,26 |
| CT3 | 277 | 6,06 | 125 | 3,40 |
| SC1 | 542 | 11,85 | 221 | 6,02 |
| SC3 | 276 | 6,04 | 283 | 7,73 |
| SC9 | 81 | 1,77 | 36 | 0,98 |
| PV | 207 | 4,53 | 106 | 2,89 |

Por comparação apresenta-se igualmente a contribuição percentual dos diferentes tipos de cargas poluentes quando se considera a carga poluente que é gerada e entra no sistema aquífero em toda a área da bacia, ou seja, todas as fontes poluentes, independentemente de qual seja o tempo de percurso associado aos seus poluentes, versus os valores para as cargas que demoram até 1 ano a atingir a Lagoa (Quadro 18).

Quadro 18 – Importância relativa das fontes poluentes subterrâneas por atividade económica nos totais de carga poluente da bacia de Melides

| Cargas poluentes | | NO ₃ | P ₂ O ₅ |
|-----------------------|--|-----------------|-------------------------------|
| Agrícola total | Cargas com até 1 ano percurso versus todas cargas poluentes da bacia com até 1 ano de percurso | 54,04% | 74,27% |
| | Versus todas as cargas poluentes da bacia | 65,04% | 75,92% |
| Arrozais | Cargas com até 1 ano percurso versus todas cargas poluentes da bacia com até 1 ano de percurso | 33,47% | 57,62% |
| | Versus todas as cargas poluentes da bacia | 16,16% | 30,91% |
| Pecuária total | Cargas com até 1 ano percurso versus todas cargas poluentes da bacia com até 1 ano de percurso | 16,51% | 12,13% |
| | Versus todas as cargas poluentes da bacia | 17,36% | 15,06% |
| Urbana total (fossas) | Cargas com até 1 ano percurso versus todas cargas poluentes da bacia com até 1 ano de percurso | 29,45% | 13,60% |
| | Versus todas as cargas poluentes da bacia | 17,60% | 9,02% |

Adotando os cenários socioeconómicos de 5.5.1.1 e se se considerar apenas as cargas poluentes que atingirão a Lagoa de Melides até 2027, tanto por via superficial como subterrânea, para os valores médios anuais de carga poluente, verifica-se que:

- Se se considerar apenas a componente agrícola (nitratos), a fonte mais importante é o arrozal, com 44,8% do total de carga poluente agrícola, seguido dos sistemas culturais mistos (26,7%), projetando-se um decréscimo algo significativo da carga poluente associada dos arrozais desde 2011 a 2027, devido à redução prevista pelos cenários socioeconómicos da área de arrozais por um lado, e por outro pelo facto de a quase totalidade da carga poluente a estes associada atingir a Lagoa em menos de um ano, e portanto qualquer mudança nesta cultura é rapidamente sentida no meio hídrico.
- Para a globalidade das fontes poluentes, e considerando as cargas que se projeta possam atingir a Lagoa em 2027, a origem agrícola é mais significativa, correspondendo a cerca de 53,7% das cargas. Considerando as culturas individualmente e as fontes não agrícolas, verifica-se que os arrozais, e a pecuária têm um peso semelhante (da ordem dos 24%), sendo a componente urbana levemente inferior (cerca de 22% da carga total). Deste **modo os arrozais, fontes pecuárias e urbanas serão as principais fontes da poluição que atinge a Lagoa até 2027.**
- O decréscimo significativo do impacto das hortas e das vinhas e um decréscimo menos acentuado dos pomares na contribuição para esta poluição que atinge a Lagoa até 2027.
- A manutenção da importância relativa da carga poluente das restantes fontes na poluição que chega à Lagoa até 2027.

Calculando a evolução das prováveis cargas poluentes futuras no ponto de amostragem MSup19 – que se admite afetado essencialmente pelas fontes de poluição na sua envolvente imediata, por oposição à avaliação da totalidade da Lagoa acima realizada e que tem de incluir todas as fontes poluentes cuja poluição a atinge – e tendo por base a sua localização (sito no bordo da Lagoa, a jusante das fossas de Sesmarias, Parque de Campismo e Azenha da Lagoa, a jusante das áreas de arrozal e na proximidade da ligação da Lagoa ao mar) e os valores das cargas poluentes atuais destes focos poluentes, a evolução admissível do estado de poluição neste ponto, considerando os cenários socioeconómicos de 5.1.1.1., será:

- *MSup 19* – dada a proximidade às fossas, admitiu-se que a poluição de origem urbana corresponda a cerca de 80% da carga total e os arrozais perfaçam a quase totalidade da carga restante. Admitiu-se igualmente que o carácter salobro da água se deva à influência da proximidade ao mar. Considerando a redução previsível da área agrícola (em especial dos arrozais) e a expansão do turismo, que aqui deverá ter um impacto muito significativo, os cálculos sugerem um aumento da carga poluente na ordem dos 8,5%. Deve mais uma vez ter-se em consideração o carácter fortemente sazonal da atividade turística, pelo que é de admitir que na época alta a situação seja mais agravada e que na época baixa possa até existir uma redução na carga poluente devido sobretudo ao efeito da redução da carga poluente dos arrozais.

Com efeito o admissível aumento sazonal do turismo deverá colocar problemas sazonais de qualidade destas águas, especialmente nas áreas de influência da ETAR e zonas de descarga das fossas (do meio subterrâneo para o superficial). Note-se que, já nas condições atuais, a variação das cargas de Verão face às de Inverno em termos de fossas na proximidade imediata do ponto MSup 19, são as apresentadas no Quadro 19, o que demonstra a importância extrema da ocupação humana de Verão. Em cenários socioeconómicos que preveem um aumento relativamente significativo do turismo (mesmo que perante um quadro de redução da população residente), o impacto desta atividade económica sobre a qualidade das águas da Lagoa será ainda mais significativa.

Quadro 19 – Variação atual das cargas de Inverno e Verão (habitantes-equivalentes) nas fossas e ETAR na envolvente da Lagoa de Melides

| Foco Poluição Urbana | Carga de Inverno | Carga de Verão | Variação Verão vs Inverno |
|----------------------|------------------|----------------|---------------------------|
| ETAR Melides | 500 | 700 | 1,40 vezes |
| Moinho de Vau | 40 | 70 | 1,75 vezes |
| Valença | 12 | 20 | 1,67 vezes |
| Aderneira | 12 | 30 | 2,50 vezes |
| Sancha | 20 | 40 | 2,00 vezes |
| Caveira | 50 | 100 | 2,00 vezes |
| Azenha da Lagoa | 12 | 20 | 1,67 vezes |
| Vale Travesso | 30 | 50 | 1,67 vezes |
| Salvada | 15 | 50 | 3,33 vezes |
| Sesmarias | 60 | 550 | 9,17 vezes |
| Praia | 50 | 500 | 10,00 vezes |
| Parque Campismo | 50 | 3500 | 70,00 vezes |

No entanto a Lagoa tem aberturas periódicas ao mar, o que contribui positivamente para a evolução das concentrações ao longo de um ano, e também ao longo de vários anos, ao permitir a remoção de boa parte dos poluentes e portanto a sua não acumulação a longo prazo nos mesmos moldes que ocorreria se esta fosse um massa sempre fechado ao mar. De acordo com os cenários de Oliveira et al. (2012a) para o espaço temporal de 5 anos:

- **Cenário 1** – considera que a abertura da Lagoa remove 5% da carga poluente.
- **Cenário 2** – considera que a abertura da Lagoa remove 50% da carga poluente.
- **Cenário 3** – considera que a abertura da Lagoa remove 95% da carga poluente.

Nestas condições a evolução da carga poluente considerando o global das cargas que atingem a Lagoa – em conformidade com os Quadro 9 e Quadro 10 – a partir do meio superficial e subterrâneo para os diferentes períodos será a apresentada no Quadro 20 e Quadro 21.

Para o ponto MSup 19, sito na Lagoa e cujas contribuições para a sua degradação são de origem essencialmente urbana e, na componente agrícola, os arrozais, os dados indicam uma subida das cargas poluentes de nitratos em cerca de 13,8% (para o horizonte temporal de 2015), reduzindo-se este incremento para 12% no caso de considerar-se a redução da área agrícola.

Se se considerar a evolução dos nitratos totais na Lagoa (agrícolas + urbanos + pecuária), que se apresenta no Quadro 20, a evolução é de um aumento da carga poluente, de 15,6% entre 2011 e 2015 se se considerar a manutenção da área agrícola (13,8% se se considerar redução da área agrícola); entre 2015 e 2027 esta subida é menos acentuada, de 13,1% para manutenção da área agrícola e de 10,7% para o cenário de redução da área agrícola; entre 2027 e 2050 estima-se um aumento de 8,97% se não houver redução de área agrícola

e um aumento superior, de cerca 9,5% se houver redução, valor este justificado pelo efeito das cargas de longo tempo de percurso.

Quadro 20 – Evolução da carga poluente total de nitratos (Kg) entrada na Lagoa por via superficial + subterrânea por efeito da abertura da Lagoa

| Anos | Total de carga entrada | | Carga no cenário 1 | | Carga no cenário 2 | | Carga no cenário 3 | |
|-------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| | <i>Admite-se área agrícola</i> | | <i>Admite-se área agrícola</i> | | <i>Admite-se área agrícola</i> | | <i>Admite-se área agrícola</i> | |
| | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> |
| Atual | 10 200,8 | 10200,8 | 9 690,8 | 9 690,8 | 5 100,4 | 5 100,4 | 510,1 | 510,1 |
| 2015 | 11 791,3 | 11604,6 | 11 201,7 | 11 024,4 | 5 895,6 | 5 802,3 | 589,6 | 580,2 |
| 2027 | 13 340,6 | 12846,8 | 12 673,6 | 12 204,5 | 6 670,3 | 6 423,4 | 667,0 | 642,3 |
| 2050 | 14 537,6 | 14064,4 | 13 810,7 | 13 361,2 | 7 268,8 | 7 032,2 | 726,9 | 703,3 |

Para o total de fosfatos na Lagoa a evolução é a que se apresenta no Quadro 21. Neste caso, e como são poluentes com grande apetência para ficarem retidos no solo, considerou-se apenas a evolução das cargas com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, pelo que a poluição por fosfatos não refletirá a influência das cargas com longos tempos de percurso as quais se assume que sejam integralmente retidas pelos solos ao longo do seu trajeto no meio subterrâneo. A evolução mostra assim uma redução das cargas poluentes de fosfatos entre 2011 e 2015 (-2,2%) e entre 2015 e 2027 (-4,95%) se se considerar o cenário de redução da área agrícola. Se se considerar o cenário de manutenção da área agrícola esta evolução será ligeiramente diferente, com um leve aumento de carga poluente entre 2011 e 2015 (+0,46%) devido essencialmente ao efeito do aumento da população turística e à ainda reduzida retração da população residente; entre 2015 e 2027 já se assiste a uma redução da carga poluente (-0,61%). Entre 2027 e 2050 considerou-se que não existiria variação significativa da população e da área agrícola, pelo que os valores de carga poluente de fosfatos em 2050 serão similares aos de 2027.

Quadro 21 – Evolução da carga poluente total de fosfatos (Kg) entrada na Lagoa por via superficial + subterrânea por efeito da abertura da Lagoa

| Anos | Total de carga entrada | | Carga no cenário 1 | | Carga no cenário 2 | | Carga no cenário 3 | |
|-------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| | <i>Admite-se área agrícola</i> | | <i>Admite-se área agrícola</i> | | <i>Admite-se área agrícola</i> | | <i>Admite-se área agrícola</i> | |
| | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> | <i>Constante</i> | <i>Redução</i> |
| Atual | 6 142,8 | 6 142,8 | 5 835,7 | 5 835,7 | 3 071,4 | 3 071,4 | 307,1 | 307,1 |
| 2015 | 6 171,0 | 6 008,3 | 5 862,5 | 5 707,9 | 3 085,5 | 3 004,2 | 308,6 | 300,4 |
| 2027 | 6 133,4 | 5 710,7 | 5 826,7 | 5 425,2 | 3 066,7 | 2 855,4 | 306,7 | 285,6 |
| 2050 | 6 133,4 | 5 710,7 | 5 826,7 | 5 425,2 | 3 066,7 | 2 855,4 | 306,7 | 285,6 |

Há contudo dois aspetos a sublinhar:

1 – A abertura da Lagoa não resolverá o problema dos teores de cloretos, que levam esta água a ser classificada de salobra, o que aliás não deverá ser considerada condição anómala para este tipo de sistemas litorais.

2 – O facto de a carga poluente de origem urbana alcançar picos de concentração na época de Verão, pelo que nestas alturas os valores de nitratos e fosfatos serão muito mais

elevados que os valores médios analisados nestes cálculos. Note-se que por exemplo a carga poluente apenas para a zona do Parque de Campismo sobe cerca de 70x em comparação com as cargas de Inverno. Deste modo é admissível que, mesmo com as remoções por abertura da Lagoa possam ocorrer condições sazonais e/ou pontuais de muito má qualidade neste ponto e na generalidade da Lagoa.

3 – A ocorrência, muito concentrada num curto período do ano, das descargas dos arrozais, põe problemas de qualidade às águas da Lagoa, que poderão ser localizados no tempo (ou até à abertura seguinte da Lagoa ao mar), mas com significativo impacto na altura em que ocorrem e que a análise oferecida pelos cenários – que refletem uma evolução média em termos de carga total anual – não reflete cabalmente.

Considerando um volume médio anual da Lagoa de 1,5 hm³ (Oliveira et al., 2012a), a evolução das cargas poluentes que alcançam a Lagoa para os diferentes cenários socioeconómicos e os três cenários de remoção de poluentes por abertura desta ao mar, obteve-se a evolução das cargas poluentes (valores médios anuais) e resultante qualidade das águas da Lagoa, que se apresentam nos Quadro 22 e Quadro 23.

Para os nitratos, e até 2050, as cargas poluentes são inferiores a 5 mg/l nos cenários de remoção de poluentes que apresentem valores de remoção iguais ou superiores a 50%, situando-se entre os 6 e os 10 mg/l no caso dos cenários de remoção igual ou inferior a 5%. Verifica-se assim que, e apesar do efeito das cargas poluentes de longo tempo de percurso, a abertura da Lagoa ao oceano tem, em termos médios anuais, potencial para remover a maior parte dos poluentes desde que o regime da sua abertura permita uma remoção igual ou superior a 50% da carga poluente de nitratos. No entanto esta solução não resolve os problemas de picos de carga que ocorrem com frequência no final da época estival, quando se acumulam as cargas poluentes de origem urbana (aumentadas devido ao turismo) e as cargas poluentes vindas dos arrozais, que se adicionam às que já foram sendo acumuladas na Lagoa ao longo do ano.

Quadro 22 – Concentrações médias anuais calculadas de nitratos (mg/l) na Lagoa

| Anos | Não remoção de carga | | Cenário 1 | | Cenário 2 | | Cenário 3 | |
|-------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | |
| | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Atual | 6,41 | 6,41 | 6,09 | 6,09 | 3,20 | 3,20 | 0,32 | 0,32 |
| 2015 | 7,40 | 7,23 | 7,03 | 6,92 | 3,70 | 3,64 | 0,37 | 0,36 |
| 2027 | 8,38 | 8,07 | 7,96 | 7,67 | 4,19 | 4,03 | 0,42 | 0,40 |
| 2050 | 9,13 | 8,83 | 8,67 | 8,34 | 4,56 | 4,42 | 0,46 | 0,44 |

Para os **fosfatos** a concentração calculada de poluentes (Quadro 23) coloca já alguns problemas de poluição, dado que em termos de qualidade das águas concentrações significativamente inferiores às aceites para os nitratos podem estar já na origem de alguns

distúrbios. Assim, e apesar de ao invés dos nitratos a concentração calculada de fosfatos não sofrer da influência das cargas poluentes com longo tempo de percurso, apenas não ocorreriam problemas significativos de poluição para taxas de remoção de poluentes da ordem dos 95% (Cenário 3). Se se considerar agora que estes são valores médios e que existem na Lagoa períodos de pico de poluição aquando da chegada de poluentes, sobretudo das fossas na época de Verão e dos arrozais durante as descargas superficiais para a ribeira e Lagoa (que se somam às que se verificam ao longo do ano por via subterrânea), então será de admitir que apenas a abertura da Lagoa não resolverá os problemas de poluição, tanto mais que o fósforo é um dos nutrientes-chave para os processos de eutrofização.

Quadro 23 – Concentrações médias anuais calculadas de fosfatos (mg/l) na Lagoa

| Anos | Não remoção de carga | | Cenário 1 | | Cenário 2 | | Cenário 3 | |
|-------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | |
| | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Atual | 3,86 | 3,86 | 3,66 | 3,66 | 1,93 | 1,93 | 0,19 | 0,19 |
| 2015 | 3,88 | 3,77 | 3,68 | 3,58 | 1,94 | 1,89 | 0,19 | 0,19 |
| 2027 | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |
| 2050 | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |

Com efeito a avaliação das cargas poluentes médias de Verão – que considera as cargas de Verão da ETAR acrescidas da população turística, a carga poluente total dos arrozais e metade da carga anual subterrânea total – e uma redução média do volume médio da Lagoa da ordem dos 70%, mostra um significativo agravamento da qualidade da água face aos valores médios anuais (cf. Quadro 24 e Quadro 25).

Quadro 24 – Concentrações de Verão calculadas de nitratos (mg/l) na Lagoa

| Anos | Não remoção de carga | | Cenário 1 | | Cenário 2 | | Carga no cenário 3 | |
|-------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | |
| | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Atual | 7,57 | 7,57 | 7,18 | 7,18 | 3,78 | 3,78 | 0,38 | 0,38 |
| 2015 | 10,24 | 9,84 | 9,73 | 9,42 | 5,12 | 4,96 | 0,51 | 0,49 |
| 2027 | 11,52 | 10,97 | 10,94 | 10,43 | 5,76 | 5,48 | 0,58 | 0,548 |
| 2050 | 12,60 | 12,01 | 11,96 | 11,34 | 6,29 | 6,01 | 0,64 | 0,60 |

O agravamento é especialmente notório nos fosfatos que, de acordo com as projeções de evolução das cargas poluentes, deverão originar condições de poluição da Lagoa na generalidade dos cenários de remoção de poluentes da Lagoa (Quadro 25) e para os vários horizontes temporais considerados; somente no cenário de remoção de 95% da carga poluente (Cenário 3, situação que só se verifica se a Lagoa for aberta ao mar e as condições sejam favoráveis para uma grande renovação das águas) se regista uma melhoria significativa da qualidade da água (Quadro 25). Note-se a este propósito que se se considerarem as médias anuais esta melhoria ocorre numa evolução algo similar ao que

decorre para a evolução das médias anuais, embora estas assinalem uma ligeira melhoria da qualidade da água para taxas de remoção de 50% (Quadro 23 vs Quadro 25).

Quadro 25 – Concentrações de Verão calculadas de fosfatos (mg/l) na Lagoa

| Anos | Não remoção de carga | | Cenário 1 | | Cenário 2 | | Carga no cenário 3 | |
|-------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | | Admite-se área agrícola | |
| | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Atual | 5,26 | 4,88 | 5,00 | 4,64 | 2,63 | 2,44 | 0,26 | 0,24 |
| 2015 | 5,29 | 4,91 | 5,03 | 4,66 | 2,65 | 2,45 | 0,27 | 0,25 |
| 2027 | 5,25 | 4,87 | 4,99 | 4,63 | 2,63 | 2,44 | 0,26 | 0,24 |
| 2050 | 5,25 | 4,87 | 4,99 | 4,63 | 2,63 | 2,44 | 0,26 | 0,24 |

Mais uma vez se tem de sublinhar que estes são valores médios e que esta avaliação poderá ser significativamente distinta da realidade nos picos de poluição por via urbana (época turística alta) e nos períodos de descarga das águas de rega dos campos de arroz. Estes aspetos de períodos de pico de carga poluente têm assim de ser considerados no estabelecimento das medidas.

3.2.2 Cenários e condicionantes para a análise da evolução quantitativa do meio hídrico e para as medidas de mitigação/recuperação da Lagoa de Melides

Para a análise da situação quantitativa dos recursos hídricos calcularam-se as taxas de exploração atuais e futuras – estas últimas com base na variação dos consumos definidas a partir dos cenários de evolução sócio-económica – considerando o meio superficial e subterrâneo. Para o meio subterrâneo consideraram-se os volumes de água extraídos deste meio e a recarga para o cálculo das taxas de exploração. Para o meio superficial consideraram-se os consumos das atividades abastecidas pela rede hidrográfica (essencialmente os arrozais) e os volumes dos escoamentos superficiais diretos calculados pelo modelo BALSEQ_MOD. Não se consideraram as contribuições da Fonte dos Olhos visto não haver dados que permitam calcular os volumes anuais e sazonais com que esta nascente contribui para o escoamento superficial.

Em termos de volumes consumidos, admitiu-se que a agricultura, pecuária e consumos domésticos são abastecidos por fontes subterrâneas, exceção feita para o arroz, que se admitiu ser integralmente abastecido por via superficial, dado as eventuais contribuições subterrâneas serem pontuais e pouco significativas. Para o cômputo dos consumos domésticos utilizaram-se os dados INSAAR de capitação média para a RH6, o n.º de habitantes em 2011, 2015 e 2027 (Lourenço et al., 2012b) e o cálculo da população turística foi realizado considerando a variação média de habitantes-equivalente de Verão e Inverno; o consumo doméstico foi inteiramente alocado às águas subterrâneas dado que, para a totalidade do concelho de Grândola, o abastecimento é feito exclusivamente por fonte subterrânea, de acordo com a informação disponível no portal do Instituto Nacional de

Estatística (cf. http://www.ine.pt/xportal/xmain?_xpid=INE&_xpgid=ineindicadores&indOcorrCod=0001866&contexto=bd&selTab=tab2).

Considerando os consumos atuais associados a cada tipo de atividade (Quadro 26 e Quadro 29), a sua modificação para 2015 e 2027 em função dos cenários socioeconómicos (Lourenço et al., 2011, 2012 a, 2012b), o escoamento superficial e a recarga calculada em Oliveira et al. (2012) tem-se a seguinte evolução das taxas de exploração:

Quadro 26 – Volumes de consumos (m³/ano) e taxas de exploração anual atuais e em cenários para 2015 e 2027

| Meio hídrico | Anos | Volumes de consumos (m ³ /ano) | | | | Taxas de exploração (%) * |
|--------------|-------|---|----------|----------------------|----------|---------------------------|
| | | Doméstico (1) | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | |
| Subterrâneo | Atual | 525 288 | -- | 1 521 414 | 1 568,1 | 38,87 |
| | 2015 | 546 080 | -- | 1 492 467 | 1 568,1 | 38,71 |
| | 2027 | 564 947 | -- | 1 424 951 | 1 568,1 | 37,79 |
| Superficial | Atual | -- | 640 000 | -- | -- | 4,63 |
| | 2015 | -- | 625 105 | -- | -- | 4,52 |
| | 2027 | -- | 585 845 | -- | -- | 4,24 |

* A taxa de exploração é calculada para os consumos subterrâneos em função da recarga e para os consumos superficiais em função do escoamento superficial total da bacia; (1) valor atual obtido de INSAAR (2011).

Verifica-se assim uma redução progressiva dos consumos e, em consequência, da pressão quantitativa sobre o meio hídrico superficial e subterrâneo, até 2027, admitindo que neste período não ocorrerão variações climáticas significativas. O ligeiro incremento dos consumos domésticos está associado exclusivamente à expansão do turismo.

Se se considerar apenas o regadio dos arrozais no período de Abril a Setembro e a respetivo escoamento superficial determinado pelo BALSEQ_MOD verifica-se que as taxas de exploração atuais neste período são da ordem de 23%, reduzindo-se um pouco – em conformidade com a redução expectável de área de arrozais – ao longo do período de 2015 a 2027 (Quadro 27), ou seja, a pressão sobre o recurso hídrico superficial, admitindo que não haverá variação climática significativa até 2027, reduzir-se-á ligeiramente.

Quadro 27 – Volumes de consumos (m³/ano) e taxas de exploração de Verão atuais e em cenários para 2015 e 2027 para o meio hídrico superficial

| Anos | Consumos dos arrozais (m ³ /ano) | Taxas de exploração (%) |
|-------|---|-------------------------|
| Atual | 640 000 | 23,18 |
| 2015 | 625 105 | 22,64 |
| 2027 | 585 845 | 21,22 |

Para o cálculo das taxas de exploração dos recursos hídricos subterrâneos é de referir que a recarga que se utilizou refere-se apenas à recarga do aquífero poroso, dado que se admitiu que a recarga na região xistenta acaba por alimentar o escoamento superficial. A vasta maioria das atividades doméstica, agrícola e pecuária situa-se igualmente nesta zona arenosa, pelo que os consumos associados são alimentados por este aquífero. Deve referir-se porém que esta recarga foi apenas calculada para a área da bacia que intercepta o

aquífero poroso mas na realidade existe contribuição lateral das áreas do aquífero envolventes à bacia. Não sendo possível contabilizar estas contribuições laterais, as taxas de exploração são assim sempre valores por excesso.

Verifica-se assim que existe uma redução progressiva das taxas de exploração, apesar do aumento dos consumos domésticos, devido à expansão do turismo (cf. Quadro 26). Com efeito, sendo a agricultura a principal consumidora de águas subterrâneas, a redução das áreas agrícolas que se prevê para a região terá como impacto (positivo) uma redução da pressão quantitativa sobre o meio hídrico subterrâneo; contudo mesmo com a redução das áreas agrícolas, esta continuará a ser a atividade consumidora mais importante, correspondendo a uma taxa de exploração de 28,9% em 2011, que se reduz para cerca de 27% em 2027. Note-se que os consumos de origem urbana corresponderão a cerca de 9,97% em 2011 passando a cerca de 10,72% em 2027 (Quadro 28).

Quadro 28 – Consumos domésticos (m³/ano) e respetivas taxas de exploração

| Meio hídrico | Anos | Consumos (m ³ /ano) | Recargas (m ³ /ano) | Taxas de exploração (%) |
|--------------|-------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Subterrâneo | Atual | 525 288 | 5 269 858 | 9,97 |
| | 2015 | 546 080 | 5 269 858 | 10,36 |
| | 2027 | 564 947 | 5 269 858 | 10,72 |

Refira-se ainda que se os arrozais terão uma taxa de exploração dos recursos hídricos subterrâneos nula (são abastecidos inteiramente por águas de superfície, explorando atualmente cerca de 4,63% destas), as restantes culturas terão taxas reduzidas face à recarga total na bacia, sendo as mais significativas em termos de consumos os pomares e os sistemas culturais mistos (Quadro 29). Verifica-se em todos os casos uma redução dos consumos ao longo do tempo, resultante da redução da área associada a cada cultura. Assim, em termos de consumos os pomares perfazem cerca de 42,9% dos consumos totais agrícolas, caindo para 42,1% em 2027, as hortas cerca de 18% (17,3% em 2027), o pomar+vinha cerca de 1,8% e a vinha cerca de 3,2%, sem oscilações significativas dos consumos ao longo do tempo; os sistemas culturais mistos apesar de no seu cômputo global registarem uma redução dos consumos, sofrem um aumento da importância no total dos consumos agrícolas, passando de cerca de 34% em 2011 para 35,6% em 2027.

A redução global das taxas de exploração dos recursos hídricos subterrâneos (cf. Quadro 26) indicia uma melhoria nas pressões em termos quantitativos sobre os recursos hídricos. Contudo deve ressaltar-se o facto do aumento dos consumos domésticos (cf. Quadro 28) devido em exclusivo ao aumento do turismo poder colocar alguns problemas futuros. Este aumento colocará uma maior pressão sobre o recurso nas épocas de Verão (altura em que também aumentam os consumos agrícolas devido às regas).

Quadro 29 – Consumos agrícolas (m³/ano) e respetivas taxas de exploração por tipo de cultura para os recursos subterrâneos

| Meio hídrico | Anos | Consumos (m ³ /ano) | | | | | |
|--------------|-------|--------------------------------|---------|--------------------|-------------|--------|-----------|
| | | Pomares | Hortas | Sistemas culturais | Pomar+Vinha | Vinha | Total |
| Subterrâneo | Atual | 652 944 | 274 223 | 516 606 | 28 217 | 49 425 | 1 521 414 |
| | 2015 | 640 799 | 263 720 | 511 750 | 27 692 | 48 506 | 1 492 467 |
| | 2027 | 599 925 | 247 157 | 506 533 | 25 926 | 45 412 | 1 424 951 |
| | Anos | Taxas de exploração (%) | | | | | |
| | | Pomares | Hortas | Sistemas culturais | Pomar+Vinha | Vinha | Total |
| | Atual | 12,39 | 5,20 | 9,80 | 0,54 | 0,94 | 28,87 |
| | 2015 | 12,16 | 5,00 | 9,71 | 0,53 | 0,92 | 28,32 |
| | 2027 | 11,38 | 4,69 | 9,61 | 0,49 | 0,86 | 27,04 |

Se se tiver em consideração que o fluxo hídrico subterrâneo contribui anualmente com cerca de 26,5% para a alimentação da Lagoa e que anualmente o contributo superficial proveniente da região de xistos, se situa entre 56 e cerca de 60% da alimentação da Lagoa (o escoamento por via superficial na área arenosa da bacia é de 13 a 14% do total na bacia; cf. Oliveira et al., 2012) mas que na época de Verão o escoamento superficial proveniente dos xistos será muito reduzido e o aumento dos consumos domésticos poderá causar uma redução da contribuição do escoamento subterrâneo para a rede hidrográfica, será de admitir no futuro uma maior redução dos caudais disponíveis no meio hídrico superficial.

O aumento da população turística de Verão acarreta também um aumento da carga poluente, que verá assim subidas muito acentuadas neste período (tanto mais que no resto do ano se prevê um decréscimo da produção de carga poluente doméstica por redução da população residente), que tem uma especial importância na área da Lagoa, que é a principal área de concentração turística. Note-se a este propósito que em redor da Lagoa se localizam diversos focos poluentes domésticos cuja carga poluente no Verão é entre 9 a 70 vezes superior à carga poluente de Inverno.

O projetado aumento do turismo, aliado à subida da carga poluente das várias atividades económicas que chegará à Lagoa ao longo dos anos, mesmo das que estão em recessão, poderá agravar os problemas de poluição da Lagoa mas também do restante meio hídrico superficial, dado que este recebe uma contribuição significativa de águas subterrâneas.

A degradação sazonal far-se-á igualmente sentir no meio subterrâneo nas proximidades dos focos de poluição doméstica mas esta degradação, devido ao maior tempo de permanência dos poluentes neste meio, far-se-á sentir não de forma imediata mas como um efeito cumulativo ao longo do tempo.

Esta degradação sazonal e ao longo do tempo tem impactos não apenas ao nível da qualidade mas também dos ecossistemas e as medidas de mitigação/recuperação têm de tentar obviar também a esta degradação biológica.

Em termos dos ecossistemas, e dado que não se prevê redução dos volumes de água disponíveis, dado que os consumos tenderão a baixar, não se prevê que venham a existir impactos negativos relacionados com a questão quantidade de água.

3.3 Avaliação da evolução da qualidade e quantidade da Lagoa de Melides e meios hídricos associados, devido às alterações climáticas

3.3.1 Introdução

Para a avaliação do impacto das alterações climáticas, e na ausência de projeções sócio-económicas para 2100, admitiu-se o cenário de que a pecuária e população se manterá aos níveis de 2027, mas a ocupação do solo é abordada segundo dois cenários: (1) manutenção da área agrícola conforme a2027 e (2) alteração da área agrícola devido às alterações climáticas. De acordo com o Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica, Região Hidrográfica 6 (NEMUS et al., 2011), para o final do século XXI admitem-se as seguintes alterações, em relação ao período de referência de 1951-1980:

- **Precipitação** – redução média de 30% da precipitação anual média, com a seguinte distribuição sazonal:
 - Inverno – decréscimo, mal definido, que pode chegar aos 30%.
 - Primavera – decréscimo de 10 a 80%.
 - Verão – decréscimo de 10 a 90%.
 - Outono – decréscimo até 60%.
- **Escoamento superficial** – tem a seguinte distribuição sazonal:
 - Inverno – decréscimo de até 70%.
 - Primavera – decréscimo de até 80%.
 - Verão – decréscimo de até 100%.
 - Outono – decréscimo de até 100%.
- **Recarga** – prevê-se uma redução da recarga média anual entre 10 a 70%, com a seguinte distribuição sazonal face ao período de referência de 1961-1990 (com base em SIAM II, Santos e Miranda, 2006):
 - Inverno – subida de cerca de 20%.
 - Verão – decréscimo de 90%.

Para a região de Melides, a avaliação das variáveis hidrológicas devido às alterações climáticas foi realizada no âmbito deste projeto, encontrando-se os resultados em Oliveira et al. (2012). Destes resultados, verifica-se uma redução, face ao período de referência 1979-2009, tanto do escoamento superficial como da recarga anuais médias, para 2100, que podem atingir valores de redução da recarga entre os 30% e 64% enquanto no escoamento superficial as reduções variam entre os cerca de 10% e os 43% (Quadro 30):

Quadro 30 – Variação do escoamento direto e recarga por efeito das alterações climáticas

| Modelo | Escoamento direto (ESC) | Recarga natural (RAQ) | Percentagem do valor atual | | Redução face ao valor atual | |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | m ³ /ano | m ³ /ano | ESC | RAQ | ESC | RAQ |
| 1979-2009 | 13 819 959 | 5 269 858 | -- | -- | -- | -- |
| HadRM2, IS92a | 12 410 323 | 3 897 038 | 89,8% | 73,7% | 10,2% | 26,3% |
| HadRM3, SRES A2 | 7 946 476 | 2 081 372 | 57,5% | 39,9% | 42,5% | 60,1% |
| HadRM3, SRES B2 | 9 881 271 | 2 834 209 | 71,5% | 53,6% | 28,5% | 46,4% |

Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2012)

3.3.2 Condicionantes Quantitativas

3.3.2.1 Taxas de exploração admitindo condições de não alteração das necessidades hídricas de pessoas e plantas sob condições de alterações climáticas

Do exposto acima, ressalta que a redução do escoamento superficial terá consequências nos ecossistemas fluviais e da Lagoa e nos volumes de água disponíveis para os arrozais. Do mesmo modo as alterações na recarga, dada importante contribuição subterrânea para a alimentação da Lagoa, deverão ter um impacto significativo sobre este ecossistema, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo.

Considerando os consumos atuais associados a cada tipo de atividade e a sua modificação para 2027 em função dos cenários socioeconómicos (Quadro 26), pressupondo-se como cenário que estes consumos se mantenham similares para 2100, as taxas de exploração mostram um acentuado aumento, que se torna especialmente crítico para os cenários SRES A2 e SRES B2 (Quadro 31 e Quadro 32), apesar deste último ser de um modo geral menos drástico em termos de alteração do ciclo hidrológico e aumento de temperatura. No entanto, para a região de Melides, mesmo este cenário SRES B2, mais favorável, indicia uma situação de quase rutura, caso a ocupação humana, agrícola e turística se mantenha em 2100 aos níveis de 2027. Refira-se que os cenários de crescimento económico adotados para 2027 foram desenvolvidos por Lourenço et al. (2011) e pelo Plano de Gestão da Região Hidrográfica RH6 (NEMUS et al., 2011), equivalendo a um cenário de crescimento económico moderado. Ao manter as condições similares até 2100 está-se a admitir a estagnação da economia até ao final do século XXI. Se porventura em oposição a previsíveis processos de desertificação humana ocorrer um desenvolvimento económico

que exija maiores consumos de água que os atuais, ou que os previstos para 2027, as situações de sobrecarga sobre o meio hídrico subterrâneo serão ainda mais acentuadas.

Daqui se vê a grande importância dos regimes de precipitação para os recursos hídricos subterrâneos (e superficiais), pois embora o cenário climático IS92a preveja as maiores subidas de temperatura e drásticas reduções da precipitação, que no Verão e Outono podem inclusive ser superiores às previstas pelos cenários A2 e B2, o facto deste cenário ter mais elevadas precipitações no Inverno torna-o, pelo menos em termos globais, e caso o excesso hídrico de Inverno seja aproveitado, mais favorável em termos de recursos disponíveis para exploração.

Ao nível dos recursos hídricos superficiais, e admitindo que estes não serão afetados pela exploração dos subterrâneos, situação pouco provável dada a inter-relação hidráulica entre o meio superficial e subterrâneo verificado ao longo deste projeto, não haverá pressão significativa ao nível da quantidade, embora se registre um aumento da taxa de exploração, que sobe dos atuais 4,7% para até possíveis 7,3% no cenário climático mais desfavorável. No entanto deve ter-se em atenção que no recurso superficial a variabilidade da precipitação tem um forte impacto, assim como a concentração dos consumos em períodos estritos do ano, e essa variabilidade temporal, que não surge refletida nos valores médios anuais, pode contudo ser muito significativa em termos de aproveitamento e também de qualidade do recurso.

Quadro 31 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos e alteração das taxas de exploração para as origens subterrâneas dos consumos, em função das recargas alteradas por efeito das alterações climáticas

| Meio hídrico/ horizonte temporal | Modelo | Volumes de consumos (m ³ /ano) | | | | Recarga (m ³ /ano) | Taxas de exploração (%) |
|--|--------------------|--|----------|-------------------------|----------|----------------------------------|-------------------------------|
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Subterrâneo atual | | 525 288 | -- | 1 521 414 | 1 568,1 | 5 269 858 | 38,87 |
| Subterrâneo ano 2027 | | 564 947 | -- | 1 424 951 | 1 568,1 | 5 269 858 | 37,79 |
| Subterrâneo Ano 2100 | HadRM2, IS92a | 564 947 | -- | 1 424 951 | 1 568,1 | 3 897 038 | 51,10 |
| | HadRM3, SRES A2 | 564 947 | -- | 1 424 951 | 1 568,1 | 2 081 372 | 95,68 |
| | HadRM3, SRES B2 | 564 947 | -- | 1 424 951 | 1 568,1 | 2 834 209 | 70,27 |
| Meio hídrico/ horizonte temporal | | Taxas de consumo por atividade económica (%) | | | | | |
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Subterrâneo atual | | 9,97 | -- | 28,87 | 0,03 | | |
| Subterrâneo ano 2027 | | 10,72 | -- | 27,04 | 0,03 | | |
| Subterrâneo Ano 2100 | HadRM2, IS92a | 14,50 | -- | 36,56 | 0,04 | | |
| | HadRM3, SRES A2 | 27,14 | -- | 68,46 | 0,08 | | |
| | HadRM3, SRES B2 | 19,93 | -- | 50,28 | 0,06 | | |

Recorde-se por exemplo que os arrozais iniciam as regas em Abril e terminam-nas em Setembro, ou seja, precisamente na altura em que no clima mediterrânico os recursos hídricos superficiais são mais escassos. Uma redução acentuada do escoamento superficial,

como o que é apresentado nos cenários climáticos do Quadro 32, pode indicar longos períodos sem escoamento superficial, precisamente na altura das regas dos arrozais. Este aspeto não poderá assim ser negligenciado na definição das medidas de mitigação/recuperação dos ecossistemas da bacia hidrográfica de Melides e das medidas conducentes à sustentabilidade dos recursos, sistemas socioeconómicos e ecossistemas.

Quadro 32 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos e alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos superficiais alterados por efeito das alterações climáticas (média global anual)

| Meio hídrico/ horizonte temporal | Modelo | Volumes de consumos (m ³ /ano) | | | | Escoamento superficial (m ³ /ano) | Taxas de exploração (%) |
|--|--------------------|---|----------|-------------------------|----------|--|-------------------------------|
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Superficial atual | | -- | 640 000 | -- | -- | 13 819 959 | 4,63 |
| Superficial ano 2027 | | -- | 585 845 | -- | -- | 13 819 959 | 4,24 |
| Superficial Ano 2100 | HadRM2, IS92a | -- | 585 845 | -- | -- | 12 410 323 | 4,72 |
| | HadRM3, SRES A2 | -- | 585 845 | -- | -- | 7 946 476 | 7,37 |
| | HadRM3, SRES B2 | -- | 585 845 | -- | -- | 9 881 271 | 5,93 |

Com efeito, se se considerar os escoamentos apenas durante o período de regadio para estes diferentes cenários climáticos e um volume de consumo similar ao expectável para 2027 (ou seja, a área de arrozal mantém-se ao nível do previsto para 2027) as taxas de exploração tornam-se bastante mais elevadas passando dos atuais 23% para cerca de 50% no cenário climático mais desfavorável (Quadro 33). Esta situação pode colocar pressões significativas nos ecossistemas tanto lagunar como ribeirinho.

Quadro 33 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos e alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos superficiais alterados por efeito das alterações climáticas (valores referentes ao período de regadio)

| Meio hídrico/ horizonte temporal | Modelo | Volumes de consumos (m ³ /ano) | | | | Escoamento superficial (m ³) | Taxas de exploração (%) |
|--|--------------------|---|----------|-------------------------|----------|--|-------------------------------|
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Superficial atual | | -- | 640 000 | -- | -- | 2 761 310 | 23,18 |
| Superficial ano 2027 | | -- | 585 845 | -- | -- | 2 761 310 | 21,22 |
| Superficial Ano 2100 | HadRM2, IS92a | -- | 585 845 | -- | -- | 1 593 682 | 36,76 |
| | HadRM3, SRES A2 | -- | 585 845 | -- | -- | 1 174 555 | 49,88 |
| | HadRM3, SRES B2 | -- | 585 845 | -- | -- | 1 820 780 | 32,18 |

3.3.2.2 Taxas de exploração admitindo condições de alteração das necessidades hídricas de pessoas e plantas como resposta às condições de alterações climáticas

Os valores anteriores foram calculados partindo do pressuposto que os seres humanos, animais e plantas continuarão a manter as mesmas necessidades hídricas básicas mesmo perante condições de aumento de temperatura e redução da precipitação e humidade

atmosférica. Contudo a realidade é diferente. **As necessidades hídricas das plantas alteram-se com a variação térmica mas também com a subida dos teores de CO₂ atmosférico** (com algumas plantas a fazerem um uso mais eficaz da água enquanto que outras tendem a consumir mais), e os consumos agrícolas serão alterados em função destes aspetos fisiológicos mas também em função das estratégias de adaptação dos agricultores (mudança dos calendários das culturas, opção ou não por duas colheitas/ano, mudança das tecnologias e horários de regadio, opção por plantas mais adaptadas às novas condições climáticas, etc.). Por seu lado **as necessidades hídricas dos seres humanos e dos animais reagem fortemente à subida das temperaturas.**

Usando a formulação de Masike e Ulrich (2009) e os valores alcançados pela metodologia de Howden e Turnpenny (1988) para ambientes semiáridos, sendo que o clima da região de Melides se aproximará futuramente deste tipo de climas, e tendo em conta as subidas médias de temperatura em cada um dos cenários usados para o cálculo da recarga devido às alterações climáticas (cf. Oliveira et al., 2012, que se situam no intervalo previsto no Plano de Gestão da Região Hidrográfica RH6; NEMUS et al., 2011) fizeram-se os cálculos da alteração dos consumos pecuários para os bovinos. Para a alteração dos consumos dos suínos, devido às alterações climáticas, adotou-se a metodologia de Schiavon e Emmans (2000; in Patience, 2012). Dado que a capitação de suínos e ovinos é muito semelhante na região de Melides e que os ovinos são espécies algo rústicas, logo com moderadas necessidades de água, decidiu-se, na ausência de informação suficiente para o cálculo da variação dos consumos de ovinos com as alterações climáticas, estender a metodologia de cálculo dos suínos à dos efetivos de ovinos. No Quadro 34 encontra-se o valor total de consumos pecuários em função dos diferentes cenários de alterações climáticas e a variação percentual de consumos pecuários face aos valores atuais, discriminada por espécie, verificando-se uma acentuada subida dos consumos, devida em especial aos efetivos de bovinos.

Para os consumos domésticos, a metodologia de Walid (2009) admite um incremento dos consumos domésticos e industriais de água entre 5% e 25% respetivamente para aumentos de temperatura de 1°C a 5°C. Nos cenários usados para o estudo das modificações do escoamento superficial e recarga na bacia de Melides por efeito das alterações climáticas, as temperaturas deste cenário variam entre os +2,4 e os +5,6°C, situando-se no intervalo de valores projetados pelo Plano de Gestão da Região Hidrográfica RH6 (NEMUS et al., 2011). Considerando o intervalo de variação das temperaturas médias na zona e os intervalos considerados por Walid (2009), admitiu-se que a subida dos consumos domésticos se cifraria entre 12% e 28%. No Quadro 34 encontra-se o valor de consumos domésticos para cada cenário de alterações climáticas e a variação percentual de consumos domésticos

globais (já incluindo os consumos agregados do turismo), face aos valores atuais. Verifica-se assim um forte aumento dos consumos domésticos, com acréscimos que, no cenário mais desfavorável, podem atingir quase os 38% face aos valores atuais (+28% face aos valores previstos para 2027).

Para os consumos agrícolas utilizaram-se os dados de variação dos consumos agrícolas resultantes da metodologia de Diaz et al. (2007) adaptados para a realidade da zona de Melides em 2011. De acordo com estes resultados, e partindo duma situação de retração da agricultura que corresponderia a uma redução de consumos da ordem dos 6,34% para as culturas abastecidas essencialmente por recursos subterrâneos e caso não ocorressem alterações climáticas (cf. Quadro 26 e Quadro 31), os cálculos mostram que, quando se considera a variação das necessidades hídricas das plantas com as alterações climáticas, na realidade ocorre um aumento dos consumos (apesar da redução dos cultivos e área agrícola) que varia entre 5,8% (cenário SRES B2) e 12,4% (cenário SRES IS92a) face aos valores atuais (Quadro 34). De sublinhar que estes são valores globais e as condições são diferentes para cada cultura dado que cada planta tem necessidades hídricas e respostas diferenciadas ao aumento da temperatura, redução da precipitação, modificação das condições de humidade atmosférica e de concentração de CO₂ atmosférico. Assim estes valores representam uma média global dos consumos agrícolas expectáveis na região.

Para os recursos hídricos subterrâneos as taxas de exploração fixam-se sempre acima dos 60%, por oposição às condições atuais e de futuro próximo em que estas taxas se cifram entre os 38-39% na atualidade e futuro próximo, ou entre os 50% e os cerca de 96% para 2100 se se admitir que as alterações climáticas não afetam as necessidades hídricas de seres humanos, animais e plantas (cf. Quadro 31). Considerando a modificação das necessidades hídricas de plantas, seres humanos e animais devido às alterações climáticas, e para o cenário SRES A2 ocorrem condições de rutura (necessidades hídricas superiores à recarga), e no caso do cenário SRES B2 quase se atinge situação de rutura (Quadro 34). De referir que o cenário IS92a, onde as temperaturas são mais elevadas e os consumos apresentam por esse motivo os valores mais elevados, é o que tem mesmo assim a menor taxa de exploração dado que neste cenário, e apesar das condições muito desfavoráveis na época de estio, existe um aumento da recarga no Inverno face aos valores atuais (Quadro 34). Isto pode contudo significar que, no cenário IS92a, as condições de estio podem ser de facto situações de rutura, por oposição ao resto do ano; as condições mais favoráveis de Inverno neste cenário podem permitir eventualmente estabelecer estratégias de armazenamento de água para enfrentar as condições mais rigorosas de estiagem associadas a este cenário climático. Note-se o significativo agravamento das taxas de exploração face às condições em que se assume que as necessidades hídricas para as

diferentes atividades económicas se mantêm constantes e apenas varia a recarga (cf. Quadro 31 vs Quadro 34).

Quadro 34 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos acrescido do incremento de consumos devido às necessidades de animais, plantas e seres humanos perante as alterações climáticas e consequente alteração das taxas de exploração para as origens subterrâneas dos consumos, em função das recargas alteradas por efeito das alterações climáticas

| Meio hídrico/ horizonte temporal | Modelo | Volumen de consumos (m ³ /ano) | | | | Recarga (m ³ /ano) | Taxas de exploração (%) |
|--|--------------------|--|----------|-------------------------|----------|----------------------------------|-------------------------------|
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Subterrâneo atual | | 525 288 | -- | 1 521 414 | 1 568,1 | 5 269 858 | 38,87 |
| Subterrâneo ano 2027 | | 564 947 | -- | 1 424 951 | 1 568,1 | 5 269 858 | 37,79 |
| Subterrâneo Ano 2100 | HadRM2, IS92a | 723 132 | -- | 1 709 941 | 2 335,8 | 3 897 038 | 62,49 |
| | HadRM3, SRES A2 | 658 163 | -- | 1 652 943 | 1 991,1 | 2 081 372 | 111,13% |
| | HadRM3, SRES B2 | 632 740 | -- | 1 610 195 | 1 916,7 | 2 834 209 | 79,21 |
| Meio hídrico/ horizonte temporal | | Taxas de consumo por atividade económica (%) | | | | | |
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Subterrâneo atual | | 9,97 | -- | 28,87 | 0,03 | | |
| Subterrâneo ano 2027 | | 10,72 | -- | 27,04 | 0,03 | | |
| Subterrâneo Ano 2100 | HadRM2, IS92a | 18,56 | -- | 43,88 | 0,06 | | |
| | HadRM3, SRES A2 | 31,62 | -- | 79,42 | 0,10 | | |
| | HadRM3, SRES B2 | 22,33 | -- | 56,81 | 0,07 | | |

Tal dá uma importante indicação de que para a avaliação das variações das taxas de exploração se deve ter em conta as respostas fisiológicas de animais e plantas, assim como as estratégias de adaptação mais prováveis de serem adotadas pelos agricultores.

Quanto aos arrozais – que realizam em Melides a exploração dos **recursos hídricos superficiais** – existe significativa incerteza sobre a variação das suas necessidades de irrigação sob condições de alterações climáticas na zona mediterrânica, não tendo sido encontrados valores quantitativos na bibliografia. Existem contudo estudos para áreas como a Coreia do Norte, a globalidade do território chinês (valores que englobam arrozais e outras culturas, sendo que os arrozais se desenvolvem tipicamente em áreas tendencialmente de clima mais tropical) e Sri Lanka. Neste último país, e apesar das diferenças climáticas, existe uma considerável área de clima seco, onde se localizam as principais zonas de produção de arroz, e para a qual a modelação para os cenários climáticos SRES A2 e B2 prevêem para o horizonte temporal de 2050 reduções de precipitação na época húmida de 17% e 9%, aumentos da evapotranspiração da ordem dos 2% a 1% e aumentos de temperatura média de 1,68°C e 1,38°C, respetivamente, sendo esta época húmida o período mais importante de cultivo de arroz (de Silva et al., 2007). Estas condições levam a um aumento médio das necessidades de irrigação de +23% para o cenário A2 e de +13% para o cenário B2, de acordo com estes autores (Quadro 35).

Existem diferenças entre estas regiões e a área de estudo de Melides, em especial no que concerne à precipitação média anual e aos períodos de cultivo. No entanto há similitudes porque tanto no período húmido das zonas de arrozal do Sri Lanka como na época de cultivo de arrozal em Melides os decréscimos de precipitação são dos mais significativos e as necessidades hídricas atuais dos arrozais de Melides (cerca de 452 mm/ano) encontram paralelo em várias zonas do Sri Lanka que registam nos cenários climáticos reduções muito sensíveis de precipitação e subidas significativas de evapotranspiração e de temperatura. Além disso as variações destes três parâmetros hídricos seguem um paralelo aproximado com o expectável para 2050 e 2100 em Melides.

Escolhendo os valores de variação das necessidades hídricas para as condições de base que mais se aproximam das necessidades hídricas em Melides e sendo que as variações de precipitação e temperatura para 2100 se aproximam do dobro das registadas para 2050, aplicaram-se para os cenários A2 e B2 variações de necessidades hídricas de respetivamente 36% e 26%. Não se analisou o cenário IS92a por este não estar contemplado no estudo de Silva et al. (2007).

Quadro 35 – Necessidades de irrigação de arrozais no Sri Lanka

| Local | Atual (mm) | Cenário A2 | | Cenário B2 | |
|--------------|------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | | mm | % de variação | mm | % de variação |
| Jaffna | 520 | 596 | +15 | 583 | +12 |
| Puttlam | 574 | 636 | +11 | 583 | +2 |
| Vavuniya | 481 | 569 | +18 | 552 | +15 |
| Tricomalee | 433 | 551 | +21 | 490 | +13 |
| Anuradhapura | 481 | 569 | +18 | 552 | +15 |
| Batticaloa | 347 | 508 | +45 | 396 | +15 |
| Hambantota | 648 | 636 | -2 | 622 | -4 |
| Mannar | 574 | 636 | +10 | 622 | +8 |
| Kurunagala | 454 | 526 | +15 | 490 | +8 |
| Badulla | 293 | 382 | +30 | 347 | +18 |

Fonte: de Silva et al. (2007)

Assim, para os **consumos de origem superficial** (apenas arrozais, dado que as restantes atividades são abastecidas essencialmente por águas subterrâneas), e adotando as modificações nas necessidades hídricas deduzidas a partir de Silva et al. (2007), as taxas de exploração aumentam significativamente face a 2027, prevendo-se uma subida de 102% (84,7% face aos valores atuais) destas taxas no cenário de emissões SRES A2, e um aumento de 58% (44,7% face aos valores atuais) para o cenário SRES B2 (Quadro 36). Não foram, pelas razões referidas acima, avaliadas as taxas de exploração e consequente variação face às taxas atuais e de 2027 para o cenário IS92a.

Apesar do muito significativo aumento das taxas de exploração (que no cenário SRES A2 duplicam face aos valores de consumos expectáveis para 2027), se se considerar estritamente os valores de volumes dos recursos e de consumos projetados, não se prevê,

ao invés do que sucede com os recursos subterrâneos, ruturas no abastecimento aos arrozais por via superficial.

Contudo, este poderá não ser o caso se se admitir que o período em que se procede ao regadio (Abril a Setembro) coincide com os períodos de maiores reduções de precipitação (cf. Oliveira et al., 2012), o que terá impactos sobre o escoamento superficial e poderá levar a carências efetivas no abastecimento.

Quadro 36 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos acrescido do incremento de consumos devido às necessidades dos arrozais perante as alterações climáticas e consequente alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos alterados por efeito das alterações climáticas (valores médios anuais)

| Horizonte temporal | Modelo | Volumes de consumos (m ³ /ano) | | | | Escoamento superficial (m ³ /ano) | Taxas de exploração (%) |
|----------------------|-----------------|---|----------|----------------------|----------|--|-------------------------|
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Superficial atual | | -- | 640 000 | -- | -- | 13 819 959 | 4,63 |
| Superficial ano 2027 | | -- | 585 845 | -- | -- | 13 819 959 | 4,24 |
| Ano 2100 | HadRM2, IS92a | -- | -- | -- | -- | 12 380 198 | -- |
| | HadRM3, SRES A2 | -- | 679 580 | -- | -- | 7 855 595 | 8,55 |
| | HadRM3, SRES B2 | -- | 662 005 | -- | -- | 9 828 073 | 6,70 |

Deste modo, considerando os escoamentos atuais e em cenários de alterações climáticas para o período de regadio dos arrozais (Abril a Setembro), as taxas de exploração evoluem de acordo com os valores do Quadro 37:

Quadro 37 – Variação dos consumos em função dos cenários socioeconómicos acrescido do incremento de consumos devido às necessidades dos arrozais perante as alterações climáticas e consequente alteração das taxas de exploração para as origens superficiais dos consumos, em função dos escoamentos alterados por efeito das alterações climáticas (valores referentes ao período de regadio)

| Horizonte temporal | Modelo | Volumes de consumos (m ³ /ano) | | | | Escoamento superficial (m ³ / época de rega) | Taxas de exploração (%) |
|----------------------|-----------------|---|----------|----------------------|----------|---|-------------------------|
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| Superficial atual | | -- | 640 000 | -- | -- | 2 761 310 | 23,18 |
| Superficial ano 2027 | | -- | 585 845 | -- | -- | 2 761 310 | 21,22 |
| Ano 2100 | HadRM2, IS92a | -- | -- | -- | -- | 1 593 682 | -- |
| | HadRM3, SRES A2 | -- | 679 580 | -- | -- | 1 174 555 | 57,86 |
| | HadRM3, SRES B2 | -- | 662 005 | -- | -- | 1 820 780 | 36,36 |

Face aos valores atuais os escoamentos no período de regadio sofrem, nos cenários de alterações climáticas as reduções de 42,29%, 57,46% e 34,06% para os cenários IS92a, SRES A2 e SRES B2, respetivamente. Deste modo, aumentando as necessidades hídricas das plantas respetivamente de 6,18% face ao valor atual (16% face ao expectável em 2027) e de 3,44% (13% em relação a 2027) para os mesmos cenários, as taxas de exploração

umentam em conformidade com os valores do Quadro 37. Estes aumentos cifram-se em 150% face aos valores atuais (173% face ao expectável em 2027) para o cenário SRES A2 e de 56,9% face aos valores atuais (71,37% face a 2027) para o cenário SRES B2.

Avaliando as taxas de variação dos consumos para as diferentes atividades económicas, verifica-se que estas mostram um aumento significativo em especial para os cenários mais desfavoráveis, no que se refere à temperatura (Quadro 38). As atividades que apresentam maiores aumentos face à atualidade são as de origem doméstica e a pecuária, com especial destaque para os consumos dos bovinos. A agricultura terá uma menor subida das taxas de consumos porque, e apesar do aumento das necessidades hídricas de algumas espécies (outras, pelo contrário poderão ter uma redução destas necessidades devido ao aumento das concentrações de CO₂ atmosférico), a evolução é no sentido duma redução progressiva da área agrícola e portanto do abastecimento hídrico associado.

Quadro 38 – Evolução das taxas de consumos hídricos face aos valores atuais considerando o efeito das alterações climáticas sobre as necessidades hídricas dos organismos

| Modelo | Variação da Temperatura (°C) | Variação dos volumes de consumos face aos atuais (%) | | | | | |
|-----------------|------------------------------|--|----------|----------------------|----------|---------|--------|
| | | Doméstico | Arrozais | Restante agricultura | Pecuária | | |
| | | | | | Suínos | Bovinos | Ovinos |
| HadRM2, IS92a | +5,6 | 37,66 | -- | 12,39 | 9,88 | 55,00 | 14,75 |
| HadRM3, SRES A2 | +3,3 | 25,30 | 6,18 | 8,65 | 5,99 | 30,20 | 8,95 |
| HadRM3, SRES B2 | +2,4 | 20,46 | 3,44 | 5,84 | 4,35 | 25,00 | 6,50 |

Deve sublinhar-se que esta metodologia de avaliação da variação dos consumos e taxas de exploração em condições de alteração climática, levando em conta a variação associada das necessidades hídricas dos seres vivos, tem como importante limitação o facto de as taxas de variação dos consumos tanto das plantas como dos animais e seres humanos serem valores recolhidos da bibliografia, por vezes para regiões que, embora com condições de semiaridez e tendências de evolução de precipitação e temperatura similares às expectáveis para o território português, têm contudo climas algo distintos. Outro dos aspetos desta análise de algum modo limitador é o de que as variações dos consumos de plantas, animais e seres humanos, se basearam apenas nas variações térmicas, não entrando em linha de conta com outros fatores como as variações da humidade, do eventual alargamento dos períodos de seca rigorosa, das ondas de calor, etc. que também afetam os consumos e cuja contabilização está de um modo geral ainda pouco quantificada na literatura. Deste modo os resultados agora expressos devem ser encarados como uma primeira quantificação, sendo necessários estudos futuros que identifiquem de modo pormenorizado a variação das necessidades hídricas dos diferentes cultivares, gado e seres humanos em território português para os diferentes cenários de alterações climáticas, com vista a uma avaliação mais concreta e exata da variação dos consumos nestes mesmos cenários.

3.3.3 Condicionantes Qualitativas

As alterações climáticas têm também impactos ao nível da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, por exemplo por contaminação dos aquíferos na sequência da infiltração de nitratos e outros poluentes durante períodos de cheia (Civita e de Maio, 1997) ou a infiltração de poluentes, em especial nitratos, após prolongados períodos de seca, os quais podem posteriormente atingir os cursos de água (Whitehead et al., 2006).

Ao **nível das águas superficiais**, a manutenção das cargas poluentes, terá efeitos adversos em sistemas hídricos que se prevê venham a ser alimentados por um menor escoamento superficial, mudem eventualmente para regimes intermitentes ou torrenciais, e/ou tenham períodos de funcionamento mais curtos. A mesma carga poluente descarregada para um meio hídrico com menores volumes de água levará a um aumento da sua concentração nesse meio e haverá uma conseqüente redução da capacidade do meio hídrico de incorporar tais cargas sem degradação significativa da qualidade da água, gerando diversos problemas (ex.: eutrofização e explosões de algas). Por outro lado os eventos de chuva, que se prevê se tornem mais concentrados, terão um maior poder para arrastar os poluentes existentes à superfície do solo e transferi-los para o escoamento superficial. Um terceiro aspeto, e não menos importante, em especial ao que aos ecossistemas diz respeito, prende-se com o aumento da temperatura, o qual leva à redução do oxigénio dissolvido nas águas e conseqüente condicionamento dos processos físicos e biológicos devido à alteração que é assim desencadeada sobre o funcionamento dos ecossistemas.

Ao **nível da água que se infiltra nos meios subterrâneos**, e pondo de parte os problemas associados a aportes de poluentes aquando de eventos de cheias, a redução da água disponível para infiltração levará igualmente a um provável aumento da concentração dos poluentes no ponto de infiltração e eventualmente a um maior tempo de remoção dos poluentes para o meio subterrâneo, dadas as potenciais modificações que a alteração da recarga poderá induzir no funcionamento dos aquíferos. No caso da região de Melides deverá, em estudos posteriores, equacionar-se ainda o problema da subida do nível do mar e conseqüente impacto da intrusão salina. Considerando apenas os aportes poluentes e se, em conformidade com o Quadro 9, ocorrer um aumento natural do aporte de poluentes a partir do meio hídrico subterrâneo, quer devido ao aumento efetivo da carga poluente por atividade económica (ex.: fontes domésticas), quer por efeito da chegada retardada e concentrada de poluentes ao meio hídrico, a redução da recarga por efeito das alterações climáticas poderá exacerbar este problema dentro do aquífero.

Para as **águas da Lagoa** é necessário considerar as contribuições superficiais e subterrâneas assim como a variação dos volumes superficiais e subterrâneos (e eventual

variação do volume da própria Lagoa) que ocorrerá para os diferentes cenários de alterações climáticas. De acordo com Oliveira et al. (2012a) a Lagoa tem atualmente $1,5 \text{ hm}^3$ de volume e circulam na bacia um total de cerca de $20 \text{ hm}^3/\text{ano}$, dos quais $18,5 \text{ hm}^3/\text{ano}$ alimentam a Lagoa, sendo que neste valor se englobam, além do escoamento superficial e das descargas da ETAR, cerca de $5 \text{ hm}^3/\text{ano}$ de recarga que alimenta a rede hidrográfica, em conformidade com os resultados apresentados em Chambel e Monteiro (2007), Monteiro et al. (2008) e Monteiro et al. (in press); estes valores não consideram a eventual contribuição da recarga artificial devida às perdas por irrigação. Esta contribuição para o meio hídrico superficial ocorre ao longo da rede hidrográfica, pois que, de acordo com Monteiro (comunicação oral), e embora em algumas áreas da Lagoa possam ocorrer descargas do aquífero superficial, tais ocorrências não são, segundo este autor, tão importantes em termos de saídas naturais como no caso das ribeiras que para ela fluem diretamente. É de notar que do valor de recarga de cerca de $6 \text{ hm}^3/\text{ano}$ para toda a área modelada no presente estudo (cf. descrição do modelo matemático em Oliveira et al., 2012) cerca de $5,3 \text{ hm}^3/\text{ano}$ correspondem à recarga na zona porosa da bacia de Melides, ou seja o volume de recarga que alimenta a rede hidrográfica de acordo com Monteiro et al. (2008) e Monteiro et al. (in press), é similar ao da recarga de toda a zona porosa da bacia hidrográfica de Melides. Cálculos efetuados a partir dos dados de Oliveira et al (2012a) indicam que os volumes de água descarregada pelo aquífero para a rede de drenagem, e que posteriormente alcançam a Lagoa, perfazem cerca de 94,6% da recarga na zona porosa da bacia de Melides).

Note-se a este propósito que na área da bacia de Melides (1) haverá perdas, desconhecidas, para o aquífero profundo, (2) a taxa de exploração atual é de cerca 39% (cf. Quadro 26), (3) há percolação lateral para o mar. Deste modo a percolação lateral dos terrenos porosos envolventes à bacia contribuirá significativamente para a manutenção do nível piezométrico, devendo compensar as perdas para o aquífero profundo, as saídas para o mar e possíveis fluxos laterais para fora da bacia. Assim sendo, o total de recarga de $6 \text{ hm}^3/\text{ano}$ calculado para a área de modelação (que engloba faixas do sistema aquífero exteriores à bacia de Melides) funciona como regulador das condições piezométricas dentro da bacia, ou seja, as transferências laterais são muito importantes em termos de funcionamento do meio hídrico na área da bacia de Melides.

Como as taxas de exploração se alteram entre a atualidade e 2027, admite-se que existirá menos água subterrânea disponível para alimentar a Lagoa. É por esta razão que, apesar da recarga ser admissivelmente igual em 2011 e 2027, a recarga que entra na Lagoa é inferior. Adicionando a este valor da recarga a recarga artificial devida à agricultura – e que

se situa em 25,4% do volume de consumos agrícolas subterrâneos – tem-se o volume total de água subterrânea que alimenta a Lagoa.

Tem ainda que se referir que na parcela do escoamento superficial não está contabilizado o volume de água descarregado pela Fonte de Olhos devido a desconhecer-se o volume anual total que esta nascente debita para o meio hídrico superficial.

Para os cenários de alterações climáticas, e considerando que haverá uma redução significativa da recarga e do escoamento superficial e que a recarga na área da bacia será significativamente inferior aos atuais volumes de água debitados pelo meio subterrâneo, resulta que nem o escoamento superficial nem as descargas do aquífero poderão satisfazer a alimentação das ribeiras ao nível atual. Com efeito no Quadro 39 a percentagem de recarga que alimenta a atual descarga do meio subterrâneo para as ribeiras mostra que em cenários de alteração climática, a recarga no meio poroso dentro da bacia é claramente inferior ao volume necessário para as descargas se manterem idênticas às atuais. Deste modo, para avaliar as tendências de evolução da qualidade da água na Lagoa em cenários de alterações climáticas, consideraram-se os seguintes pressupostos: (1) para o cenário IS92a o volume debitado da recarga para a rede hidrográfica reduz-se para 80%, dado o presumível abaixamento do nível piezométrico na maior parte do ano e uma subida do mesmo durante o Inverno, o que levaria a um aumento da descarga durante este período; (2) para os cenários A2 e B2, devido à significativa redução da recarga, considera-se que as ribeiras recebem, em termos de volume de água, uma muito reduzida alimentação por via subterrânea (cf. Quadro 41, Quadro 42 e Quadro 43).

Quadro 39 – Variação percentual da recarga que alimenta as ribeiras e das recargas totais em cenários de alterações climáticas

| Datas/Cenário de emissões | | Recarga na zona porosa da bacia (m ³ /ano) | Recarga que alimenta as ribeiras (%) | Redução da recarga face ao valor atual (%) |
|---------------------------|-------|---|--------------------------------------|--|
| Atual | | 5 269 858 | 94,88 | 0,00 |
| Em 2027 | | 5 269 858 | 94,88 | 0,00 |
| 2100 | IS92a | 3 884 381 | 48,66 | 26,30 |
| | A2 | 2 103 000 | 5,23 | 60,01 |
| | B2 | 2 825 800 | 29,73 | 46,40 |

Para a definição da variação da concentração dos poluentes é necessário conhecer: (1) a evolução das cargas poluentes, (2) os volumes que circulam na Lagoa e (3) a evolução do volume total desta. Para a evolução das cargas poluentes considerou-se o pressuposto de que estas se manterão idênticas às previstas para 2027. Este pressuposto baseou-se por um lado na perspetivada desertificação humana das zonas do sul da Europa em cenários de alterações climáticas e conseqüente redução das áreas agrícolas (cf. Rounsevell et al., 2006; <http://www.pik-potsdam.de/ateam>) e por outro, no pior cenário em termos de cargas poluentes, no eventual aumento do turismo ao longo do século, sendo que na região a carga

poluente associada ao turismo se admitiu, com base nos cenários socioeconómicos, como podendo vir a ser sazonalmente muito significativa. Assim assumiu-se que as perdas em carga poluente de nitratos e fosfatos associados à agricultura e mesmo à redução da população residente poderão ser compensadas pelo aumento do turismo.

Relativamente aos volumes da Lagoa admitiu-se que o total de volume de água entrado na Lagoa é o somatório do escoamento superficial, componente da recarga + recarga artificial (devido a excedentes de regas e/ou futuras intervenções humanas para regular o volume da Lagoa) e caudais da ETAR. Consideraram-se três cenários de evolução do volume de água na Lagoa, cujos valores se apresentam no Quadro 40.

Quadro 40 – Cenários de evolução do volume da Lagoa (em hm³) em condições de alterações climáticas

| Cenário de emissões/ modelo climático | Cenário 1 | Cenário 2 | Cenário 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| <i>Condições atuais</i> | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| HadRM2/IS92a | 1,5 | 1,23 | 1,35 |
| HadRM3/SRES A2 | 1,5 | 0,64 | 0,86 |
| HadRM3/SRES B2 | 1,5 | 0,80 | 1,07 |

Estes cenários são os abaixo descritos, apresentando-se igualmente as variações da recarga, escoamento superficial e taxas de contribuição de cada uma destas componentes do ciclo hidrológico no volume da Lagoa e das descargas para o oceano:

- **Cenário 1** – admite-se que o volume de água da Lagoa será constante sendo os valores de água que circulam na Lagoa os registados no Quadro 41, condição que se verificará se o somatório escoamento superficial + recarga que atinge a Lagoa for suficiente para manter os volumes atuais. Na realidade, e na ausência de intervenção humana, o volume da Lagoa deverá alterar-se no futuro devido a processos vários, desde o aumento da evaporação, à alteração das ligações com o oceano lado devido às alterações nas dinâmicas do litoral, devido à subida do nível do mar, mudança da orientação das correntes oceânicas e alteração das taxas de erosão litoral (que afetarão os regimes de abertura natural do cordão litoral), etc.

Verifica-se deste modo, para este cenário, uma redução progressiva da percentagem de volume de água que abandona a Lagoa, quer por evaporação quer por descarga para o oceano durante os períodos de abertura da sua barra, de cerca de 92% em 2011 para cerca 77% no cenário climático A2. A ocorrer esta situação, tal indica que a capacidade de renovação das águas e remoção dos poluentes da Lagoa se reduz nos cenários de alterações climáticas.

Quadro 41 – Variação dos volumes de água que alimentam e saem da Lagoa em cenários de alterações climáticas em condições de volume constante da Lagoa

| Datas/Cenário de emissões | Volume máximo da Lagoa (hm ³) | Volumes que circulam na Lagoa (hm ³ /ano) | | | Recarga entrada vs volume total entrado (%) | Escoamento total na bacia (hm ³ /ano) | Escoamento vs total entrado na Lagoa (%) | Total saído vs total entrado (%) | Recarga + recarga artificial vs total entrado (%)* | |
|---------------------------|---|--|-------------|-----------------|---|--|--|----------------------------------|--|-------|
| | | Total entrado | Total saído | Recarga entrada | | | | | | |
| Atual | 1,5 | 19,25 | 17,75 | 5,00 | 25,97 | 13,82 | 71,80 | 92,21 | 28,0 | |
| Em 2027 | 1,5 | 19,22 | 17,72 | 5,00 | 26,00 | 13,82 | 71,90 | 92,20 | 27,9 | |
| 2100 | IS92a | 1,5 | 14,33 | 12,38 | 1,89 | 13,00 | 12,43 | 86,78 | 86,42 | 13,22 |
| | A2 | 1,5 | 8,03 | 6,21 | 0,11 | 0,11 | 7,92 | 98,59 | 77,30 | 1,41 |
| | B2 | 1,5 | 10,70 | 8,94 | 0,84 | 0,86 | 9,86 | 92,19 | 83,60 | 7,81 |

*admitindo não alteração dos consumos a partir de 2027

- **Cenário 2** – admite-se que a proporção de água que sai da Lagoa é igual à atual, ou seja 92,2% do total entrado, o que equivale na prática a cerca de 13 vezes o volume médio de água na Lagoa (volume de 1,5 hm³; cf. Oliveira et al., 2012a). Estas condições ocorreriam apenas se a dinâmica costeira (subida local do nível do mar, taxa de erosão, etc.) mantivesse um equilíbrio dinâmico com a Lagoa – modificada já pela alteração dos aportes de águas superficiais e subterrâneas – similar ao atual, ou se ocorresse intervenção humana que mantivesse tal equilíbrio. Nestas condições o volume de água da Lagoa altera-se, como se pode verificar do Quadro 40, sendo os volumes envolvidos que se projeta como necessários para a ocorrência destas condições os apresentados no Quadro 42.

Nestas condições a percentagem de água que sai da Lagoa sofre também uma redução significativa, em especial nos cenários em que a contribuição subterrânea é nula (cenários A2 e B2) embora inferior à que se verifica para o caso da manutenção do volume da Lagoa nos valores atuais (Quadro 42 versus Quadro 41). No caso em que a contribuição de água subterrânea para a alimentação da Lagoa é muito reduzida, o escoamento superficial (em conjunto com os excedentes da ETAR) será a fonte de alimentação para manter as descargas na proporção atual, estando assim o volume da Lagoa estará dependente do excedente de escoamento (e valores residuais de recarga) face ao total que sai para o mar, e que é de cerca 12,03+1,53% no cenário A2 e 2,28+8,47% no cenário B2. Deste modo, e para manter a proporção de água que sai da Lagoa aos níveis atuais será necessário promover a saída de um volume tal que levará à redução efetiva do volume da Lagoa. No caso de haver alimentação subterrânea, esta redução é relativamente moderada mas no caso em que esta alimentação cessa as reduções podem ir dos cerca de 44% a 58%. Esta situação, que seria para todos os efeitos obtida artificialmente, mostra que a manutenção das taxas de descarga (por exemplo com vista à remoção de poluentes da Lagoa) teria sérios custos ambientais, com uma redução significativa do volume de água para albergar a

fauna piscícola e muito possivelmente promovendo condições para a alteração dos processos físico-químicos-bióticos que condicionam o funcionamento ecológico da Lagoa.

Quadro 42 – Variação dos volumes de água que alimentam e saem da Lagoa em cenários de alterações climáticas em condições de percentagem constante de recarga e escoamento saído da Lagoa

| Datas/Cenário de emissões | Volume máximo da Lagoa (hm ³) | % de variação do volume da Lagoa | Volumes que circulam na Lagoa (hm ³ /ano) | | | Recarga entrada vs volume total entrado | Escoamento total na bacia (hm ³ /ano) | % face ao total saído* | | |
|---------------------------|---|----------------------------------|--|-------------|-----------------|---|--|------------------------|------------|--------|
| | | | Total entrado | Total saído | Recarga entrada | | | Recarga | Escoamento | |
| Atual | 1,5 | 0,00 | 19,25 | 17,75 | 5,00 | 25,97 | 13,82 | 28,17 | 77,88 | |
| Em 2027 | 1,5 | 0,00 | 19,22 | 17,72 | 5,00 | 26,00 | 13,82 | 28,20 | 77,98 | |
| 2100 | IS92a | 1,12 | -25,50 | 14,33 | 13,21 | 1,89 | 13,22 | 12,43 | 14,34 | 98,27 |
| | A2 | 0,63 | -58,24 | 8,03 | 7,40 | 0,11 | 1,41 | 7,92 | 1,53 | 112,03 |
| | B2 | 0,83 | -44,37 | 10,70 | 9,86 | 0,84 | 7,81 | 9,86 | 8,47 | 102,28 |

*o excesso de 100% é o que vai constituir o volume líquido da Lagoa

- **Cenário 3** – o volume de água na Lagoa varia em função das alterações do escoamento superficial, e da recarga, sem que se mantenham constantes e ao nível atual quaisquer volumes de descarga. Para este caso as variações são as assinaladas no Quadro 43, e para que estas condições se verifiquem é necessário pressupor que se estabeleça um equilíbrio dinâmico entre a Lagoa e a subida do nível do mar, pois de outro modo ocorrerá abertura progressivamente maior ao oceano por parte da Lagoa e estas relações entre volumes de água na Lagoa, recarga e escoamento não se estabelecerão.

No caso de variação da descarga e volume da Lagoa (Quadro 43) a descarga é naturalmente regulada pelo superavit de água, sem que sejam impostos quaisquer controlos ao volume de água que sairá para o mar. Nas condições em que existe contribuição subterrânea (cenário IS92a), o volume de água que sai da Lagoa é constituído pelo escoamento mais 14,6% de contribuição subterrânea, o que é refletido pela muito menor redução do volume da Lagoa, que se cifra apenas dos 10%. Nos cenários A2 e B2, em que a alimentação é da Lagoa é realizada quase exclusivamente pelo escoamento superficial e sem quaisquer intervenções humanas no sentido de manter o volume da Lagoa ou as suas descargas, isto é, em que se deixa o sistema ajustar-se naturalmente às condições destes cenários climáticos, ocorre também uma redução sensível do volume da Lagoa mas significativamente inferior à que se verificaria se se mantivessem as taxas de descarga para o oceano similares às atuais (Quadro 43 versus Quadro 42). Assim, este cenário de evolução/gestão parece menos adverso do que o cenário de manutenção das descargas, sendo contudo mais adverso do que o de manutenção artificial do volume da Lagoa.

Quadro 43 – Variação dos volumes de água que alimentam e saem da Lagoa em cenários de alterações climáticas para condições de volumes da Lagoa e descargas para o oceano não constantes

| Datas/Cenário de emissões | Volume máximo da Lagoa (hm ³) | % de variação do volume da Lagoa | Volumes que circulam na Lagoa (hm ³ /ano) | | | Recarga entrada vs volume total entrado (%) | Escoamento total na bacia (hm ³ /ano) | % face ao total saído | | |
|---------------------------|---|----------------------------------|--|-------------|-----------------|---|--|-----------------------|---------|--------|
| | | | Total entrado | Total saído | Recarga entrada | | | Escoamento | Recarga | |
| Atual | 1,5 | 0,00 | 19,25 | 17,75 | 5,00 | 25,97 | 13,82 | 71,80 | 28,0 | |
| Em 2027 | 1,5 | 0,00 | 19,22 | 17,72 | 5,00 | 26,00 | 13,82 | 71,90 | 27,9 | |
| 2100 | IS92a | 1,35 | -10,00 | 14,33 | 12,98 | 1,89 | 13,22% | 12,43 | 95,81% | 14,60% |
| | A2 | 0,86 | -42,67 | 8,03 | 7,17 | 0,11 | 1,41% | 7,92 | 110,42% | 1,58% |
| | B2 | 1,07 | -28,67 | 10,70 | 9,63 | 0,84 | 7,81% | 9,86 | 102,44% | 8,67% |

Os valores acima apresentados partem da hipótese teórica de que a dinâmica costeira se manterá sensivelmente similar à atualmente vigente, ou seja, que tanto a taxa de erosão como a subida do nível do mar serão de alguma forma equilibrados pelos processos morfodinâmicos da bacia hidrográfica de Melides e região envolvente. Na realidade tal não se deverá verificar, e se ocorrer a redução do volume da Lagoa, como previsto nalguns dos cenários, esta alteração será ainda mais provável, tais alterações modificarão os padrões de circulação entre as águas do mar e as da Lagoa, alterando os regimes de abertura deste massa lagunar. Dado a expectável subida do nível do mar é de admitir que passe a haver uma mais forte influência da componente marinha, com eventuais aberturas mais frequentes e uma maior invasão da água do mar, promovendo a maior salinização da Lagoa e talvez a evolução de um ecossistema lagunar para um ecossistema marinho litoral franco.

Considerando agora as cargas poluentes em 2027 e admitindo que se mantêm constantes até 2100, e os valores dos volumes de água em circulação para cada um dos cenários de alterações climáticas, a evolução é a que se apresenta nos subcapítulos seguintes.

3.3.3.1 Previsões de evolução da qualidade das águas subterrâneas

Para as águas subterrâneas, admitindo que as cargas poluentes (com inclusão da contribuição da carga associada aos arrozais que entra no meio subterrâneo) se mantêm ao nível dos valores de 2027, tomando o somatório de todas as cargas poluentes entradas no meio e as recargas por cenário climático tem-se a seguinte evolução dos valores de cargas médias globais no meio subterrâneo (Quadro 44 e Quadro 45):

Quadro 44 – Variação média global da carga de nitratos no meio hídrico subterrâneo em cenários de alterações climáticas

| Datas/Cenário de emissões | Recarga (hm ³ /ano) | Sem variação da área agrícola | | | Com variação da área agrícola | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------|-------------------------------|----------------------|---------|--------|
| | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | |
| | | | vs 2011 | vs 2027 | | vs 2011 | vs 2027 | |
| Atual | 5,27 | 11,76 | 0,00 | -- | 11,55 | 0,00 | -- | |
| Em 2027 | 5,27 | 12,64 | 7,48 | 0,00 | 12,33 | 6,75 | 0,00 | |
| 2100 | IS92a | 3,69 | 18,36 | 56,18 | 45,31 | 17,81 | 54,21 | 44,46 |
| | A2 | 1,92 | 35,32 | 200,43 | 179,52 | 34,27 | 196,64 | 177,87 |
| | B2 | 2,61 | 26,01 | 121,19 | 105,80 | 25,23 | 118,40 | 104,59 |

Quadro 45 – Variação média global da carga de fosfatos no meio hídrico subterrâneo em cenários de alterações climáticas

| Datas/Cenário de emissões | Recarga (hm ³ /ano) | Sem variação da área agrícola | | | Com variação da área agrícola | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------|-------------------------------|----------------------|---------|--------|
| | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | |
| | | | vs 2011 | vs 2027 | | vs 2011 | vs 2027 | |
| Atual | 5,27 | 3,44 | 0,00 | -- | 3,34 | 0,00 | -- | |
| Em 2027 | 5,27 | 3,73 | 8,44 | 0,00 | 3,57 | 7,02 | 0,00 | |
| 2100 | IS92a | 3,69 | 5,48 | 59,52 | 47,10 | 5,20 | 55,87 | 45,65 |
| | A2 | 1,92 | 10,55 | 206,86 | 182,96 | 10,01 | 199,83 | 180,16 |
| | B2 | 2,61 | 7,77 | 125,92 | 108,33 | 7,37 | 120,75 | 106,27 |

Estes são valores médios globais que naturalmente terão variações de local para local, até pela distribuição das fontes poluentes. Aplicando as taxas de variação apresentadas no Quadro 39 e Quadro 42 às atuais concentrações dos pontos de monitorização obtém-se uma evolução claramente desfavorável à qualidade das águas (Quadro 46 e Quadro 47), indicando as células a vermelho as concentrações situadas acima do limiar de qualidade e que colocam o ponto em condições de qualidade insatisfatória.

Vê-se deste modo que, comparativamente ao Quadro 5, se projeta um agravamento das condições de qualidade. Relativamente aos nitratos (Quadro 46), além dos pontos P3, P5 e P9, já atualmente com problemas de poluição, e cujo estado piora significativamente, com variações de concentração que podem chegar a quase 3x as atuais (ex.: P9 cenário A2), os pontos P4 e P10 passam a apresentar problemas de poluição, nos cenários A2 e B2, aproximando-se do limiar de ponto poluído no cenário IS92a.

Quadro 46 – Evolução da qualidade em relação aos nitratos para diferentes cenários de alterações climáticas

| Ponto | Sem variação da área agrícola | | | | Com variação da área agrícola | | |
|-------|-------------------------------|--------|--------|--------|-------------------------------|--------|--------|
| | Carga poluente (mg/l) | | | | | | |
| | 2027 | 2100 | | | 2100 | | |
| | | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 |
| P17A | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| P17 | 2,57 | 3,73 | 7,18 | 5,29 | 3,71 | 7,14 | 5,26 |
| P18 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| P15 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| FO | 13,02 | 18,92 | 36,40 | 26,80 | 18,81 | 36,19 | 26,64 |
| P9 | 105,46 | 153,25 | 294,78 | 217,03 | 152,34 | 293,04 | 215,75 |
| P13 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| P10 | 31,77 | 46,16 | 88,80 | 65,38 | 45,89 | 88,27 | 64,99 |
| P23 | 8,12 | 11,79 | 22,69 | 16,70 | 11,72 | 22,55 | 16,61 |
| P5 | 68,46 | 99,48 | 191,36 | 140,89 | 98,89 | 190,23 | 140,06 |
| P3 | 101,62 | 147,67 | 284,05 | 209,13 | 146,80 | 282,37 | 207,90 |
| P22 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| P4 | 39,90 | 57,97 | 111,52 | 82,11 | 57,63 | 110,86 | 81,62 |
| P21 | < 2,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Para o fósforo e fosfatos (Quadro 47), além dos pontos já atualmente com problemas de poluição e cujos valores de concentração podem subir até 2,8x face aos valores atuais (ex.: P10 cenário A2), projetam-se também problemas de poluição nos pontos P10 e P5, que atualmente apenas têm problemas no que se refere nitratos; o ponto P13, atualmente sem

problemas de poluição, deverá ver agravadas as suas condições de qualidade, em especial no cenário A2. Sublinhe-se mais uma vez que estes são valores médios, que não entram em consideração com a variação sazonal de carga poluente, que será especialmente expressiva no caso dos pontos que recebem contribuição de fontes urbanas.

Quadro 47 – Evolução da qualidade em relação aos fosfatos para diferentes cenários de alterações climáticas

| Ponto | Sem variação da área agrícola | | | | Com variação da área agrícola | | |
|-------|-------------------------------|------|------|-------|-------------------------------|------|------|
| | Carga poluente (mg/l) | | | | Carga poluente (mg/l) | | |
| | 2027 | 2100 | | | 2100 | | |
| IS92a | | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 | |
| P17A | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| P17 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| P18 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| P15 | 0,60 | 0,88 | 1,69 | 1,24 | 0,87 | 1,67 | 1,23 |
| FO | 0,05 | 0,08 | 0,15 | 0,107 | 0,075 | 0,14 | 0,11 |
| P9 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| P13 | 0,17 | 0,25 | 0,48 | 0,36 | 0,25 | 0,48 | 0,35 |
| P10 | 0,79 | 1,16 | 2,23 | 1,65 | 1,15 | 2,21 | 1,63 |
| P23 | 0,72 | 1,06 | 2,04 | 1,50 | 1,05 | 2,02 | 1,49 |
| P5 | 0,30 | 0,44 | 0,84 | 0,62 | 0,43 | 0,83 | 0,61 |
| P3 | < 0,01 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| P22 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,04 |
| P4 | 0,05 | 0,07 | 0,13 | 0,10 | 0,07 | 0,13 | 0,09 |
| P21 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |

3.3.3.2 Previsões de evolução da qualidade das águas superficiais

Para a evolução das cargas poluentes médias globais das águas superficiais, considerou-se o somatório das cargas poluentes da ETAR e dos arrozais, e a componente subterrânea da poluição que alcançará o meio superficial via descarga do aquífero para as linhas de água. A carga poluente por via subterrânea atribui-se como variando similarmente aos fluxos subterrâneos que descarregam para a superfície nos diferentes cenários de alterações climáticas; assim para 2027 considerou-se que da carga total subterrânea 94,85% atinge a superfície, para o cenário IS92a considera-se que apenas 80% desta carga entra nas linhas de água e para os cenários A2 e B2 considera-se que a carga subterrânea que alcança a superfície será bastante reduzida devido aos volumes de água transferidos para os cursos de água que foram calculados para estes cenários (cf. Quadro 41, Quadro 42 e Quadro 43).

As projeções dos Quadro 48 e Quadro 49 indiciam que a forte redução da carga poluente de origem subterrânea (cenários A2 e B2) tem um impacto muito significativo na melhoria da qualidade, com uma redução acentuada das concentrações de poluentes. Observe-se igualmente que no cenário IS92a, em que ocorre uma redução da contribuição poluente por via subterrânea face à contribuição em 2027 (80% versus o valor atual de 94,85% da carga total subterrânea), a redução do escoamento superficial é suficientemente significativa para ainda assim permitir um sensível aumento da carga poluente total média.

Quadro 48 – Variação média global da concentração de nitratos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas

| Datas/Cenário de emissões | Escoamento+recarga que alimenta ribeiras (hm ³ /ano) | Sem variação da área agrícola | | | Com variação da área agrícola | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|----------------------|---------|-------------------------------|----------------------|---------|
| | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | |
| | | | vs 2011 | vs 2027 | | vs 2011 | vs 2027 |
| Em 2015 | 18,86 | 3,21 | 0,00 | -- | 3,16 | 0,00 | -- |
| Em 2027 | 18,86 | 3,28 | 3,92 | 0,00 | 3,36 | 6,40 | 0,00 |
| 2100 | IS92a | 3,70 | 15,26 | 12,80 | 3,59 | 13,61 | 6,85 |
| | A2 | 0,23 | -92,96 | -93,23 | 0,21 | -93,29 | -93,69 |
| | B2 | 0,15 | -95,33 | -95,43 | 0,13 | -95,89 | -96,13 |

Quadro 49 – Variação média global da concentração de fosfatos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas

| Datas/Cenário de emissões | Escoamento+recarga que alimenta ribeiras (hm ³ /ano) | Sem variação da área agrícola | | | Com variação da área agrícola | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|----------------------|---------|-------------------------------|----------------------|---------|
| | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | |
| | | | vs 2011 | vs 2027 | | vs 2011 | vs 2027 |
| Em 2015 | 18,86 | 0,99 | 0,00 | -- | 0,96 | 0,00 | -- |
| Em 2027 | 18,86 | 1,10 | 7,75 | 0,00 | 1,02 | 6,06 | 0,00 |
| 2100 | IS92a | 1,23 | 24,24 | 11,82 | 1,09 | 13,54 | 6,86 |
| | A2 | 0,18 | -81,93 | -83,23 | 0,17 | -82,82 | -83,80 |
| | B2 | 0,12 | -87,88 | -89,09 | 0,11 | -88,54 | -89,22 |

Foi ainda considerada a variação sazonal, dada a grande variação dos escoamentos e o facto da contribuição dos arrozais ser fortemente sazonal. A componente sazonal afeta apenas os pontos sitos ao longo e a jusante da área dos arrozais e admitiu-se, como pior cenário possível, que a carga poluente entra na sua quase totalidade no meio hídrico durante a época de regadio, quer por via subterrânea, descarregando depois para a Lagoa e ribeira de Melides, quer por via superficial, durante as descargas dos arrozais. As variações do escoamento e recarga sazonais face aos valores anuais variam em conformidade com os resultados dos balanços hídricos para os cenários climáticos (cf. Oliveira et al., 2012); os escoamentos superficiais de Verão são para a atualidade (e até ao horizonte temporal de 2027) cerca de 23,4% do total anual, 14,2% para o cenário IS92a, 15,4% para o cenário A2 e 18,9% para o cenário B2; para a recarga que alimenta as linhas de água, as descargas de Verão, que correspondem a 8,8% das descargas totais nas condições atuais, prevê-se que passem a 4,7% no cenário IS92a, sendo praticamente nulas no cenário A2 e muito diminuta no cenário B2 dada a acentuada redução da contribuição da recarga na alimentação da Lagoa (cf. valores anuais nos Quadro 41, Quadro 42 e Quadro 43) em conformidade com o pressuposto de que, devido à significativa redução da recarga, as transferências entre o meio hídrico subterrâneo e o superficial venham a ser muito decrementadas.

De acordo com os Quadro 48, Quadro 49, Quadro 50 e Quadro 51 projeta-se uma subida das concentrações de nutrientes para o cenário de emissões IS92a, e reduções sensíveis nos outros dois cenários. As subidas nas concentrações são especialmente sentidas na época de estiagem/regadio dos arrozais, salientando-se o caso mais uma vez do cenário

IS92a, o que sublinha a importância da relação entre o meio hídrico superficial e subterrâneo na transferência de poluentes, assim como a importância da variação sazonal do escoamento na concentração das cargas poluentes – cenários de menor escoamento na época seca originarão maiores problemas de contaminação no meio superficial – e das cargas poluentes de origem agrícola na evolução sazonal da contaminação. **De especial importância**, quando estão em causa períodos de grande extensão temporal, são as cargas poluentes de origem subterrânea; com efeito, nos cenários onde se elimina a componente subterrânea (cenários A2 e B2) regista-se não uma degradação do meio hídrico superficial mas uma melhoria bastante acentuada. Deve referir-se que, para estes cálculos se considerou que o período de regadio dos arrozais se mantém idêntico ao atual, o que muito provavelmente não deverá ocorrer em condições de alteração climática; contudo a alteração do período de regadio não foi considerada por não se possuírem dados que permitam prever a extensão e os meses efetivos de regadio para os cenários climáticos considerados.

Aplicando as taxas de variação das concentrações (referentes ao período anual) aos pontos de monitorização tem-se no Quadro 52 a evolução das cargas poluentes, verificando-se que nos cenários A2 e B2, pela acentuada redução de fluxos subterrâneos e respetivas cargas poluentes para a superfície, a qualidade dos pontos melhora. Neste quadro as células a vermelho indicam os parâmetros que passarão a estar em mau estado, em conformidade com os critérios definidos em INAG (2009).

Quadro 50 – Variação sazonal da concentração de nitratos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas

| Datas/Cenário de emissões | Escoamento+recarga que alimenta ribeiras (hm ³) | Sem variação da área agrícola | | | Com variação da área agrícola | | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|----------------------|---------|-------------------------------|----------------------|---------|--------|
| | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | |
| | | | vs 2011 | vs 2027 | | vs 2011 | vs 2027 | |
| Em 2015 | 3,23 | 9,52 | 0,00 | -- | 9,35 | 0,00 | -- | |
| Em 2027 | 3,23 | 9,89 | 3,85 | 0,00 | 9,93 | 6,17 | 0,00 | |
| 2100 | IS92a | 1,64 | 16,28 | 70,63 | 64,30 | 15,75 | 68,45 | 58,61 |
| | A2 | 1,24 | 1,20 | -87,40 | -87,86 | 1,11 | -88,15 | -88,84 |
| | B2 | 2,02 | 0,76 | -92,02 | -92,32 | 0,74 | -92,09 | -92,55 |

Quadro 51 – Variação sazonal da concentração de fosfatos no meio hídrico superficial em cenários de alterações climáticas

| Datas/Cenário de emissões | Escoamento+recarga que alimenta ribeiras (hm ³) | Sem variação da área agrícola | | | Com variação da área agrícola | | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|----------------------|---------|-------------------------------|----------------------|---------|--------|
| | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | Carga poluente (mg/l) | Taxa de variação (%) | | |
| | | | vs 2011 | vs 2027 | | vs 2011 | vs 2027 | |
| Em 2015 | 3,23 | 3,04 | 0,00 | -- | 2,95 | 0,00 | -- | |
| Em 2027 | 3,23 | 3,26 | 7,31 | 0,00 | 3,11 | 5,38 | 0,00 | |
| 2100 | IS92a | 1,64 | 5,35 | 75,99 | 64,11 | 5,03 | 70,51 | 61,74 |
| | A2 | 1,24 | 1,03 | -66,12 | -68,43 | 0,94 | -68,11 | -69,73 |
| | B2 | 2,02 | 0,65 | -78,62 | -80,06 | 0,60 | -79,66 | -80,71 |

Quadro 52 – Evolução da qualidade média anual nos pontos de monitorização em cenários de alterações climáticas

| Ponto | Área agrícola constante | | | | | | | | |
|---------|-------------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | Nitratos (mg/l) | | | Fósforo (mg/l) | | | Fosfatos (mg/l) | | |
| | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 |
| MSup_8 | -- | -- | -- | 0,012 | 0,002 | 0,002 | -- | -- | -- |
| Msup_19 | -- | -- | -- | 0,020 | 0,003 | 0,003 | -- | -- | -- |
| Msup_17 | 8,150 | 0,505 | 0,405 | 0,044 | 0,007 | 0,005 | 0,154 | 0,024 | 0,019 |
| MSup_13 | -- | -- | -- | 0,569 | 0,089 | 0,071 | 0,056 | 0,009 | 0,007 |
| MSup_18 | 8,161 | 0,506 | 0,405 | 0,047 | 0,008 | 0,006 | 0,138 | 0,021 | 0,017 |
| Ponto | Área agrícola reduz-se | | | | | | | | |
| | Nitratos (mg/l) | | | Fósforo (mg/l) | | | Fosfatos (mg/l) | | |
| | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 |
| MSup_8 | -- | -- | -- | 0,012 | 0,002 | 0,001 | -- | -- | -- |
| Msup_19 | -- | -- | -- | 0,020 | 0,003 | 0,002 | -- | -- | -- |
| Msup_17 | 7,853 | 0,471 | 0,377 | 0,043 | 0,007 | 0,005 | 0,152 | 0,023 | 0,019 |
| MSup_13 | -- | -- | -- | 0,563 | 0,086 | 0,068 | 0,055 | 0,008 | 0,007 |
| MSup_18 | 7,864 | 0,472 | 0,377 | 0,047 | 0,007 | 0,006 | 0,137 | 0,021 | 0,017 |

Verifica-se assim que a qualidade das águas superficiais parece sofrer pouca degradação em cenários de alterações climáticas (essencialmente porque a contribuição subterrânea se torna muito pouco significativa em termos de volume em 2 dos 3 cenários considerados) embora quando se considera apenas a variação sazonal na época do regadio (a que coincidentemente terá menores valores de escoamento superficial ao longo do ano) se verifique um agravamento face aos valores médios anuais (Quadro 53). Com efeito, para o cenário IS92a, que considera uma contribuição subterrânea, mas inferior à atual em pelo menos 10%, há 3 pontos que passam a apresentar problemas de poluição para fósforo e fosfatos, nos valores anuais; para os valores da época de regadio o n.º de pontos com problemas de poluição mantém-se mas ocorrem pelo menos mais dois que se aproximam dos máximos admissíveis, desta vez nos nitratos e fosfatos. Note-se que para as variações sazonais, no caso da manutenção da área agrícola, os pontos com problemas de poluição para o fósforo ocorrem para todos os cenários climáticos, mesmo para os que não apresentarão contribuições subterrâneas (cf. Quadro 53). É de admitir que, se houver uma expansão do turismo, atividade com um forte impacto sazonal, ao longo do século XXI, haverá um conjunto de pontos fortemente influenciados por contribuições urbanas que podem sazonalmente vir a apresentar problemas de poluição. A contribuição devida aos arrozais (que afetará os pontos MSup 17, MSup 18, MSup 19) tenderá a decrescer devido à expectável redução da área desta cultura e consequente redução da respetiva carga poluente.

Quadro 53 – Evolução da qualidade média sazonal (época de regadio Abril a Setembro) nos pontos de monitorização em cenários de alterações climáticas

| Ponto | Área agrícola constante | | | | | | | | |
|---------|-------------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | Nitratos (mg/l) | | | Fósforo (mg/l) | | | Fosfatos (mg/l) | | |
| | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 |
| MSup_8 | -- | -- | -- | 0,018 | 0,004 | 0,002 | -- | -- | -- |
| Msup_19 | -- | -- | -- | 0,030 | 0,004 | 0,004 | -- | -- | -- |
| Msup_17 | 12,263 | 0,906 | 0,591 | 0,066 | 0,013 | 0,008 | 0,232 | 0,045 | 0,029 |
| MSup_13 | -- | -- | -- | 0,860 | 0,167 | 0,109 | 0,084 | 0,016 | 0,011 |
| MSup_18 | 12,281 | 0,907 | 0,592 | 0,072 | 0,014 | 0,009 | 0,208 | 0,041 | 0,026 |
| Ponto | Área agrícola reduz-se | | | | | | | | |
| | Nitratos (mg/l) | | | Fósforo (mg/l) | | | Fosfatos (mg/l) | | |
| | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 | IS92a | A2 | B2 |
| MSup_8 | -- | -- | -- | 0,018 | 0,003 | 0,002 | -- | -- | -- |
| Msup_19 | -- | -- | -- | 0,030 | 0,006 | 0,004 | -- | -- | -- |
| Msup_17 | 11,821 | 0,833 | 0,544 | 0,065 | 0,012 | 0,008 | 0,230 | 0,043 | 0,028 |
| MSup_13 | -- | -- | -- | 0,852 | 0,160 | 0,104 | 0,084 | 0,016 | 0,010 |
| MSup_18 | 11,838 | 0,834 | 0,545 | 0,071 | 0,013 | 0,009 | 0,207 | 0,039 | 0,025 |

3.3.3.3 Previsões de evolução da qualidade das águas da Lagoa

3.3.3.3.1 Evolução das condições médias anuais

Para a Lagoa a evolução das cargas poluentes em função dos cenários climáticos, evolução das áreas agrícolas ao longo do século XXI em resultado das alterações climáticas, e os cenários anteriormente considerados de remoção de poluentes da Lagoa, é apresentada nos Quadro 54 a Quadro 58. Também se apresenta, nestes quadros, a evolução da carga poluente na Lagoa caso não ocorressem alterações climáticas nem uma variação sensível das áreas agrícolas ao longo do século XXI (cenário indicado por “2100 s/climat” nos Quadro 54 a Quadro 58), para efeitos de comparação com as evoluções projetadas em cenários de alterações climáticas. A evolução das cargas poluentes foi definida considerando: (1) cenário de volume da Lagoa constante, (2) cenário de descarga da Lagoa constante ao longo do século XXI, (3) cenário de volume da Lagoa e descargas para o oceano variáveis ao longo do século XXI, (4) carga poluente que chega num ano para os diferentes horizontes temporais por via superficial, (5) carga poluente subterrânea que chega à Lagoa por via subterrânea para os diferentes horizontes temporais até 2100 considerando, (6) o total da carga subterrânea poluente entrada atualmente no meio hídrico e que atingirá a Lagoa até 2100, (7) admitindo condições de manutenção de área agrícola e de variação de área agrícola, que afetam as cargas poluentes superficiais e subterrâneas desta origem, (7) evolução das cargas poluentes subterrâneas entradas no meio hídrico até 2027 em função dos cenários socioeconómicos de Lourenço et al. (2011) e Lourenço et al (2012), (8) adoção do pressuposto que as cargas poluentes não variam significativamente entre 2027 e 2100, exceto no caso das cargas poluentes agrícolas que estarão dependentes dos cenários de variação de área agrícola, (9) os cenários de variação das áreas agrícolas (representados nos Quadro 54 a Quadro 58 pela coluna “Redução”) não se aplicam a 2015,

2027, 2050 ou “2100 sem alterações climáticas” dado esta variação da área agrícola ser uma das respostas previstas às alterações climáticas (Rousenvell et al., 2006), (10) cenários de remoção de 5% (cenário A), 50% (cenário B) e 95% (cenário C) da carga poluente da Lagoa pelos processos de abertura ao oceano, (11) admitiu-se que os nitratos se comportam como poluentes conservativos, isto é não sofrem atenuação ou degradação ao longo do seu percurso desde a fonte poluente até à Lagoa independentemente da extensão desse tempo de percurso, (12) relativamente aos fosfatos e dada a sua apetência para serem fixados pelo solo, consideraram-se apenas as cargas poluentes superficiais e, entre as subterrâneas, as que possuem tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano. Deste modo tem-se:

1. Volume da Lagoa constante para os diferentes cenários climáticos

A evolução da poluição para os nitratos é apresentada no Quadro 54, tendo-se considerado que no cenário IS92a só 80% da carga poluente que poderia atingir a Lagoa/rede hidrográfica é efetivamente transferida para o meio hídrico superficial; para os cenários A2 e B2 as cargas poluentes de origem subterrânea são muito reduzidas, dada a acentuada redução dos volumes de água transferidos para o meio superficial (cf. Quadro 41, Quadro 42 e Quadro 43), ou seja, nestes dois cenários preponderam as cargas de origem superficial – arrozais+ETAR – que atingem a Lagoa. Os cálculos de concentração são feitos em função do volume da Lagoa. Estes são valores médios anuais que, naturalmente, não refletem as situações de ponta de chegada de cargas poluentes e consequente degradação, temporalmente restrita, da Lagoa, como seja o caso do aumento da poluição por via urbana durante a época turística e durante os períodos de descarga dos arrozais. Assim, tem de se ter em mente que embora a Lagoa possa, no cômputo anual ter águas de qualidade aceitável, nestes períodos críticos a sua qualidade sofrerá uma forte degradação que poderá colocá-la em condições de poluição acentuada a muito acentuada, com todos os problemas daí decorrentes (ex.: eventos de *blooms* de algas). Verifica-se do Quadro 54 que para os cenários onde se prevê que a contribuição subterrânea seja reduzida, a qualidade das águas melhora, mas no cenário IS92a, apesar da redução da contribuição subterrânea, a qualidade das águas é razoável para condições de remoção de 5% dos poluentes da Lagoa, passando a apresentar uma boa qualidade nos restantes cenários. Contudo é de admitir que nas condições de alterações climáticas, e admitindo que por algum motivo o equilíbrio com o oceano se mantenha (ex.: por estruturas artificiais de proteção da Lagoa), as condições do Cenário 1 (remoção de 5% da carga poluente) ou mesmo as de ausência de remoção de poluentes (Cenário 0) poderão ser prevaletentes, o que indicará nestas circunstâncias uma tendência de degradação do meio superficial até ao final do século. No caso de não abertura da Lagoa ou apenas abertura esporádica, a poluição que chegar à Lagoa ao longo de vários

anos ir-se-á acumulando. Contudo, e dada não só a gestão antrópica destas aberturas como a provável subida do nível do mar e em consequência o galgamento mais frequente do cordão litoral, pondo em contacto a Lagoa e o oceano, estes dois cenários de remoção de poluentes poderão ser pouco viáveis.

Quadro 54 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos, em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa→ | | Não remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | |
|---------------------|-------|----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| Área agrícola | | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Anos | | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Atual | | 6,41 | 6,41 | 6,09 | 6,09 | 3,20 | 3,20 | 0,32 | 0,32 |
| 2015 | | 7,40 | 7,23 | 7,03 | 6,92 | 3,70 | 3,64 | 0,37 | 0,36 |
| 2027 | | 8,38 | 8,07 | 7,96 | 7,67 | 4,19 | 4,03 | 0,42 | 0,40 |
| 2050 | | 9,13 | 8,83 | 8,67 | 8,34 | 4,56 | 4,42 | 0,46 | 0,44 |
| 2100 s/alter. clima | | 9,99 | 9,70 | 9,50 | 9,21 | 5,00 | 4,85 | 0,50 | 0,49 |
| 2100 | IS92a | 8,00 | 5,66 | 7,60 | 5,38 | 4,00 | 2,83 | 0,40 | 0,28 |
| | A2 | 1,12 | 0,75 | 1,06 | 0,71 | 0,56 | 0,37 | 0,06 | 0,04 |
| | B2 | 1,10 | 0,88 | 1,07 | 0,84 | 0,56 | 0,44 | 0,06 | 0,04 |

Para os fosfatos (Quadro 55) a situação é claramente mais negativa, com a vasta maioria dos horizontes temporais a terem previsões de concentrações que colocam a Lagoa em condições de poluição, para todos os cenários de remoção de poluentes, com a exceção do que admite uma remoção de 95% da carga poluente, independentemente de se considerarem os cenários de redução ou manutenção das áreas agrícolas. Em termos de alterações climáticas, a situação melhora devido à redução dos aportes poluentes do meio hídrico subterrâneo, sendo que nos cenários A2 e B2, onde estes aportes são muito reduzidos, é possível uma situação de qualidade aceitável da água da Lagoa já a partir de taxas de remoção de poluentes da Lagoa de 50%. Para o cenário IS92a a qualidade da água seria aceitável a partir de cenários de remoção de poluentes de 50%, desde que se verifique uma redução de área agrícola por efeito conjugado de evoluções socioeconómicas e de alterações climáticas. Naturalmente, quando se consideram as reduções de área agrícola o panorama previsto melhora (Quadro 55). Estes resultados apontam assim para a importância de dois fatores na melhoria da qualidade da água da Lagoa: (1) redução da área agrícola e (2) redução/ausência da chegada da carga poluente por via subterrânea, a que não se deverá descurar um terceiro, que é da potencial sazonalidade das cargas poluentes associadas à agricultura e ocupação humana, cuja evolução tem grande incerteza dado que dependerá dos novos calendários agrícolas e da evolução conjugada entre a ocupação turística determinada pelas alterações climáticas e a provável desertificação em termos de população residente devido a essas mesmas alterações. Deste modo pode inclusive ocorrer uma deslocação temporal dos picos de poluição para estações do ano distintas do Verão.

Quadro 55 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos, em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa→ | | Não remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | |
|---------------------|-------|----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| Área agrícola | | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Anos | | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Atual | | 3,86 | 3,86 | 3,66 | 3,66 | 1,93 | 1,93 | 0,19 | 0,19 |
| 2015 | | 3,88 | 3,77 | 3,68 | 3,58 | 1,94 | 1,89 | 0,19 | 0,19 |
| 2027 | | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |
| 2050 | | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |
| 2100 s/alter. clima | | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |
| 2100 | IS92a | 3,08 | 1,73 | 2,93 | 1,64 | 1,54 | 0,86 | 0,15 | 0,09 |
| | A2 | 0,88 | 0,52 | 0,84 | 0,50 | 0,44 | 0,41 | 0,26 | 0,03 |
| | B2 | 0,88 | 0,65 | 0,84 | 0,62 | 0,44 | 0,33 | 0,04 | 0,03 |

2. Volume da Lagoa variável, e descarga para o oceano constante, para os diferentes cenários climáticos

Neste caso, além de todos os pressupostos acima considerados, admitiu-se ainda a variação do volume da Lagoa, em conformidade com o Quadro 42. Os resultados da evolução das concentrações apresentam-se nos Quadro 56 e Quadro 57 para os nitratos e fosfatos, respetivamente. Como se pode verificar da comparação entre os Quadro 54 e Quadro 56, para os nitratos existe um agravamento da qualidade das águas da Lagoa quando se admite uma redução de volume. Com efeito as únicas condições em que a qualidade é aceitável ocorrem apenas para os cenários em que as contribuição de águas subterrâneas para o meio superficial são muito reduzidas (cenários climáticos A2 e B2) e/ou condições de remoção quase total da carga poluente pela abertura da Lagoa ao oceano (Cenário 3). Como se referiu anteriormente, esta pode ser contudo uma imagem otimista da realidade, dado corresponder a uma evolução das concentrações médias anuais, mascarando as condições de evolução sazonal, que essas sim poderão trazer grandes agravamentos de qualidade (via turismo e descargas dos arrozais) mais ou menos limitados no tempo, tanto mais que todos os cenários climáticos apontam para uma redução acentuada do escoamento (e portanto do volume de água que chega à Lagoa) na época de Verão, ou seja quando as cargas poluentes são mais elevadas.

No caso do fósforo a degradação da qualidade das águas da Lagoa é muito mais acentuada, como se pode verificar da comparação entre os Quadro 55 e Quadro 57. Com efeito, quando se admite a variação do volume da Lagoa para todos os cenários climáticos as águas da Lagoa passam a apresentar uma degradação bastante significativa, com a exceção das condições de remoção quase total de poluentes por abertura ao oceano (Cenário de 95% de remoção de poluentes). A redução da área agrícola tem um efeito positivo, levando a uma redução acentuada das cargas poluentes nos cenários de alterações climáticas, especialmente em condições de remoção igual ou superior a 50% dos

poluentes da Lagoa. Do mesmo modo a redução dos aportes poluentes subterrâneos tem um efeito positivo na qualidade das águas. Contudo, e comparando com as condições previstas de concentração em caso de manutenção do volume de água na Lagoa (Quadro 55 vs Quadro 57) este segundo cenário é bastante mais desfavorável, indiciando que em tais condições de redução do volume da Lagoa a possibilidade de eventos de eutrofização e blooms de algas seja previsivelmente maior. Deste modo parece indiciar-se que, para estas condições de redução do volume da Lagoa, os efeitos adversos das cargas poluentes sobre os ecossistemas da Lagoa serão mais intensificados face a condições de manutenção desse volume. Deve no entanto sublinhar-se que, quer pelo efeito de redução expectável da área agrícola, quer pelo efeito de eventual redução de aportes poluentes subterrâneos, as condições poderão ser mais favoráveis do que no futuro próximo previsto por cenários socioeconómicos sem alterações climáticas.

Quadro 56 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos, com volume variável da Lagoa como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa → | < 5% remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | | |
|---------------------|-----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| Área agrícola | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | |
| Anos | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | |
| Atual | 6,41 | 6,41 | 6,09 | 6,09 | 3,20 | 3,20 | 0,32 | 0,32 | |
| 2015 | 7,40 | 7,23 | 7,03 | 6,92 | 3,70 | 3,64 | 0,37 | 0,36 | |
| 2027 | 8,38 | 8,07 | 7,96 | 7,67 | 4,19 | 4,03 | 0,42 | 0,40 | |
| 2050 | 9,13 | 8,83 | 8,67 | 8,34 | 4,56 | 4,42 | 0,46 | 0,44 | |
| 2100 s/alter. clima | 9,99 | 9,70 | 9,50 | 9,21 | 5,00 | 4,85 | 0,50 | 0,49 | |
| 2100 | IS92a | 10,35 | 7,33 | 9,84 | 6,97 | 5,18 | 3,67 | 0,52 | 0,37 |
| | A2 | 2,79 | 1,86 | 2,65 | 1,77 | 1,39 | 0,93 | 0,14 | 0,09 |
| | B2 | 2,23 | 1,76 | 2,12 | 1,67 | 1,12 | 0,88 | 0,11 | 0,09 |

Quadro 57 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos, com volume variável da Lagoa como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa → | Não remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | | |
|---------------------|----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| Área agrícola | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | |
| Anos | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | |
| Atual | 3,86 | 3,86 | 3,66 | 3,66 | 1,93 | 1,93 | 0,19 | 0,19 | |
| 2015 | 3,88 | 3,77 | 3,68 | 3,58 | 1,94 | 1,89 | 0,19 | 0,19 | |
| 2027 | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 | |
| 2050 | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 | |
| 2100 s/alter. clima | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 | |
| 2100 | IS92a | 3,99 | 2,24 | 3,79 | 2,12 | 1,99 | 1,12 | 0,20 | 0,11 |
| | A2 | 2,20 | 1,30 | 2,09 | 1,24 | 1,10 | 0,65 | 0,11 | 0,07 |
| | B2 | 1,76 | 1,30 | 1,67 | 1,24 | 0,88 | 0,65 | 0,09 | 0,07 |

3. Volume da Lagoa e descargas para o oceano variáveis para os diferentes cenários climáticos

Nesta situação o volume da Lagoa varia em conformidade com o apresentado no Quadro 43, sendo os demais pressupostos (variação da área agrícola, cenários de remoção de poluentes da Lagoa, etc.) similares aos das condições anteriores. Os resultados da evolução

das concentrações apresentam-se no Quadro 58 para os nitratos e no Quadro 59 para os fosfatos. Como se pode verificar também neste caso ocorre um aumento da carga poluente ao longo do século XXI, desde que as descargas do aquífero para o meio hídrico superficial sejam significativas. Se não ocorrerem descargas, ou estas forem muito reduzidas, e portanto não ocorrer transferência de nitratos para o meio hídrico superficial (cenários A2 e B2) poderá ao invés ocorrer uma melhoria significativa da qualidade das águas (Quadro 58). Assim esta evolução da poluição parece fortemente dependente das cargas poluentes de longo tempo de percurso, não sendo muito sensível o efeito da redução da área agrícola nesta evolução, para esta situação de redução do volume da Lagoa.

Relativamente aos fosfatos esta situação (Quadro 59) torna-se intermédia das duas anteriores (cf. Quadro 59 vs Quadro 57 e Quadro 55).

Quadro 58 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos, com volume da Lagoa e descargas para o oceano variáveis como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa → | | Não remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | |
|---------------------|-------|----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| Área agrícola | | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Anos | | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Atual | | 6,41 | 6,41 | 6,09 | 6,09 | 3,20 | 3,20 | 0,32 | 0,32 |
| 2015 | | 7,40 | 7,23 | 7,03 | 6,92 | 3,70 | 3,64 | 0,37 | 0,36 |
| 2027 | | 8,38 | 8,07 | 7,96 | 7,67 | 4,19 | 4,03 | 0,42 | 0,40 |
| 2050 | | 9,13 | 8,83 | 8,67 | 8,34 | 4,56 | 4,42 | 0,46 | 0,44 |
| 2100 s/alter. clima | | 9,99 | 9,70 | 9,50 | 9,21 | 5,00 | 4,85 | 0,50 | 0,49 |
| 2100 | IS92a | 9,43 | 5,66 | 8,96 | 5,38 | 4,72 | 2,83 | 0,47 | 0,28 |
| | A2 | 2,08 | 0,75 | 1,97 | 0,71 | 1,04 | 0,37 | 0,10 | 0,04 |
| | B2 | 1,67 | 0,88 | 1,58 | 0,84 | 1,05 | 0,44 | 0,08 | 0,04 |

Quadro 59 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos, com volume da Lagoa e descargas para o oceano variáveis como consequência da alteração dos regimes hidrológicos em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa → | | Não remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | |
|---------------------|-------|----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| Área agrícola | | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução |
| Anos | | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Atual | | 3,86 | 3,86 | 3,66 | 3,66 | 1,93 | 1,93 | 0,19 | 0,19 |
| 2015 | | 3,88 | 3,77 | 3,68 | 3,58 | 1,94 | 1,89 | 0,19 | 0,19 |
| 2027 | | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |
| 2050 | | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |
| 2100 s/alter. clima | | 3,85 | 3,59 | 3,66 | 3,41 | 1,93 | 1,79 | 0,19 | 0,18 |
| 2100 | IS92a | 3,63 | 2,04 | 3,45 | 1,94 | 1,82 | 1,02 | 0,18 | 0,10 |
| | A2 | 1,64 | 0,97 | 1,55 | 0,92 | 0,82 | 0,49 | 0,08 | 0,05 |
| | B2 | 1,32 | 0,97 | 1,25 | 0,93 | 0,66 | 0,49 | 0,07 | 0,05 |

Como se pode verificar da comparação entre os Quadro 54, Quadro 56 e Quadro 58, ocorre um aumento da carga poluente de nitratos ao longo do século XXI, desde que exista uma descarga significativa do aquífero para o meio hídrico superficial, sendo a situação mais desfavorável aquela em que a proporção de volume descarregado para o oceano mantém

uma proporcionalidade similar à atual. A exceção é a da manutenção do volume de água na Lagoa onde, no caso da redução das áreas agrícolas em consequência das alterações climáticas, se regista uma redução da concentração de nitratos na Lagoa, indiciando que neste caso a manutenção do volume da Lagoa é suficiente para contrabalançar o efeito das cargas poluentes com longos tempos de percurso.

Nos casos em que as cargas poluentes de nitratos de origem subterrânea que alcançam a Lagoa têm uma redução muito acentuada (cenários de emissões A2 e B2), ocorre uma sensível melhoria na qualidade das águas. Com efeito, nestes cenários a concentração de nitratos, que nunca ultrapassa os 3 mg/l mesmo no cenário de não remoção dos poluentes (não abertura da Lagoa ao oceano).

Para o cenário IS92a onde se considerou que a recarga apenas permite uma descarga do aquífero para o meio hídrico superficial de 80% do valor atual, a variação da concentração de nitratos é pouco significativa face aos valores atuais, na generalidade das evoluções de volume da Lagoa, desde que a taxa de remoção dos poluentes seja inferior a 50%; cima destas taxas de remoção, as descidas na concentração são já muito significativas. É previsto mesmo um aumento da concentração face aos valores previstos para 2015 no caso de manutenção das áreas agrícolas e não remoção/muito reduzida remoção da poluição chegada à Lagoa (não abertura ao oceano). Este aumento é especialmente significativo quando se projeta uma redução do volume da Lagoa quer por alteração dos volumes de escoamento superficial, quer por manutenção artificial da proporção de água descarregado da Lagoa para o oceano.

No caso dos fosfatos, prevê-se uma redução das cargas poluentes em 2100 face aos valores projetados para 2050 sem alterações climáticas quando se considera a manutenção do volume de água da Lagoa ou quando a redução de volume ocorre por alterações da proporção de recarga que atinge a Lagoa e de volume de água que dela venha a ser escoado. No caso em que se considera que se mantém a proporção de descarga nos moldes atuais já ocorre um agravamento das concentrações, para o cenário IS92a, ou seja, o cenário onde os aportes de poluição de origem subterrânea podem ser ainda muito significativos. Para os dois cenários climáticos em que se prevê uma redução acentuada da descarga subterrânea, projeta-se uma redução acentuada das cargas poluentes da Lagoa, face aos valores projetados para 2050 sem alterações climáticas, embora esta redução não signifique necessariamente a ausência de problemas de poluição. Com efeito, a qualidade projetadas águas parece somente ser aceitável para condições em que a remoção de poluentes seja da ordem dos 95% nos dois cenários de variação do volume da Lagoa, embora se ocorrer redução das áreas agrícolas, nalgumas condições de redução deste volume se possa verificar também uma evolução para qualidade aceitável. No caso da

manutenção do volume da Lagoa esta qualidade aceitável alcança-se para as taxas de remoção de poluentes da Lagoa = 50%.

A situação mais favorável é a de manutenção do volume da Lagoa ao nível dos volumes atuais. A situação mais desfavorável ocorrerá nas condições manutenção da proporção de descarga, em condições de anos com muito baixo escoamento superficial e descarga do aquífero, o que em consequência poderá originar uma muito reduzida saída de água da Lagoa (< 5% de remoção de poluentes). A situação intermédia (Quadro 58) mostra uma redução da carga poluente em todas as situações de redução da área agrícola, com especial destaque nas condições em que a remoção de carga da Lagoa se torna superior a 50%.

Nos 3 cenários de variação do volume da Lagoa, as condições de maiores concentrações de nitratos correspondem ao cenário climático IS92a + remoção muito reduzida ou não remoção dos poluentes da Lagoa + área agrícola constante, sendo a concentração de nitratos sempre superior à calculada para as condições atuais.

3.3.3.2 Evolução das condições médias de Verão

Analisando a **evolução das cargas de Verão** em cenários de alterações climáticas, considerou-se:

1. O volume médio da Lagoa determinado em cada um dos cenários de alterações climáticas (Quadro 41, Quadro 42 e Quadro 43), e atribuindo ao volume médio de Verão da Lagoa cerca de 70% do volume médio anual, com base em observações da variação da Lagoa no Google Earth. Admite-se que esta seja, nos cenários climáticos mais desfavoráveis, uma hipótese otimista pois em condições de anos de seca rigorosa (que de certa forma emulam as condições médias dos cenários climáticos mais desfavoráveis) a Lagoa pode ter decréscimos muito acentuados, secando quase completamente.
2. Considerou-se que as cargas poluentes de Verão são cerca de metade das cargas subterrâneas médias anuais para a agricultura e pecuária, com exceção do arroz, que, pela proximidade à Lagoa e calendário de aplicação de fertilizantes, se atribuiu a totalidade da carga poluente (superficial+subterrânea).
3. Considerou-se apenas o cenário de manutenção da área da Lagoa por se admitir que este possa ser um dos cenários mais prováveis, dado os volumes de água escoados serem no geral muito superiores ao volume médio da Lagoa e a Lagoa estar na maior parte do tempo encerrada ao oceano, podendo deste modo acumular água até perfazer o volume médio de Verão.

4. As cargas associadas aos efluentes domésticos consideraram, para a ETAR e fossas na vizinhança da Lagoa, as cargas de Verão (considerando o aumento populacional de Verão e o incremento do turismo para os horizontes de 2050-2100). Para as restantes fossas admitiu-se a carga média anual dado o tempo de percurso até à Lagoa superior a 1 ano.
5. No cenário IS92a considerou-se apenas 80% da carga poluente subterrânea e nos cenários A2 e B2 as cargas poluentes subterrâneas foram consideradas nulas, pelas razões expostas nas secções anteriores.

Com estes pressupostos, e calculando respetivamente as cargas poluentes e os volumes de Verão da Lagoa para os 3 cenários de alterações climáticas, obtiveram-se as concentrações nitratos e fosfatos na Lagoa (Quadro 60 e Quadro 61).

Quadro 60 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os nitratos em período de Verão, em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa → Área agrícola | Não remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | | |
|-----------------------------|----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | |
| Anos | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | |
| Atual | 7,57 | 7,57 | 7,18 | 7,18 | 3,78 | 3,78 | 0,38 | 0,38 | |
| 2015 | 10,24 | 9,84 | 9,73 | 9,42 | 5,12 | 4,96 | 0,51 | 0,49 | |
| 2027 | 11,52 | 10,97 | 10,94 | 10,43 | 5,76 | 5,48 | 0,58 | 0,548 | |
| 2050 | 12,60 | 12,01 | 11,96 | 11,34 | 6,29 | 6,01 | 0,64 | 0,60 | |
| 2100 s/alter. clima | 14,28 | 12,69 | 13,57 | 13,16 | 7,14 | 6,93 | 0,71 | 0,69 | |
| 2100 | IS92a | 11,28 | 7,38 | 10,72 | 7,01 | 5,64 | 3,69 | 0,56 | 0,37 |
| | A2 | 1,43 | 0,89 | 1,35 | 0,85 | 0,71 | 0,45 | 0,07 | 0,04 |
| | B2 | 1,50 | 1,09 | 1,43 | 1,03 | 0,75 | 0,54 | 0,08 | 0,05 |

Quadro 61 – Evolução da qualidade na Lagoa, para os fosfatos em período de Verão, em cenários de alterações climáticas

| Na Lagoa → Área agrícola | Não remoção de carga | | Remoção 5% carga | | Remoção 50% carga | | Remoção 95% carga | | |
|-----------------------------|----------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | Constante | Redução | |
| Anos | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | |
| Atual | 5,26 | 4,88 | 5,00 | 4,64 | 2,63 | 2,44 | 0,26 | 0,24 | |
| 2015 | 5,29 | 4,91 | 5,03 | 4,664 | 2,65 | 2,45 | 0,27 | 0,25 | |
| 2027 | 5,25 | 4,87 | 4,99 | 4,63 | 2,63 | 2,44 | 0,26 | 0,24 | |
| 2050 | 5,25 | 4,87 | 4,99 | 4,63 | 2,63 | 2,44 | 0,26 | 0,24 | |
| 2100 s/alter. clima | 5,25 | 4,88 | 4,99 | 4,64 | 2,63 | 2,44 | 0,26 | 0,24 | |
| 2100 | IS92a | 4,20 | 2,27 | 3,99 | 2,15 | 2,10 | 1,13 | 0,21 | 0,11 |
| | A2 | 1,18 | 0,66 | 1,12 | 0,63 | 0,59 | 0,33 | 0,06 | 0,03 |
| | B2 | 1,18 | 0,85 | 1,12 | 0,81 | 0,59 | 0,43 | 0,06 | 0,04 |

Como se pode verificar, para os nitratos e o cenário climático IS92a, a situação de Verão é mais negativa do que a situação média anual (cf. Quadro 60 vs Quadro 54 e Quadro 22), passando os nitratos a terem um maior impacto poluente, em especial nos cenários de remoção muito reduzida da carga poluente da Lagoa. No caso da manutenção das áreas

agrícolas este aumento face aos valores calculados para a atualidade pode chegar a subidas da ordem dos 49%.

Para os fosfatos, e dado que se considera que apenas as cargas com curtos tempos de percurso podem ter impacto significativo nas questões de poluição da Lagoa, as estimativas indicam uma melhoria em termos de cargas de Verão entre a atualidade e os cenários climáticos futuros, o que indicia que neste caso a importância da redução dos aportes poluentes subterrâneos de curto tempo de percurso tem um impacto significativo (Quadro 61). Comparando com os valores médios anuais há naturalmente um agravamento (cf. Quadro 61 vs Quadro 55 e Quadro 23). Contudo as concentrações de fosfatos indiciam sempre problemas de poluição exceto para os casos em que a remoção de poluentes da Lagoa seja igual ou superior a 95%. Mesmo para os cenários com uma redução acentuada de transferência poluente subterrânea para o meio hídrico superficial (cenários A2 e B2) se projeta a ocorrência de problemas de poluição, menos acentuados nos cenários de redução da área agrícola por efeito das alterações climáticas.

Mais uma vez os cenários climáticos com reduzida transferência de carga poluente subterrânea para o meio hídrico superficial apresentam uma melhoria significativa da qualidade das águas da Lagoa mas mesmo assim esta é bastante menos expressiva do que no caso das médias anuais (cf. Quadro 54 e Quadro 55). Deste modo pode constatar-se que, em cenários de alterações climáticas há três fatores muito significativos para qualidade das águas da Lagoa: (1) a proporção de carga poluente subterrânea que pode chegar à Lagoa, (2) a carga poluente superficial, (3) as condições de remoção dos poluentes da Lagoa, ou seja os volumes que chegam e saem desta.

4 Medidas de mitigação

4.1 Fatores de degradação da qualidade e dos parâmetros biológicos das águas subterrâneas, rede hidrográfica e Lagoa

Atualmente os principais problemas de qualidade devem-se aos nitratos e fosfatos/fósforo, os quais têm um impacto significativo nos ecossistemas. Ao **nível das águas subterrâneas**, detetaram-se 3 pontos com problemas de poluição para o fósforo e o mesmo número de pontos com problemas de poluição para os nitratos, embora correspondendo a pontos de amostragem distintos. Nas **águas superficiais** o fósforo e fosfatos são uma presença muito mais disseminada, ocorrendo em 5 pontos (um deles com problemas de poluição no que se refere a este parâmetro), enquanto os nitratos foram detetados apenas num ponto. **Na Lagoa** os valores de nitratos medidos não assinalam problemas de poluição à data da amostragem (e se se considerarem as cargas poluentes previstas e as taxas de remoção de

50% e de 95% de poluentes acumulados na Lagoa não se projetam problemas significativos de nitratos em termos médios anuais) ao passo para que os fosfatos existem já alguns problemas de poluição (e se se considerarem as cargas poluentes previstas, só para as taxas de remoção de 95% poderão as concentração previstas de fosfatos ser pouco significativas, em termos médios anuais, o que não anula a possibilidade de eventos de poluição, durante os períodos de picos de descargas). Deste modo **os fosfatos são o principal problema de qualidade** das águas. Relativamente aos hidrocarbonetos, a poluição é pouco significativa e afeta apenas uma estreita faixa de terreno em torno das estradas.

As principais pressões que afetam esta região são, como se verificou acima, as numerosas fossas dispersas pela bacia e as infiltrações para o meio subterrâneo das cargas poluentes agrícolas e agropecuárias (em especial nitratos e fosfatos mas também os hidrocarbonetos, de origem essencialmente agrícola, como é espelhado pelas análises de águas; cf. Oliveira et al., 2011). Com efeito, se se considerar apenas a carga poluente que atinge a Lagoa no espaço de um ano (cf. Oliveira et al., 2012), a contribuição de cada uma destas fontes é a que apresenta no Quadro 62:

Quadro 62 – Contribuição percentual de cada uma das origens poluentes (carga média que num ano atinge a Lagoa)

| Poluentes | Origem Urbana | | Origem Agrícola | | Origem Pecuária | |
|-----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | Carga poluente (Kg/ano) | % do total de poluição | Carga poluente (Kg/ano) | % do total de poluição | Carga poluente (Kg/ano) | % do total de poluição |
| Nitratos | 2492 | 29,45 | 4572 | 54,04 | 1397 | 16,51 |
| Fosfatos | 646 | 13,22 | 3665 | 74,98 | 577 | 11,80 |

A degradação do meio hídrico, nomeadamente da Lagoa de Melides, resulta dos seguintes fatores:

- **Contribuição subterrânea** – que corresponde a valores acima dos 93% do total de poluição que atualmente entra no sistema. Quando se considera a contribuição de origem subterrânea que em apenas um ano atinge a Lagoa, estes valores são de respetivamente para os nitratos e fosfatos, de 83% e 77,4% da carga poluente total (superficial + subterrânea). Isto concorda com os valores de recarga que são descarregados do aquífero para o meio hídrico superficial e que correspondem a cerca de 94,9% da recarga total na área porosa da bacia de Melides.
- **Variação sazonal das cargas poluentes** – relacionado em especial com as fontes de origem doméstica (cf. Quadro 19) mas também com as de origem agrícola, como sejam as culturas temporárias e as descargas dos arrozais (os arrozais têm também uma contribuição de poluição para o meio subterrâneo que se pode encarar como

mais contínua no tempo). Esta variação pode ser muito significativa e degradar áreas que nas restantes alturas do ano podem apresentar uma boa qualidade das águas.

- **Contribuição das cargas com longo tempo de circulação no meio subterrâneo** – estas desempenham um papel muito significativo na degradação do meio hídrico, incluindo o superficial, visto boa parte desta carga vir futuramente a alcançar as ribeiras e Lagoa. Com efeito, como se pode ver dos vários quadros apresentados nos capítulos anteriores, haverá no futuro um aumento da carga poluente de origem agrícola (e também urbana) apesar da expectável redução da área agrícola nesse mesmo futuro. Tal é resultado dos dilatados tempos de percurso que os poluentes atualmente entrados em diferentes locais do sistema demoram até alcançar o meio superficial.

Os aspetos que determinam a evolução da qualidade das águas, como também se verificou dos capítulos anteriores, são:

- **Alteração da população residente e turística** – embora a redução da população residente tenda a melhorar a qualidade da água até ao horizonte de 2027, o aumento sazonal da população turística, tem o efeito oposto e pode causar importantes problemas à qualidade das águas subterrâneas e da Lagoa. A poluição de origem urbana pode ser muito significativa durante a época alta turística (ex.: o sistema de fossas associado ao Parque de Campismo aumenta a sua carga poluente em cerca de 70x do Inverno para o Verão) e um dos problemas em termos de atuação é o grande número de focos dispersos (fossas).
- **Alteração da área agrícola** – a redução da área agrícola, se se verificar, tem como efeito imediato uma melhoria da qualidade das águas superficiais e favorece também a melhoria da qualidade da água da Lagoa. Note-se aliás que, considerando apenas a carga poluente que atinge a Lagoa no espaço de um ano (cf. Quadro 62) a agricultura é com efeito o contribuinte mais importante, em especial no que se refere aos fosfatos. Acresce ainda o facto de muitos poluentes que atualmente entram no sistema demorarem um longo tempo a atingir a Lagoa, criando situações de potencial poluição a médio/longo prazo, se o poluente for conservativo; nestas circunstâncias pode por exemplo ocorrer que a poluição de um dado campo agrícola só venha a atingir o meio hídrico superficial longo tempo após a exploração desse campo ter sido abandonada. Isto coloca limitações à eficácia das medidas sobre a atividade agrícola com vista à melhoria da qualidade da água na Lagoa, a curto prazo, embora o seu efeito sobre a melhoria da qualidade das águas subterrâneas seja de grande importância dada a relação entre a qualidade deste e a da rede

hidrográfica. Os arrozais são a cultura com maior carga poluente entre as várias fontes de origem agrícola, contribuindo com 16% de toda a carga poluente subterrânea produzida em nitratos e cerca de 31% de toda a carga subterrânea de fosfatos (Quadro 18); considerando o cômputo global de cargas poluentes superficiais + subterrâneas a cerca de 21% de toda a carga poluente de nitratos produzida na bacia e a cerca de 33% do total de fosfatos de origem superficial + subterrânea gerados na bacia. Considerando somente as cargas poluentes que atingem a Lagoa em tempo de percurso igual ou inferior a 1 ano, o predomínio dos arrozais na poluição superficial é da ordem dos 65% para os nitratos e dos 79% para os fosfatos; considerando somente as origens subterrâneas os arrozais contribuem com cerca de 34% dos nitratos e cerca de 58% dos fosfatos gerados por todas as fontes subterrâneas (Quadro 18). Estes valores indiciam assim o grande impacto que os arrozais podem causar ao nível superficial e subterrâneo, sendo que as demais culturas terão apenas impactos significativos ao nível subterrâneo. A proximidade dos arrozais à Lagoa implica que estes impactos são nela sentidos muito intensa e rapidamente, o que é aliás manifesto por as cargas poluentes dos mesmos demorarem um curtíssimo espaço de tempo a alcançá-la, nalguns casos com descargas praticamente diretas sobre esta massa de água. Tal significa que qualquer alteração nos arrozais (variação da área ocupada, métodos de cultivo, medidas de redução da poluição) tem um impacto imediato no meio hídrico, o que nem sempre se deverá verificar para as outras culturas.

- **Carga poluente subterrânea que entra no meio hídrico superficial** – um dos aspetos que revelou ter um impacto fundamental na qualidade do meio hídrico superficial são as contribuições de origem subterrânea. Com efeito um volume quase equivalente à recarga no sector poroso da bacia de Melides vai alimentar as linhas de água (e também diretamente a Lagoa, mas apenas em zonas muito localizadas). Deste modo uma quantidade significativa de poluição de origem subterrânea tende a alcançar o meio superficial pelo que, para a melhoria da qualidade das águas superficiais, é necessária a implementação de medidas para melhorar a qualidade das águas subterrâneas e reduzir do n.º de fontes poluentes (e respetivas cargas) do meio subterrâneo.
- **Variação dos regimes sazonais de escoamento e recarga** – dado o tipo de origens poluentes de maior impacto, a sazonalidade tanto das cargas poluentes como dos regimes hídricos é determinante para a qualidade das águas ao longo do ano. Com efeito, se se considerarem médias anuais, a qualidade das águas é com frequência razoável ou boa. No entanto quando se avaliam as cargas poluentes e os

volumes hídricos à escala sazonal, esta qualidade tem significativas oscilações, frequentemente com degradações muito importantes nas épocas de pico de descarga poluente, as quais podem inclusive coincidir com os períodos de menores volumes de entrada de água na Lagoa (ex.: época turística, associada à poluição urbana).

- **Alteração dos volumes anuais e sazonais do escoamento e recarga em cenários de alterações climáticas** – a alteração dos volumes de recarga e escoamento, como seja no caso dos cenários das alterações climáticas ou nas condições de variabilidade interanual dos regimes de precipitação-recarga-escoamento superficial, tem também um impacto significativo na qualidade dos meios hídricos, como se pode verificar na secção 5.5.3.
- **Alteração dos volumes de água subterrânea que descarregam nas linhas de água em cenários de alterações climáticas** – a alteração dos fluxos de água subterrânea ao meio superficial provou ser um fator fundamental no controlo da qualidade dos meios hídricos superficiais. Com efeito em cenários climáticos onde se admitiu que a descarga do meio subterrâneo para o superficial não ocorreria devido a reduções acentuadas da recarga (e conseqüente descida do nível freático) a qualidade das águas superficiais indicou uma muito acentuada melhoria da qualidade. Como não é ecologicamente desejável, nem economicamente aconselhável, eliminar a transferência de água entre os dois meios, as medidas terão de se focar na melhoria não apenas da qualidade das águas do meio superficial mas terem forte incidência na melhoria da qualidade das do meio subterrâneo.
- **Taxas de depuração da Lagoa e respetivas alterações** – as taxas de remoção de poluentes por processos como as aberturas ao oceano determinam a melhoria mais ou menos acentuada da qualidade, mas dependem de uma variedade de fatores como por exemplo o volume de água retida na Lagoa, a diferença entre o nível de água na Lagoa e o oceano, o tempo que a zona de abertura se mantém em ligação com o mar, etc. e qualquer alteração nestas taxas de remoção têm efeitos diretos e significativos sobre a qualidade das águas. Atendendo a que em cenários de alterações climáticas haverá modificações dos regimes hídricos, volumes de água que chegam à Lagoa e alteração do nível do mar, estas taxas de remoção de poluentes serão significativamente alteradas e, embora em efeito *ad latere*, muito provavelmente poderá ocorrer uma maior salinização da Lagoa.
- **Alteração do volume da Lagoa** – em cenários de alterações climáticas, ou de variabilidade climática (ex.: anos de grandes secas ou pelo contrário de grandes

invernias) o volume da Lagoa terá variações significativas e isto terá um importante impacto na qualidade das suas águas, como se expressa nos Quadro 54 a Quadro 61. De especial importância é a variação sazonal, em particular períodos de estiagem, dado que é nestes períodos que aumenta a carga poluente de origem urbana, com especial destaque para as várias fontes sitas na envolvente da Lagoa (ex.: Parque de Campismo, Azenha da Lagoa, etc.), e se dá o regadio dos arrozais.

4.2 Contribuição de cada fonte poluente para a degradação da qualidade dos meios hídricos

Para a identificação de quais as zonas do aquífero e da rede hidrográfica afetadas pelas diferentes fontes poluentes, assim como para definir a contribuição percentual de cada fonte poluente para o estado de poluição em cada um desses locais, fez-se correr o modelo matemático desenvolvido para a região aplicando a ferramenta do *particle tracking*. Esta ferramenta segue o trajeto de um conjunto de partículas que se atribuem como entrando no sistema a partir da nossa fonte poluente e que representam a poluição entrada nesse ponto. Com o *particle tracking* é possível definir que percentagem de partículas entradas num dado ponto atinge uma determinada região do modelo (células do aquífero, células que correspondem à rede de drenagem superficial, etc.). Com esta informação é possível determinar para onde vai a poluição de cada fonte poluente, em que zonas do aquífero esta passa, em que regiões da rede hidrográfica pode ou não vir a entrar, e que percentagem do volume poluente injetado por cada fonte alcança as diferentes células/regiões do aquífero.

Esta informação permite assim definir que fontes poluentes são prioritárias, isto é, de maior impacto no meio hídrico e que portanto necessitem de intervenção mais imediata e/ou mais vigorosa. Dá também indicação da quantidade de carga poluente que deverá ser reduzida em cada fonte. O resultado desta análise encontra-se no Quadro 63. Deste quadro verifica-se que apenas um reduzido número de fontes poluentes contribuem para a carga poluente nos pontos de monitorização mas todos os pontos contribuem para a poluição do meio hídrico superficial. Deve sublinhar-se aqui que a carga poluente que atinge o meio hídrico superficial vinda destas fontes teve um percurso subterrâneo (que não passou necessariamente pelos pontos de monitorização) antes de atingir o meio superficial, admitindo-se que a carga superficial direta – por efeito de escorrências – proveniente da maioria destas fontes seja diminuta.

Das simulações do fluxo do modelo matemático, tanto os arrozais como a generalidade das fossas têm uma incidência de poluição sobre o meio subterrâneo que se restringe à faixa envolvente da ribeira e Lagoa, atingindo o meio superficial em menos de 1 ano, com a exceção de Vale Travesso e Caveira (cf. Oliveira et al., 2012a). Por seu lado, o ponto P3 da rede de monitorização subterrânea, que é o ponto mais poluído, não regista no modelo

matemático a chegada de qualquer partícula poluente, o que mais uma vez sugere que os problemas de poluição deste ponto serão externos à bacia e relacionar-se-ão com os fluxos do sistema aquífero mais profundo, dada a profundidade a que este ponto P3 capta as águas. As vinhas não contribuem para a poluição do meio subterrâneo nos pontos amostrados, o que não significa que não sejam contribuidores para a poluição desse meio mas apenas que, devido aos padrões de fluxo do aquífero, a poluição não alcança os pontos de monitorização.

As simulações do modelo matemático mostram também que apenas uma fração do total da carga poluente passa através dos pontos de monitorização, o que indica que a maior parte da poluição se distribui pela generalidade da área do aquífero antes de alcançar o meio hídrico superficial (Quadro 64). Deve ter-se em atenção que o facto de uma fonte poluente não afetar um ponto de monitorização não significa que não afete de facto o aquífero e, posteriormente, o meio hídrico superficial; todos os pontos indicados como contribuindo para a poluição na ribeira mas não afetando pontos de monitorização (cf. Quadro 63), estão a afetar de facto o meio hídrico subterrâneo, embora a sua poluição tenha percursos que não atingem estes pontos de monitorização; porque, para atingir o meio superficial, e dado o tipo de fontes poluentes em causa (maioritariamente agrícolas e/ou fossas), a poluição terá de viajar essencialmente pelo meio subterrâneo antes de alcançar a ribeira e a Lagoa.

Assim sendo, a carga de poluente existente no aquífero será bem maior do que a detetada nos pontos de monitorização e as medidas de controlo da poluição deverão ser definidas em função do total de carga poluente entrada e não do valor de carga poluente detetada nos pontos de monitorização deste estudo.

Quadro 63 – Contribuição percentual de cada fonte poluente para a carga poluente em diferentes regiões do aquífero e rede hidrográfica

| Fonte poluente | | Percentagem de poluição que alcança: | |
|---------------------------|------|--|-------------|
| | | Pontos de monitorização subterrânea | Ribeira |
| Sistemas culturais mistos | SC1 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | Lagoa = 78% |
| | SC2 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC3 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC4 | P22 = 6% (= 26,1 kgN/ano e 11,7 kgP/ano) | 100% |
| | SC5 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC6 | P23 = 15% (= 17,7 kgN/ano e 6,5 kgP/ano) P5 = 10% (= 11,8 kgN/ano e 4,3 kgP/ano) | 100% |
| | SC7 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC8 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC9 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC10 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC11 | P17 = 20% (= 35,6 kgN/ano e 16,0 kgP/ano) P18 = 13% (= 23,2 kgN/ano e 10,4 kgP/ano) | 100% |
| | SC12 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC13 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SC14 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |

| Fonte poluente | | Percentagem de poluição que alcança: | |
|-------------------------------|---|---|------------------------------|
| | | Pontos de monitorização subterrânea | Ribeira |
| Pomares | P10 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P11 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P1 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P2 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P3 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P4 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P5 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P6 | P5 = 20% (= 23,2 kgN/ano e 10,4 kgP/ano) | 100% |
| | P7 | P23 = 5% (= 3,8 kgN/ano e 1,7 kgP/ano) P5 = 35% (= 26,3 kgN/ano e 11,9 kgP/ano) | 100% |
| | P8 | P9 = 7% (= 10,5 kgN/ano e 4,7 kgP/ano) P10 = 7% (= 10,5 kgN/ano e 4,7 kgP/ano) | 100% |
| | P9 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P12 | P15 = 17% (= 33,5 kgN/ano e 15,0 kgP/ano) | 100% |
| | P13 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | P14 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 12% |
| | P15 | P18 = 10% (= 8,6 kgN/ano e 3,9 kgP/ano) | 100% |
| P18 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% | |
| Vinha | V1A | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | V1B | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | V1C | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | V2 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| Culturas temporárias / Hortas | CT1 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | CT2 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | CT3 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | CT4 | P15 = 3% (= 24,1 kgN/ano e 10,8 kgP/ano) P17A = 10% (= 80,2 kgN/ano e 36,1 kgP/ano) P17 = 8% (= 64,2 kgN/ano e 28,9 kgP/ano) P18 = 35% (= 280,7 kgN/ano e 126,4 kgP/ano) | 100% |
| Pomar + Vinha | PV1 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| Agropecuária | SUI1 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | SUI2 | P17 = 20% (= 43,2 kgN/ano e 20,2 kgP/ano) | 100% |
| | BOV1 | P5 = 20% (= 135,4 kgN/ano e 61,4 kgP/ano) | 100% |
| | BOV2 | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | OVI | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| Urbana | Azenha da Lagoa | P21 = 30% (= 5,6 kgN/ano e 1,5 kgP/ano) | Lagoa = 30% Ribeira = 70% |
| | Valença | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | Vale Travesso | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | Moinho do Vau | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | Aderneira | P5 = 40% (= 9,8 kgN/ano e 2,4 kgP/ano) | 100% |
| | Sancha | P10 = 27% (= 9,5 kgN/ano e 2,4 kgP/ano) | 100% |
| | Salvada | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | Caveira | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | 100% |
| | Sesmarias | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | Lagoa = 90% |
| | Parque Campismo | Nenhum ponto atingido/pluma poluente não intersectada | Lagoa = 100% |

Considerando que a maior parte da carga poluente entrará no meio hídrico por via subterrânea, as medidas com vista ao controlo desta poluição deverão ser especialmente consideradas. No caso específico dos arrozais, que são os maiores contribuidores face ao total de fontes poluentes, e dada a sua forte contribuição poluente direta para o meio

superficial, as medidas de redução da carga poluente superficial e subterrânea deverão ter idêntica importância.

Quadro 64 – Cargas poluentes médias e percentagens desta carga que transitam pelos pontos de monitorização (exclusivamente fontes que afetam os pontos de monitorização)

| Fonte poluente | Carga poluente em trânsito nos pontos de monitorização | | % da carga total da fonte poluente que... | |
|-----------------|--|------------|---|---------------------------------------|
| | N (kg/ano) | P (kg/ano) | passa nos pontos de monitorização | não passa nos pontos de monitorização |
| Pomar P6 | 23,2 | 10,4 | 20 | 80 |
| Pomar P7 | 30,0 | 16,6 | 40 | 60 |
| Pomar P8 | 21,0 | 9,4 | 14 | 86 |
| Pomar P12 | 33,5 | 15,0 | 17 | 83 |
| Pomar P15 | 8,6 | 3,9 | 10 | 90 |
| Sistema SC4 | 26,1 | 11,7 | 6 | 94 |
| Sistema SC6 | 29,5 | 10,8 | 25 | 75 |
| Sistema SC11 | 58,8 | 26,4 | 33 | 67 |
| Culturas CT4 | 449,1 | 202,2 | 56 | 44 |
| Bovinicultura 1 | 135,4 | 61,4 | 20 | 80 |
| Suinicultura 2 | 43,2 | 20,2 | 20 | 80 |
| Aderneira | 9,8 | 2,4 | 40 | 60 |
| Sancha | 9,5 | 2,4 | 27 | 73 |
| Azenha Lagoa | 5,6 | 1,5 | 30 | 70 |

Embora muitas fontes poluentes se situem na envolvente da ribeira de Melides e portanto tenham um impacto moderado em termos de área afetada do aquífero, o controlo da poluição subterrânea destas fontes é importante dado que esta poluição subterrânea atingirá o meio superficial, e relativamente depressa, e o objetivo de quaisquer medidas de recuperação é o de recuperar o meio hídrico superficial para o estado bom e garantir a não degradação do meio hídrico subterrâneo, não podendo descurar tais fontes poluentes. Assim, mesmo para fontes localizadas muito próximo da ribeira de Melides e Lagoa (ex.: fossas), faz sentido aplicar medidas de controlo da poluição do aquífero. A contribuição de cada fonte poluente, dados os resultados do modelo matemático, foi assim considerada:

- **Fontes poluentes que não afetam a Lagoa (devido à sua localização, o fluxo subterrâneo leva os poluentes para fora da área da bacia hidrográfica)** – Pomares P14, P16 e P17.
- **Fontes que contribuem essencialmente para a poluição do meio superficial** – ETARs.
- **Fontes que contribuem em proporções sensivelmente similares para a poluição do aquífero e poluição do meio superficial (ribeira e Lagoa)** – Arrozaís.
- **Fontes que contribuem essencialmente para a poluição do meio subterrâneo** – Fossas.

- **Fontes que contribuem maioritariamente para a poluição do meio subterrâneo mas com algum impacto (por via de escorrências) para a poluição do meio superficial** – todas as restantes.

A contribuição percentual de cada fonte poluente para a carga poluente total, assim como os valores de redução destas cargas de modo melhorar a qualidade do meio hídrico superficial e subterrâneo, são apresentados no Quadro 65. Os valores de redução foram determinados a partir dos resultados de simulações do modelo matemático. No caso das reduções para o meio hídrico superficial aplicou-se, para os campos de cultivo, a regra de reduzir as cargas poluentes em metade do valor de redução das cargas subterrâneas, com exceção das parcelas com extensa faixa de contacto com as linhas de água e/ou Lagoa, onde os critérios de redução foram mais exigentes, conduzindo em regra a reduções similares às das exigidas para o meio subterrâneo. No caso das fossas admitiu-se que não há escorrências para o meio superficial senão em caso de acidente, donde a redução de cargas poluentes para este caso admitiu-se nula. No caso dos arrozais, e dada a importância das descargas para o meio hídrico superficial, considerou-se que a redução das cargas para o meio hídrico superficial deverá igualar a redução das cargas para o meio hídrico subterrâneo.

Quadro 65 – Contribuição de cada fonte poluente para a carga poluente global média e valores de redução destas cargas com vista à melhoria da qualidade do meio hídrico

| Fonte Poluente | Contribuição atual face à carga total | | Redução da carga poluente | |
|-----------------|---------------------------------------|-------|---------------------------|-------------|
| | N (%) | P (%) | Superficial | Subterrânea |
| P1 | 0,55 | 0,49 | 15,0% | 15,0% |
| P2 | 0,25 | 0,23 | 10,0% | 10,0% |
| P3 * | 0,96 | 0,76 | 10,0% | 20,0% |
| P4 * | 0,28 | 0,25 | 5,0% | 10,0% |
| P5 * | 0,54 | 0,49 | 10,0% | 10,0% |
| P6 | 0,69 | 0,62 | 10,0% | 15,0% |
| P7 | 0,45 | 0,41 | 10,0% | 10,0% |
| P8 * | 0,90 | 0,80 | 20,0% | 20,0% |
| P9 * | 0,85 | 0,77 | 15,0% | 20,0% |
| P10 | 2,65 | 2,39 | 15,0% | 30,0% |
| P11 | 0,50 | 0,46 | 10,0% | 10,0% |
| P12 * | 1,18 | 1,06 | 10,0% | 20,0% |
| P13 * | 1,02 | 0,92 | 10,0% | 20,0% |
| P15 * | 0,52 | 0,47 | 10,0% | 10,0% |
| P18 | 0,45 | 0,41 | 10,0% | 10,0% |
| V1A * | 1,14 | 1,45 | 10,0% | 20,0% |
| V1B * | 1,08 | 1,30 | 20,0% | 20,0% |
| V1C * | 0,97 | 1,52 | 10,0% | 20,0% |
| V2 | 0,30 | 0,41 | 10,0% | 10,0% |
| Pomar+vinha PV1 | 1,24 | 1,27 | 10,0% | 20,0% |
| SC1 | 3,25 | 2,90 | 30,0% | 40,0% |
| SC2 * | 0,44 | 0,40 | 5,0% | 10,0% |
| SC3 | 1,65 | 1,48 | 20,0% | 25,0% |
| SC4 | 2,60 | 2,33 | 15,0% | 30,0% |
| SC5 | 0,78 | 0,70 | 10,0% | 15,0% |
| SC6 * | 0,71 | 0,64 | 10,0% | 15,0% |
| SC7 | 1,18 | 1,06 | 15,0% | 20,0% |

| Fonte Poluente | Contribuição atual face à carga total | | Redução da carga poluente | |
|-----------------|---------------------------------------|-------|---------------------------|-------------|
| | N (%) | P (%) | Superficial | Subterrânea |
| SC8 * | 0,66 | 0,60 | 15,0% | 15,0% |
| SC9 | 0,49 | 0,43 | 10,0% | 10,0% |
| SC10 * | 0,34 | 0,31 | 10,0% | 10,0% |
| SC11 * | 1,07 | 0,96 | 10,0% | 20,0% |
| SC12 * | 1,68 | 1,50 | 13,0% | 25,0% |
| SC13 * | 0,58 | 0,52 | 5,0% | 10,0% |
| SC14 * | 2,88 | 2,58 | 17,0% | 35,0% |
| CT1 * | 8,48 | 7,64 | 25,5% | 45,0% |
| CT2 | 1,59 | 1,43 | 17,0% | 25,0% |
| CT3 | 1,66 | 1,50 | 17,0% | 25,0% |
| CT4 * | 4,80 | 4,33 | 30,0% | 40,0% |
| SUI1 | 4,04 | 3,78 | 40,0% | 43,0% |
| SUI2 * | 1,29 | 1,21 | 25,0% | 25,0% |
| BOV1 | 4,06 | 3,68 | 40,0% | 43,0% |
| BOV2 | 4,52 | 4,10 | 40,0% | 45,0% |
| OVI | 4,31 | 3,24 | 40,0% | 45,0% |
| Azenha Lagoa | 0,11 | 0,06 | 0,0% (1) | 15,0% |
| Valença | 0,11 | 0,05 | 0,0% (1) | 15,0% |
| Vale Travesso * | 0,28 | 0,14 | 0,0% (1) | 15,0% |
| Moinho do Vau | 0,38 | 0,19 | 0,0% (1) | 15,0% |
| Aderneira | 0,15 | 0,07 | 0,0% (1) | 15,0% |
| Sancha | 0,21 | 0,11 | 0,0% (1) | 15,0% |
| Salvada | 0,23 | 0,12 | 0,0% (1) | 15,0% |
| Caveira * | 0,52 | 0,28 | 0,0% (1) | 20,0% |
| Sesmarias | 2,13 | 1,10 | 0,0% (1) | 35,0% |
| Parque Campismo | 12,42 | 6,46 | 0,0% (1) | 60,0% |
| Arrozais A | 5,59 | 10,85 | 35,0% | 35,0% |
| Arrozais B | 10,59 | 20,53 | 45,0% | 45,0% |
| Arrozais C | 0,78 | 1,51 | 20,0% | 20,0% |

Nota: as células a rosa claro indicam quais as reduções prioritárias dada a contribuição de cada fonte para os diferentes meios. (1) Admite-se que as fossas não tenham escorrências superficiais senão em caso de acidente *pontos a partir dos quais a poluição demora mais de 20 anos a chegar ao rio e/ou Lagoa.

Tendo todos estes aspetos em consideração, as medidas com vista à melhoria da qualidade da água deverão ser distribuídas do seguinte modo:

- **ETARs** – medidas de controlo da poluição superficial. A prevenção da poluição subterrânea que possa estar associada a deficiências, falhas ou infiltrações a partir das estruturas de tratamento, terá uma importância presumivelmente menor e deverá ser encarada como basicamente preventiva.
- **Fossas** – medidas de controlo da poluição subterrânea. Não se considera que estas estruturas produzam poluição para o meio superficial, exceto nos eventuais casos de acidente ou sobrecarga das estruturas, eventos considerados ocasionais e que exigem intervenção pontual.
- **Arrozais** – medidas de controlo da poluição superficial e subterrânea. Esta fonte exerce uma poluição significativa sobre o meio superficial e sobre o meio subterrâneo. A poluição do meio subterrâneo ocorrerá ao longo do período de

desenvolvimento da cultura, em especial durante o período de inundação dos campos; a poluição do meio superficial, que ocorre associada a escorrências ou fugas de água dos canteiros durante o período de inundação, torna-se preponderante durante os períodos de descarga dos canteiros.

- **Restantes fontes** – medidas de controlo prioritariamente da poluição subterrânea mas sem descurar as medidas de controlo da poluição superficial. Estas fontes têm uma contribuição poluente sobretudo para o meio subterrâneo; a poluição para o meio superficial terá uma importância menos significativa e deve-se sobretudo a escorrências. No caso das fontes poluentes mais próximas dos cursos de água e da Lagoa este impacto sobre o meio superficial será mais significativo do que para as fontes afastadas das linhas de água. Neste último caso considera-se que as fontes poluentes terão um impacto exclusivamente subterrâneo.

Dado o grande conjunto de medidas passíveis de implementação, optou-se por apresentá-las no Anexo II, de modo a simplificar a leitura do presente relatório. Estas são um conjunto diversificado de técnicas que deverão ter por objetivo, na generalidade dos casos, alcançar as reduções de carga poluente acima propostas (Quadro 65) e as prioridades da sua aplicação devem obedecer ao atrás explicitado.

4.3 Medidas propostas

As medidas de recuperação, que se apresentam no Anexo II, têm por objetivos (1) recuperar os pontos com problemas de poluição, (2) evitar a degradação futura de outras áreas do aquífero, (3) manter a qualidade na Lagoa e cursos de água superficial e (4) salvaguardar a sobrevivência dos ecossistemas e a manutenção das suas funções. Estas medidas dividem-se em quatro grandes grupos, que serão assinalados nos Quadro 66 a Quadro 68 e Quadro 94 a Quadro 107 (Anexo II) com o seguinte código de cores:

- **Verde** – código de boas práticas.
- **Azul** – medidas de prevenção.
- **Vermelho** – medidas de intervenção.
- **Incolor** – estudos com vista à definição de futuras medidas.

As medidas são ainda organizadas em função do tipo de poluente a controlar/reduzir, tipo de atividade que o gera e o meio hídrico que se pretende melhorar.

Como se conclui do exposto nos capítulos anteriores, a variabilidade sazonal da poluição é um dos mais importantes aspetos a considerar no estabelecimento de medidas, em paralelo com questão da interligação entre o meio hídrico superficial e subterrâneo e respetivo

intercâmbio de poluentes. O n.º de pontos poluentes, sua natureza, distribuição espacial e carga, assim como os tempos de percurso até ao meio hídrico são também fatores a ter em consideração no estabelecimento de medidas, em particular no que se refere ao caso em que os poluentes possam alcançar o meio hídrico superficial longo tempo após terem entrado no meio hídrico subterrâneo.

4.3.1 Medidas destinadas a levar o meio hídrico da bacia de Melides ao estado Bom até 2027

4.3.1.1 Qualidade

A situação no que concerne à poluição do meio hídrico da bacia de Melides é distinta para o meio hídrico subterrâneo, rede hidrográfica da Ribeira de Melides e Lagoa, e também difere consoante o tipo de poluente. Os poluentes mais significativos são, por ordem crescente de importância: hidrocarbonetos, nitratos, fosfatos. Em termos de qualidade, e considerando as cargas poluentes que atualmente e futuramente se calcularam (cf. 3.2.1.3) que alcancem a Lagoa de Melides, pode-se concluir que existem e existirão problemas de poluição no que respeita aos fosfatos, sendo estes problemas mais acentuados no Verão durante a época de alta turística, no que se refere aos nitratos; relativamente aos fosfatos, os resultados preveem que, em condições de não redução da área agrícola, haverá um aumento da poluição até 2015 mas que depois as cargas poluentes de fosfatos deverão ter uma redução de cerca 0,6% entre 2015 e 2027; por seu turno, se se considerar a redução da área agrícola então haverá sempre uma evolução no sentido do decréscimo, que poderá atingir os quase 5% entre 2015 e 2027. Sendo os fosfatos um dos principais despoletadores dos problemas de eutrofização, se não ocorrer controlo das cargas poluentes, em especial dos fosfatos (e das fossas na envolvente imediata da Lagoa), continuarão a registar-se problemas de poluição, sobretudo devido à contribuição dos nitratos. Estes problemas serão especialmente sentidos durante a época de alta turística e períodos de descarga dos arrozais, que ocorrem no período estival. Com efeito, de acordo com as previsões baseadas nos resultados dos cenários socioeconómicos desenvolvidos neste projeto por Lourenço et al (2011; 2012) foi previsto que estes problemas se deverão agravar ainda durante as épocas estivais futuras. A Ribeira de Melides está classificada em estado Medíocre, no PGRH da RH6 devido ao parâmetro diatomáceas (NEMUS et al., 2011), apresentando na monitorização realizada no presente estudo 5 pontos com problemas de poluição para o fósforo, tendo também sido detetada a presença de hidrocarbonetos em todos os pontos de amostragem (Oliveira et al., 2011). O aquífero apresenta estado Bom na área da bacia hidrográfica da ribeira de Melides (NEMUS et al., 2011) mas, na campanha de monitorização efetuada no presente projeto, foram detetados 3 pontos com problemas de poluição para o fósforo e 3 com problemas de poluição para os nitratos. As medidas com vista a alterar esta situação (cf. Anexo II) deverão

ter também em consideração não apenas a inter-relação entre os meios hídricos superficiais e subterrâneo (e preferencialmente os pontos onde esta interligação ocorre) mas as diferentes condições de qualidade das águas em cada meio hídrico (ou no caso do aquífero, nos seus diversos sectores) e os poluentes que nestas diferentes áreas da massa de água e/ou em cada massa de água são mais significativos para o problema a tratar, tendo sempre como pensamento enquadrador de aplicação das medidas a gestão integrada e sustentada do meio hídrico.

4.3.1.1.1 Rede Hidrográfica

a) Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos ocorrem em pontos nas proximidades de estradas rurais ou áreas de cultivo, com valores no geral baixos, tendo sido registados em todos os pontos monitorizados. A exceção é o ponto MSup_19 sito na bordadura da Lagoa, na área de Sesmarias, a jusante do Parque de Campismo. De referir ainda que a ETAR pode ser uma fonte significativa de entrada de óleos e hidrocarbonetos no meio hídrico superficial. Com efeito informação da ARH Alentejo apresenta resultados de efluentes da ETAR de Melides onde se registam por diversas vezes a presença de óleos e gorduras; por seu lado Van Vleet e Quinn (1977) referem que em ETARs com tratamento secundário no rio Providence, foi verificada a ocorrência de hidrocarbonetos nas respetivas descargas, associados aos sólidos em suspensão e que os efluentes domésticos poderiam ser responsáveis por cerca de 5% dos hidrocarbonetos que nessa altura entravam nos oceanos. As medidas propostas apresentam-se no Anexo II no Quadro 94.

b) Nitratos e compostos azotados

As águas superficiais registam uma fraca incidência de nitratos e compostos azotados, com nitratos a ocorrerem apenas na área dos arrozais em dois pontos: na zona central (ponto MSup_18) e no ponto MSup_17, sito na área de montante dos arrozais e a alguma distância jusante da ETAR. Os nitritos ocorrem nestes mesmos pontos, mas também em MSup_13 (zona da ETAR) e em MSup_19 (zona da Lagoa, região de Sesmarias, a jusante do Parque de Campismo). Refira-se que o ponto MSup_18 se situa a jusante da fossa da Aderneira (cf. Quadro 4). Isto sugere que estes poluentes poderão ter origem predominantemente doméstica. Não se deve contudo descartar as contribuições agrícolas, em especial dos arrozais nos pontos MSup_17 e MSup_18, ou mesmo no ponto MSup_19, pois é na Lagoa que se acumulam as descargas dos arrozais (e de toda a restante atividade da bacia hidrográfica). Também não se devem descurar os aportes de origem subterrânea que atingem a rede hidrográfica, dado que os pontos com nitratos e outros compostos azotados se situam a jusante (em termos de escoamento subterrâneo) das áreas agrícolas da bacia,

por oposição aos restantes pontos, que se situam em áreas de fraca incidência agrícola. Para reduzir a carga subterrânea serão elencadas medidas no Anexo II, na alínea das águas subterrâneas, as quais têm dois objectivos-base: melhorar o estado qualitativo do meio subterrâneo e reduzir o aporte de poluição ao meio superficial.

As medidas de controlo da carga poluente de origem superficial, com vista a proteger e melhorar a qualidade química da rede hidrográfica e, indiretamente, da Lagoa são apresentadas no Anexo II no Quadro 95. Embora a poluição associada a estes compostos possa ter um menor impacto na degradação das águas da Lagoa do que no caso dos fosfatos, e de acordo com os cenários socioeconómicos possa vir a diminuir até 2027, haverá contudo impactos sazonais com alguma importância, associados essencialmente com as origens domésticas. No caso das ETAR, as descargas dos seus efluentes podem, se a remoção de nutrientes foi pouco eficaz, promover os “*blooms*” de algas. As medidas, focadas sobretudo no controlo da carga poluente de origem doméstica e agrícola (com especial destaque para os arrozais, embora as restantes áreas agrícolas nas margens da ribeira sejam também alvo de atuação), contemplarão igualmente esta sazonalidade associada às fontes domésticas. As medidas específicas para os arrozais foram baseadas em Pereira (2003), no Projeto Agro 24 (Xavier et al., 2005) e Tyler et al. (2012).

c) Fosfatos

Esta é a poluição mais crítica no meio superficial, com 5 dos 10 pontos analisados registando a presença de fósforo e/ou compostos fosfatados, encontrando-se 1 ponto (MSup_13, sito na proximidade imediata da ETAR) com evidentes problemas de poluição. Os restantes pontos onde se regista a presença de fósforo e/ou fosfatos situam-se a jusante da ETAR e na zona dos arrozais, com exceção do ponto MSup_8, sito a jusante do sítio de Canas de Baixo. Deste modo a poluição tem uma componente urbana e uma componente de origem agrícola/agropecuária, sendo que no caso da componente doméstica haverá uma forte sazonalidade, associada sobretudo à atividade turística. Eventos acidentais (como por exemplo a danificação da ETAR em picos de caudal da ribeira de Melides; cf. Freitas et al., 2008) podem também contribuir com picos de poluição, por vezes com alguma extensão temporal, fora dos períodos de máxima atividade turística. Os cenários de evolução sócio-económica sugerem uma redução progressiva da população residente e da área agrícola até 2027 mas um espetável aumento da população sazonal turística (cf. NEMUS et al., 2011). Deste modo deverá registar-se uma leve redução da carga poluente de origem agrícola e de origem doméstica, com exceção dos períodos estivais. Em todo o caso a situação atual é com frequência crítica, com ocorrências de “*blooms*” de algas na Lagoa em resultado de cargas poluentes elevadas que chegam através da ribeira, como é ilustrado em Freitas et al. (2008), pelo que é necessário definir medidas com vista à melhoria do estado

atual e garantir o posterior bom estado futuro. Com efeito as futuras espectáveis reduções de carga poluente devidas à evolução sócio-económica não serão suficientes de *per si* para solucionar os problemas de poluição e consequentes impactos sobre os ecossistemas, sem contar que apesar de uma redução média anual, haverá espetavelmente aumentos da contaminação nos períodos de alta turística.

Tal como para os nitratos, as medidas focam-se no controlo das cargas poluentes de origem doméstica e agrícola, sendo definidas apenas para o controlo da carga poluente de origem superficial, com vista a proteger e melhorar a qualidade química da rede hidrográfica e, indiretamente, da Lagoa. A sazonalidade das cargas poluentes é também um aspeto contemplado na definição das medidas que abaixo se apresentam. Para a redução das cargas poluentes que, vindas do meio subterrâneo entram no meio hídrico e Lagoa, serão elencadas medidas no Anexo II, na alínea das águas subterrâneas, embora não perdendo a perspetiva integrada de gestão dos vários meios hídricos envolvidos. As medidas para a redução das cargas poluentes que entram diretamente na rede hidrográfica (descargas diretas de fossas, ETARs, arrozais, escorrências de campos agrícolas, pecuárias) apresentam-se no Anexo II no Quadro 96.

d) Pesticidas e Metais Pesados

A poluição por pesticidas está essencialmente associada à atividade agrícola, pelo que as medidas que se apresentam no Anexo II, Quadro 97 estão exclusivamente focadas nesta atividade, dividindo-se entre os arrozais, pela sua proximidade à Lagoa e mecanismos de descarga para o meio hídrico, e as demais atividades agrícolas. As medidas específicas para os arrozais foram baseadas em Pereira (2003) e no Projeto Agro 24 (Xavier et al., 2005).

Os metais pesados relacionam-se sobretudo com a atividade agrícola, nomeadamente a fertilização com agroquímicos e eventuais efluentes sólidos – ex.: de origem pecuária ou mesmo doméstica – como refere Cheng (2003) mas costuma haver também uma componente associada ao funcionamento de ETARs, dado que com frequência ocorre uma ligação direta entre as descargas dos seus efluentes e a contaminação do meio com metais pesados (cf. Loizeau et al., 2004). Contudo no estudo presente a contaminação por metais pesados é virtualmente inexistente, sendo os elementos catiónicos detetados associáveis essencialmente à atividade agrícola (Oliveira et al., 2011). Como se referiu anteriormente, as medidas destinadas à componente subterrânea desta poluição que possa atingir o meio hídrico superficial, serão apresentadas no Anexo II, na alínea relativa às águas subterrâneas. Admite-se, com base nos cenários socioeconómicos, que a carga poluente superficial deverá sofrer uma ligeira redução até 2027 (valores médios anuais), devido à

redução da área agrícola. Porém, dada a natureza destes poluentes, esta redução espectável pode nem sempre ser suficiente para garantir a qualidade do meio hídrico, podendo ser necessário introduzir medidas de mitigação em situações específicas, aconselhando-se sempre a implementação de medidas de prevenção.

e) Coliformes

Esta poluição está associada à utilização de fertilizantes de origem animal (ex.: estrumes, chorumes, etc.), à atividade pecuária e às fontes poluentes de origem doméstica como sejam ETARs com funcionamento deficiente ou outras estruturas de esgotos com descargas para a rede hídrica. Todos os pontos amostrados registam a presença de coliformes mas em quantidades aceitáveis, com a exceção do ponto MSup_18, sito na zona central da área dos arrozais e alguma distância a jusante da ETAR, o qual apresenta uma pior qualidade no que toca a este parâmetro. Assim o espectro de poluição associado aos coliformes é relativamente diminuto na área de estudo, embora possam ocorrer eventos significativos de poluição associados a acidentes, como sejam os que decorrem de ocasionais descargas torrenciais de muito grande caudal na ribeira de Melides que já nalguns casos danificaram a estrutura da ETAR, dando origem à poluição da ribeira, e da Nascente de Fonte de Olhos, que ficou imprópria para o abastecimento doméstico durante vários meses (cf. Freitas et al., 2008).

Mais uma vez, admite-se, com base nos cenários socioeconómicos, que a poluição associada à atividade agrícola e fontes domésticas (componente associada à população residente) deverá diminuir devido à redução espectável da população residente e das áreas agrícolas, admitindo-se que a poluição de origem pecuária se deverá manter nos níveis atuais. Contudo deverá admitir-se um possível aumento da carga poluente doméstica de Verão devido ao espectável aumento do turismo.

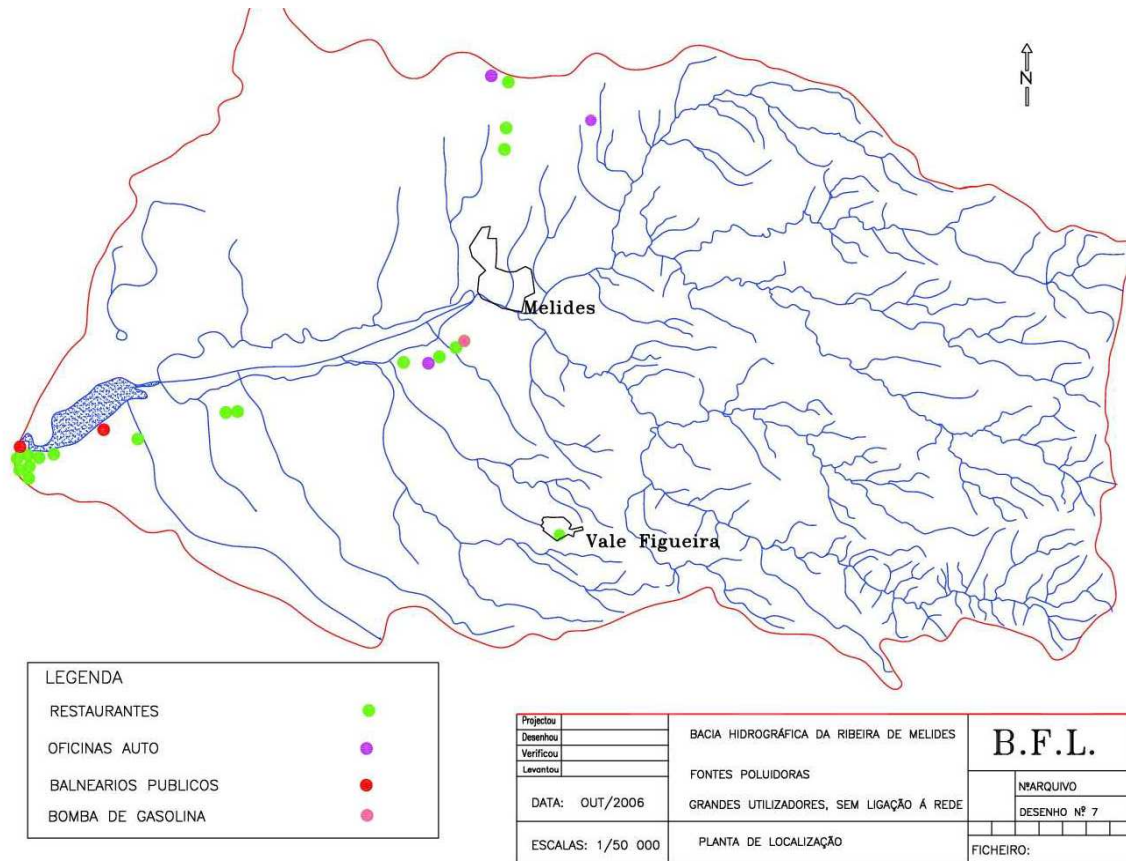
Deste modo considera-se que as medidas tendentes a manter ou melhorar a qualidade em termos de coliformes (cf. Anexo II, Quadro 98) deverão ser sobretudo preventivas, destinadas a reduzir a frequência e impacto dos eventos de poluição acidental (ex.: associados a danos na ETAR) e reduzir, sem encargos onerosos para os produtores, as cargas poluentes de origem pecuária e agrícola.

4.3.1.1.2 Meio Hídrico Subterrâneo

a) Hidrocarbonetos

No meio hídrico subterrâneo não se assinalam problemas de hidrocarbonetos nos pontos de amostragem. Contudo ocorrem na região 3 oficinas e uma bomba de gasolina que poderão causar localmente problemas de poluição por hidrocarbonetos e metais pesados. Refira-se a este propósito que não ocorrem problemas assinaláveis de metais pesados nos pontos de

amostragem e nos poucos casos em que a sua existência é detetada, poderá associar-se quer à presença de sucatas, quer a contaminação agrícola de reduzida extensão no espaço, visto a distribuição das oficinas (cf. Figura 6) não coincidir com a dos pontos onde estes contaminantes são encontrados.



Fonte: CCDR Alentejo (2006)

Figura 6 – Distribuição de fontes poluidoras pontuais na bacia de Melides

Assim as medidas que se propõem (cf. Quadro 99), e que por simplicidade da exposição se apresentam no Anexo II, têm um carácter essencialmente preventivo e focam-se em especial na bomba de gasolina, embora elenquem também medidas para as oficinas. As medidas definidas para a bomba de gasolina baseiam-se nos trabalhos de Sameiro e Gomes (2006) e Leitão et al. (2008) e deverão assegurar que os limiares de qualidade sejam alcançados e mantidos, após a sua implementação.

b) Nitratos e Fosfatos

As origens de nitratos e fosfatos podem ser traçadas à atividade agrícola, às fossas sépticas e à atividade pecuária. As medidas para recuperar ou manter o estado Bom do meio hídrico subterrâneo pretendem manter ou melhorar a qualidade dos aquíferos mas também o estado do meio hídrico superficial, visto o meio subterrâneo descarregar um volume significativo de água na rede hidrográfica, registando-se igualmente algumas descargas na

Lagoa. Assim, um aquífero com problemas de poluição limitará seriamente a recuperação da Lagoa e do meio hídrico superficial associado, pelo que a recuperação da Lagoa passará obrigatoriamente por uma melhoria do estado do aquífero.

Atendendo aos tempos de percurso, uma parte significativa da carga poluente atualmente entrada no aquífero chegará ao meio hídrico superficial após 2027, pelo que a implementação imediata de medidas nalguns dos locais de entrada de poluentes no meio subterrâneo poderá ter efeitos somente após 2027, pondo em risco o cumprimento da recuperação ao estado Bom do meio hídrico superficial até esta data limite. Será portanto necessário atuar não apenas nas áreas de entrada dos poluentes mas também pelo menos nas zonas de descarga do aquífero, de modo a interceptar e remover os poluentes, para evitar que a poluição continue a afetar significativamente o meio hídrico após 2027.

As medidas devem assim contemplar não apenas medidas gerais para manter as regiões do aquífero atualmente sem problemas significativos de poluição mas também medidas para recuperar as zonas onde se registem problemas de poluição e medidas de remoção e/ou imobilização de poluentes nas zonas de descarga, com vista a limitar ou eliminar a entrada de poluentes no meio hídrico superficial após 2027.

a. Zonas sem problemas de poluição – Medidas a aplicar a toda a área do aquífero

As pressões identificadas nos cenários indicam uma manutenção das cargas poluentes e consumos na pecuária, um aumento das cargas poluentes agrícolas embora pontualmente possam ocorrer decréscimos, e um aumento da carga poluente urbana da ordem dos 7% até 2027, no que se refere aos nitratos (os fosfatos têm um decréscimo de 1% face a 2011), que reflete o efeito conjugado da redução da poluição urbana da população residente e do aumento expectável da população turística. Deste modo considera-se que o bom estado pode ser mantido se se adotarem as medidas que, por simplicidade da exposição, se apresentam no Quadro 100 do Anexo II, com vista a reduzir em cerca de 7% as cargas poluentes de origem agrícola e agropecuária, e em cerca de 12% as cargas de origem urbana (valor médio conservativo, dado prever-se um aumento sazonal muito superior das cargas poluentes devido à atividade turística, e um decréscimo algo significativo durante o resto do ano, por redução da população residente).

b. Zonas de descarga de poluentes no meio hídrico superficial pós 2027 e Áreas do aquífero afetadas pela poluição a médio prazo (pós 2027)

Enquanto as medidas apresentadas nos subcapítulos Zonas sem problemas de poluição e Zonas com problemas de poluição se centram em medidas de controlo da poluição na fonte, neste subcapítulo apresentam-se medidas com vista a reduzir a poluição nas áreas de

descarga, tendo em especial atenção as áreas de descarga do meio subterrâneo para o meio superficial. O objetivo neste caso não é o de evitar a contaminação na fonte mas mitigar a contaminação que está já atualmente em trânsito e irá atingir o meio hídrico superficial após 2027, fazendo perigar as ações realizadas com vista a reverter as massas de água superficial ao estado Bom antes de 2027 e sua posterior manutenção nestas condições após essa data. Estas medidas podem e devem igualmente ser aplicadas na proximidade imediata dos pontos com problemas de poluição. Como o que se pretende não é reduzir a carga poluente (visto esta estar já no meio hídrico) mas impedir que ela alcance o meio superficial, as medidas não são especificadas para cada tipo de fonte de poluente mas para o conjunto global da poluição, independentemente da fonte que lhe deu origem, não sendo por esta razão discriminadas em função do tipo de atividade poluente. As medidas para esta situação estão enunciadas no Quadro 101 do Anexo II.

c. Pontos com problemas de poluição

De acordo com os dados de qualidade atuais, 6 pontos de monitorização do aquífero, num total de 15, apresentam problemas de poluição, 3 relativamente aos nitratos e 3, diferentes, relativamente ao fósforo (cf. Quadro 5), o que significa que cerca de 40% dos pontos amostrados registam problemas de poluição. A espectável evolução sócio-económica futura leva à previsão dum ligeiro aumento da percentagem de pontos nestas condições – subindo para 47% – no conjunto de pontos monitorizados durante este projeto, subida essa devida essencialmente ao aumento da poluição urbana. Da distribuição destes pontos, dois situam-se na bordadura dos arrozais, nas zonas de montante do fluxo, pelo que a sua contaminação através dos arrozais se deverá sobretudo a processos de difusão, não se considerando fontes contaminantes importantes da área amostrada; a importância dos arrozais deverá cingir-se assim às descargas subterrâneas que possam alcançar o meio hídrico superficial a jusante de Melides.

Como se pode verificar do Quadro 3, a proporção das diferentes fontes poluidoras é diferente de ponto para ponto. Atualmente, considerando a distribuição das fontes poluentes na envolvente dos pontos com problemas de poluição, a agricultura é a fonte poluente presente em todos os pontos, com pesos que vão dos cerca de 20% (ex.: ponto P10) a 100% (ex.: ponto P9), na maior parte dos casos em igualdade de importância com a poluição de origem urbana (fossas), embora esta última não ocorra nalguns pontos (ex.: ponto P3); somente no ponto P5 a pecuária terá uma importância significativa, sendo no geral uma fonte poluente com relativo pouco impacto nos pontos amostrados.

De modo a reduzir ou eliminar os problemas de poluição nestes pontos e respetivas área envolventes, tendo em conta não apenas as cargas atuais mas as admissíveis cargas

futuras, previstas em função dos cenários socioeconómicos, será necessário que se reduzam (cf. Figura 3 e Figura 5 para localização dos pontos abaixo referidos):

- As cargas atuais de nitratos em 50% e as de fosfatos em pelo menos 30% – respetivamente na envolvente dos pontos P3, P5 e P9 (com especial destaque para os nitratos) e na envolvente dos pontos P10, P15 e P23 (com especial destaque para os fosfatos). Aconselha-se a que reduções da ordem dos 30% sejam também aplicadas a toda a área de arrozais.
- As cargas futuras agrícolas em 40% de nitratos a 50% de fosfatos – respetivamente na envolvente dos pontos P9, P10 (com especial destaque para os nitratos), P15 e P23 (com especial destaque para os fosfatos). Nos pontos P4 e P10 as reduções podem ser apenas entre 20% e 30% respetivamente. O ponto P3, sendo um ponto profundo deverá ter a sua poluição originada em áreas externas à bacia, pelo que deverá primeiro reconhecer a origem desta poluição e depois definir objetivos em conformidade com as características da(s) fonte(s) poluente e do percurso dos poluentes até ao ponto P3.
- As cargas futuras pecuárias em 50% – respetivamente para a envolvente do ponto P5, sito nas proximidades imediatas da bovinicultura Bov1.
- As cargas futuras urbanas em 70% de nitratos e de fosfatos – com especial destaque para as áreas envolventes dos pontos P5, P10, P15, P23. Na envolvente do ponto P10 a redução pode ser apenas de 40%. Na envolvente da Lagoa estes mesmos critérios deverão ser aplicados a todas as fossas e sistemas de descarga de efluentes nesta massa de água, dada a importância da contribuição poluente desta região para a qualidade das águas da Lagoa.

Assim, para estas zonas aplicam-se, além das medidas elencadas no subcapítulo anterior para a generalidade do aquífero (Quadro 99; cf. Anexo II), um conjunto específico de medidas destinadas à recuperação da qualidade das águas subterrâneas, e que são enumeradas no Quadro 102 do Anexo II. Estas medidas são aplicáveis no(s) ponto(s) de origem da poluição que contribuem para o problema de poluição de cada zona afetada. Deste modo um ponto cuja poluição se deva apenas a contribuição agrícola deverá aplicar as medidas apenas aos focos agrícolas que o afetam, ao passo que um ponto afetado por poluição doméstica ou pecuária, por exemplo, deverá aplicar as medidas referentes à pecuária e/ou às fossas que são responsáveis pela poluição nesse ponto. Na generalidade

dos casos terá de se atuar em mais do que um tipo de fonte, resultando na aplicação de medidas para os diferentes tipos de fontes envolvidas. Sempre que possível as medidas para cada tipo de fonte poluente devem ser aplicadas de modo a potenciar sinergias entre as diferentes atuações.

c) Pesticidas e Metais Pesados

Os pesticidas têm uma origem essencialmente agrícola, pelo que apenas a atividade agrícola em geral e os arrozais serão considerados. Os metais pesados podem ter ainda origens domésticas, devendo as medidas aplicadas à agricultura e muito em especial as medidas de tratamento dos efluentes (fitorremediação, etc.), ser aplicadas às zonas de poluição doméstica (fossas e ETARs). Como no caso dos hidrocarbonetos, nitratos e fosfatos, estas medidas destinam-se sobretudo a controlar os poluentes na fonte. As medidas elencadas para a “Atividade Agrícola em Geral” deverão ser igualmente aplicadas aos arrozais. Contudo, para os arrozais é possível ainda aplicar um conjunto de medidas específicas, as quais são enumeradas no sector “Arrozais” do Quadro 103 (cf. Anexo II), adiante apresentado.

Estas medidas são baseadas nas medidas propostas pelo estudo AGROS24 conduzido pelo Instituto Superior de Agronomia assim como nas medidas propostas pela tese de doutoramento de Batista (2003). Algumas medidas de tratamento (ex.: barreiras reativas) podem ser também implementadas nas zonas de jusante do fluxo subterrâneo, na interface entre o meio subterrâneo e superficial (margem da Lagoa e da ribeira) nas zonas que venham a ser identificadas como áreas preferenciais de descarga da poluição ou que se situem na proximidade imediata de fontes poluentes (ex.: aglomerados populacionais).

d) Coliformes

Além das origens domésticas e pecuárias, os coliformes e outros organismos patogénicos poderão provir da atividade agrícola em associação com a aplicação e manuseio de corretores orgânicos (ex.: estrumes, chorumes, lamas de depuração). Deste modo as medidas centram-se sobretudo na atividade pecuária e nos focos de poluição doméstica. O objetivo destas medidas é sobretudo reduzir ou eliminar a poluição na fonte mais do que proceder à contenção ou remediação no aquífero – dados os elevados custos que tal implica e a atual qualidade das águas do aquífero – pelo que as medidas de remediação e de contenção deste tipo de poluentes têm uma proporção bastante resumida no total das medidas que se apresentam no Quadro 104 do Anexo II.

4.3.1.1.3 Lagoa

a) Hidrocarbonetos

Na Lagoa foi registada a presença de hidrocarbonetos, os quais parecem não constituir uma ocorrência ocasional mas com continuidade de ocorrências ao longo do tempo. Com efeito Freitas et al. (2008) registam a ocorrência, em Outubro de 2007, de concentrações de hidrocarbonetos totais à superfície entre 0,01 e 0,07 mg/l, observando-se o valor máximo na estação mais a montante (isto é, na zona de desembocadura da ribeira na Lagoa); na campanha realizada durante o presente relatório os valores de hidrocarbonetos mais elevados registaram-se também na Lagoa, no ponto MSup_19 na área de Sesmarias-Jusante do Parque de Campismo, com valores de 487 µg/l de hidrocarbonetos totais. Assim, se no trabalho de Freitas et al. (2008) se verifica que estes hidrocarbonetos provirão dos acarreios de montante transportados pela ribeira, os valores agora obtidos sugerem que existem igualmente importantes fontes poluentes ao longo da margem da Lagoa, os quais se deverão adicionar aos aportes trazidos pela ribeira. Assim é necessário estabelecer medidas que reduzam as entradas deste contaminante na Lagoa por via fluvial e também atuar para que as fontes na própria Lagoa desapareçam ou pelo menos reduzam significativamente a sua carga. Para as cargas aportadas pela ribeira considera-se que as medidas apontadas para a rede hidrográfica sejam suficientes, embora se apresentem no Quadro 105 do Anexo II algumas medidas extra com vista a minimizar a entrada de eventuais cargas remanescentes na Lagoa, as quais deverão ser equacionadas apenas caso após a implementação de eventuais medidas para a rede hidrográfica os problemas com hidrocarbonetos na Lagoa ainda persistam. Para as cargas poluentes entradas a partir das margens da Lagoa são apresentadas medidas de prevenção e eventual recuperação no mesmo Quadro 105 do Anexo II.

b) Nitratos, Fosfatos, Pesticidas e Metais Pesados

No caso de nitratos e fosfatos, dado o seu impacto continuado na Lagoa e funcionamento dos ecossistemas lagunares, ocorrência do problema ao longo de um espaço alargado no tempo, conforme demonstram os trabalhos de Freitas et al. (2008), distribuição ao longo de toda a Lagoa (ao invés por exemplo dos hidrocarbonetos, que tendem a concentrar-se na zona de foz da ribeira) e a identificada relação entre as descargas algo frequentes de efluentes ricos nestes nutrientes – maioritariamente de origens urbanas ou agrícolas – na ribeira e seu aporte algo imediato até à Lagoa, levaram à conclusão de que neste caso não basta apenas atuar nas fontes mas implementar igualmente medidas de remoção de poluentes à entrada e/ou já entrados na Lagoa.

Deste modo as medidas para a redução das cargas relativas a estes poluentes incluem três vertentes: (1) bloquear a sua entrada na Lagoa, (2) fazer a gestão da abertura da Lagoa de

modo a remover o máximo de carga poluente ao mesmo tempo assegurando o bom funcionamento dos ciclos de reprodução/viveiro da fauna que utiliza a Lagoa, (3) ações de despoluição da Lagoa e sedimentos. Dada a dificuldade de implementação e custos associados, este terceiro grupo de medidas é apenas escassamente elencado, desenvolvendo-se sobretudo os aspetos de prevenção da chegada dos poluentes à Lagoa e as medidas de gestão da abertura periódica da Lagoa (Quadro 106 do Anexo II).

A chegada dos poluentes à Lagoa faz-se através da ribeira mas também em grande medida, como se viu nos capítulos anteriores, por via subterrânea. O bloqueio da chegada dos poluentes por via subterrânea é especialmente difícil, tendo as medidas para limitar a transferência de poluentes do meio hídrico subterrâneo para a Lagoa sido apresentadas no Anexo II, na alínea referente às medidas para as águas subterrâneas. Deve sublinhar-se ainda que as medidas de remoção/bloqueio de poluentes abaixo citadas (Quadro 106 do Anexo II) podem também ser usadas para outros poluentes (ex.: coliformes).

c) Coliformes

Para os coliformes aplicou-se a mesma metodologia de abordagem que para os nutrientes, pesticidas e metais pesados, ou seja, a enumeração de medidas gerais, ações de controlo de entrada na Lagoa e ações de despoluição na Lagoa. As medidas de atuação apresentam-se no Quadro 107 do Anexo II.

4.3.1.2 Quantidade

Nas condições atuais pode considerar-se que as massas de água superficial e subterrânea não se encontram em sobre-exploração, tendo sido calculadas taxas de exploração de 39% que se admite venham a reduzir-se para cerca de 37,8% em 2027. As pressões maiores ocorrerão na época de Verão, por aumento da população sazonal devido ao turismo e também pelas regas (ex.: os arrozais têm o seu período de rega/alagamento dos campos de Abril a Setembro). A eventual exceção será a Lagoa que, na época de Verão apresenta por vezes uma redução muito acentuada da sua área, o que potencia o aparecimento de outros problemas. Deste modo as medidas distribuem-se entre os meios superficial e subterrâneo no seu conjunto e medidas específicas para a Lagoa.

4.3.1.2.1 Rede Hidrográfica e Meio Hídrico Subterrâneo

Como medidas preventivas, e em especial para salvaguardar o recurso hídrico na faixa litoral – onde poderá ocorrer a pressão mais significativa, podendo potenciar eventuais influências marinhas na interface água doce/água salgada – sugerem-se as seguintes medidas para implementação imediata, não se considerando a necessidade de elencar medidas específicas para cada meio hídrico:

1. **Atividade Agrícola** – apesar de ser a atividade de maiores consumos na bacia, as suas taxas de exploração não colocam pressões muito significativas sobre os meios hídricos pelo que não se considera relevante proceder a medidas específicas para a redução dos consumos, sugerindo-se apenas a implementação do Código de Boas Práticas Agrícolas (Quadro 66).
2. **Consumos Domésticos** – apresentam-se no Quadro 66 medidas com vista a reduzir os consumos (e perdas nas redes de distribuição), entre 10 a 20% dos atuais consumos, com vista sobretudo a assegurar o recurso nas épocas de Verão:

Quadro 66 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado quantitativo |
|---|
| Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água |
| Estabelecer condicionantes à construção de novas captações na zona litoral, sendo estas estabelecidas em conformidade com estudos de otimização das suas localizações de modo a não potenciar o avanço de eventuais intrusões salinas. Coordenar estas medidas com o eventual Plano de prevenção para situações de intrusão salina no litoral alentejano (medida Sbt3 do Plano de Bacia) |
| Reestruturação e manutenção adequada da rede de distribuição de água de modo a reduzir em 70% as perdas na distribuição |
| Aplicação de sistemas de poupança de consumos de água no Parque de Campismo e outras estruturas turísticas (ex.: torneiras que só funcionam perante a presença de utilizadores, temporizadores, etc.) |
| Reconversão de métodos de rega, em especial os destinados a espaços públicos e de lazer |
| Definição de horários estritos de rega de espaços públicos, privados e de lazer, coincidentes com as horas de menor evapotranspiração, de modo a reduzir as perdas de água |
| Reutilização de águas de pior qualidade (ex.: provenientes de ETARs) para regas de espaços públicos, assegurando ao mesmo tempo que estas águas não se perdem por escoamento superficial |
| Implementação de planos de contingência de situação de seca (medida Spf21/ Sbt21 do Plano de Bacia) para os períodos de pico de turismo |
| Delimitar, dentro da área arenosa da bacia de Melides, as zonas de maior potencial de infiltração e estabelecer regras que condicionem a implantação de atividades e/ou infraestruturas que levem à sua destruição e/ou impermeabilização |
| Implementar programas de reestruturação do regadio de arroz, com vista à implementação das técnicas de regadio circular (Takeda et al., 1997), incluindo o tratamento destas águas em zonas húmidas construídas |
| Proibir, e garantir o cumprimento desta proibição, de eventuais desvios indevidos das águas da Lagoa |
| Fiscalizar mais rigorosamente a extração de inertes e impedir, pelo menos nas zonas de maior potencial de infiltração, a instalação destas atividades |
| Implementação de programas de apoio à remodelação das unidades pecuárias, com técnicas de construção e ventilação que minimizem as necessidades hídricas dos animais estabulados |
| Implementar estruturas de armazenamento de água, para utilização em épocas de escassez ou que sirva para alimentação à Lagoa em caso de redução muito acentuada da sua área/volume no Verão |
| Implementação rigorosa e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas |

4.3.1.2.2 Lagoa

Nesta massa de água o principal problema que se pode colocar será a redução muito acentuada da sua área inundada durante a época de Verão, em especial em períodos de seca e/ou estiagem muito prolongada. Deste modo as medidas propostas com vista à mitigação desta situação, nos anos em que tal se verifique, caso coloque em causa o funcionamento adequado dos ecossistemas, são apresentadas no Quadro 67. De referir que as medidas de gestão da Lagoa com vista à redução, diluição ou eliminação das cargas poluentes apresentadas no Quadro 107 (Anexo II), sob a alínea “Gestão da entrada e saída

de águas na Lagoa”, e indiretamente também no Quadro 105, direcionadas para o controlo dos volumes de água na Lagoa, são também ferramentas para assegurar o adequado volume de água na Lagoa com vista ao bom funcionamento do ecossistema lagunar.

Quadro 67 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado quantitativo |
|--|
| Realização de estudos com vista à definição dos volumes mínimos que mantenham o estado ecológico e qualitativo da Lagoa |
| Criação de estruturas de armazenamento de água durante os períodos de excesso hídrico (Inverno) para eventual distribuição pela Lagoa quando esta se encontra abaixo dos referidos volume mínimos e também para abastecimento aos agricultores em caso de carência hídrica nas suas culturas |
| Estabelecimento de calendários de abertura da Lagoa quando esta esteja abaixo dos volumes mínimos, garantindo que os procedimentos não põem em risco a sustentabilidade e funcionamento dos ecossistemas lagunares |
| Implementação de eventuais sistemas e calendários de extração de água subterrânea do aquífero profundo em períodos de seca/défice hídrico prolongado, para alimentar a Lagoa e os agricultores na sua envolvente |
| Implementação de planos de contingência de situação de seca (medida Spf21/ Sbt21 do Plano de Bacia) em períodos de carência hídrica e para os períodos de pico de turismo |
| Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água |
| Estabelecer condicionantes à construção de novas captações na zona litoral, sendo estas estabelecidas em conformidade com estudos de otimização das suas localizações |
| Aplicação de sistemas de poupança de consumos de água no Parque de Campismo e outras estruturas turísticas (ex.: torneiras que só funcionam perante a presença de utilizadores, temporizadores, etc.) |

4.3.2 Medidas destinadas a preservar o meio hídrico da bacia de Melides em condições de alterações climáticas

4.3.2.1 Quantidade

Para a definição de medidas com vista à adaptação e mitigação dos impactos das alterações climáticas será necessário conhecer:

1. Evolução sócio-económica a longo prazo.
2. Evolução das necessidades hídricas em função dos stresses hídricos impostos a pessoas, plantas e animais nas condições climáticas previstas para a região nos diferentes cenários de alterações climáticas mais prováveis de ocorrerem.
3. Alterações do coberto vegetal natural (coberto florestal, arbustivo e ripário) nas condições climáticas previstas para a região nos diferentes cenários de alterações climáticas mais prováveis de ocorrerem.
4. O conjunto de culturas que se tornarão pouco produtivas ou economicamente menos atraentes e as que poderão tornar-se especialmente produtivas, podendo tonar-se as culturas dominantes da região nas condições climáticas previstas para a região nos diferentes cenários de alterações climáticas mais prováveis de ocorrerem.

5. Respostas da comunidade às alterações climáticas como políticas de recursos (ex.: valorar poupanças de água, regadio vs sequeiro, etc.) e como comportamentos individuais (ex.: alterações de práticas agrícolas).

Todos estes aspetos, fundamentais para implementação de medidas, são atualmente de muito difícil previsão, sendo talvez o aspeto da alteração da produtividade das culturas atuais e identificação das culturas que poderão tornar-se mais favoráveis nas novas condições climáticas aquele cujo estudo está até ao momento mais desenvolvido. A variação do coberto vegetal natural exige a aplicação de modelos de evolução da vegetação e de seguida a contabilização das variações dos consumos de água do coberto vegetal atual e previsto no futuro, área ainda a necessitar de desenvolvimento. As respostas humanas são dependentes de uma multiplicidade de fatores entre eles a perceção do que vai efetivamente mudar e com que intensidade, políticas de subsídios (com especial destaque para o sector agrícola), tecnologias que permitam a adaptação ou até mesmo a capacidade económica para realizar essa adaptação.

Contudo, e apesar de todas estas incertezas, é possível elencar um conjunto de medidas que ajudem a manter o estado quantitativo dos recursos hídricos, as quais terão de se adicionar e complementar as já aludidas no subcapítulo 4.3.1.2.1 e enunciadas Anexo II. Tais medidas apresentam-se no Quadro 68. Algumas destas medidas (como por exemplo a redução dos escoamentos superficiais) são consideradas como de implementação necessária já na atualidade para resolver problemas de qualidade das águas, e como tal foram referenciadas no subcapítulo 4.3.1.1. e descritas no Anexo II.

Quadro 68 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom em condições de alterações climáticas

| Medidas para assegurar o bom estado quantitativo | |
|---|--|
| Atividade agrícola em geral | Adoção de calendários de cultivo que permitam maximizar a produção e minimizar os consumos de água como por exemplo fazer sementeiras mais precoces (cf. de Silva et al., 2007) |
| | Utilização de sistemas de rega de alta eficiência (baixo consumo) |
| | Redução do escoamento superficial e promoção, com estruturas adequadas, da infiltração dos escoamentos |
| | Reconversão dos métodos de rega e modernização para minimizar consumos |
| | Adoção de espécies resistentes à seca e/ou com menores necessidades de rega; escolher culturas – e propor aos agricultores essas escolhas, explicando as razões das escolhas e benefícios expectáveis – adaptadas às expectáveis novas condições climáticas |
| | Adoção de espécies com crescimentos vegetativos mais rápidos e mais rápida maturação de modo a desenvolverem-se e serem colhidas antes dos períodos de maior sequia do ano |
| | Avaliação da potencialidade de implementar antigas formas de cultivo (ex.: formas tradicionais de cultivo de zonas mediterrânicas) que possam ter potencial de poupança de água mantendo a produtividade das culturas |
| | Criação de um sistema de apoio à adequação dos volumes de rega às necessidades hídricas das culturas |
| | Promoção de infiltração da água nas zonas de jusante dos campos ou com práticas de lavra que favoreçam a infiltração os excedentes |
| | Caso tal não ocorra já, implementar práticas que levem os agricultores a aderir a mais do que um tipo de cultivo de modo a que as eventuais perdas de produtividade e de lucro devido às alterações climáticas sejam minimizadas pela diversificação de culturas (cf. de Silva et al., 2007) |

| Medidas para assegurar o bom estado quantitativo | |
|---|---|
| Atividade agrícola em geral | Adoção de técnicas de rega que permitam poupar água e desenvolver o sistema radicular das plantas de modo a que estas façam um aproveitamento otimizado das águas de rega (cf. FAO, 2002) |
| | Aumentar as capacidades dos reservatórios (ex.: recarga artificial) |
| Arrozais | Implementar o uso de reservatórios de água, preferencialmente estruturados de forma a minimizar as perdas por evaporação; o objetivo é que a cultura de arroz deixe de ficar dependente dos caudais da ribeira que admissivelmente passarão a ser menores e mais irregulares |
| | Implementar sistemas de eficiência de uso da água |
| | Fazer o abastecimento das regas basear-se em mais do que uma fonte de água (ex.: água recolhida e armazenada dos períodos de chuvas e de excesso de escorrência na ribeira, águas subterrâneas, águas de reutilização, etc.) |
| | Implementar mecanismos de reutilização do excedente de águas de outras atividades no regadio dos campos ou implementar sistemas de regadio circular dos arrozais |
| | No caso de os recursos hídricos disponíveis inviabilizarem a produção economicamente rentável de arroz nos moldes atuais, mudar práticas de atribuição/alocação da água ou, em caso extremo, alterar o uso/ocupação do solo (cf. de Silva et al., 2007) |
| | Alterar os calendários de sementeira, colheita, etc. (em suma, os calendários agrícolas) (cf. de Silva et al., 2007) |
| | Estudar em pormenor as relações entre variações no clima, recursos hídricos e produtividade das culturas (cf. de Silva et al., 2007) |
| | Melhorar a fiabilidade e/ou resolução dos futuros modelos de variabilidade climática (cf. de Silva et al., 2007) |
| | Aumentar a consciencialização dos agricultores para a necessidade de tomar iniciativas privadas e comunitárias para se preparar para as alterações climáticas |
| | Adoção de calendários de cultivo que permitam minimizar os gastos de água e variedades de arroz de menor duração de desenvolvimento vegetativo |
| | Redução do escoamento superficial e promoção, com estruturas adequadas, da infiltração dos escoamentos, devidamente tratados (previamente estas águas deverão ser canalizadas para sistemas de tratamento como por exemplo bacias de retenção/zonas húmidas artificiais) |
| | Pecuária |
| Adoção de espécies animais com menores necessidades de água | |
| Recorrer a fontes alternativas de água para abeberamento (ex.: águas residuais tratadas com qualidade para consumo animal; águas recolhidas em períodos de chuva, etc.) | |
| Recorrer a pastos e/ou rações que favoreçam menores necessidades hídricas dos animais | |
| Adotar formas de construção e ventilação que promovam o conforto animal e reduzam as suas perdas de água por transpiração | |
| Atividade doméstica /urbana | Adoção de espécies resistentes à seca e/ou com menores necessidades de rega nos espaços públicos |
| | Reestruturação (e manutenção regular) das redes de distribuição de água de modo a reduzir-se as perdas de água |
| | Reciclagem e reutilização das águas em usos que não exijam água com qualidade para consumo humano; nalguns casos será necessário algum tratamento prévio destas águas de reutilização (ex.: abastecimento a casas de banho, lavagens de pavimentos, etc.) |
| | Reconversão de métodos de rega, em especial os destinados a espaços públicos e de lazer |
| | Recorrer a fontes alternativas de água (ex.: águas residuais tratadas com qualidade para consumo humano, etc.) para o abastecimento doméstico |
| | Implementação da reutilização de águas residuais urbanas tratadas e de águas pluviais; estabelecer objetivos de abastecimento até 90% com estas águas para usos como regadio e limpeza de espaços públicos, usos domésticos em casas de banho, rega de campos agrícolas, etc. |
| | Redução do escoamento superficial e promoção, com estruturas adequadas, da infiltração dos escoamentos, devidamente tratados (previamente estas águas deverão ser canalizadas para sistemas de tratamento como por exemplo bacias de retenção/zonas húmidas artificiais) |
| Outras ações | Implementar planos de gestão que sejam estruturados como planos de contingência em situação de seca mas em que as condições de sequia são consideradas basicamente como permanentes |
| | Desenvolver a recarga artificial dos aquíferos |
| | Avaliar da possibilidade de, se não for possível captar água de outras regiões, adotar processos de dessalinização |
| | Implementação da reutilização de águas residuais urbanas tratadas e de águas pluviais para outras atividades como a rega de campos agrícolas, pecuária ou no reabastecimento da Lagoa |
| | Promoção de infiltração, incluindo ocupações do solo favoráveis a esta infiltração, nas zonas mais favoráveis de recarga de massas de água subterrâneas |

| Medidas para assegurar o bom estado quantitativo | |
|---|--|
| Outras ações | Distribuir as extrações de modo a não originar zonas de rebaixamentos acentuados e limitar as extrações |
| | Estabelecer a Lagoa como área de não extração; o aquífero profundo deverá ser alocado como reserva estratégica, com o estabelecimento de um plano otimizado de extrações, volumes máximos de extração por ponto de água e implementação e controlo rigoroso eficaz destas regras |
| | Delimitação de áreas de infiltração máxima e recarga com vista à sua proteção e eventual utilização como áreas preferenciais de recarga artificial |
| | Proteção das zonas de infiltração máxima, impedindo a realização de infraestruturas que levem à sua impermeabilização ou redução das capacidades de infiltração |

4.3.2.2 Qualidade

Para a definição de medidas com vista a garantir a qualidade do meio hídrico (superficial e subterrâneo), além do conhecimento a adquirir e que foi já referido no subcapítulo acima relativo à quantidade, será ainda necessário compreender um conjunto de aspetos específicos, que se relacionam em especial com a atividade agrícola:

1. Emergência de novas pragas e novos produtos fitossanitários para o seu tratamento.
2. Ocorrência mais frequente, ou mesmo passando a ser ocorrência regular, de organismos patogénicos parasitadores de seres humanos e animais, e pragas de culturas que atualmente ocorrem em áreas de climas subtropicais e tropicais, e em consequência, a introdução de medicamentos e/ou fitossanitários usados para o seu tratamento nas águas de escorrência e esgotos.
3. Alteração das necessidades em nutrientes das novas culturas mais viáveis e com maior potencial produtivo e económico nas novas condições climáticas.
4. Alteração das necessidades de nutrientes e pesticidas eventualmente exigidas por novos métodos de cultivo e/ou novos calendários agrícolas
5. Alteração das necessidades de nutrientes e pesticidas das culturas atuais que eventualmente possam manter-se nas novas condições climáticas

Deste modo, para garantir o melhor possível a qualidade das massas de água da região é necessário implementar não só as medidas já referidas no subcapítulo 4.2.1.2. e enunciadas no Anexo II, como todo um outro conjunto de medidas que depende do conhecimento dos tópicos acabados de enunciar. Além disso, para uma compreensão mais exata dos futuros problemas que se colocarão, será necessária a realização de modelos de transporte de massa, onde as condições de fluxo sejam as previstas sob as novas condições climáticas.

Estas novas condições devem-se previsivelmente a:

- a) Níveis piezométricos e gradientes hidráulicos modificados pela alteração dos volumes de recarga.

- b) Alteração nas conexões hidráulicas entre o meio superficial e subterrâneo devido à alteração das piezometrias e volumes de escoamentos superficiais.
- c) Alterações nos volumes de evapotranspiração devido à alteração não apenas das temperaturas, humidades atmosféricas e outros parâmetros meteorológicos mas também devido à alteração do coberto vegetal, e respetivas respostas fisiológicas, provocadas por estas mesmas alterações climáticas.

Por seu lado ao nível do meio superficial será necessário compreender como os regimes de caudal da ribeira serão alterados – o que terá impactos na concentração de poluentes na ribeira e seu respetivo transporte para a Lagoa – e os impactos que tais alterações terão em termos de qualidade das águas da ribeira e em termos do volume de água que abastecerá a Lagoa. O volume de água na Lagoa, e respetivas variações temporais terá por seu turno efeitos na circulação de água dentro da Lagoa, zonamento das condições físico-químicas na coluna de água e evolução temporal da concentração dos poluentes, com os consequentes efeitos sobre os ecossistemas. Um aspeto ainda a considerar no caso da Lagoa é a espetável subida do nível do mar e os efeitos que tal terá para o funcionamento da barra, sua abertura e períodos de inundação da Lagoa, o que afetará entre outros aspetos a sua salinidade. O aumento da temperatura do mar terá também um efeito ao nível do ecossistema, não só porque haverá espécies atualmente colonizadoras da Lagoa que poderão deixar de ocorrer, como outras espécies de mares mais quentes poderão passar a ocupar este nicho, com consequentes impactos sobre as comunidades plantónicas e ciclos de nutrientes.

Tendo em mente todos estes aspetos, considera-se que a identificação de medidas para a manutenção do estado qualitativo bom do meio hídrico em condições de alterações climáticas exigirá estudos pluridisciplinares (incluindo a vertente sócio-económica e cultural) previamente ao estabelecimento destas medidas.

4.4 Diretrizes para a gestão dos recursos hídricos em Melides

4.4.1 Diretrizes de gestão

As diretrizes que se enunciam neste subcapítulo têm como objetivo a **gestão qualitativa e quantitativa dos recursos** com vista à manutenção do seu bom estado quantitativo e à recuperação do estado ecológico do meio hídrico superficial, o que exige a gestão integrada dos meios hídricos superficiais e subterrâneo com especial destaque para a vertente qualitativa. Subjacentemente a estas diretrizes (e medidas de recuperação enunciadas nos subcapítulos anteriores e Anexo II) está a noção de que a melhoria da qualidade originará a melhoria do estado ecológico, dado que os principais problemas se relacionam com o parâmetro diatomáceas e tipicamente este parâmetro resulta de

concentrações significativas de nutrientes (concentração de nitratos e fosfatos), por vezes com a ocorrência de eventos de eutrofização do meio hídrico, com especial incidência na Lagoa.

Os **principais poluentes** a ter em consideração são os fosfatos e nitratos; os pesticidas, coliformes e hidrocarbonetos, têm, no atual quadro de poluição, uma importância menos marcada, sendo os hidrocarbonetos os menos significativos em termos de ocorrência, ocorrendo apenas nas águas superficiais e faixas de terreno nas proximidades imediatas das estradas e caminhos rurais.

As **principais fontes poluentes** (cf. Figura 7) são de origem agrícola (arrozais + outras culturas), pecuária e doméstica (fossas + ETAR). Note-se que embora os arrozais sejam, de entre as fontes agrícolas, a mais significativa para a poluição da ribeira, na Lagoa a componente de poluição de origem subterrânea é também muito significativa, pelo que as outras atividades agrícolas e agropecuárias acabam por ter um peso significativo na poluição da Lagoa. As fontes poluentes variam também em função do meio ser superficial ou subterrâneo. Assim, se na origem agrícola os arrozais possam ser a contribuição mais importante para a poluição do troço terminal da ribeira, as outras origens agrícolas serão de primeira importância para a poluição do meio subterrâneo; a atividade pecuária, embora com alguma contribuição para a poluição superficial, é sobretudo uma componente da poluição subterrânea, dada a localização da maioria das unidades pecuárias; ao nível da poluição doméstica a principal origem para a poluição da ribeira será a ETAR ao passo que para o meio subterrâneo serão as fossas.

Os **aspetos que controlam a qualidade dos meios hídricos** são: (1) Contribuição subterrânea (volume de água descarregada pelo aquífero que atinge o meio superficial e carga poluente associada), (2) Variação sazonal das cargas poluentes, (3) Variação dos regimes sazonais de escoamento e recarga, (4) Contribuição das cargas com longo tempo de circulação no meio subterrâneo (para poluentes conservativos), (5) Alteração futura da população residente e turística, (6) Alteração futura da área agrícola, (7) Alterações ao volume da Lagoa ao longo do ano e em condições de variabilidade climática, (8) Alterações aos regimes de abertura da Lagoa e respetivas taxas de depuração. Estes aspetos terão de consubstanciar a elaboração das diretrizes de gestão dos recursos hídricos nesta região.

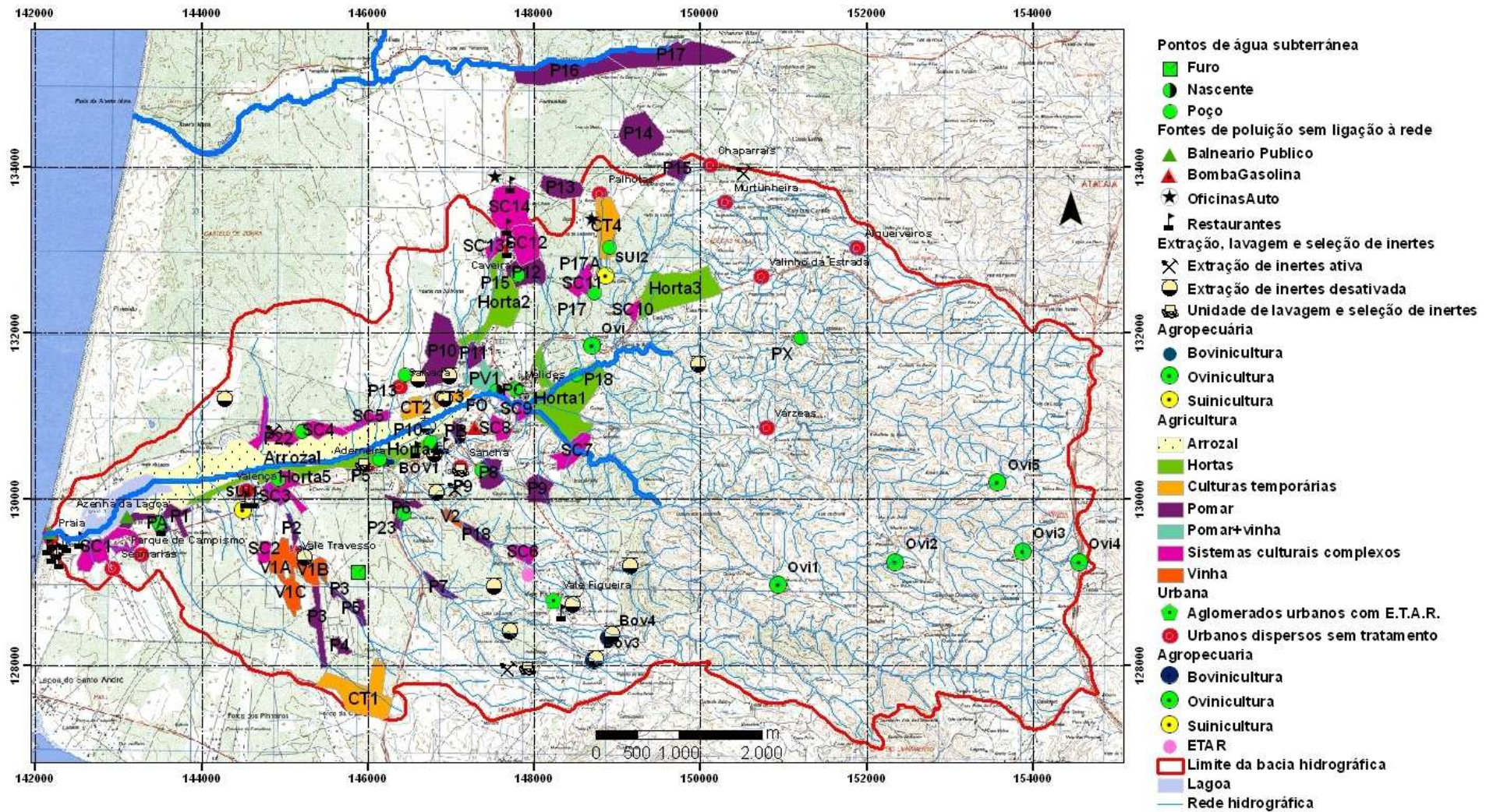


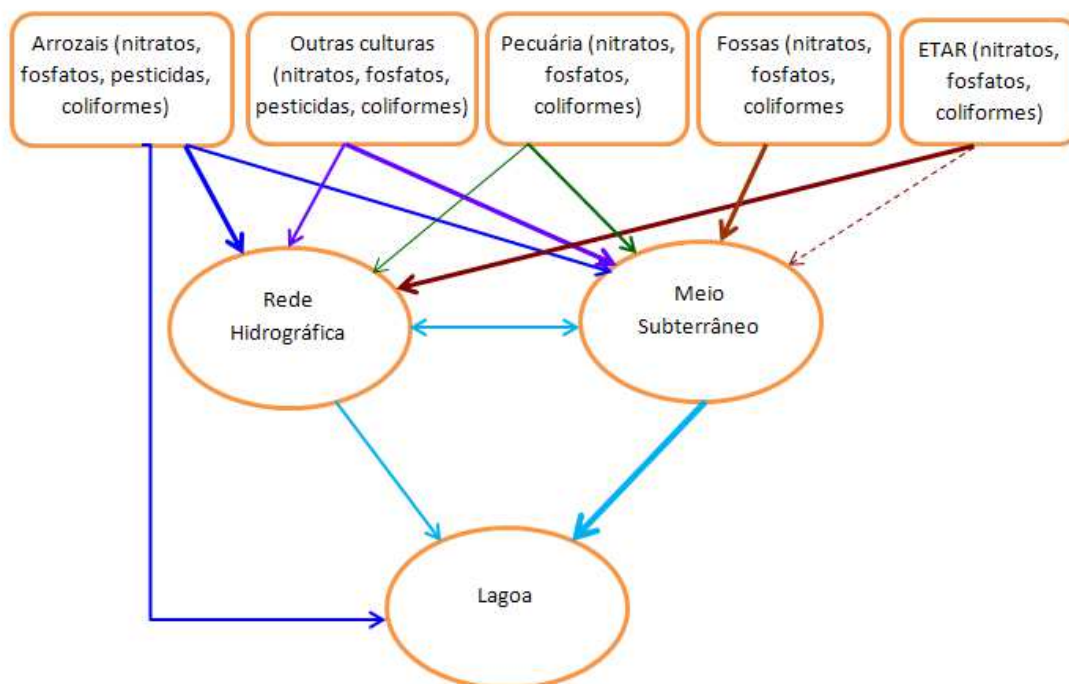
Figura 7 – Distribuição das fontes poluentes superficiais e subterrâneas, pontuais e difusas, na bacia hidrográfica de Melides

A **relação entre o meio superficial e subterrâneo** tem **especial importância**, dado que de acordo com os resultados do balanço hídrico e da modelação matemática, existe uma **contribuição subterrânea muito significativa na alimentação da Lagoa** (cerca de 26,5% do total de volume de água que alimenta a Lagoa) e que corresponde a cerca de 94,9% da recarga na zona arenosa da bacia de Melides (Oliveira et al., 2012a), o que se reflete numa importante contribuição da carga poluente de origem subterrânea. Com efeito, a carga poluente subterrânea perfaz cerca de 91% do total de nitratos e 86,5% do total de fosfatos gerados na bacia. Se se considerar que todo o nitrato gerado acaba por chegar à Lagoa em espaço de tempo mais ou menos dilatado e que do fosfato gerado, apenas aquele com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano atinge a Lagoa, a contribuição subterrânea de fosfatos para a carga poluente total nesta massa de água é de 77,4%; para os nitratos, e se se excluírem destes cálculos as cargas poluentes com mais de 40 anos de tempo de percurso a carga poluente subterrânea constitui 78% da carga total que atinge a Lagoa. Significativamente, esta carga poluente subterrânea tem uma forte componente agrícola (cerca de 65% dos nitratos e 74% dos fosfatos, sendo que nos fosfatos consideraram-se apenas as cargas com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano).

De notar que o escoamento superficial, que contribui com os restantes cerca de 73,5% da água da Lagoa, está dividido em: (1) cerca de 0,2% proveniente da ETAR, o que denota a sua importância relativa como fonte contribuidora para a Lagoa, incluindo carga poluente; (2) cerca de 56% a 60% proveniente dos xistos, que são zonas de fraca carga poluente, (3) cerca de 13,5% de escoamento superficial proveniente da zona porosa – onde se concentram as cargas poluentes – e outras fontes de escoamento superficial.

Daqui resulta que a maior parte do volume de água da Lagoa provém do escoamento superficial e que este provém na sua grande maioria de zonas pouco poluídas. Contudo este volume de água, ao chegar à zona das formações porosas da bacia passa a receber uma contribuição muito significativa de poluição. Esta poluição provém das escorrências dos campos agrícolas, de que os arrozais contribuem com uma parte significativa, e das descargas do aquífero.

Assim, as medidas deverão focar-se no controle não apenas das escorrências dos campos agrícolas e das descargas do arrozais mas também na contenção e redução das cargas poluentes que entram no meio subterrâneo. A relação entre os diferentes meios hídricos, as fontes poluentes e a contribuição de cada fonte poluente para cada um dos meios está esquematizada na Figura 8.



Nota: setas mais finas = contribuição menor; setas a tracejado = contribuição pouco significativa

Figura 8 – Relação entre as diferentes fontes poluentes, meios hídricos e importância relativa da contribuição poluente de cada fonte e meio para a poluição da Lagoa

Na Figura 9 apresentam-se as condicionantes do estado quantitativo e qualitativo dos meios hídricos das bacias, os quais fundamentaram as medidas agora propostas e que deverão consubstanciar quaisquer planos de atuação futuros.

A gestão tem de considerar ainda, e simultaneamente, o estado **do meio superficial e subterrâneo**, sendo que o meio superficial tem duas componentes com especificidades próprias: **a rede de drenagem e a Lagoa**, exigindo intervenções algo distintas. Dadas as diferentes fontes (e respetivos graus de importância) que afetam o meio superficial e o subterrâneo, as medidas de atuação e gestão têm de ser definidas considerando estas diferenças. Devido à grande **variabilidade sazonal da carga poluente** associada a algumas fontes (ex.: fossas, ETAR, arrozais) a gestão tem também de contemplar uma atuação que permita dentro da medida do possível manter a qualidade do meio hídrico ao longo do ano, ou seja, gerir a variabilidade das cargas poluentes.

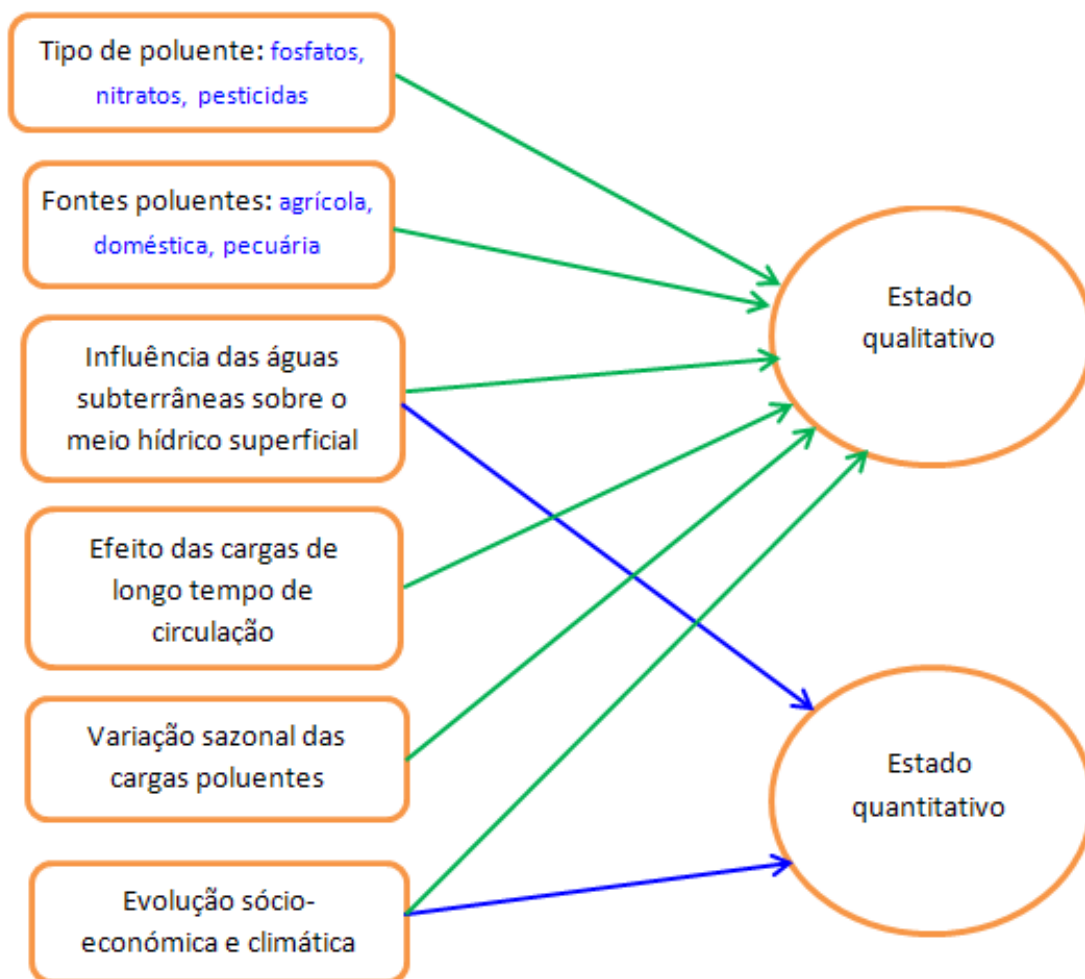


Figura 9 – Condicionantes do estado dos meios hídricos na bacia de Melides

Deve ainda **considerar-se as cargas poluentes que vêm da zona de montante da bacia** (zona das formações xistentas), **que atingem a Lagoa por via superficial**, como sejam as escorrências de pecuárias e campos agrícolas. As fossas destas áreas poderão ter um contributo, embora algo atenuado, para as águas superficiais (e assim atingirem a Lagoa) por circulação sub-superficial mais ou menos rápida até às linhas de água.

Deve ser ainda considerada a **vulnerabilidade** das diferentes regiões da bacia hidrográfica **à poluição das águas superficiais**. Esta análise, recorrendo à metodologia WRASTIC, foi apresentada em Oliveira et al. (2011) e identificou a **zona de jusante** (sector desenvolvido nas formações arenosas terciárias e quaternárias) como **de alta vulnerabilidade**.

Em termos de diagnóstico, e para as condições atuais e futuras até 2027, **não se preveem problemas em termos quantitativos** da exploração dos recursos hídricos. Quanto ao **estado qualitativo** este é **Medíocre para a rede hidrográfica** (parâmetro diatomáceas; NEMUS et al., 2012), tendo as campanhas de monitorização realizadas neste estudo

detetado problemas de poluição num ponto e potenciais problemas para outros 3 pontos em compostos de fósforo, e os cálculos de concentrações de poluentes **na Lagoa** indicam que esta tem **problemas de poluição para os compostos fosfatados**; para o **aquífero**, e embora NEMUS et al. (2012) o deem como em **Bom estado** na área da bacia hidrográfica de Melides, as campanhas de monitorização efetuadas no presente estudo indicaram a existência de **3 pontos com problemas de poluição para o fósforo e outros 3 para os nitratos**. Assim, a gestão da qualidade deve centrar-se na manutenção de um reduzido nível de poluição ou de não poluição nas zonas onde tal se verifica e na recuperação da qualidade química das águas nas zonas onde se verificam problemas de poluição, com vista à recuperação consequente do estado ecológico do meio hídrico superficial. As medidas de gestão de quantidade têm por objetivo a manutenção da atual situação de não sobre-exploração, assegurando a existência do recurso para o futuro. Conjugando os aspetos referidos nos parágrafos anteriores, as medidas de recuperação e manutenção do estado foram estruturadas em conformidade com o Quadro 69).

Quadro 69 – Estruturação das medidas em função do meio, tipo de poluentes e fonte de poluição

| Meio hídrico | Tipo de medida /área de intervenção | | Hidrocarbonetos | Pesticidas, metais pesados | Fertilizantes, coliformes |
|-------------------|---|--|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Lagoa | Medidas gerais | | Doméstica, Agrícola | Agrícola, Industrial (sucatas) | Doméstica, Agrícola, Pecuária |
| | Proteção na entrada da Lagoa | | | | |
| | Limpeza de sedimentos | | | | |
| | Gestão das aberturas da Lagoa | | | | |
| Rede hidrográfica | Impedir a poluição (superficial) de entrar na rede hidrográfica | | Doméstica, Agrícola | Agrícola | Doméstica, Agrícola, Pecuária |
| Aquífero | Preventivas | Áreas em estado bom | Doméstica, Agrícola | Agrícola, Industrial (sucatas) | Doméstica, Agrícola, Pecuária |
| | | Áreas deterioradas em 2027 | | | |
| | Impedir a poluição (subterrânea) de entrar no aquífero | Conexão hidráulica aquífero/superfície | Doméstica, Agrícola | Agrícola, Industrial (sucatas) | Doméstica, Agrícola, Pecuária |
| | Redução ativa das cargas poluentes | Áreas c/valores acima dos limiares | Doméstica, Agrícola | Agrícola, Industrial (sucatas) | Doméstica, Agrícola, Pecuária |

Deste modo podem definir-se os seguintes conjuntos de medidas (Figura 10):

1. **Código de boas práticas do uso do recurso hídrico** – medidas que se destinam à preservação do recurso hídrico nas suas vertentes quantitativa e qualitativa; destinam-se sobretudo a ser implementadas pelos utilizadores do recurso.
2. **Medidas de intervenção** – destinadas a resolver os problemas de qualidade já existentes ou a existirem num futuro imediato, têm por objetivo (1) reduzir a carga ocorrente no meio hídrico, (2) reduzir a carga a ser descarregada no meio hídrico, (3) reduzir a carga na fonte do poluente. Estas medidas incluem:

- a. Contenção da chegada de poluentes ao meio hídrico superficial (Lagoa, ribeira) ou zonas críticas do aquífero (ex.: zonas de descarga para o meio superficial).
 - b. Redução de cargas poluentes (na fonte).
 - c. Gestão das aberturas da Lagoa.
 - d. Descontaminação de sedimentos da Lagoa (medida a ser aplicada apenas em situações extremas).
3. **Medidas de prevenção** – destinadas a evitar a degradação futura do meio hídrico superficial e subterrâneo, tem por objetivos reduzir as cargas de poluentes (na origem e/ou nas zonas de descarga). Estas medidas incluem:
- a. Medidas de redução da carga poluente na fonte – através da introdução de novas práticas do uso do solo, água, fertilizantes e fitossanitários.
 - b. Contenção da chegada de poluentes ao meio hídrico – essencialmente através da introdução de estruturas de retenção de poluentes (ex.: plantio de faixas ripícola).

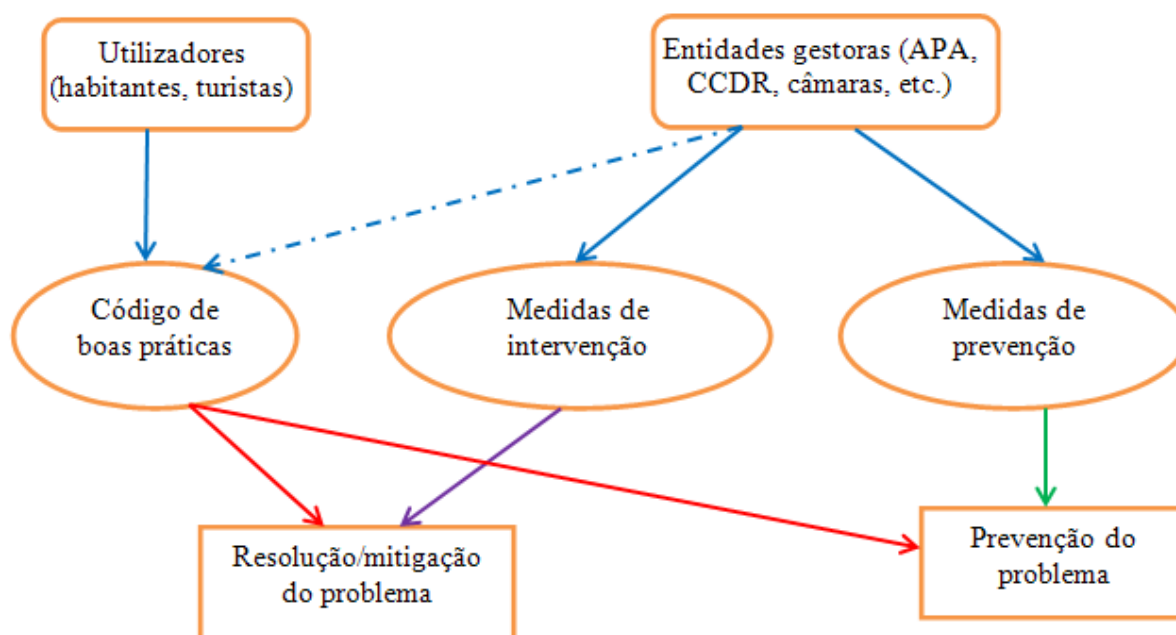


Figura 10 – Tipos de medidas e utilizadores/aplicadores das medidas

No que se refere aos aspetos de **manutenção do Bom Estado em termos de quantidade**, as medidas a implementar serão essencialmente de prevenção e destinam-se a evitar o desperdício do uso de água. Estas medidas, devem ser aplicadas em toda a área da bacia, e a todos os tipos de usos (agrícola, pecuário, doméstico), tendo sido apresentadas nos

Quadro 66, Quadro 67; as medidas do Quadro 68 deverão ser aplicadas em situações de eventos extremos (ex.: secas prolongadas).

No que se refere aos aspetos de **recuperação/manutenção do Bom estado em termos de qualidade**, serão de aplicar medidas de prevenção (aplicadas em toda a área do aquífero) e medidas de intervenção, estas últimas com especial destaque sobre as fontes poluentes de maior impacto e sobre as áreas mais sensíveis (ex.: meio hídrico superficial) e/ou atualmente com problemas de poluição. As medidas de intervenção devem funcionar em conjunto com as medidas de prevenção que venham a ser implementadas. As medidas focam-se sobre as **fontes poluentes** (com especial destaque para as medidas de prevenção) e sobre as **zonas com problemas de poluição e de descarga dos poluentes no meio hídrico**. A escolha da prioridade de atuação sobre a fonte poluente e/ou sobre a zona de descarga é controlada pelos tempos de percurso. Para o caso de fontes poluentes com curtos tempos de percurso é mais eficaz ~~atuar diretamente sobre a fonte~~ dada a rapidez expectável de resultados, ou seja, o impacto sobre o estado da Lagoa e ribeiras (que são os meios hídricos que se pretende recuperar na bacia de Melides). Para o caso de fontes poluentes com tempos de percurso alargados (entre 15 e 70 anos, e apenas para o caso de poluentes conservativos) é mais eficaz ~~atuar diretamente sobre as zonas de descarga~~ associadas, desde que hajam sido corretamente definidas e relacionadas com a(s) respetivas fontes poluentes, caso o objetivo seja o de recuperar as massas de água superficiais até 2027; com efeito a atuação sobre as fontes poluentes associadas a estes tempos de percurso só terá qualquer impacto significativo depois dessa data (por vezes muito depois), continuando a poluição a alcançar as linhas de água e a Lagoa (caso os poluentes em questão sejam conservativos) como se não existisse intervenção na fonte, dado que o poluente já se encontra em trânsito através do aquífero; no caso de poluentes não conservativos estes longos tempos de percurso podem funcionar como um mecanismo de depuração, devendo estes alcançar as zonas de descarga em concentrações muito mais atenuadas, pelo que se deverá conhecer previamente a taxa de depuração dos poluentes de modo a definir-se que medidas serão as mais adequadas. No Quadro 70 são apresentados os tempos de percurso associados a cada fonte poluente da bacia de Melides (exceção para as fossas sitas nos xistos, que não são aqui consideradas) e nos Quadros 71 e 72 os tipos de medidas mais prioritárias para cada fonte poluente, em função dos tempos de percurso respetivos. Para as fossas, e dada a dispersão dos pontos de poluição numa mesma área associada a uma mesma povoação, indicaram-se os tempos de percurso mínimos e máximos, embora para termos de escolha da tipologia das medidas se tenha considerado sempre, obedecendo ao princípio da precaução, o valor de tempo de percurso menor. Os tempos de percurso foram classificados em:

- A. Muito curtos – menos de 1 ano (cor vermelha).
- B. Curtos – 1 a 3 anos (cor laranja).
- C. Intermédios – 3 a 15 anos (cor amarela).
- D. Alargados – 15 a 25 anos (cor verde).
- E. Longos – 25 a 70 anos (cor azul).
- F. Muito longos – mais de 70 anos (cor cinza).
- G. Percursos para fora da bacia – os que circulam para fora da bacia sem terem qualquer contacto com a rede hidrográfica e/ou Lagoa (cor branca).

Quadro 70 – Tempos de percursos associados às várias fontes poluentes na área de estudo

| Fonte Poluente | | | Tempo de Percurso | |
|---------------------------|---------------------------|----------|----------------------|----------|
| Agricultura | Arrozais | A | 334 dias | |
| | | B | 228 dias | |
| | | C | 28 dias | |
| | Vinhas | V1 | A | 22 anos |
| | | | B | 26 anos |
| | | | C | 60 anos |
| | | V2 | 9 anos | |
| | Pomares | P1 | 1 ano | |
| | | P2 | 6 anos | |
| | | P3 | 77 anos | |
| | | P4 | 105 anos | |
| | | P5 | 73 anos | |
| | | P6 | 8 anos | |
| | | P7 | 13 anos | |
| | | P8 | 27 anos | |
| | | P9 | 77 anos | |
| | | P10 | 10 anos | |
| | | P11 | 7 anos | |
| | | P12 | 37 anos | |
| | | P13 | 156 anos | |
| | | P14 | Não vai para a Lagoa | |
| | | P15 | 218 anos | |
| | | P16 | Não vai para a Lagoa | |
| | | P17 | Não vai para a Lagoa | |
| | | P18 | 11 anos | |
| | Hortas | CT1 | 209 anos | |
| | | CT2 | 1 ano | |
| | | CT3 | 300 dias | |
| | | CT4 | 134 anos | |
| | Sistemas culturais mistos | SC1 | A | 164 dias |
| B | | | 1 ano | |
| SC2 | | 26 anos | | |
| SC3 | | 255 dias | | |
| SC4 | | 2 anos | | |
| SC5 | 2 anos | | | |
| Sistemas culturais mistos | SC6 | 88 anos | | |
| | SC7 | 3 anos | | |
| | SC8 | 16 anos | | |
| | SC9 | 307 dias | | |
| | SC10 | 39 anos | | |
| | SC11 | 100 anos | | |
| | SC12 | 79 anos | | |
| | SC13 | 71 anos | | |
| | SC14 | 99 anos | | |

| Fonte Poluente | | | Tempo de Percurso | |
|----------------|---------------|-----------------|--------------------|---------|
| Agricultura | Pomar + vinha | PV | 1 ano | |
| Agropecuária | Pecuária | SUI1 | 4 anos | |
| | | SUI2 | 22 anos | |
| | | BOV1 | 37 dias | |
| | | BOV2 | 12 anos | |
| | | OVI | 1 ano | |
| Urbana | Fossas | Moinho | 2 anos | |
| | | Valença | 3 anos | 10 anos |
| | | Aderneira | 281 dias | 2 anos |
| | | Sancha | 4 anos | 6 anos |
| | | Caveira | 36 anos | 63 anos |
| | | Azenha | 2 anos | 8 anos |
| | | Vale Travesso | 25 anos | 39 anos |
| | | Salvada | 293 dias | 2 anos |
| | | Sesmarias | 113 dias | 7 anos |
| | | Praia | Vai para o litoral | |
| | | Parque Campismo | 138 dias | 49 anos |

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2012)

As fontes poluentes que mais poderão limitar a eficácia das medidas de recuperação da Lagoa são as de tempo de percurso intermédio pois a poluição que hoje entra no aquífero atingirá o meio superficial após 2027.

Considerando os efeitos de cada fonte poluente para os vários meios hídricos sugere-se:

- **Fontes poluentes que não afetam a Lagoa (devido à sua localização, o fluxo subterrâneo leva os poluentes para fora da área da bacia hidrográfica)** – Pomares P14, P16 e P17. Dada a sua não contribuição poluente para a área da bacia hidrográfica de Melides não será necessária a aplicação de medidas. Contudo, de modo a evitar a contaminação noutras áreas do aquífero externas à bacia, será aconselhável aplicar o código de boas práticas, o qual poderá estar associado a medidas essencialmente de prevenção da poluição subterrânea (cf. Quadro 71).
- **Fontes que contribuem essencialmente para a poluição do meio superficial** – ETARs. Medidas de controlo da poluição superficial (cf. Quadro 71). O controlo da poluição subterrânea que possa estar associada a deficiências, falhas ou infiltrações a partir das estruturas de tratamento, será sobretudo preventivo.
- **Fontes que contribuem em proporções sensivelmente similares para a poluição do aquífero e poluição do meio superficial (ribeira e Lagoa)** – Arrozaís. Medidas de controlo da poluição superficial e subterrânea (cf. Quadro 71).
- **Fontes que contribuem essencialmente para a poluição do meio subterrâneo** – Fossas. Medidas de controlo da poluição subterrânea (cf. Quadro 71). Eventuais descargas superficiais deverão ser tratadas pontualmente, no âmbito de medidas de atuação em caso de acidente. Se porventura as descargas provierem de violações à Lei, dever-se-á atuar em conformidade contra estas infrações.

- **Fontes que contribuem maioritariamente para a poluição do meio subterrâneo mas com algum impacto (por via de escorrências) para a poluição do meio superficial** – todas as restantes. Medidas de controlo prioritariamente da poluição subterrânea mas sem descurar as medidas de controlo da poluição superficial (cf. Quadro 71). Estas fontes têm uma contribuição poluente sobretudo para o meio subterrâneo; a poluição para o meio superficial terá uma importância menos significativa e deve-se sobretudo a escorrências. No caso das fontes poluentes mais próximas dos cursos de água e da Lagoa este impacto sobre o meio superficial será mais significativo do que para as fontes afastadas das linhas de água. Para as fontes afastadas das linhas de água considera-se que estas terão um impacto exclusivamente subterrâneo.
- **Fontes cuja carga poluente tem longo período de percurso até alcançar o meio hídrico superficial** – tipicamente pontos a partir dos quais a entrada de poluentes demora mais de 15 anos a alcançar a rede hidrográfica e/ou a Lagoa, e que deste modo possuem um longo tempo de residência no aquífero; são essencialmente fontes agrícolas, a que acrescem a suinicultura SUI2 e as fossas de Caveira e Vale Travesso (cf. Quadro 72). Nestes casos uma qualquer intervenção atual não terá efeitos no meio hídrico superficial antes de 2027 (embora os possa ter no aquífero, na proximidade imediata da fonte poluente). Considerando o tipo de fonte poluente (maioritariamente fonte difusa), e o tipo de poluentes e valor das cargas poluentes (cf. Quadro 72) **não se afiguram razoáveis intervenções de descontaminação do aquífero**. As medidas deverão assim direcionar-se no sentido de impedir, ou pelo menos reduzir, a carga poluente que chega ao meio superficial (contenção de carga poluente); estas medidas podem ser complementadas com as medidas de intervenção respetivas aos pontos com problemas de poluição (para as fontes que se tenham já associados a pontos com problemas de poluição atual ou que venham a ter problemas de poluição num futuro próximo) e/ou com as medidas preventivas para os pontos atualmente com boa qualidade das águas. Considera-se ainda que para pontos com tempos de percurso superiores a 70 anos não faz sentido intervenções de contenção da chegada de poluentes ao meio superficial, pelo que se propõe apenas medidas de prevenção e implementação do código de boas práticas, com vista a minorar os impactos sobre o aquífero. A indicação geral das medidas por fonte poluente com longo tempo de percurso apresenta-se no Quadro 72.

No caso **das zonas com problemas de poluição** as medidas deverão alcançar objetivos muito específicos, que têm em consideração as cargas atuais e futuras, os quais deverão alcançar (cf. Figura 3 e Figura 5):

- Reduções das cargas atuais em 50% de nitratos e em pelo menos 30% de fosfatos – respetivamente na envolvente dos pontos P5 e P9 (nitratos) e nos pontos P10, P15 e P23 (fosfatos).
- Reduções das cargas futuras agrícolas em 40% de nitratos a 50% de fosfatos – respetivamente na envolvente dos pontos P9, P10 (nitratos), P15 e P23 (fosfatos). Nos pontos P4 e P10 as reduções podem ser apenas entre 20% e 30% respetivamente.
- Reduções das cargas futuras pecuárias em 50% – respetivamente para a envolvente do ponto P5.
- Reduções das cargas futuras urbanas em 70% de nitratos e fosfatos – respetivamente para a envolvente dos pontos P5, P10, P15, P23. No ponto P10 a redução pode ser apenas de 40%. Como se referiu anteriormente, estes mesmos critérios deverão ser aplicados também na envolvente imediata da Lagoa.

No Quadro 71 é indicada a prioridade de atuação nas fontes poluentes: as células a rosa e a laranja indicam pontos de prioridade imediata, as últimas porque por razões de tempos de percurso só cerca de 10 anos após a medida se obtêm resultados no meio superficial; as células a amarelo são pontos de segunda prioridade, mais uma vez devido aos tempos de percurso. Os restantes pontos podem ser intervencionados mais tarde, embora se aconselhe uma intervenção o mais rápida e eficaz possível (Quadro 71 e Quadro 72).

Quadro 71 – Fontes poluentes de curto tempo de percurso, cargas poluentes associadas e tipos de medidas propostas para estas fontes poluentes

| Fonte Poluente | | Carga Poluente (kg/ano) | | Tempo de percurso (anos) | Classe de medidas a aplicar |
|----------------|-------------------|---|------|--------------------------|--|
| | | N | P | | |
| Arrozais | A | 934 | 904 | 0,9 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção e de Intervenção sobre Poluição Superficial e Subterrânea |
| | B | 1768 | 1711 | 0,7 | |
| | C | 130 | 126 | 0,1 | |
| Vinha | V2 | 50 | 34 | 9 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção sobre Poluição Subterrânea Contenção de Escorrências Superficiais |
| Pomares | P1 | 92 | 41 | 1 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção sobre Poluição Subterrânea Contenção de Escorrências Superficiais |
| | P2 | 41 | 19 | 6 | |
| | P7 | 75 | 34 | 13 | |
| | P11 | 83 | 38 | 7 | |
| | P18 | 75 | 34 | 11 | |
| | P6 | 116 | 52 | 8 | |
| | P10 | 442 | 199 | 10 | |
| | P14 P16 P17 | Poluição não atinge a Lagoa; dispersa-se para fora da bacia | | | |
| Pomar + Vinha | PV1 | 207 | 106 | 1 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção e Intervenção sobre Poluição Subterrânea |

| Fonte Poluente | | Carga Poluente (kg/ano) | | Tempo de percurso (anos) | Classe de medidas a aplicar |
|---------------------------|-----------------|-------------------------|-----|--------------------------|--|
| | | N | P | | |
| Hortas | CT2 | 267 | 119 | 1 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção e Intervenção sobre Poluição Subterrânea |
| | CT3 | 277 | 125 | 0,8 | |
| Sistemas culturais mistos | SC1A | 378 | 169 | 0,5 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção e Intervenção sobre Poluição Subterrânea |
| | SC1B | 164 | 73 | 1 | |
| | SC3 | 276 | 123 | 0,7 | |
| | SC4 | 434 | 194 | 2 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção sobre Poluição Subterrânea Contenção de Escorrências Superficiais |
| | SC5 | 130 | 58 | 2 | |
| | SC7 | 197 | 88 | 3 | |
| | SC8 | 111 | 50 | 16 | |
| SC9 | 81 | 36 | 0,8 | | |
| Pecuária | SUI1 | 675 | 315 | 4 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção e de Intervenção sobre Poluição Subterrânea |
| | BOV1 | 677 | 307 | 0,1 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção e de Intervenção sobre Poluição Subterrânea Contenção de Escorrências Superficiais |
| | BOV2 | 755 | 342 | 12 | |
| | OVI | 720 | 270 | 1 | |
| Fossas | Moinho | 64 | 16 | 2 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção sobre a Poluição Subterrânea |
| | Valença | 19 | 4 | 3 a 10 | |
| | Adermeira | 25 | 6 | 0,8 a 2 | |
| | Sancha | 35 | 9 | 4 a 6 | |
| | Azenha | 19 | 5 | 2 a 8 | |
| | Salvada | 38 | 10 | 0,8 a 2 | |
| | Sesmarias | 356 | 92 | 0,3 a 7 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção e de Intervenção sobre a Poluição Subterrânea |
| | Praia | 321 | 83 | Não calculado | |
| | Parque Campismo | 2073 | 538 | 0,4 a 49 | |

Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2012)

Quadro 72 – Fontes poluentes de longo tempo de percurso, cargas poluentes associadas e tipos de medidas propostas para estas fontes poluentes

| Fonte Poluente | | Carga Poluente (kg/ano) | | Tempo de percurso (anos) (*) | Classe de medidas a aplicar |
|----------------|-----|-------------------------|-------|------------------------------|--|
| | | N (*) | P (*) | | |
| Vinha | V1A | 189 | 121 | 22 | Contenção de Chegada de Poluentes Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | V1B | 179 | 108 | 26 | |
| | V1C | 161 | 127 | 60 | |
| Pomares | P3 | 161 | 73 | 77 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | P4 | 47 | 21 | 105 | |
| | P5 | 90 | 41 | 73 | |
| | P8 | 150 | 67 | 27 | Contenção de Chegada de Poluentes Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | P9 | 142 | 64 | 77 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | P12 | 197 | 88 | 37 | Contenção de Chegada de Poluentes Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | P13 | 171 | 77 | 156 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| P15 | 86 | 39 | 218 | | |
| Hortas | CT1 | 1415 | 637 | 209 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | CT4 | 802 | 361 | 134 | |

| Fonte Poluente | | Carga Poluente (kg/ano) | | Tempo de percurso (anos) (*) | Classe de medidas a aplicar |
|---------------------------|---------------|-------------------------|-------|------------------------------|--|
| | | N (*) | P (*) | | |
| Sistemas culturais mistos | SC2 | 74 | 33 | 26 | Contenção de Chegada de Poluentes Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | SC10 | 57 | 26 | 39 | |
| | SC6 | 118 | 53 | 88 | |
| | SC11 | 178 | 80 | 100 | Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção |
| | SC12 | 280 | 125 | 79 | |
| | SC13 | 97 | 43 | 71 | |
| | SC14 | 481 | 215 | 99 | |
| Suicultura | SUI2 | 216 | 101 | 22 | Contenção de Chegada de Poluentes Código de Boas Práticas Medidas de Prevenção Medidas de Intervenção |
| Fossas | Caveira | 88 | 23 | 36 a 63 | |
| | Vale Travesso | 47 | 12 | 25 a 39 | |

(*) Oliveira et al. (2012)

Além das medidas de intervenção e de prevenção deve implementar-se um código de boas práticas do uso da água de modo a reduzir a produção de efluentes. Uma proposta para este código é apresentada na secção 4.4.2.

Além das medidas aplicadas nas fontes poluentes, têm de ser ainda incluídas nos planos de gestão com vista à recuperação da ribeira e Lagoa de Melides, as medidas a aplicar sobre (1) **rede hidrográfica**, (2) **Lagoa** e (3) **zonas de descarga do aquífero**, e respetivas áreas envolventes, medidas estas que foram já listadas na secção 4.3.2.2. (cf. Quadro 94 a Quadro 107 do Anexo II), identificando-se a sua natureza de acordo com o código de cores, apresentado na secção 4.3.: (1) **Verde** = código de boas práticas, (2) **Azul** = medidas de prevenção, (3) **Vermelho** = medidas de intervenção, (4) **Incolor** = estudos com vista à definição de futuras medidas.

A delimitação das áreas onde estas medidas devem ser aplicadas apresenta-se na secção 4.4.3. A relação entre o tipo de medidas a implementar, o tipo de fontes de poluentes a que os diferentes tipos de medidas se aplicam, os vários meios hídricos a que também os diferentes tipos de medida se aplicam e/ou têm expetavelmente impactos, relações essas que têm de enquadrar a aplicação e gestão destas medidas, é apresentada na Figura 12.

Com base no exposto acima, o fluxograma de atuação, apresentado na Figura 13, deverá obedecer aos seguintes passos:

1. Definição dos objetivos de redução das cargas poluentes, com a definição dos valores de cada poluente que deverão passar a ocorrer nos diferentes meios hídricos. Definição dos objetivos de racionalização dos consumos, com vista à redução dos volumes de água consumidos, perdidos nas redes e/ou ineficazmente aproveitados.

2. Definição do conjunto de medidas de intervenção inicial, com vista a atingir os objetivos de redução das cargas poluentes:
 - a. **ETARs** – medidas de controlo da poluição no meio hídrico superficial prioritárias; medidas de controlo da poluição no meio hídrico subterrâneo (de importância secundária; predominantemente medidas de prevenção). Serão maioritariamente medidas de intervenção, a que se associam em menor importância medidas de prevenção. Devido ao aumento das cargas poluentes na época de Verão, devem aplicar-se medidas de contingência durante este período, as quais se focam na minimização dos consumos, redução de cargas poluentes na fonte e aplicação do Código de Boas Práticas.
 - b. **Fossas** – medidas de controlo da poluição no meio hídrico subterrâneo; não se prevêem medidas de controlo da poluição no meio hídrico superficial (estas serão essencialmente de intervenção em caso de acidente; no caso de descargas sistemáticas, deverá intervir-se por via de coimas + melhoria dos serviços de limpeza das instalações). Serão sobretudo medidas de intervenção, a que se associam subsidiariamente medidas de prevenção (redução da carga poluente). Devido ao aumento das cargas poluentes na época de Verão, devem aplicar-se medidas de contingência durante este período, as quais se focam na redução de cargas poluentes na fonte e aplicação do Código de Boas Práticas.
 - c. **Arrozais** – medidas de controlo da poluição no meio hídrico superficial e no meio hídrico subterrâneo, as quais deverão ter prioridades similares. As medidas distribuem-se por (1) medidas de prevenção e (2) medidas de contenção da chegada dos poluentes ao meio hídrico.
 - d. **Agricultura (sem arrozais) e agropecuária** – medidas de controlo da poluição no meio hídrico subterrâneo; as medidas de controlo da poluição no meio hídrico superficial terão uma importância secundária, podendo de todo ser inexistentes nas parcelas que não estão em contacto direto com linhas de água. As medidas distribuem-se por (1) medidas de prevenção, com especial destaque para as medidas de redução das cargas poluentes na fonte e (2) medidas de intervenção, definidas sobretudo para (i) medidas de redução da carga poluente na fonte, (ii) medidas de contenção da chegada dos poluentes ao meio hídrico superficial.
3. Definição das medidas de racionalização dos consumos.
4. Definição das áreas prioritárias de aplicação das medidas.

5. Escolha das medidas a aplicar, selecionadas do lote de medidas proposto, usando a matriz relacional entre medidas e critérios de avaliação (cf. secção 4.4.4).
6. Apresentação à população das medidas selecionadas e análise com a população da viabilidade da sua implementação e recolha de sugestões de medidas alternativas.
7. Implementação do conjunto de medidas após consulta pública.
8. Criação de uma rede de monitorização da poluição, com vista a avaliar da eficácia das medidas e consequente redução das cargas poluentes. Esta rede de monitorização deverá basear-se nos resultados do modelo matemático no que se refere aos padrões de circulação no meio hídrico subterrâneo, direções de fluxo e zonas de entrada dos poluentes no meio hídrico superficial. Uma primeira corrida do modelo com este objetivo, com a indicação das células onde as cargas das diferentes fontes poluentes atingem o meio hídrico superficial e mapas com a localização destas células, são apresentados no Anexo I. Na Figura 11 são apresentados os trajetos dos poluentes desde as fontes poluentes até às massas de água superficiais.
9. Monitorização da poluição com vista à avaliação da eficácia das medidas implementadas.

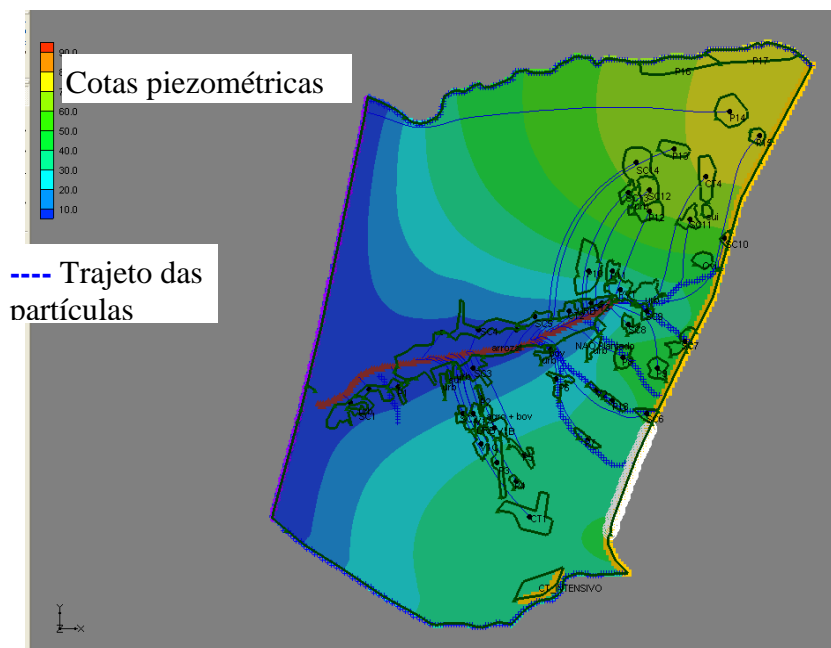
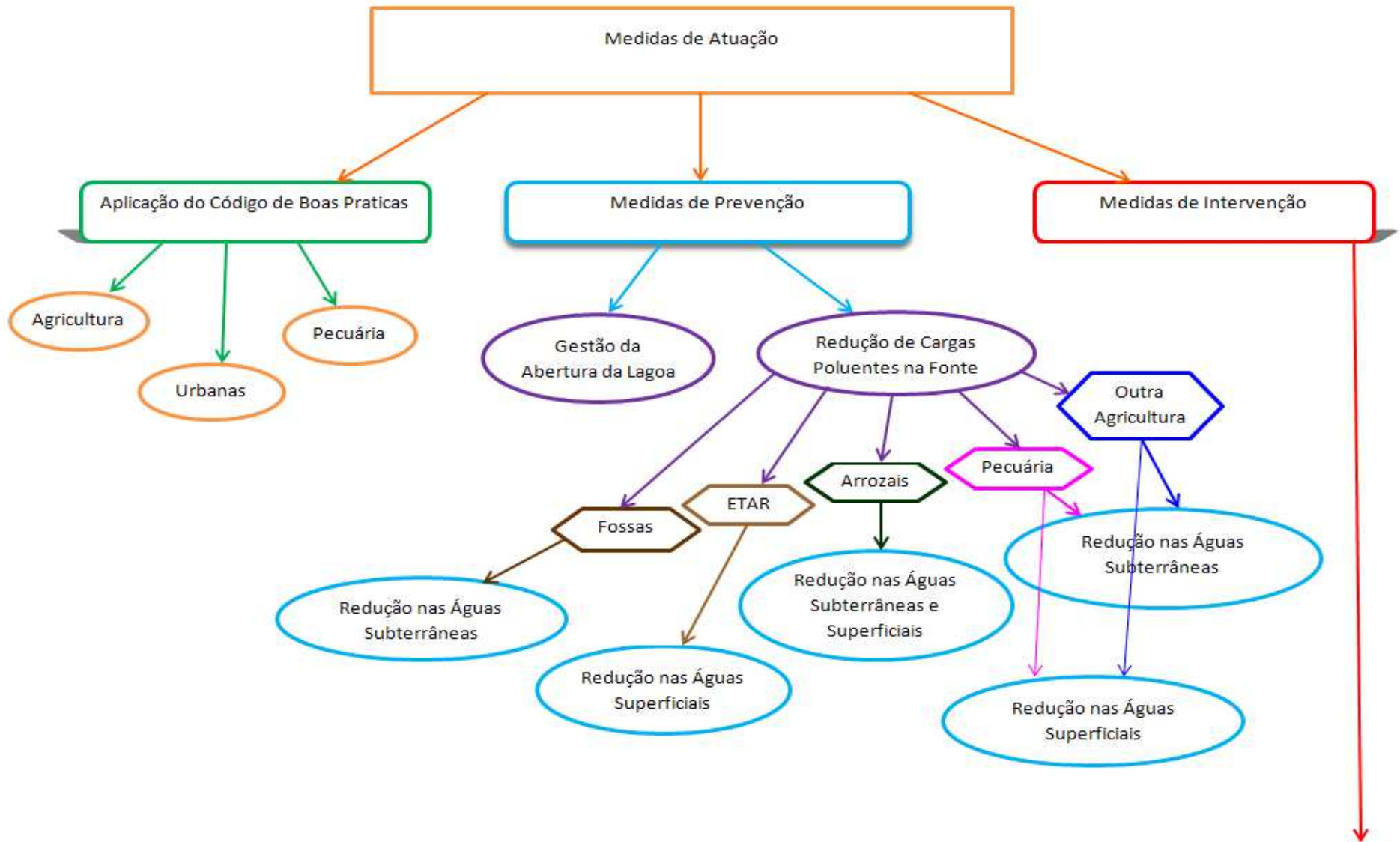


Figura 11 – Trajetos das partículas de poluentes desde a fonte até às massas de água superficiais



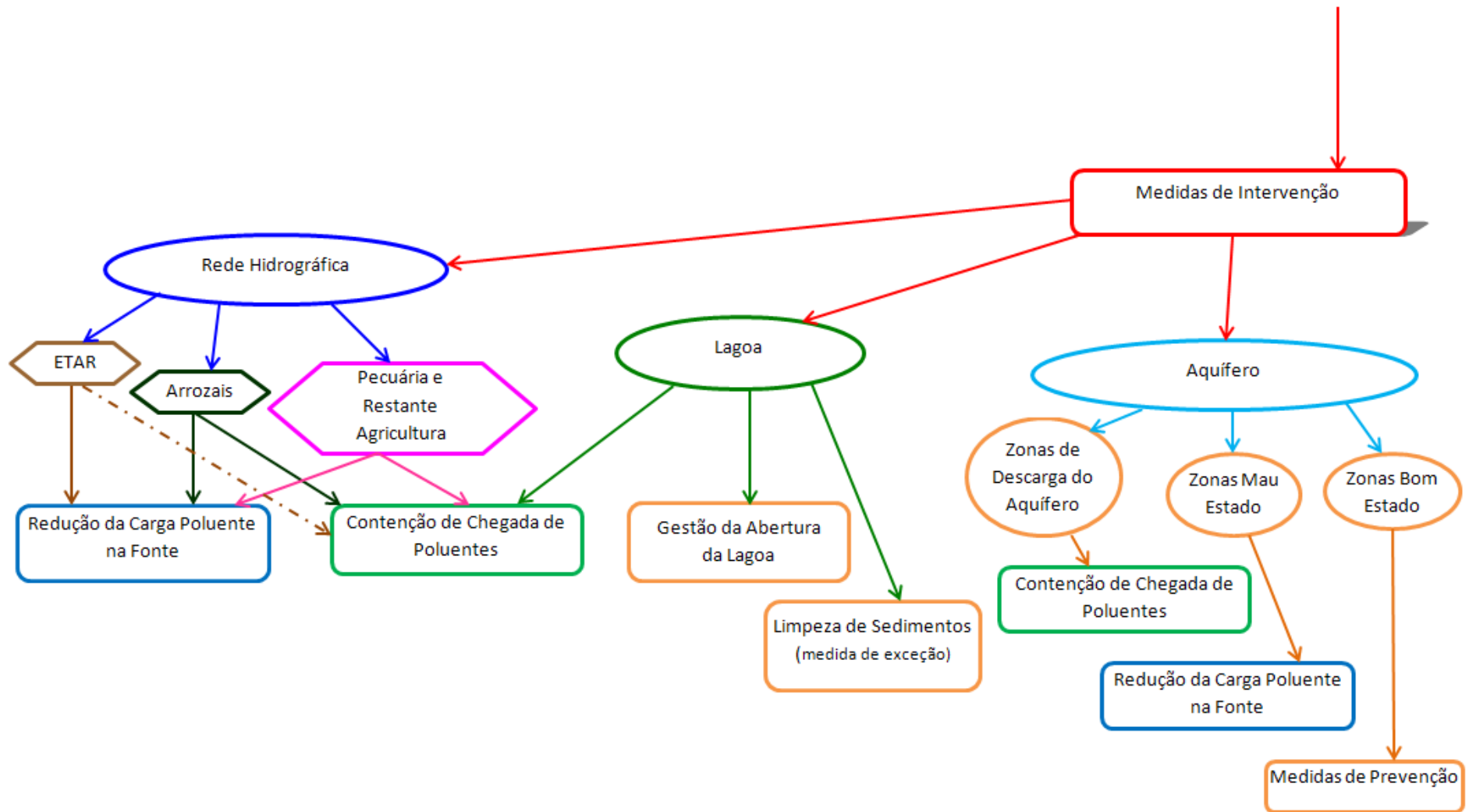


Figura 12 – Relação entre os diferentes tipos de medidas, meio hídrico e fontes poluentes a que se aplicam

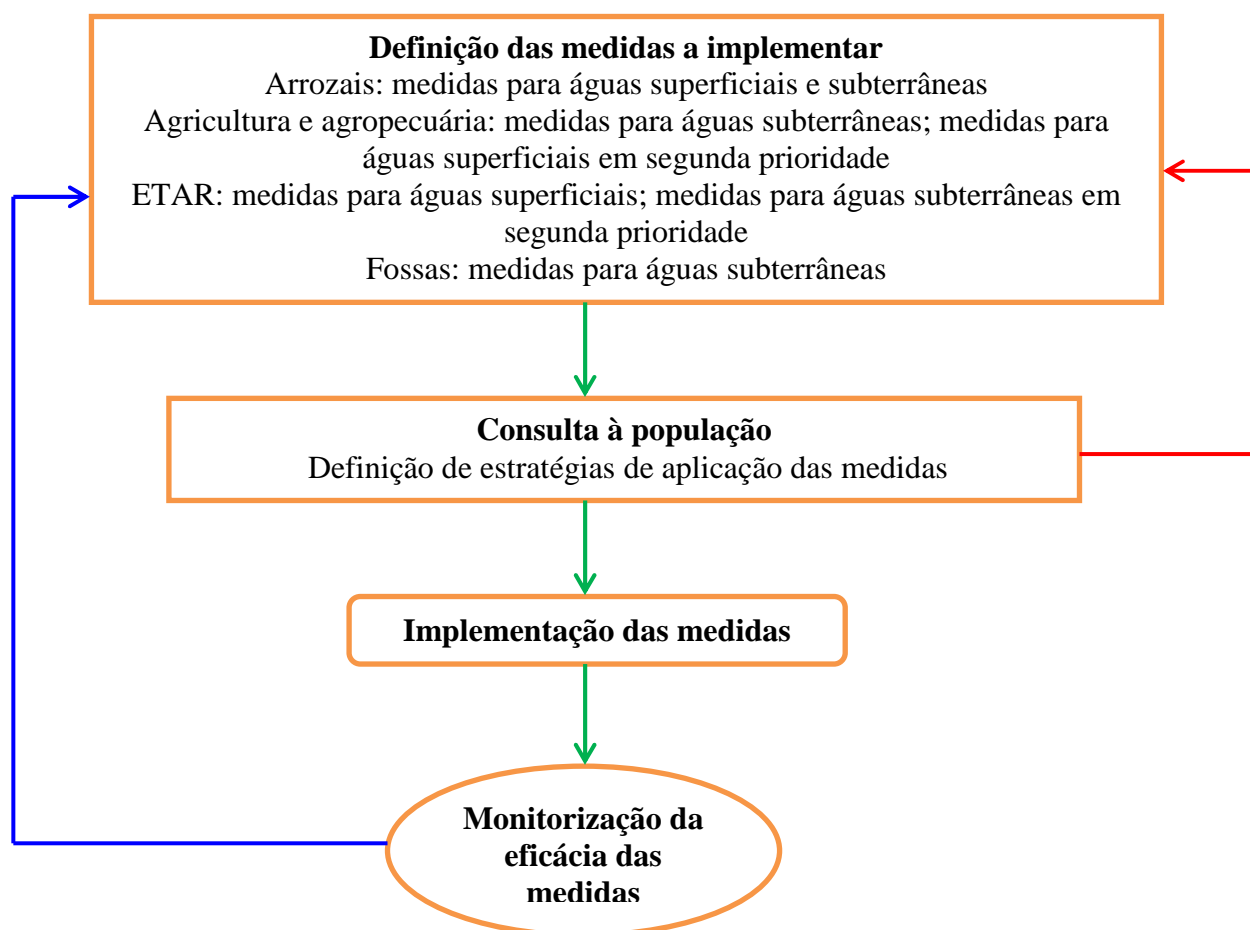


Figura 13 – Fluxograma de implementação das medidas para a recuperação do estado bom dos meios hídricos da bacia da ribeira de Melides

10. Definição dos novos objetivos e medidas para a melhoria do estado, caso as medidas iniciais não tenham sido completamente eficazes e/ou haja alterações na distribuição das fontes poluentes e respetivas cargas.
11. Implementação das medidas para estes novos objetivos.
12. Monitorização com vista à definição da eficácia das medidas implementadas.

4.4.2 Proposta de um código de boas práticas para a região de Melides

O código de boas práticas que se apresenta tem os seguintes dois objetivos: (1) racionalizar o consumo da água, promovendo a eficiência do seu uso, (2) reduzir a carga poluente gerada na fonte. Assim o conjunto de regras focaliza-se sobre as fontes poluentes Agrícola (sem arrozais), Pecuária, Arrozais e Urbana. Este código de boas práticas baseia-se no Código de Boas Práticas Agrícolas, nas conclusões e recomendações do estudo AGRO24 para a redução da carga poluente em pesticidas com origem nos arrozais (cf. Xavier et al., 2005), nas conclusões e recomendações do trabalho de Batista (2003) relativas à redução

da carga poluente em pesticidas e nitratos para a agricultura em geral, na Recomendação IRAR n.º 01/2007 “Gestão de Fossas Sépticas no Âmbito de Soluções Particulares de Disposição de Águas Residuais”, em manuais de boas práticas ambientais de vários municípios portugueses, no Manual de Boas Práticas Ambientais da REN, assim como em metodologias de controlo da poluição dispersas na vária bibliografia consultada e que foi referenciada nos capítulos anteriores. O código de boas práticas foi assim estruturado:

A. Medidas Gerais ao Nível da Bacia Hidrográfica

1. Definir objetivos concretos de intervenção, nomeadamente valores de redução das cargas poluentes globais e/ou por fonte poluente.
2. Criar medidas de apoio à reestruturação das valas de descarga dos arrozais e sua vegetação, assim como de eventuais outras medidas que se venham a verificar viáveis e eficazes no controlo da poluição (ex.: eventual criação de peixes e patos para controlo de pragas).
3. Criar medidas de apoio à reestruturação das fossas e outros sistemas de contenção/tratamento de efluentes urbanos e rede de esgotos.
4. Apoiar o uso eficaz e generalizado de técnicas biológicas eficazes de controlo de pragas.
5. Criar serviços de recolha de embalagens de pesticidas e fertilizantes.
6. Identificação de zonas ecológica e/ou hidrogeologicamente sensíveis (ex.: áreas preferenciais de infiltração).
7. Definir as zonas de áreas vulneráveis e perímetros de proteção das captações.
8. Criar mecanismos eficazes de reutilização das águas nas atividades agrícolas, rega e limpeza de espaços públicos.
9. Definir volumes de consumos, devidamente racionalizados para evitar perdas e consumos abusivos, para as diferentes atividades económicas e intervir de modo a que estes volumes de consumos sejam cumpridos (ex.: criação de incentivos à poupança de água, instalação de equipamento que detete ruturas e/ou limite perdas de água na rede, etc.).
10. Criar sistemas eficientes de alerta de deteção de ruturas na rede de abastecimento de água e/ou outros acidentes e mau funcionamento dos equipamentos.
11. Criar sistemas eficientes de alerta para condições em que os caudais a tratar nas ETAR são superiores à sua capacidade de tratamento.

12. Estabelecer planos de atuação em caso de se verificar que os caudais a tratar nas ETAR que sejam superiores à sua capacidade de tratamento.
13. Implementar sistemas de alerta de em tempo real da ocorrência de derrames e/ou descargas acidentais.
14. Criar e implementar de modo eficaz um Plano de Atuação de Prevenção e Combate a Acidentes de Poluição, com especial destaque para acidentes na área da Lagoa e Litoral.
15. Avaliar da pertinência de implementar um Plano de Proteção Contra Inundações, sendo que neste plano deverão ser estabelecidas as medidas concretas de atuação em função das condições de inundação (localização e extensão da área afetada, fontes poluentes que sejam atingidas, etc.).
16. Estabelecer medidas de aplicação prática no terreno de proteção contra secas, ou seja, um Plano Local de Contingência em Situação de Seca, estruturado de modo a enquadrar-se no futuro Plano Regional de Contingência em Situação de Seca, incluindo a criação de reservas estratégicas de água.
17. Fazer o acompanhamento e fiscalização das descargas agropecuárias e de outras origens assim como do cumprimento das obrigações legais das diferentes instalações (ex.: pecuárias, fossas) com potencial poluente.
18. Encerrar todas as estruturas de descarga de efluentes de fossas para a Lagoa; conduzir estes efluentes para estruturas de tratamento.
19. Fiscalizar os caudais extraídos nas diferentes captações de água, incluindo o cumprimento dos volumes autorizados por captação e atividade económica. Encerrar as captações ilegais que venham a ser identificadas durante as campanhas de fiscalização.
20. Reforçar a fiscalização de usos abusivos do meio hídrico e estabelecer regras de uso do meio hídrico, em especial da Lagoa.
21. Implementar um Sistema de Alerta Participado dos Cidadãos (ex.: linha telefónica, email) onde estes possam indicar situações de acidente de poluição, irregularidades nas descargas poluentes, extrações de água irregulares e outros usos abusivos do meio hídrico, eventos de eutrofização da Lagoa e/ou outros casos de impactos adversos sobre o meio hídrico e ecossistemas.
22. Fiscalizar rápida e eficazmente as situações comunicadas por este Sistema de Alerta Participado e atuar em conformidade, de modo eficaz, pondo em funcionamento os

mecanismos de prevenção e/ou atuação/remediação caso a situação detetada assim o exija.

B. Atividade Agrícola em Geral (fundamentado no Código de Boas Práticas Agrícolas de Dias, 1997 e MADRP, 1997)

a. Aspetos gerais

1. Fazer a implementação rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas.
2. Fazer a implementação eficaz do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.
3. Tornar eficaz a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada.
4. Realizar uma eficiente formação de técnicos, agricultores, aplicadores de fitossanitários, vendedores e distribuidores de pesticidas e adubos.
5. Reforçar a fiscalização da comercialização de pesticidas.

b. Irrigação e técnicas de lavra

1. Distribuir, sempre que possível, as culturas em função das características dos solos e a aplicação dos fertilizantes em função das condições climatológicas.
2. Usar a rotação de culturas com a introdução de culturas com apetência para o controlo e remoção dos nitratos dos solos, obedecendo a calendários que promovam este maior controlo nos períodos de maior pluviosidade.
3. Usar técnicas de lavra com elevado potencial de remoção do excesso de nutrientes, e que contribuam para a redução do escoamento superficial (ex.: enrelvamento de entrelinhas).
4. Promover a expansão em profundidade das raízes das plantas com vista à melhor captação das regas e nutrientes, evitando a sua percolação em profundidade; esta promoção pode realizar-se através do atraso da primeira rega.
5. Usar métodos de irrigação que reduzam as perdas de água em profundidade e/ou por escoamento superficial.
6. Realizar as regas de modo a obter uma distribuição da água no terreno o mais uniforme possível, evitando zonas de encharcamento.
7. Não deixar as fugas de água de tubagens e demais mecanismos de rega sem reparação e efetuar a manutenção dos sistemas de regadio.
8. Não regar entre as 8 e as 18 horas para evitar desperdícios de água por evaporação.
9. Regar em dias secos e sem vento.

10. Usar equipamentos eficientes de rega (ex.: gota-a-gota, aspersão).
11. Adequar as técnicas de rega ao tipo de solo e às necessidades de cada tipo de planta e às variações destas necessidades nos vários estados vegetativos das mesmas.
12. Praticar a irrigação dos campos com águas “sujas” apenas após o seu correto tratamento.
13. Definir calendários de irrigação que limitem a infiltração de volumes significativos de água abaixo da zona radicular; os calendários de irrigação e os volumes de água usados em cada rega deverão ser definidos em função das condições meteorológicas previstas para o período de rega.
14. Usar técnicas de irrigação deficitária (regas que não preenchem a capacidade do solo) devidamente conjugadas com as condições meteorológicas, de modo a tirar o máximo proveito dos eventos de precipitação.
15. Definir os volumes de rega em função das necessidades da cultura nos diferentes estados vegetativos e teor de água no solo à data de cada rega.
16. Realizar uma rega o mais uniforme possível (tendo em atenção a variabilidade da permeabilidade do solo).
17. Criar faixas de vegetação em torno dos campos, com vista ao aumento do tempo de retenção das águas, redução dos escoamentos superficiais e consequente otimização da remoção de nutrientes.

c. Controlo de efluentes

i. Hidrocarbonetos

1. Cumprir as boas regras de manuseamento e eliminação de hidrocarbonetos da atividade agrícola e realizar o correto estacionamento, arrumação e limpeza da maquinaria agrícola.
2. Impermeabilizar e manter em bom estado as zonas de estacionamento da maquinaria agrícola e eventuais zonas de armazenamento de combustíveis.

ii. Pesticidas (fundamentado no trabalho de Batista, 2003)

1. Realizar uma criteriosa seleção dos pesticidas mais adequados à cultura, pragas a combater, estado de desenvolvimento das infestantes (no caso de herbicidas), tendo ainda em consideração as condições meteorológicas e hidráulicas, assim como persistência, custo e efeitos secundários.

2. Realizar uma criteriosa seleção dos herbicidas com menores toxicidades para pessoas e animais, de acordo com o estabelecido nas Fichas Técnicas de Segurança dos Produtos.
3. Utilizar pesticidas cuja formulação reduza a sua dispersão aérea.
4. Usar apenas produtos homologados.
5. Armazenar os pesticidas e herbicidas em local seguro, ventilado e impermeabilizado, que assegure a completa e prolongada duração do produto e um risco mínimo para pessoas, animais e meio ambiente.
6. Os recipientes deverão estar bem acondicionados, preferencialmente sobre paletas retentoras.
7. Não deixar os recipientes abertos quando não estão em utilização e não os armazenar perto de fontes de calor ou de ignição.
8. Não abandonar estes produtos senão em pontos de recolha com meios de contenção adequados. Preferencialmente deverá ser implementado um serviço de recolha de embalagens destes produtos (autarquia e/ou associações de agricultores)
9. A impermeabilização das áreas de armazenamento dos pesticidas e preparação das caldas deve assegurar uma fácil limpeza do local em caso de derrames ou fugas acidentais.
10. Fazer o correto rolhamento de todas as estruturas de drenagem de modo a que quaisquer derrames não atinjam diretamente o meio subterrâneo; estas estruturas deverão situar-se o mais afastado possível dos pontos de água e sempre a jusante dos mesmos.
11. Realizar vistorias periódicas a todas as zonas de armazenamento e áreas de preparação das caldas para detetar eventuais fissuras e fugas e proceder à sua reparação imediata.
12. Realizar uma inspeção regular das embalagens contentoras de pesticidas, para verificar o bom estado do produto, das embalagens e deteção de eventuais riscos de derrame do produto.
13. Fazer a limpeza meticulosa do material de aplicação e preparação das caldas.
14. Recolher as águas de lavagem e restos das caldas em estruturas de armazenamento impermeáveis, com vista à sua incorporação nas caldas futuras, quando tal for viável.

15. Cumprir as precauções e recomendações indicadas nos rótulos, em particular as precauções ecotoxicológicas, de restrição de uso e condições de aplicação (doses, concentrações, número de tratamento e intervalo de tratamento).
16. Eliminar adequadamente as embalagens vazias.
17. Não despejar os eventuais restos das caldas no solo, linhas de água, Lagoa, charcas, proximidades de poços e nascentes ou sistemas de drenagem urbana.
18. Utilizar embalagens reutilizáveis para o acondicionamento dos pesticidas.
19. Verificar se a água das caldas tem a composição química adequada para uma eficaz aniquilação das pragas.
20. Evitar a contaminação direta do meio hídrico durante a preparação das caldas.
21. Manter distâncias de segurança entre os locais de preparação das caldas e os pontos de água (poços, furos, etc.).
22. Minimizar o armazenamento de pesticidas no campo.
23. Minimizar os excedentes de caldas, e fazer a sua cuidadosa eliminação quando não for viável o seu armazenamento para aplicações futuras.
24. Não preparar as caldas diretamente nos poços nem realizar despejos dos remanescentes na proximidade dos poços e demais pontos de água.
25. Fazer a preparação das caldas e a lavagem dos instrumentos de preparação e de aplicação sobre superfícies impermeáveis e com sistemas de canalização dos efluentes para estruturas de retenção adequadas e devidamente impermeabilizadas.
26. Preparar volumes de caldas adequados à dimensão das áreas a tratar e intensidade da infestação de modo a reduzir ou de todo anular os excedentes e em consequência a necessidade da sua eliminação.
27. Escolher o método de aplicação mais eficaz para cada tipo de praga.
28. Aplicar as dosagens corretas para o tipo de pesticida, praga, cultura e estado vegetativo das plantas, assim como as demais condicionantes da cultura (solo, condições meteorológicas, etc.).
29. Calibrar o equipamento de modo a obter a dimensão ideal das gotas para uma cobertura otimizada da planta e as perdas por difusão aérea serem minimizadas.
30. Fazer a aplicação o mais perto possível da planta/solo a tratar e não realizar aplicações em tempo ventoso e/ou antes de períodos intensos de chuva.

31. Realizar, sempre que possível, aplicações dos pesticidas em faixas alternadas de terreno.
32. Na aplicação de pesticidas através dos sistemas de irrigação, usar equipamento de injeção adequado e que proteja o ponto de captação de água; o pesticida deverá ser o adequado para o tipo de cultura e sistema de irrigação usado e a unidade de injeção deverá ser devidamente calibrada a cada utilização; a estrutura de armazenamento secundária dos pesticidas terá de estar devidamente impermeabilizada.
33. Não aplicar pesticidas/herbicidas nas horas de maior calor nem quando há vento.
34. Evitar usar sistematicamente a mesma substância ativa, de modo a evitar o desenvolvimento de mecanismos de resistência por parte de infestantes e pragas.
35. Não utilizar herbicidas sob coberto, cultura em floração, épocas de desova de peixes e/ou nidificação de aves.
36. Não aplicar herbicidas e pesticidas num raio de pelo menos 15 metros em torno de poços, furos, nascentes e, sempre que possível observar também esta distância de segurança em relação às ribeiras e Lagoa.
37. Usar técnicas de lavra que minimizem a infiltração e escoamento superficial dos pesticidas e promovam o controlo de pragas e infestantes.
38. Usar sempre que possível técnicas de rotação de culturas que reduzam a incidência e desenvolvimento de pragas e infestações.

iii. Nutrientes (adubos, nitratos, fosfatos) (fundamentado no Código de Boas Práticas Agrícolas de Dias, 1997; MADRP, 1997; Batista, 2003)

1. Estabelecer planos de fertilização, com calendários e dosagens de aplicação de fertilizantes, tendo em consideração as características do solo, tipo e estado vegetativo das culturas, sistema de rega e condições meteorológicas.
2. Definir, em função das condições locais, as melhores técnicas de aplicação dos adubos, em conformidade com o tipo de adubo, cultura, solo, clima, etc.
3. Criar e manter atualizado o registo das aplicações de fertilizantes e corretores orgânicos, por cultura, onde sejam registadas: (1) datas de aplicação, (2) tipos de adubos e quantidades aplicadas, (3) formulação química (composição) do fertilizante aplicado.
4. Aplicar os corretores orgânicos sob adequadas condições meteorológicas e de humidade dos solos, minimizando o risco de escorrências e lixiviação.

5. Fazer o controlo rigoroso dos volumes, cargas e calendários de aplicação das lamas de depuração, estrumes e chorumes, em especial na envolvente de poços, nascentes, Lagoa, zonas de elevada velocidade de infiltração e áreas de nível freático muito superficial.
6. Fazer a aplicação dos adubos em conformidade com as capacidades filtrantes do solo, necessidades e estágio de desenvolvimento das culturas.
7. Fazer uma rigorosa e cuidada dosagem dos fertilizantes, em especial nas adubagens por rega.
8. Usar sempre que possível adubos com teores moderados de nitratos e/ou contrabalançando os eventuais excessos de nutrientes no solo com a incorporação de outros aditivos (ex.: matéria vegetal).
9. Sempre que possível utilizar matéria vegetal (ex.: resíduos vegetais de outras culturas como a ervilha, fava, etc.) e utilizar de modo racional, seguro e eficaz os diversos subprodutos da unidade agrícola que sejam apropriados para a fertilização.
10. Calibrar e proceder à manutenção periódica do material de aplicação de adubos e corretores orgânicos.
11. Cumprir as precauções e recomendações indicadas nos rótulos.
12. Minimizar o armazenamento dos adubos e corretores orgânicos no campo.
13. Ter um grande cuidado no armazenamento dos adubos, em especial nas áreas com escorrências diretas para as linhas de água, sendo que nestes últimos casos se deverá, sempre que possível, deslocar o armazenamento para outras áreas.
14. O armazenamento dos corretores orgânicos e adubos de azoto orgânico deverá ser cuidadoso, e o seu acondicionamento deverá ser realizado em locais especificamente adequados para o efeito, sitos a distâncias seguras de poços, furos, linhas de água, valas de drenagem, etc.; as estruturas de armazenamento devem ser construídas de modo a minimizar as perdas e infiltrações/escorrências.
15. Fazer a inspeção regular das estruturas de armazenamento dos fertilizantes, e promover a sua reparação e manutenção sempre que no decorrer destas inspeções tal se verificar necessário.
16. Fazer o correto manuseamento e armazenamento dos estrumes e chorumes destinados à fertilização.

17. Fazer um rigoroso e eficaz controlo do armazenamento e eliminação das embalagens de adubos, garantindo que a eliminação das embalagens vazias é feita de modo adequado.
18. Fazer a análise periódica dos corretores orgânicos (estrumes, chorumes, etc.), de modo a definir as técnicas de aplicação mais adequadas com vista a minimizar a contaminação do meio hídrico.
19. Evitar a aplicação excessiva de corretores orgânicos.
20. Evitar a aplicação de corretores orgânicos nas proximidades de eventos de precipitação ou de regas.
21. Fazer rotação de adubos de modo a que o solo não altere as suas propriedades nem se torne favorável à sobrevivência prolongada de organismos patogénicos.
22. Adotar técnicas de cultivo que permitam a redução das perdas de nutrientes, em especial após a aplicação dos adubos.
23. Evitar sempre que possível a mobilização de solos que possam ter teores muito elevados de nitratos acumulados.
24. Aplicar técnicas de lavra que potenciem a capacidade desnitrificadora da camada lavrada e a formação de zonas de oxidação subjacentes a essa camada.
25. Definir calendários apropriados de irrigação em função do tipo de adubo aplicado.
26. Fazer a gestão das regas de modo a limitar o movimento dos organismos patogénicos, considerando as necessidades da cultura e sua variação ao longo do ano agrícola, características do solo (ex.: estrutura do solo e fluxo de água na zona vadosa), profundidade do nível freático, topografia e condições climáticas.
27. Implementar calendários e mecanismos de gestão das regas que promovam a desnitrificação do excesso de fertilizantes.

C. Arrozais (fundamentado nos trabalhos de Xavier et al., 2005 e Batista, 2003)

a. Aspetos gerais

1. Fazer a implementação rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas.
2. Fazer a implementação eficaz do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.
3. Tornar eficaz a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada.
4. Tornar eficaz a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do Cultivo do Arroz.

b. Controlo das descargas superficiais

1. Aumentar a faixa terrestre entre os canteiros de arroz e os cursos de água (aconselhavelmente para larguras entre 6 a 10 m).
2. Proibir descargas dos canteiros diretamente para os cursos de água.
3. Reestruturar as valas de descarga, aumentando-as para profundidades de 2 m e com um traçado que promova adequados períodos de retenção das águas, evitando as descargas frequentes para o meio hídrico.
4. Implementar práticas de drenagem que retardem as descargas das águas dos canteiros, após a aplicação dos pesticidas e fertilizantes.
5. Vegetar as valas de descarga com plantas com apetência para a remoção de fosfatos. Deverão ser postas à disposição dos agricultores o conjunto de plantas para este efeito, devidamente adequadas aos ecossistemas locais e não competitivas com os arrozais.
6. Recuperar e preservar a faixa ripícola – com espécies não competitivas com os arrozais – para redução das cargas contaminantes que possam ser arrastadas para a ribeira e Lagoa.

c. Controlo das cargas de pesticidas

1. Realizar a aplicação de pesticidas com os canteiros secos.
2. Realizar a aplicação de pesticidas como se a área de arrozais fosse uma zona vulnerável.
3. Retardar, tanto quanto possível, a descarga dos canteiros após a aplicação dos pesticidas.
4. Usar pesticidas de baixa mobilidade e persistência e, se for viável, sistemas de aplicação de pesticidas em circuito fechado.
5. Fazer uma cuidada escolha dos pesticidas em função das suas características ecotoxicológicas e dos condicionalismos dos ecossistemas em e na envolvente das explorações orizícolas, assim como da sua eficácia, persistência e risco de contaminação para as águas subterrâneas (ex.: potencial de lixiviação).
6. Optar pelo cultivo de espécies resistentes a pragas.
7. Realizar o controlo de plantas que possam ser hospedeiros preferenciais de pragas e doenças.

8. Usar técnicas de semeadura e plantio, e calendários de semeadura/plantio e colheita que maximizem o desenvolvimento dos cultivares e a sua produção, deprimindo o desenvolvimento de pragas e infestantes.
9. Otimizar o calendário de aplicação de pesticidas em função dos ciclos de vida das pragas.
10. Realizar a rotação de pesticidas de modo a impedir que as pragas desenvolvam resistências.
11. Usar novas técnicas de preparação dos canteiros e de gestão de aplicação de pesticidas de modo a reduzir as cargas poluentes.
12. Utilizar preferencialmente técnicas com comprovados resultados de controlo biológico de pragas.
13. Aumentar os teores de matéria orgânica nos solos.
14. Calibrar o material de aplicação dos pesticidas e fazer a sua cuidada e periódica inspeção e manutenção.
15. Cumprir as recomendações e precauções indicadas nos rótulos.
16. Eliminar adequadamente as embalagens vazias.
17. Minimizar o armazenamento de pesticidas no campo.
18. Evitar a contaminação direta das águas superficiais e subterrâneas, em particular durante a preparação das caldas (ex.: pela instalação de válvulas antirretorno, de modo a evitar a contaminação da captação durante a preparação das caldas).
19. Proibir a preparação direta das caldas nos poços e outros pontos de água.
20. Manter distâncias de segurança entre os locais de preparação das caldas e de aplicação e os pontos de água (poços, furos, etc.).
21. Minimizar os excedentes de caldas e fazer a sua cuidadosa eliminação.
22. Não preparar as caldas diretamente nos poços ou o despejo dos remanescentes na proximidade dos poços e demais pontos de água.
23. Fazer a preparação das caldas e a lavagem dos instrumentos de preparação e de aplicação sobre superfícies impermeáveis e com sistemas de canalização dos efluentes para estruturas de retenção adequadas e devidamente impermeabilizadas.

d. Controlo das cargas de nutrientes e eventuais organismos patogénicos

1. Evitar sempre que possível a aplicação de corretores orgânicos que possam apresentar elevado número de organismos patogénicos.
2. Reduzir tanto quanto possível a aplicação de fertilizantes agroquímicos, resíduos sólidos urbanos e irrigação com águas de efluentes domésticos.
3. Aplicar corretores orgânicos não vegetais (estrumes, chorumes, etc.), caso sejam utilizados, apenas em tempo seco e com os canteiros secos.
4. Aplicar as mais eficazes técnicas de gestão da irrigação dos campos de modo a limitar o movimento dos organismos patogénicos.
5. Realizar, caso seja necessário, o aumento da matéria orgânica no solo de forma controlada, preferencialmente recorrendo a matérias orgânicas vegetais.
6. Se os resíduos sólidos urbanos e as águas de efluentes domésticos não se encontrarem devidamente tratados para este efeito, reduzir ou de todo eliminar a aplicação dos resíduos e a irrigação com efluentes.

e. Técnicas de irrigação e cultivo

1. Aplicar coberturas de fundo (ex.: compostos ricos em Fe) nas valas de descarga, para fixar os nutrientes nestes substratos.
2. Usar técnicas de regadio que promovam uma menor inundação dos campos, devidamente coordenados com as previsões meteorológicas diárias, de modo a prover às necessidades hídricas da planta.
3. Optar por técnicas de drenagem baseadas na seca progressiva e natural dos arrozais, reduzindo ao mínimo, ou mesmo anulando as descargas de água dos canteiros (“zero-drainage management”).
4. Fazer adequada gestão de solo, com base em análises periódicas do mesmo, de modo a manter a sua fertilidade e capacidade de depuração de pesticidas e outros poluentes.
5. Implementar estratégias de reciclagem das águas de irrigação.
6. Usar métodos de irrigação mais favoráveis à redução das cargas poluentes nas descargas dos arrozais.

D. Pecuária (fundamentado no Código de Boas Práticas Agrícolas de Dias, 1997 e MADRP, 1997)**a. Aspectos gerais**

1. Fazer a implementação rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas.
2. Fazer a implementação eficaz do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.

b. Controlo de efluentes

1. Assegurar o correto encaminhamento dos efluentes de estabulamento, ensilagem e escorrências das zonas de armazenamento de estrumes e outros resíduos orgânicos para estruturas adequadas de recolha, armazenamento e/ou maturação.
2. Realizar periodicamente inspeções, limpezas e reparações das estruturas de recolha, encaminhamento e armazenamento/tratamento dos efluentes provenientes de estábulos, silos, etc.
3. Não construir tanques de armazenamento de efluentes e condutas destes efluentes a menos de 10 m de poços, furos e/ou outros pontos de água, incluindo charcas.
4. Impermeabilizar eficazmente os estábulos e as estruturas de encaminhamento das escorrências produzidas nos estábulos para estruturas de retenção impermeabilizadas.
5. Construir e/ou remodelar, com o dimensionamento correto, as estruturas de retenção, recolha, encaminhamento e/ou tratamento dos efluentes, nomeadamente fossas.

c. Forragens e ensilagem

1. Não construir os silos a menos de 10 m de poços, furos e/ou outros pontos de água, incluindo charcas.
2. Fazer o controlo eficaz dos teores de humidade das forragens ensiladas.
3. Impedir a descarga de efluentes de ensilagem no meio hídrico subterrâneo e/ou superficial.

d. Armazenamento e manuseio de estrumes e efluentes

1. Realizar a correta diluição dos efluentes das ensilagens antes da sua utilização na agricultura, garantindo que não se deem infiltrações para o meio hídrico durante a diluição.
2. Evitar o manuseamento e diluição de efluentes nas proximidades imediatas de poços, furos e demais pontos de água.

3. Garantir uma completa e adequada maturação dos estrumes e chorumes.
4. Fazer o armazenamento prolongado e em condições de não proliferação de organismos patogénicos, ou fazer compostagem dos estrumes, de modo a que a sua carga poluente ao serem aplicados nos campos seja mínima.

e. Estabulamento e gestão dos pastos

1. Fazer a rotação frequente dos animais nos pastos (ex.: com uso de cercas móveis).
2. Remodelar os estábulos e/ou construí-los de raiz, seguindo regras de construção que minimizem as necessidades de gastos de água.
3. Construir e/ou remodelar estruturas de recolha e condução dos efluentes de estabulamento devidamente dimensionadas e impermeabilizadas.

E. Fontes Urbanas (fundamentado no Manual de Boas Práticas Ambientais da REN e em IRAR, 2007)

a. Aspetos gerais

1. Fazer a implementação eficaz do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.
2. Estabelecer regras que condicionem a implantação de atividades e/ou infraestruturas que destruam e/ou impermeabilizem áreas preferenciais de infiltração; fiscalização eficaz do seu cumprimento.
3. Definir um plano de reconversão de fossas que tenham mau desempenho e sua substituição efetiva por estruturas de bom desempenho.
4. Definir medidas (e sua implementação efetiva) de intervenção, reconversão ou reestruturação das ETARs, rede de esgotos e de abastecimento de água.

b. Controlo das cargas poluentes

1. Definir e fazer cumprir as cotas de carga máxima por infraestrutura.
2. Fazer cumprir os limites legais de descarga de águas residuais.
3. Obrigar ao licenciamento para descarga das águas residuais nos coletores municipais.
4. Encerrar todas as fossas sépticas ilegais e aplicação de coimas por despejos indevidos.
5. Encerrar as estruturas de canalização dos efluentes das fossas diretamente para a rede hidrográfica e/ou Lagoa e obrigar ao tratamento prévio quaisquer efluentes que venham a ser descarregados no meio hídrico.

6. Realizar periodicamente intervenções na rede de saneamento (limpezas e desobstruções) de modo a evitar entupimentos, inundações e odores desagradáveis.
7. Monitorizar periodicamente (várias vezes no ano) a qualidade das águas residuais descarregadas no meio hídrico de modo a verificar se estas obedecem aos requisitos impostos e estão conformes com os valores-limite aplicáveis. Atuar de imediato sempre que tal não se verifique.
8. Sempre que aconselhável, fazer a impermeabilização completa das fossas e outros eventuais sistemas de armazenamento de efluentes e respetivas condutas de canalização.
9. Interditar descargas nas zonas ecológica e hidrogeologicamente mais sensíveis, incluindo as descargas no solo na envolvente da Lagoa e da ribeira pelo menos ao longo da envolvente cuja circulação em meio subterrâneo apresente um tempo de percurso de pelo menos 6 meses³.
10. Limpar periodicamente as caixas de retenção existentes nas diferentes secções das redes de saneamento e pluvial.
11. Retirar restos de resíduos antes de ser efetuada a lavagem de pavimentos, colocando-os em contentor próprio para resíduos “indiferenciados”.
12. Retirar os sólidos retidos nas grelhas de drenagem e colocá-los em contentor de resíduos indiferenciados.
13. Realizar inspeções periódicas à rede de fossas e canalizações dos efluentes para as fossas, para deteção e reparação imediata de zonas de mau funcionamento, rutura e fugas de poluentes. Esta inspeção tem de ser especialmente rigorosa nas estruturas localizadas na envolvente da Lagoa e da ribeira e cujos tempos de percurso das cargas poluentes até atingirem o meio hídrico superficial seja igual ou inferior a 1 ano.
14. Implementar serviços eficientes, e com calendário adequado às necessidades dos utentes, da limpeza periódica de fossas, recolha dos efluentes e seu encaminhamento para ETARs e/ou outras estruturas de tratamento a serem criadas.
15. Implementar guias de acompanhamento de resíduos.
16. Fazer cumprir as boas regras de manuseamento e eliminação de hidrocarbonetos, acomodação e limpeza de viaturas e maquinaria das oficinas.

³ Período de tempo destinado à remoção de organismos patogénicos por processos naturais.

17. Fazer o efetivo e rigoroso encaminhamento das lamas oleosas e outros resíduos da atividade das oficinas (hidrocarbonetos e metais pesados) para recolha por empresas especializadas na gestão destes resíduos perigosos.
18. Armazenar óleos alimentares usados em recipientes próprios, prevenindo eventuais derrames e proibir as descargas de óleos alimentares usados na rede de drenagem.
19. Evitar descarregar as águas de lavagem na rede de águas pluviais.
20. Efetuar inspeção visual periódica ao estado de conservação das tubagens.
21. Proibir o lançamento de substâncias perigosas (ex. óleos, solventes e detergentes concentrados) nas redes de águas residuais ou pluviais e efetuar uma fiscalização rigorosa destas infrações.
22. Não lançar resíduos sólidos (ex. luvas, escamas, papéis) em ralos e caleiras de saneamento.
23. Sensibilizar a população para a importância da prevenção de entupimentos nos sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais.

c. Fossas sépticas (fundamentado em IRAR, 2007)

1. Definir e delimitar as zonas não servidas por redes de esgotos.
2. Criar e manter atualizado um cadastro de fossas sépticas e aferir da adequação destas ao normativo em vigor, informando os respetivos utilizadores desta aferição, em especial se se verificarem desconformidades com os regulamentos e normas em vigor. Proporcionar aos utilizadores uma listagem das medidas a adotar com vista à regularização destas situações e, quando necessário, auxiliar tecnicamente os utilizadores nesta regularização.
3. Não licenciar a instalação de fossas sépticas em zonas onde exista rede de esgotos e implementar a desativação das eventualmente existentes nessas zonas e consequente ligação das habitações à rede de esgotos.
4. Aquando da desativação das fossas sépticas, estas devem ser desconectadas, completamente esvaziadas, desinfetadas e aterradas em conformidade com as normas vigentes no município.
5. As fossas sépticas que venham a ser construídas (apenas se fora das áreas servidas por rede de esgotos) têm de ser de elevada robustez e integridade estrutural, e estanques sempre que as condições locais favorecerem esta opção; as fossas têm de ser construídas em conformidade com as normas técnicas e dimensionadas em função do número de habitantes a servir.

6. As fossas sépticas devem ser compartimentadas, de modo a minimizar perturbações do fluxo e da sedimentação no compartimento de saída.
7. Devem permitir o fácil acesso a todos os compartimentos com vista à sua inspeção e limpezas periódicas e/ou em caso de falha ou rutura.
8. Devem ser equipadas com defletores à entrada e à saída para limitar turbulências, evitar perturbar a sedimentação das lamas, reduzir a ressuspensão de sólidos e evitar a saída de materiais flutuantes.
9. Os efluentes líquidos devem ser sujeitos a tratamento complementar e adequadamente dimensionado aos fluxos de saída das fossas. A solução a adotar – e que preferencialmente deverá ser indicada pelos serviços autárquicos – deve fundamentar-se nas características do solo, em particular as características de percolação/infiltração e as condições topográficas do terreno de implantação. Deve também ter em consideração a proximidade às ribeiras e Lagoa e os tempos de percurso na área da sua implantação. A solução adotada deverá minimizar a contaminação do meio hídrico subterrâneo.
10. Deverão ser definidas e disponibilizadas normas de conceção e dimensionamento das fossas sépticas e as melhores soluções a implementar, nomeadamente projetos-tipo mais adequados para cada caso e/ou localização da fossa face à possibilidade de poder contribuir para a contaminação do meio hídrico. Nas zonas de vizinhança imediata da Lagoa as fossas deverão ser estritamente impermeáveis e com sistemas de tratamento de efluentes líquidos especialmente eficazes (eventualmente deverá equacionar-se o seu transporte para ETAR).
11. As fossas sépticas deverão ser localizadas respeitando as distâncias mínimas de segurança às áreas habitadas, perímetros de proteção de captações, risco de contaminação do aquífero e das ribeiras e Lagoa. Estas distâncias deverão considerar os tempos de percurso e a capacidade de depuração do meio subterrâneo (preferencialmente definido por modelação matemática de transporte de poluentes).
12. Dever-se-á proceder à limpeza, remoção das lamas, e manutenção periódica das fossas sépticas, assim como à recolha e transporte para destino adequado das lamas produzidas.
13. As lamas devem ser retiradas das fossas sempre que o seu nível estiver a menos de 30 cm da parte inferior do septo junto da saída da fossa. Para cada tipo e dimensão de fossa existente deverá ser fornecido aos utilizadores a indicação da periodicidade de remoção e recolha das lamas.

d. Transporte e destino das lamas das fossas séticas (fundamentado em IRAR, 2007)

1. Na recolha e transporte das lamas deve ser garantido o cumprimento das normas ambientais, em particular no que se refere à entrega das lamas em destino adequado.
2. O transporte deverá ser cuidadoso, de forma a evitar derrames por acidentes, e deverá ser feito em estruturas estanques e isoladas do contacto atmosférico.
3. Proibir, fiscalizar e multar eventuais práticas de lançamento das lamas diretamente no meio ambiente, em particular nas ribeiras e Lagoa, assim como na rede de drenagem pública de águas pluviais ou residuais.
4. As lamas recolhidas deverão ser entregues para tratamento numa estação de tratamento apropriada. Preferencialmente deverá implementar-se, caso não exista já, um serviço de recolha das lamas por parte da autarquia e/ou entidade gestora de resíduos.
5. No ponto de entrega das lamas deverá ser efetuada, pela respetiva entidade gestora, o controlo analítico das lamas entregues. Caso estas não respeitem o normativo estabelecido, a entidade gestora deverá dar disso pronto conhecimento aos utentes que entregaram as lamas e/ou serviços de recolha, de modo a não ocorrerem novas entregas de lamas não conformes.
6. Nos pontos de recolha das lamas não deverão ser aceites lamas com características que excedam os normativos e limiares definidos no regulamento das descargas e que possam pôr em causa tratamento dos resíduos. No caso das lamas ultrapassarem estes limiares, deverão ser encaminhadas para estações de tratamento com capacidade para as tratar e deverá de imediato atuar-se sobre a(s) fossa(s) que sejam causadoras desta não conformidade, para que as próximas lamas a serem recolhidas já respeitem estes limiares.

e. Redução dos consumos em água

1. Aplicar sistemas de poupança de consumos de água no Parque de Campismo e outras estruturas turísticas (ex.: torneiras que só funcionam perante a presença de utilizadores, temporizadores, etc.).
2. No Parque de Campismo e outras estruturas turísticas dotar os autoclismos com sistemas de descarga seletiva e ajustar os volumes de descarga de água.
3. Aplicar calendários, técnicas e mecanismos de rega que reduzam os gastos de água no regadio de zonas públicas (ex.: jardins).

4. Aplicar técnicas de limpeza dos pavimentos que implementem a eficaz poupança da água.
5. Usar águas de menor qualidade, mas em conformidade com as especificações da legislação em vigor, na limpeza e rega dos espaços públicos.
6. Otimizar os sistemas de rega em função da época do ano e das condições meteorológicas e privilegiar a rega automática.
7. Racionalizar o uso de água na lavagem de pavimentos, equipamentos e veículos.
8. Instalar dispositivos de redução do fluxo de água para otimizar consumos e prevenir o desgaste de equipamentos.
9. Utilizar equipamentos mais eficientes no que concerne ao consumo de água.
10. Fiscalizar periodicamente e de forma rigorosa as captações e redes de abastecimento de água com vista à deteção de fugas de água e ruturas nos equipamentos e proceder à eficaz e imediata reparação das ruturas e fugas detetadas. Esta fiscalização/monitorização deverá ainda ser feita sempre que se realizem obras de remodelação, novas construções, recuperações e restauros de infraestruturas que possam de algum modo afetar a rede de drenagem pluvial e/ou a rede de abastecimento de água.
11. Assegurar a manutenção preventiva dos equipamentos (ex.: tubagens e dispositivos de abastecimento de água).
12. Realizar periodicamente intervenções nos sistemas de drenagem pluvial (limpezas e desobstruções) de modo a evitar entupimentos, inundações e odores desagradáveis.
13. Sensibilizar e divulgar à população medidas simples de poupança de água como por exemplo:
 - a. Utilizar as máquinas de lavar (loija e roupa) na sua capacidade total.
 - b. Fechar completamente torneiras após utilização.
 - c. Otimizar o uso da água na limpeza de espaços públicos e privados, lavagem de alimentos, preparação de refeições.
 - d. Reduzir ao máximo as regas de jardins e hortas privados, fazendo uso das condições atmosféricas e promovendo a instalação de sistemas de armazenamento de água das chuvas para posteriores efeitos de rega.

4.4.3 Áreas prioritárias de aplicação das medidas

Além da identificação das medidas que podem ser aplicadas por fonte poluente, tipo de poluente e tipo de meio hídrico, é necessário definir as áreas prioritárias de atuação com vista a recuperar a Lagoa a ribeira ao estado Bom antes de 2027 e com a alocação mais otimizada possível dos recursos para esta recuperação. Sendo que a poluição da Lagoa chega a esta massa de água por via superficial e por via subterrânea, e que os dois meios têm dinâmicas distintas, as áreas prioritárias de intervenção foram definidas independentemente para o meio hídrico superficial e para o meio hídrico subterrâneo. Com vista a definir estas áreas foi criada uma **metodologia de definição de áreas prioritárias de atuação**, que abaixo se apresenta. Esta metodologia, que se encontra atualmente em aperfeiçoamento e alargamento do seu campo de aplicação, foi criada durante o projeto PROWATERMAN (cf. Novo et al., 2013) com vista a ser aplicada ao mais vasto número possível de situações, as quais podem ser agrupadas em: (a) recuperação de massas de água superficiais, (b) recuperação de massas de água subterrânea, (c) recuperação de massas de água superficial e/ou subterrânea em ligação hidráulica entre si. O caso de Melides inclui-se no último grupo de situações. As situações específicas que podem ser abordadas por esta metodologia são:

- Recuperação de massas de água superficial sofrendo descargas poluentes de origem exclusivamente superficial.
- Recuperação de massas de água subterrânea sofrendo descargas de poluentes diretamente sobre a sua superfície (sem contribuições a partir de massas de água superficial).
- Recuperação de massas de água superficiais sofrendo descargas poluentes de origem superficial + descargas poluentes providas do meio subterrâneo. O presente caso de estudo (bacia hidrográfica de Melides) inclui-se nesta categoria.
- Aquíferos em ligação hidráulica por via apenas de descargas subterrâneas (ex.: aquíferos superiores com drenância para aquíferos inferiores ou o caso inverso, como seja o devido a inversão dos potenciais hidráulicos por sobre-exploração do aquífero superior).
- Aquíferos em ligação hidráulica através de massas de água superficiais (ex.: aquíferos que descarregam em ribeiras, as quais por sua vez se infiltram a jusante noutros aquíferos como é por exemplo o caso dos aquíferos Querença-Silves e Albufeira-Ribeira de Quarteira; cf. Monteiro et al., 2007).

- Aquífero que recebe contribuições externas à sua área providas não de outros aquíferos mas de regiões dominadas por escoamento superficial. Nestes casos o escoamento superficial direto vindo de montante infiltra-se total ou parcialmente quando atinge os aquíferos em questão (ex.: zonas de cabeceiras das ribeiras algarvias que descem da Serra para o aquífero Querença-Silves).

A metodologia está dividida em duas componentes independentes de prioridade de áreas de intervenção: (1) **Componente superficial**; (2) **Componente subterrânea**.

No caso da massa de água a recuperar ser superficial e não possuir quaisquer ligações hidráulicas com o meio subterrâneo, aplica-se exclusivamente a componente superficial. No caso em que a massa de água a recuperar é subterrânea sem ligações hidráulicas significativas com o meio hídrico superficial aplica-se exclusivamente a componente subterrânea. No caso em que existe ligação hidráulica entre o meio hídrico superficial e o meio hídrico subterrâneo ambas as componentes da metodologia devem ser usadas, de modo a definir as áreas de intervenção sobre o meio hídrico superficial e as áreas de intervenção sobre o meio subterrâneo com vista à recuperação da massa de água em causa.

Cada uma das componentes tem associado um índice de prioridade de intervenção independente:

- (A) **Índice de prioridade de intervenção para a componente superficial** – classifica as áreas envolventes da massa de água superficial a recuperar em distintos graus de prioridade para intervenção.
- (B) **Índice de prioridade de intervenção para a componente subterrânea** – classifica as áreas sitas acima e na envolvente imediata dos limites do aquífero a intervir em distintos graus de prioridade para intervenção. As áreas limítrofes do aquífero são consideradas apenas quando este recebe contribuições externas à sua área de extensão (ex.: via descargas de ribeiras que transportam poluentes de montante).

Em adição às áreas de intervenção prioritária definidas por esta nova metodologia, entra-se ainda em consideração com o facto de que a tipologia das medidas define também as respetivas áreas de aplicação. Assim:

- **Código de boas práticas** – é aplicado a toda a área da bacia, independentemente do estado do meio hídrico em cada local. Esta é uma medida que se destina a evitar futuros problemas na gestão dos recursos hídricos (qualidade, quantidade e ecológico) e a minorar os atualmente existentes.

- **Medidas de prevenção** – aplicáveis a toda a área da bacia mas com especial destaque nas áreas definidas como de áreas prioritárias de intervenção (seja para as águas superficiais ou subterrâneas), e nas proximidades imediatas das massas de água superficiais, assim como nas zonas de/e fontes poluentes com longos tempos de percurso e caso se esteja em presença de poluentes conservativos (ex.: fontes cuja carga demora mais de 70 anos a atingir a Lagoa). Dentro das medidas de prevenção existe um conjunto designado como “Medidas de Contenção de Escorrências Superficiais” que é aplicado às fontes poluentes na proximidade imediata das massas de água superficiais (campos agrícolas e suiniculturas).
- **Medidas de intervenção** – aplicáveis às áreas definidas como de intervenção prioritária e/ou fontes poluentes de muito elevada carga. Dentro das medidas de intervenção existe um conjunto designado por “Medidas de Contenção da Chegada de Poluentes ao Meio Hídrico Superficial (Medidas de Contenção)” que se aplica nas zonas de/e fontes poluentes cuja carga poluente demora entre mais de 15 a 70 anos a atingir a Lagoa.

Por seu lado o tipo de fonte poluente determina que meios são afetados, e deste modo se esta fonte deverá ser priorizada no meio superficial ou no meio subterrâneo. Esta afetação é a seguinte:

- **ETARs** – intervenção com vista ao controlo da poluição do meio hídrico superficial (ribeiras). Note-se que segundo Freitas et al. (2008) a contaminação a jusante da ETAR é marcada por coliformes totais acima dos VMR para águas de rega, indicando contaminação efetiva por esta fonte neste parâmetro, contaminação essa também verificada na monitorização efetuada no presente estudo.
- **Arrozais** – intervenção com vista ao controlo da poluição dos meios hídricos superficiais e subterrâneos.
- **Campos agrícolas** – intervenção com vista ao controlo da poluição do meio hídrico subterrâneo e, subsidiariamente, das escorrências para as linhas de água.
- **Pecuárias** – intervenção com vista ao controlo da poluição do meio hídrico subterrâneo e, subsidiariamente, das escorrências para as linhas de água.
- **Sucatas, bombas de gasolina, oficinas** – intervenção com vista ao controlo da poluição do meio hídrico subterrâneo e, subsidiariamente, das escorrências para as linhas de água.
- **Fossas** – intervenção com vista ao controlo da poluição do meio hídrico subterrâneo.

4.4.3.1 Áreas prioritárias de intervenção no meio hídrico superficial

As áreas prioritárias de intervenção foram definidas em conformidade com os seguintes parâmetros:

- a) **Distância à massa de água** – esta distância é importante porque quanto maior a distância do foco de poluição à massa de água superficial, maior a possibilidade de atenuação das cargas poluentes, ou por retenção pela vegetação e microrelevos ou pela infiltração das águas de escorrência. Fontes que descarregam diretamente na linha de água ou Lagoa devem ser alvos prioritários de atuação. Por seu lado, zonas mais afastadas terão admissivelmente um menor impacto ou mesmo nenhum impacto pelo que a atuação será aí menos prioritária. As zonas na envolvente imediata da Lagoa, devido à descarga direta para esta, são naturalmente as mais prioritárias. Assim, a classificação deste parâmetro é apresentada no Quadro 73 e o respetivo zonamento na Figura 14. O índice é atribuído considerando a distância à massa de água superficial mais próxima (no caso da Figura 14, a faixa do buffer onde a linha de água mais próxima o atravessa).

Quadro 73 – Classes de distâncias à massa de água superficial

| Corpo hídrico | Distância à massa de água | Índice |
|----------------------------|---------------------------|--------|
| Envolvente da Lagoa | ≤ 50 m | 10 |
| | 50 – 100 m | 9 |
| | 101 – 200 m | 8 |
| | 201 – 300 m | 7 |
| | 301 – 500 m | 6 |
| | > 500 m | 4 |
| Margens das linhas de água | ≤ 50 m | 9 |
| | 50 – 100 m | 8 |
| | 101 – 200 m | 5 |
| | 201 – 300 m | 3 |
| | 301 – 500 m | 2 |
| | > 500 m | 1 |

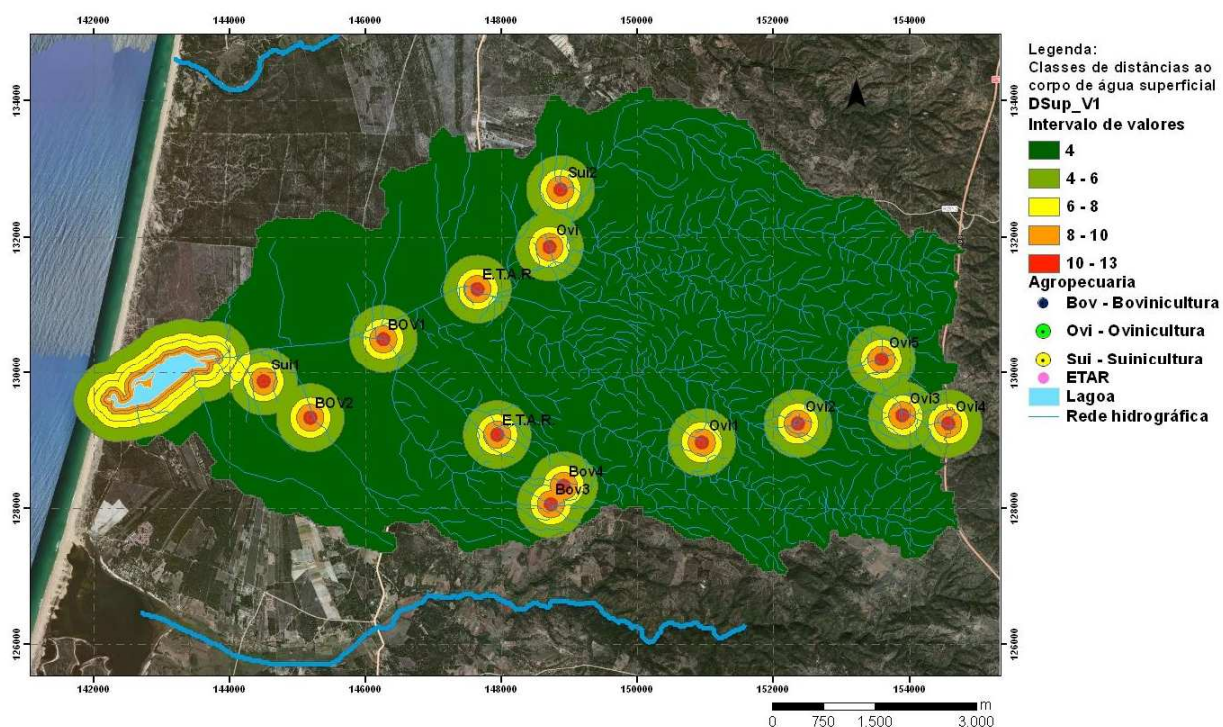


Figura 14 – Classificação do parâmetro distância à massa de água

b) **Distribuição espacial das fontes poluentes** – serão prioritárias as áreas onde se encontre o maior número de fontes poluentes, e/ou as fontes com maior carga e/ou maior perigosidade (Quadro 74). A aplicação deste índice exige a contagem das fontes poluentes por área (preferencialmente sub-bacias de dimensão relevante para um correto zonamento da bacia hidrográfica quanto à distribuição destas fontes), e a identificação das fontes com maior perigosidade do poluente e as que são predominantes. Se predominam as fontes associadas a pesticidas dá-se o índice máximo dentro de cada classe “n.º de fontes poluentes”, se predominarem as associadas a fertilizantes, o índice seguinte e se predominarem as associadas a poluentes de baixo impacto dá-se o índice mínimo. O zonamento relativo a este parâmetro é apresentado na Figura 15.

Quadro 74 – Classes de distribuição espacial das fontes poluentes

| N.º de fontes poluentes | Perigosidade do poluente | Índice |
|-------------------------|--|--------|
| Mais de 10 fontes | Pesticidas e metais pesados + fertilizantes | 10 |
| | Fertilizantes (NO ₃ , P ₂ O ₅) e/ou coliformes | 9 |
| | Poluentes de baixo impacto no ecossistema | 8 |
| Entre 5 a 10 fontes | Pesticidas e metais pesados + fertilizantes | 7 |
| | Fertilizantes (NO ₃ , P ₂ O ₅) e/ou coliformes | 6 |
| | Poluentes de baixo impacto no ecossistema | 5 |
| Menos de 5 fontes | Pesticidas e metais pesados + fertilizantes | 4 |
| | Fertilizantes (NO ₃ , P ₂ O ₅) e/ou coliformes | 3 |
| | Poluentes de baixo impacto no ecossistema | 2 |
| Sem fontes poluentes | Sem poluentes | 1 |

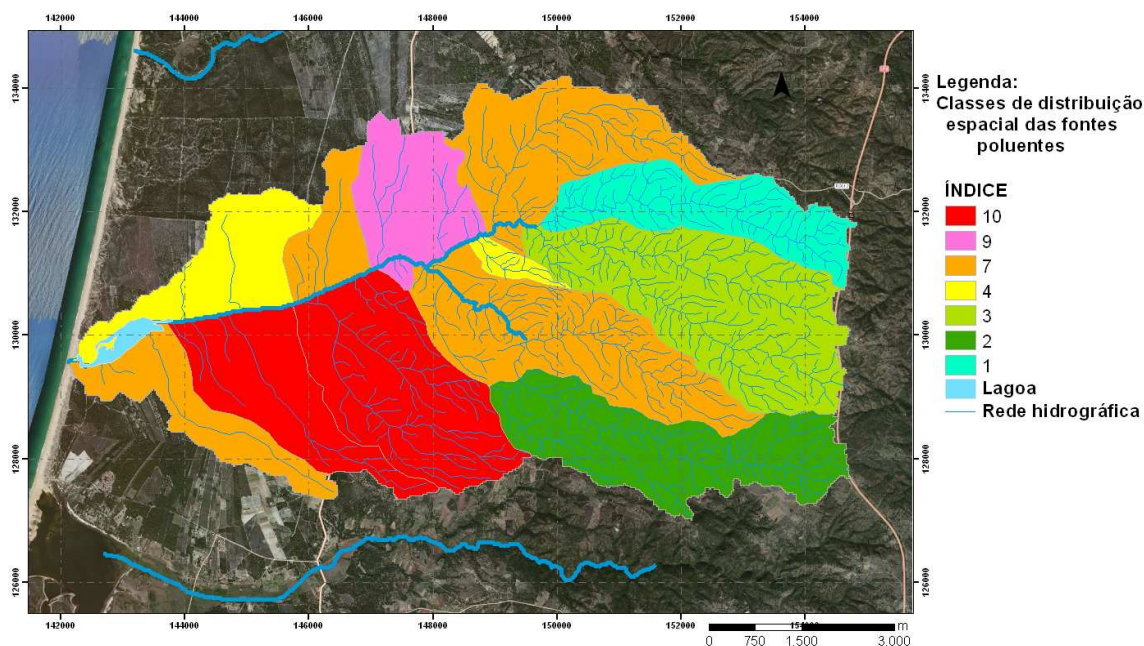


Figura 15 – Classificação do parâmetro distribuição espacial das fontes de poluição

- c) **Cargas poluentes** – serão prioritárias as áreas associadas às fontes poluentes com maior carga poluente sejam estas agrícolas, urbanas, pecuárias ou outras. No caso da agricultura são consideradas cargas poluentes os excedentes de aplicação, ou seja toda a quantidade de fertilizante e/ou fitossanitário aplicada em excesso às necessidades da planta, e que sejam transportados por via superficial, por intermédio de escorrências dos campos, sendo portanto um valor inferior ao da carga total disponível para entrar no meio hídrico. Dado que na sua vasta maioria, no que se refere à componente agrícola, esta carga poluente se infiltra no solo, considerou-se que as cargas poluentes dos campos agrícolas que entram diretamente no meio hídrico superficial são apenas 10% da carga total disponível. Atribuição semelhante foi realizada para as pecuárias, visto na área de estudo ser usado o espalhamento no solo como forma de rejeição dos seus efluentes. As fossas foram também consideradas como potenciais contribuidoras para a poluição superficial, de modo a poderem ser incluídas situações de mau funcionamento (ex.: extravasamentos, entupimento, subdimensionamento, sobrecargas pontuais no volume de efluentes, etc.); estes casos representarão uma fração mínima da carga poluente total disponível para entrar no meio hídrico, pois a quase totalidade desta carga entrará no meio subterrâneo, pelo que se considerou como carga poluente por fossa o equivalente a 5% da sua carga total. No Quadro 75 é apresentada a classificação para os nitratos, sendo os limiares das classes diferentes consoante o tipo de poluente. No caso em que mais de uma fonte poluente partilhe uma mesma área de influência ou parte de uma mesma área de influência (ex.: campo agrícola + área de

espalhamento de efluentes de pecuária) somam-se os índices das fontes que fazem essa partilha; nestes casos o somatório define o índice relativo à área partilhada. O zonamento obtido para a área de estudo apresenta-se na Figura 16.

Quadro 75 – Classes de distribuição das cargas poluentes

| Tipo de fonte poluente | Carga poluente | Índice |
|------------------------|----------------|--------|
| Agrícola | > 500 kg N | 8 |
| | 200 – 500 kg N | 7 |
| | 100 – 200 kg N | 6 |
| | 70 – 100 kg N | 5 |
| | 40 – 70 kg N | 4 |
| | 20 – 40 kg N | 3 |
| | 10 – 20 kg N | 2 |
| | < 10 kg N | 1 |
| Pecuária | > 700 kg N | 8 |
| | 600 – 700 kg N | 7 |
| | 500 – 600 kg N | 6 |
| | 400 – 500 kg N | 5 |
| | 300 – 400 kg N | 4 |
| | 200 – 300 kg N | 3 |
| | 100 – 200 kg N | 2 |
| | < 100 kg N | 1 |
| Urbana | > 500 kg N | 8 |
| | 200 – 500 kg N | 7 |
| | 100 – 200 kg N | 6 |
| | 50 – 100 kg N | 4 |
| | 20 – 50 kg N | 3 |
| | < 20 kg N | 1 |

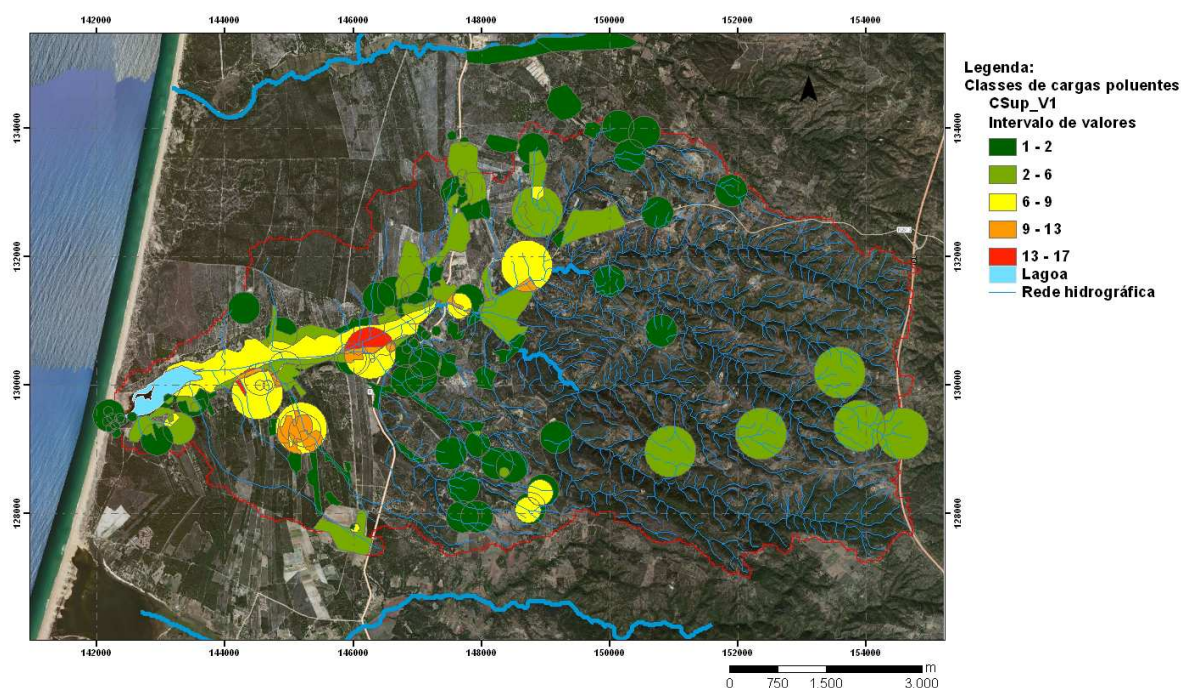


Figura 16 – Classificação do parâmetro cargas poluentes

d) **Zonas de descarga para o meio superficial** – todas as zonas de descarga de campos agrícolas, com especial destaque para os arrozais, e de estruturas de tratamento e/ou armazenamento de resíduos (ETARs, tanques de retenção de escorrências de pecuárias, etc.) serão, à partida, prioritárias, classificando-se como mais prioritárias as zonas de descarga associadas a fontes com grande carga poluente. São também de prioridade elevada as bombas de gasolina, oficinas auto e sucatas pois as suas cargas poluentes (embora se sem nitratos em quantidade significativa) incluem substâncias prioritárias. Algumas ressalvas devem ser realizadas quanto aos tempos de percurso. No caso de estudo os poluentes que atingem as linhas de água alcançam a Lagoa, a partir do seu ponto de descarga, em menos de 12 horas (o tempo de concentração da bacia de Melides é de 7 horas). Porém como se pretende estender a aplicação desta metodologia à generalidade das bacias hidrográficas de pequena dimensão atribuiu-se aos poluentes descarregados na rede hidrográfica por via superficial, a classe de tempos de percurso < 1 ano. Em bacias de maior dimensão este valor poderá não ser válido, devendo-se nessa altura avaliar quais os valores que deverão ser considerados, podendo ser mesmo necessário criar mais do que uma classe. Na atribuição deste parâmetro consideraram-se ainda as descargas de origem subterrânea, dado que estas têm o potencial de transferir carga poluente do aquífero para o meio hídrico superficial. Os tempos de percurso superiores a 1 ano estão associados a fontes poluentes de origem subterrânea cujos poluentes acabam por atingir o meio superficial em pontos de descarga sitos na Lagoa e ao longo da ribeira; os tempos de percurso inferiores a 1 ano associados a descargas subterrâneas relacionam-se com fontes poluentes sitas na proximidade imediata da Lagoa e/ou ribeira de Melides. Em princípio, quanto maior o tempo de percurso menor será o índice, pois maior deverá ser a atenuação do poluente no meio subterrâneo, antes de alcançar a zona de descarga; a exceção faz-se para as zonas associadas a tempos de percurso compreendidos entre 15 e 70 anos, a que se atribuiu um índice relativamente elevado. Tal deve-se a que qualquer intervenção de controlo da poluição na fonte não terá resultados senão depois de 2027 (se o poluente for conservativo), pelo que é mais prioritário atuar nas zonas de descarga. As classes deste parâmetro apresentam-se no Quadro 76 e o seu zonamento para a área de estudo é apresentado na Figura 17. Tal como para o parâmetro anterior, quando uma área é partilhada por mais de uma fonte poluente o seu índice corresponde ao somatório dos índices individuais por fonte poluente sita nessa área.

Quadro 76 – Classes de zonas de descarga para o meio superficial

| Tipos de zonas de descarga | Tempos de percurso / Localização da fonte | | Carga poluente | Índice |
|---|---|---|----------------|--------|
| Zonas de descarga de escorrências para o meio hídrico superficial | < 1 ano | Margens de massas lagunares (ex.: Lagoa de Melides) | > 40 kg N | 10 |
| | | | 20 – 40 kg N | 9 |
| | | | < 20 kg N | 8 |
| | | Troços de jusante de linhas de água (ex.: sector a jusante da ponte Melides) | > 40 kg N | 9 |
| | | | 20 – 40 kg N | 8 |
| | | | < 20 kg N | 7 |
| | | Troços intermédios das linhas de água (ex.: sector entre ponte e Melides) | > 40 kg N | 8 |
| | | | 20 – 40 kg N | 7 |
| | | | < 20 kg N | 6 |
| | | Troços de montante das linhas de água (ex.: sector a montante Melides até aos xistos) | > 40 kg N | 5 |
| | | | 20 – 40 kg N | 4 |
| | | | < 20 kg N | 3 |
| Zonas de cabeceira das linhas de água (zona dos xistos) | > 40 kg N | 4 | | |
| | 20 – 40 kg N | 3 | | |
| | < 20 kg N | 2 | | |
| Zonas de descarga do meio hídrico subterrâneo para o meio hídrico superficial | < 1 ano | | > 500 kg N | 10 |
| | | | 100 – 500 kg N | 9 |
| | | | 50 – 100 kg N | 8 |
| | | | 20 – 50 kg N | 7 |
| | 1 – 3 anos | | < 20 kg N | 6 |
| | | | > 300 kg N | 9 |
| | | | 100 – 300 kg N | 8 |
| | | | 50 – 100 kg N | 7 |
| | 3 – 15 anos | | 20 – 50 kg N | 6 |
| | | | < 20 kg N | 5 |
| | | | > 500 kg N | 8 |
| | | | 100 – 500 kg N | 7 |
| | 15 – 25 anos | | 50 – 100 kg N | 6 |
| | | | 20 – 50 kg N | 5 |
| | | | < 50 kg N | 4 |
| | | | > 500 kg N | 8 |
| 25 – 70 anos | | 200 – 500 kg N | 7 | |
| | | 150 – 200 kg N | 6 | |
| | | 50 – 150 kg N | 5 | |
| | | < 50 kg N | 4 | |
| > 70 anos | | > 500 kg N | 7 | |
| | | 200 – 500 kg N | 6 | |
| | | 150 – 200 kg N | 5 | |
| | | 50 – 150 kg N | 4 | |
| Zonas de não descarga | Não se aplica | < 50 kg N | 3 | |
| | | Qualquer carga | 2 | |
| | | 0 | 1 | |

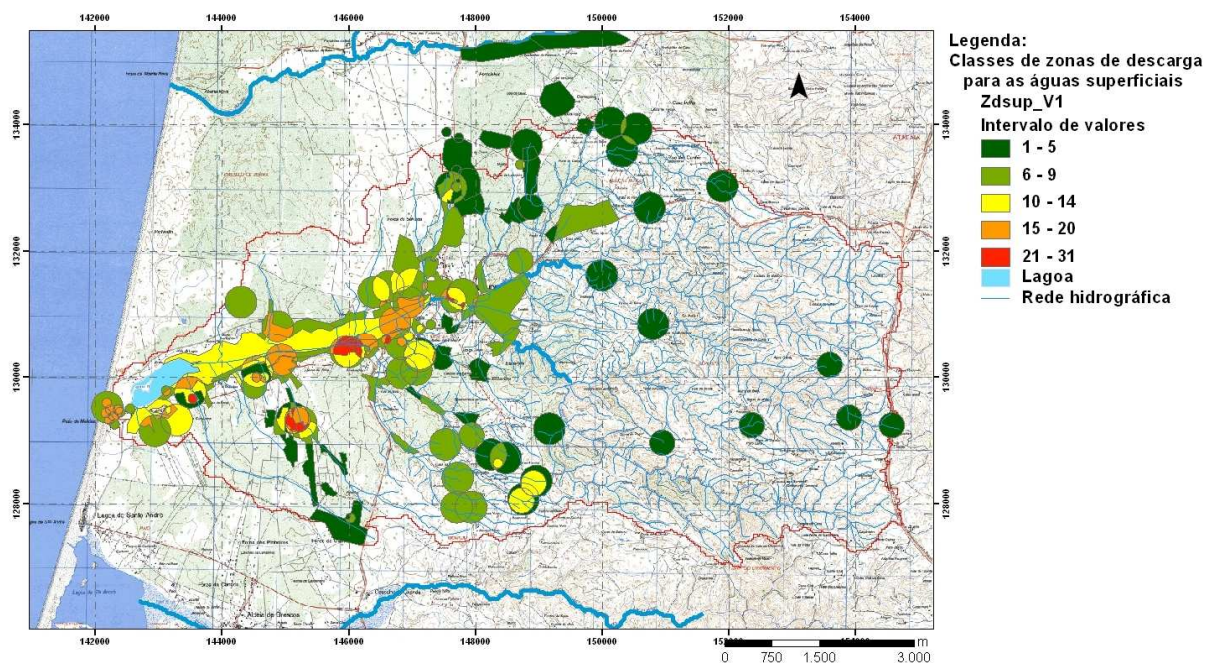


Figura 17 – Classificação do parâmetro zonas de descarga

- e) **Estado ecológico** – este parâmetro expressa as alterações nos ecossistemas induzidas pela ação antrópica. Áreas onde os ecossistemas estejam mais afetados serão indicativas de áreas a montante onde é necessário atuar para recuperar o bom estado da massa de água. Assim, é necessário conhecer que fontes poluentes descarregam a montante imediato do ponto onde o estado ecológico foi referenciado, sejam estas fontes de origem superficial ou subterrânea. A prioridade de atuação é definida pelo cruzamento da carga total poluente nos pontos de descarga com os indicadores do estado ecológico dos troços imediatamente a jusante, sendo as áreas a intervencionar o conjunto das fontes poluentes as associadas a essa carga total/zonas de descarga, iniciando-se a atuação pelas fontes com maior carga e/ou maior perigosidade. Quando não existem substâncias prioritárias toma-se em consideração as cargas de nitratos (ou de qualquer outro poluente em análise) em total entrado no meio (em kg) ou concentração no ponto de amostragem ecológica (em mg/l); quando existem substâncias prioritárias presentes, o índice a atribuir é o referenciado para as substâncias prioritárias. O estado ecológico é determinado pela metodologia e índices definidos em INAG (2009) e as fontes poluentes que descarregam a montante são definidas por: (1) localização em mapa/shapefile das fontes com descargas diretas para o meio hídrico superficial (fontes poluentes de contribuição superficial); (2) modelação matemática para o caso das fontes poluentes com contribuição subterrânea. As classes e respetivo valor deste parâmetro, no caso de se possuírem indicadores de macroinvertebrados, apresentam-se no Quadro 77.

Quadro 77 – Classes do parâmetro estado ecológico

| Estado Ecológico | Carga poluente total | | Índice | |
|------------------------------|--------------------------|--|-----------------|-----------------------|
| Mau | Substâncias prioritárias | Acima da norma de qualidade ambiental | 10 | |
| | | Abaixo da norma de qualidade ambiental | 8 | |
| | Nitratos | > 500 kg N ou > 80 mg/l | 9 | |
| | | 200 – 500 kg N ou 50 – 80 mg/l | 8 | |
| | | 150 – 200 kg N ou 25 – 50 mg/l | 7 | |
| | | 50 – 150 kg N ou 5 – 25 mg/l | 6 | |
| < 50 kg N ou < 5 mg/l | 5 | | | |
| Medíocre | Substâncias prioritárias | Acima da norma de qualidade ambiental | 9 | |
| | | Abaixo da norma de qualidade ambiental | 7 | |
| | Nitratos | > 500 kg N | ou 50 – 80 mg/l | 8 |
| | | 200 – 500 kg N | | |
| | | 150 – 200 kg N ou 25 – 50 mg/l | 7 | |
| | | 50 – 150 kg N ou 5 – 25 mg/l | 6 | |
| < 50 kg N ou < 5 mg/l | 5 | | | |
| Razoável | Substâncias prioritárias | Acima da norma de qualidade ambiental | 8 | |
| | | Abaixo da norma de qualidade ambiental | 6 | |
| | Nitratos | > 500 kg N | ou 25 – 50 mg/l | 5 |
| | | 200 – 500 kg N | | |
| | | 150 – 200 kg N | | |
| 50 – 150 kg N ou 5 – 25 mg/l | 4 | | | |
| < 50 kg N ou < 5 mg/l | 3 | | | |
| Bom | Substâncias prioritárias | Abaixo da norma de qualidade ambiental | 4 | |
| | | Nitratos | > 500 kg N | ou 5 – 25 mg/l |
| | 200 – 500 kg N | | | |
| | 150 – 200 kg N | | | |
| | 50 – 150 kg N | | | |
| | < 50 kg N | ou < 5 mg/l | 2 | |
| 50 – 150 kg N | | | | |
| Excelente | Substâncias prioritárias | Abaixo da norma de qualidade ambiental | 1 | |
| | | Nitratos | | < 50 kg N ou < 5 mg/l |

No caso da informação relativa ao estado ecológico não ser suficiente para utilizar os índices definidos por INAG para os macroinvertebrados e caso se tenham as concentrações de clorofila a, pode utilizar-se em substituição este parâmetro, usando o Rácio de Qualidade Ecológica (cf. INAG, 2009):

$$RQE = (1/\text{valor medido}) / (1/\text{valor de referência})$$

Na área de estudo este valor de referência será, ainda de acordo com INAG, de 1,6 e o valor divisor entre os estados de Excelente para Bom/Razoável de: RQE = 0,16. Assim a classificação das classes do parâmetro ecológico será (Quadro 78). No caso de não se terem dados sobre o estado ecológico ou estes serem insuficientes para a determinação dos índices de estado definidos em INAG (2009) este parâmetro não será considerado no cômputo final do índice de prioridade de atuação.

Quadro 78 – Classes do parâmetro estado ecológico (clorofila a)

| Estado ecológico | Índice |
|-----------------------------|--------|
| Mau (RQE = 0) | 10 |
| Medíocre | 8 |
| Razoável | 6 |
| Razoável a Bom (RQE = 0,16) | 4 |
| Bom | 2 |
| Excelente (RQE = 1) | 1 |

Para o caso de estudo, tendo apenas sido possível avaliar o estado ecológico nalguns troços da rede hidrográfica, não se considerou viável aplicar o parâmetro e Estado Ecológico e respetivo zonamento a toda a rede hidrográfica, nesta fase dos conhecimentos. Espera-se contudo fazê-lo em estudos futuros.

- f) **Contribuições externas** – este parâmetro considera as fontes poluentes superficiais situadas em áreas externas à zona aquífera mas que contribuem com carga poluente para o meio superficial. Estas contribuições provêm tipicamente de zonas pouco permeáveis e a contribuição poluente faz-se por descarga direta no meio hídrico superficial ou por descarga de fontes de poluição subterrânea por percolação lateral para as linhas de água (fontes poluentes subsuperficiais). Este parâmetro pretende definir quais destas áreas externas têm maior impacto sobre o meio hídrico superficial, em especial nos ambientes de receção final, e portanto que exigem maior prioridade de atuação. Quando não existem fontes poluentes externas o parâmetro adquire valor nulo. O valor do parâmetro para as diferentes classes é apresentado no Quadro 79. Na área de estudo de Melides estas contribuições externas são as fontes poluentes localizadas nos terrenos existentes da zona de montante da bacia de Melides e que correspondem na sua grande maioria a fossas e pecuárias, dado que a ocupação do solo nesta área é dominada por floresta e matos. Este parâmetro não foi aplicado à área de estudo porque não foi possível obter informação referente às cargas poluentes destas fontes.

Quadro 79 – Classes do parâmetro contribuições externas

| Distância à fonte | Concentração no ponto de descarga | Índice |
|-------------------|-----------------------------------|--------|
| < 1 km | > 80 mg/l | 10 |
| | 50 – 80 mg/l | 9 |
| | 25 – 50 mg/l | 8 |
| | 5 – 25 mg/l | 3 |
| | < 5 mg/l | 1 |
| 1 – 5 kms | > 80 mg/l | 9 |
| | 50 – 80 mg/l | 8 |
| | 25 – 50 mg/l | 7 |
| | 5 – 25 mg/l | 2 |
| | < 5 mg/l | 1 |

| Distância à fonte | Concentração no ponto de descarga | Índice |
|--------------------------|--|---------------|
| 5 – 10 kms | > 80 mg/l | 7 |
| | 50 – 80 mg/l | 6 |
| | 25 – 50 mg/l | 5 |
| | 5 – 25 mg/l | 2 |
| | < 5 mg/l | 1 |
| 10 – 30 kms | > 80 mg/l | 6 |
| | 50 – 80 mg/l | 5 |
| | 25 – 50 mg/l | 4 |
| | 5 – 25 mg/l | 2 |
| | < 5 mg/l | 1 |
| 30 – 50 kms | > 80 mg/l | 5 |
| | 50 – 80 mg/l | 4 |
| | 25 – 50 mg/l | 3 |
| | 5 – 25 mg/l | 2 |
| | < 5 mg/l | 1 |
| > 50 kms | > 80 mg/l | 3 |
| | 50 – 80 mg/l | 2 |
| | 25 – 50 mg/l | 2 |
| | 5 – 25 mg/l | 1 |
| | < 5 mg/l | 1 |

Do cruzamento ponderado dos parâmetros acima definidos obtêm-se o zonamento final das áreas prioritárias e o respetivo “Índice de Prioridade de Intervenção” (Figura 18). Este índice é assim calculado:

$$IP_{Sup} = 3 \times D_{Sup} + 2 \times Nf_{Sup} + 3 \times C_{Sup} + 1 \times Zd_{Sup} + 3 \times E_e + 2 \times CE_{Sup}$$

Onde:

IP_{Sup} = índice de prioridade de intervenção nas águas superficiais

D_{Sup} = parâmetro da distância à massa de água

Nf_{Sup} = parâmetro da distribuição espacial das fontes poluentes

C_{Sup} = parâmetro das cargas poluentes

Zd_{Sup} = parâmetro das zonas de descarga para o meio superficial

E_e = parâmetro estado ecológico

CE_{Sup} = parâmetro contribuições externas

As áreas que exigirão intervenção mais imediata (mais prioritárias) serão aquelas com índices mais elevados, sendo a classificação de prioridade de intervenção a indicada no Quadro 80. O zonamento da Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Superficial para a área de estudo de Melides apresenta-se na Figura 18.

Quadro 80 – Classificação do índice de prioridade de intervenção no meio hídrico superficial

| Valor do índice | Prioridade de intervenção |
|-----------------|----------------------------|
| > 100 | Imediata |
| 75 – 100 | Urgente |
| 55 – 75 | Moderada |
| 37 – 54 | Baixa |
| 25 – 36 | Muito baixa |
| 8 – 24 | Sem necessidade de atuação |

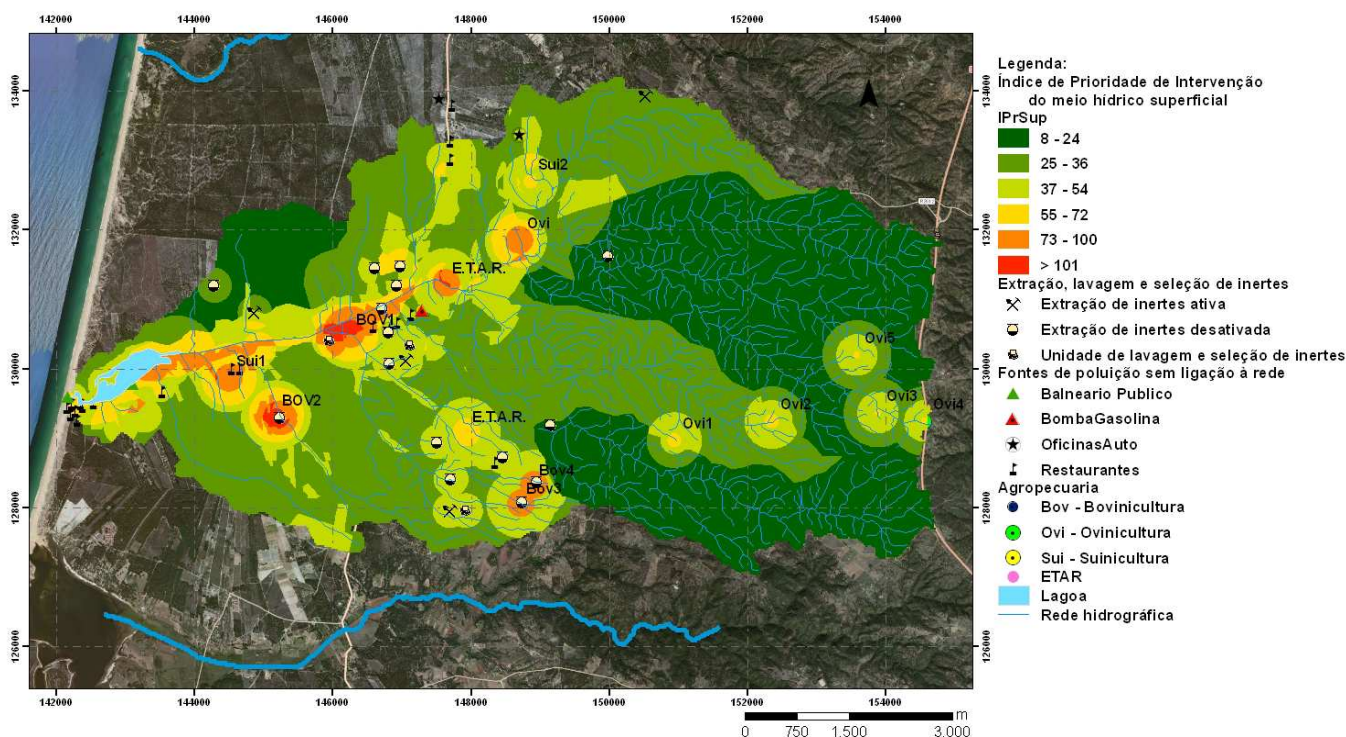


Figura 18 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Superficial

4.4.3.2 Áreas prioritárias de intervenção no meio hídrico subterrâneo

As áreas prioritárias de intervenção foram definidas em conformidade com os seguintes parâmetros:

- Profundidade ao nível de água** – este parâmetro representa a distância da fonte poluente à massa de água, isto é o aquífero (e que no caso de estudo é o aquífero freático), em similitude com o que foi considerado para a componente superficial desta metodologia. As zonas onde a massa poluente chega menos atenuada ao meio hídrico subterrâneo correspondem àquelas cujo nível piezométrico é mais

superficial, sendo portanto as de maior prioridade de atuação. Considerando o intervalo de profundidades do nível de água na área de estudo, a classificação das profundidades é apresentada no Quadro 81, adaptada do parâmetro Profundidade ao Nível de Água da metodologia DRASTIC de Aller et al. (1977), sendo o zonamento obtido o apresentado na Figura 19.

Quadro 81 – Classes de profundidades

| Profundidade ao nível de água | Índice |
|-------------------------------|--------|
| < 1,5 m | 10 |
| 1,5 – 4,5 m | 9 |
| 4,5 – 9,0 m | 7 |
| 9,0 – 15,0 m | 5 |
| 15,0 – 23,0 m | 3 |
| 23,0 – 30,0 m | 2 |
| > 30 m | 1 |

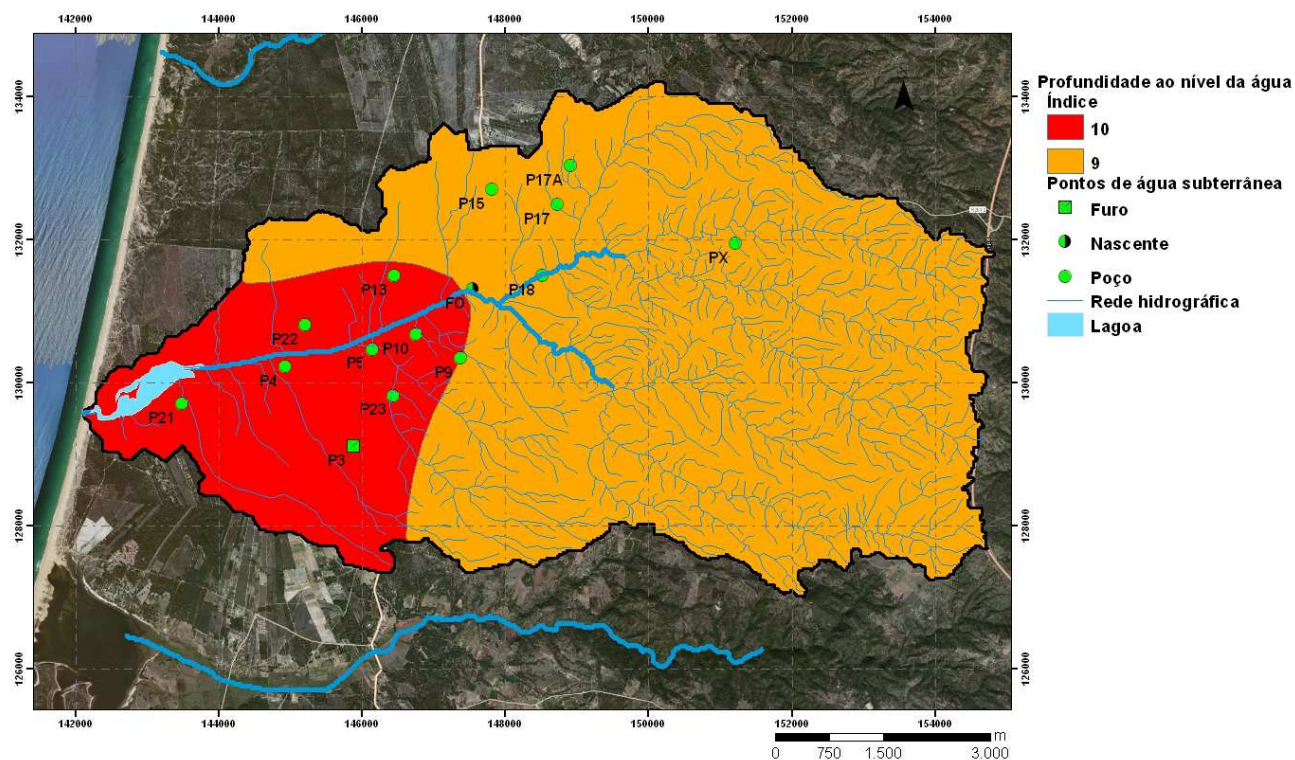


Figura 19 – Classificação do parâmetro profundidade ao nível de água

- b) **Distribuição espacial das fontes poluentes** – serão prioritárias as áreas onde se encontra o maior número de fontes poluentes, e/ou as fontes com maior carga e/ou maior perigosidade (Quadro 82). No caso de estudo essa região é a margem sul da ribeira de Melides e Lagoa, e em particular a zona dos arrozais e sua envolvente imediata, a bordadura da Lagoa, a região da Caveira e o vale da ribeira de Moinho do Vau, como se pode verificar da Figura 20. Note-se que no caso presente, com a

exceção das duas ETAR, todas as demais fontes subterrâneas foram consideradas como possuindo pequenas descargas superficiais por efeito de escorrências (ou no caso das fossas de eventuais extravasamentos das estruturas), pelo que o seu número por área é sensivelmente semelhante ao das fontes de descarga superficial.

Quadro 82 – Classes de distribuição espacial das fontes poluentes

| N.º de fontes poluentes | Perigosidade do poluente | Índice |
|-------------------------|--|--------|
| Mais de 10 fontes | Pesticidas e metais pesados + fertilizantes | 10 |
| | Fertilizantes (NO ₃ , P ₂ O ₅) e/ou coliformes | 9 |
| | Poluentes de baixo impacto no ecossistema | 8 |
| Entre 5 a 10 fontes | Pesticidas e metais pesados + fertilizantes | 7 |
| | Fertilizantes (NO ₃ , P ₂ O ₅) e/ou coliformes | 6 |
| | Poluentes de baixo impacto no ecossistema | 5 |
| Menos de 5 fontes | Pesticidas e metais pesados + fertilizantes | 4 |
| | Fertilizantes (NO ₃ , P ₂ O ₅) e/ou coliformes | 3 |
| | Poluentes de baixo impacto no ecossistema | 2 |
| Sem fontes poluentes | Sem poluentes | 1 |

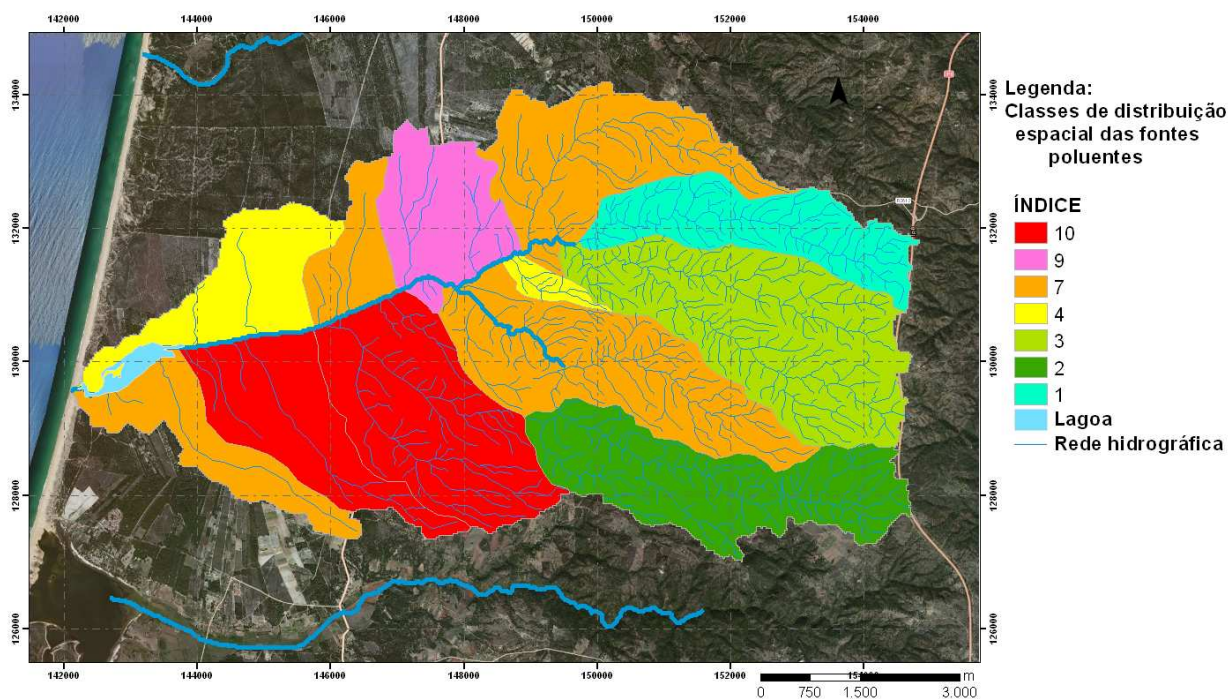


Figura 20 – Classificação do parâmetro distribuição das cargas poluentes

- c) **Cargas poluentes** – serão prioritárias as áreas com fontes poluentes de maior carga poluente por unidade de área (fontes agrícolas) ou por instalação (pecuárias, fossas). No caso da agricultura são consideradas cargas poluentes os excedentes de aplicação, ou seja toda a quantidade de fertilizante e/ou fitossanitário aplicada em excesso às necessidades da planta. No Quadro 83 é apresentada a classificação para os nitratos, sendo que os limiares das classes serão diferentes consoante o tipo de poluente. No caso em que mais de uma fonte poluente partilhe uma mesma área

de influência (ex.: campo agrícola + área de espalhamento de efluentes de pecuária), ou parte de uma mesma área de influência somam-se os índices das fontes que fazem essa partilha, sendo o somatório o índice relativo à área partilhada. O zonamento obtido para a área de estudo apresenta-se na Figura 21.

Quadro 83 – Classes das cargas poluentes

| Tipo de fonte poluente | Carga poluente | Índice |
|------------------------|-----------------|--------|
| Agricultura | > 500 kg N | 8 |
| | 200 – 500 kg N | 7 |
| | 100 – 200 kg N | 6 |
| | 70 – 100 kg N | 5 |
| | 40 – 70 kg N | 4 |
| | 20 – 40 kg N | 3 |
| | 10 – 20 kg N | 2 |
| | < 10 kg N | 1 |
| Pecuária | > 700 kg N | 8 |
| | 600 – 700 kg N | 7 |
| | 500 – 600 kg N | 6 |
| | 400 – 500 kg N | 5 |
| | 300 – 400 kg N | 4 |
| | 200 – 300 kg N | 3 |
| | 100 – 200 kg N | 2 |
| | < 100 kg N | 1 |
| Urbana | > 1000 kg N | 8 |
| | 500 – 1000 kg N | 7 |
| | 100 – 500 kg N | 6 |
| | 80 – 100 kg N | 5 |
| | 60 – 80 kg N | 4 |
| | 40 – 60 kg N | 3 |
| | 20 – 40 kg N | 2 |
| | < 20 kg N | 1 |

d) **Tempos de percurso** – serão prioritárias as áreas associadas às fontes poluentes cujos tempos de percurso dos respetivos poluentes até ao meio hídrico a recuperar seja o mais curto (Quadro 84). Este parâmetro reflete a “distância” do foco de poluição ao ponto de descarga no reservatório final (isto é, no presente caso de estudo o meio hídrico superficial). O zonamento obtido para a área de estudo é apresentado na Figura 22.

Quadro 84 – Classes de tempos de percurso

| Tempo de percurso | Prioridade | Valor do Índice |
|---------------------------------------|---------------|-----------------|
| < 1 ano | Máxima | 7 |
| 1 – 3 anos (horizonte temporal 2015) | Muito elevada | 6 |
| 3 – 15 anos (horizonte temporal 2027) | Elevada | 5 |
| 15 – 25 anos | Intermédia | 3 |
| 25 – 70 anos | Baixa | 2 |
| > 70 anos | Muito baixa | 1 |

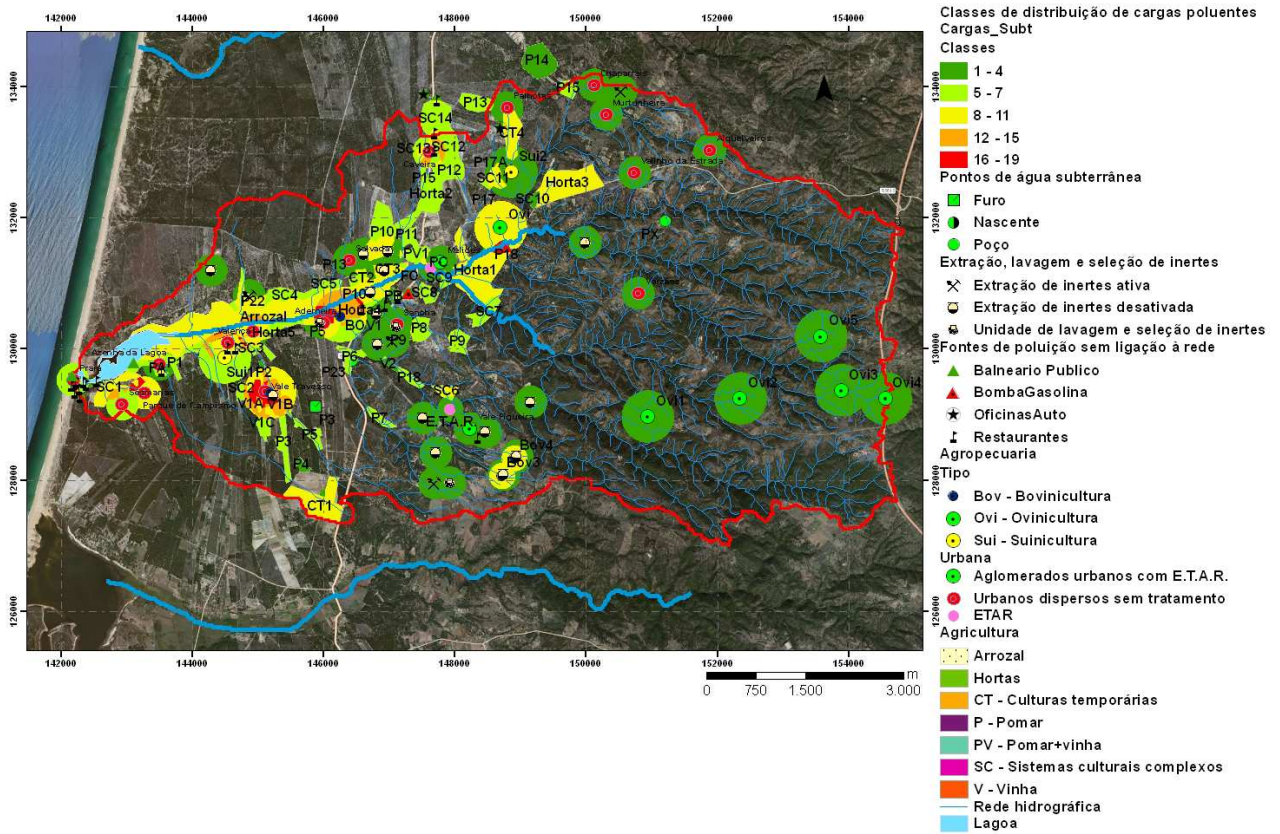


Figura 21 – Classificação do parâmetro cargas poluentes

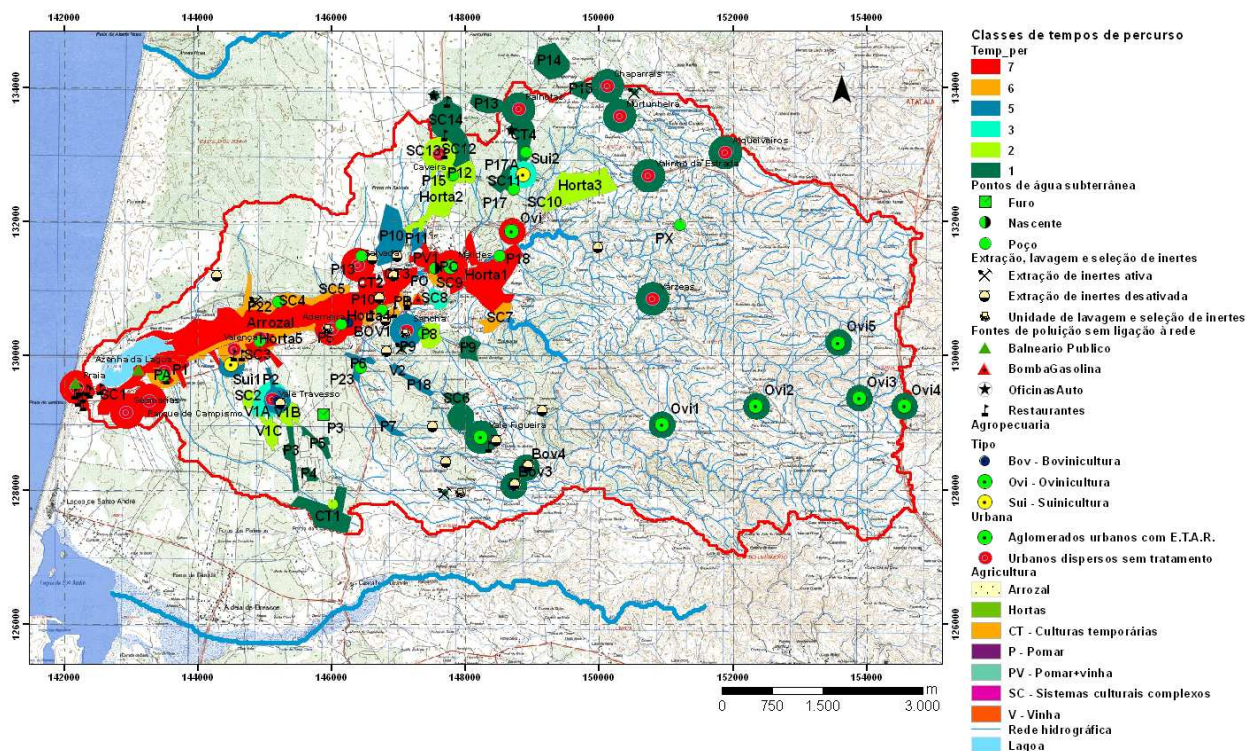


Figura 22 – Classificação do parâmetro tempos de percurso

e) **Índice de Facilidade de Infiltração** – serão prioritárias as zonas definidas como de índice de facilidade de infiltração (IFI) mais elevado, pois serão as áreas onde os poluentes poderão mais facilmente, e com reduzida atenuação, atingir o meio hídrico subterrâneo. O índice IFI foi desenvolvido por Oliveira e Lobo Ferreira (2002a, b), e define espacialmente as zonas mais favoráveis à infiltração, pela análise conjugada de 3 parâmetros, que se apresentam no Quadro 85. O parâmetro tipo do solo condiciona a maior facilidade ou dificuldade de ocorrência de infiltração superficial e está em grande parte dependente da permeabilidade do solo; a classificação dos solos em termos de permeabilidade e de facilidade de infiltração foi fundamentada na classificação hidrológica dos solos do Soil Conservation Service dos E.U.A. (cf. David, 1976), que compreende quatro tipos de solos distintos (A, B, C ou D), tendo sido aplicada às cartas de solos de Portugal do Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente (IHERA) por Oliveira *et al.* (1997). O parâmetro topografia adota o parâmetro do mesmo nome da metodologia DRASTIC de vulnerabilidade dos aquíferos à poluição, desenvolvida por Aller *et al.* (1987), sendo as respetivas classes apresentadas no Quadro 85. O parâmetro AGUT representa a quantidade máxima de água armazenável no solo e que pode ser utilizada para a evapotranspiração; em condições de não evapotranspiração o teor de água no solo corresponde à retenção específica do solo (s_r); acima deste valor é possível a ocorrência de escoamento subterrâneo por ação da gravidade e abaixo deste valor a água fica retida no solo; no caso de existir evapotranspiração, o teor de água do solo pode descer até ao ponto de emurchecimento permanente das plantas (w_p); a profundidade máxima até onde pode ocorrer evapotranspiração é a máxima atingida pelas raízes das plantas. Quanto maior o AGUT maior é a quantidade de água retida no solo (que pode ser renovada pelos processos conjuntos de evapotranspiração seguida de infiltração superficial) e menor a infiltração profunda. O parâmetro AGUT define-se por: **AGUT = $r_p \times (s_r - w_p)$** . O valor do índice IFI é obtido pelo somatório do valor de cada classe, segundo a fórmula:

$$IFI = TS + T + AGUT$$

sendo que quanto maior for o valor do índice, maior é a facilidade de infiltração. O valor máximo deste índice (30) deve aplicar-se a áreas carsificadas ou muito fissuradas. Para a área de estudo de Melides o zonamento deste índice é apresentado na Figura 23, tendo sido considerado como valor limite (valor que corresponde às áreas de máxima infiltração) de $I_{FI} \geq 27$.

Quadro 85 – Parâmetros IFI

| Parâmetro | Classe | Índice |
|-------------------|-----------|--------|
| Tipo de solo (TS) | A | 10 |
| | B | 8 |
| | C | 4 |
| | D | 1 |
| Declive (%) (T) | < 2 | 10 |
| | 2 – 6 | 9 |
| | 6 – 12 | 5 |
| | 12 – 18 | 3 |
| | > 18 | 1 |
| AGUT (mm) | < 50 | 10 |
| | 51 – 100 | 9 |
| | 101 – 150 | 8 |
| | 151 – 200 | 7 |
| | 201 – 250 | 6 |
| | 251 – 300 | 5 |
| | 301 – 350 | 4 |
| | 351 – 400 | 3 |
| | 401 – 450 | 2 |
| > 450 | 1 | |

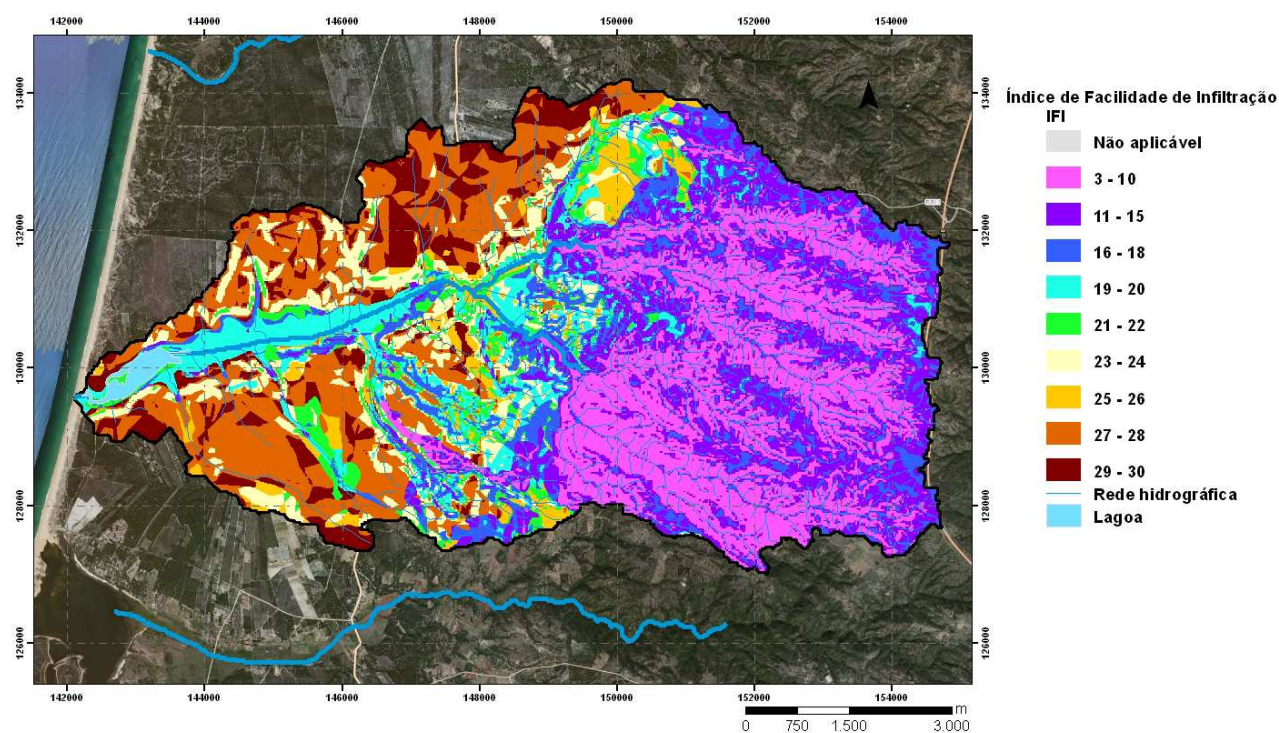


Figura 23 – Classificação do parâmetro IFI

- f) **Zonas de descarga para o meio superficial** – parâmetro que se aplica nas situações em que o(s) aquífero(s) realizam descargas para os meios hídricos superficiais (e deste modo podem transferir poluição para a superfície). Este é o caso de estudo de Melides em que, para recuperar o meio hídrico superficial, será

necessário intervir no aquífero. É um parâmetro especialmente importante no caso em que, devido aos tempos de percurso dos poluentes até às zonas de descarga, possa fazer mais sentido conter os poluentes nestas zonas de descarga e posteriormente na fonte. Assim, todas as zonas de descarga do meio subterrâneo para o superficial serão, à partida, prioritárias e do mesmo modo todas as fontes poluentes em ligação hidráulica com essas zonas de descarga. Contudo a prioridade é escalonada em função dos tempos de percurso no aquífero e das cargas poluentes das fontes poluentes associadas a cada zona de descarga; nos casos em que os tempos de percurso impedem que o sucesso da intervenção se verifique num curto prazo, a alternativa é atuar preferencialmente nas zonas de descarga do aquífero, quando tal é viável, tornando-se então estas as zonas mais prioritárias de atuação. As zonas dominantes de descarga são apresentadas no Anexo I, nas Figura 30, Figura 31, Figura 32 e Figura 33, e as células onde as cargas poluentes transitam do aquífero para o meio superficial, associadas a cada uma das respetivas fontes, apresentam-se no Quadro 93 (Anexo I). Este parâmetro foi dividido em classes em função das cargas poluentes e dos tempos de percurso, sendo os seus valores apresentados no Quadro 86. Foram atribuídos os valores mais elevados às zonas de descarga associadas a fontes com grande carga poluente e curtos tempos de percurso devido a serem zonas de elevado risco para o meio hídrico superficial; os valores mais baixos atribuíram-se às zonas de não descarga ou de descarga associadas a tempos de percurso superiores a 70 anos. Para as zonas de descarga associadas a tempos de percurso desde a fonte compreendidos entre 25 e 70 anos⁴ atribuíram-se valores intermédios, dado que nestes casos é mais favorável atuar sobre a área de descarga do que sobre a fonte para se alcançar um melhor estado do meio até 2027. A atuação nestas zonas deverá assim seguir-se imediatamente após a atuação sobre as fontes/áreas mais prioritárias, isto é, as fontes/áreas com maior carga e tempo de percurso mais curto. Para a definição deste índice considerou-se que, nas áreas de influência de mais de uma fonte poluente, o índice a atribuir seria o somatório dos índices relativos a cada fonte poluente. O zonamento deste parâmetro é apresentado na Figura 24.

⁴ O total de carga poluente associado a estas fontes corresponde a cerca de 6,7% de todas as cargas poluentes entradas no aquífero.

Quadro 86 – Classes de zonas de descarga para o meio superficial

| Tipos de zonas de descarga | Tempos de percurso | Carga poluente | Índice |
|---|--------------------|----------------|--------|
| Zonas de descarga do meio subterrâneo para ribeiras e Lagoa | < 1 ano | > 500 kg N | 10 |
| | | 100 – 500 kg N | 9 |
| | | 50 – 100 kg N | 8 |
| | | 20 – 50 kg N | 7 |
| | | < 20 kg N | 6 |
| | 1 – 3 anos | > 300 kg N | 9 |
| | | 100 – 300 kg N | 8 |
| | | 50 – 100 kg N | 7 |
| | | 20 – 50 kg N | 6 |
| | | < 20 kg N | 5 |
| Zonas de descarga do meio subterrâneo para ribeiras e Lagoa | 3 – 15 anos | > 500 kg N | 8 |
| | | 101 – 500 kg N | 7 |
| | | 51 – 100 kg N | 6 |
| | | 20 – 50 kg N | 5 |
| | | < 20 kg N | 4 |
| | 15 – 25 anos | > 500 kg N | 6 |
| | | 200 – 500 kg N | 5 |
| | | 150 – 200 kg N | 4 |
| | | 50 – 150 kg N | 3 |
| | | < 50 kg N | 2 |
| | 25 – 70 anos | > 500 kg N | 7 |
| | | 200 – 500 kg N | 6 |
| | | 150 – 200 kg N | 5 |
| | | 50 – 150 kg N | 4 |
| | | < 50 kg N | 3 |
| > 70 anos | Qualquer carga | 2 | |
| Zonas de não descarga | Não se aplica | 0 | 1 |

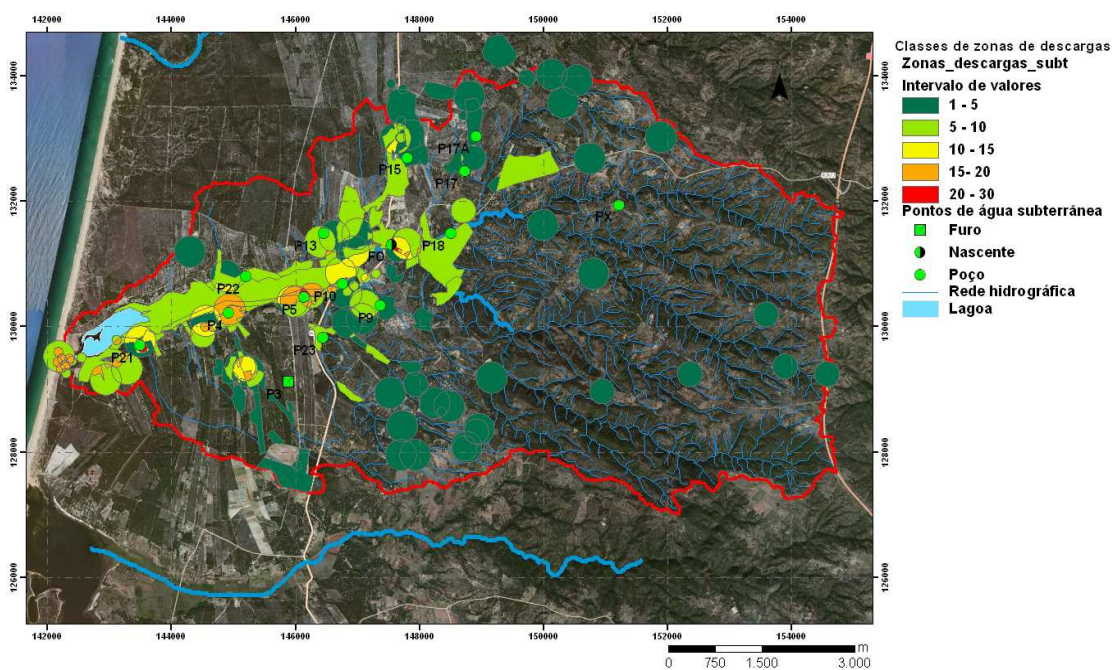


Figura 24 – Classificação do parâmetro zonas de descarga

- g) **Ligação hidráulica com outros aquíferos** (por via exclusivamente subterrânea) – esta situação refere-se às transferências de poluentes entre aquíferos, sendo que as áreas a intervencionar se localizarão preferencialmente nos aquíferos que cedem poluição. As transferências podem ocorrer (1) lateralmente entre aquíferos (ou entre zonas adjacentes dum mesmo aquífero se se estiver a considerar uma região totalmente incluída no aquífero), (2) de um aquífero sobrejacente para um inferior, (3) de um aquífero inferior para um sobrejacente (normalmente por sobreexploração do aquífero superior). Para definir a prioridade das áreas a intervencionar é necessário conhecer o impacto que estas causam no aquífero recetor e os principais fatores que controlam este impacto são apresentados no Quadro 87. Considera-se que quando o aquífero recebe carga poluente o índice é afetado dum sinal positivo e quando o aquífero cede carga poluente ou recebe contribuições de um aquífero não poluído, o índice é negativo. Quando não se verifica transferência entre aquíferos este parâmetro adquire valor nulo. O valor do índice é obtido pela fórmula:

$$Zih_{Subt} = (TP + K + C + \Delta h + M)/5$$

No caso da área de estudo considerou-se que não havia transferência significativa de poluição entre aquíferos, pelo que este parâmetro é nulo.

Quadro 87 – Classes de ligações hidráulicas entre aquíferos

| Fatores influenciadores | Classe | Índice |
|---|-----------------|--------|
| Tempo de percurso no aquífero dador (TP) | < 1 ano | 10 |
| | 1 – 3 anos | 9 |
| | 3 – 15 anos | 8 |
| | 15 – 25 anos | 5 |
| | 25 – 70 anos | 2 |
| | > 70 anos | 1 |
| Conductividade hidráulica no aquífero recetor (K) | > 81,5 m/d | 10 |
| | 40,7 – 81,5 m/d | 8 |
| | 28,5 – 40,7 m/d | 6 |
| | 12,2 – 28,5 m/d | 4 |
| | 4,1 – 12,2 m/d | 2 |
| | < 4,1 m/d | 1 |
| Carga poluente transferida (C) | > 500 kg N | 10 |
| | 101 – 500 kg N | 8 |
| | 51 – 100 kg N | 6 |
| | 20 – 50 kg N | 4 |
| | < 20 kg N | 2 |
| Diferença piezométrica entre os dois aquíferos (Δh) | > 10 m | 10 |
| | 7 – 10 m | 9 |
| | 5 – 7 m | 7 |
| | 2 – 5 m | 5 |
| | 1 – 2 m | 3 |
| | < 1 m | 1 |

| Fatores influenciadores | Classe | Índice |
|---|---|--------|
| Zona confinante entre os dois aquíferos (M) | Sedimentos grosseiros pouco cimentados | 10 |
| | Areia grossa a média | 9 |
| | Areia média | 8 |
| | Areia fina | 7 |
| | Rochas ígneas/metamórficas muito fraturadas | 5 – 6 |
| | Areia argilosa e/ou mal calibrada | 4 – 5 |
| | Silte | 3 – 4 |
| | Rochas ígneas/metamórficas pouco fraturadas | 2 – 3 |
| | Argila /xisto | 1 |

h) **Zonas de descarga do meio superficial para o meio subterrâneo** – esta situação adquire importância apenas quando a massa de água a recuperar é um aquífero e este recebe água a partir de massas de água superficial. Esta situação refere-se a:

- a. Condições em que cursos de água receberam descargas (e eventuais cargas poluentes) de aquíferos a montante e depois transferem parte desse volume descarregado para o aquífero a ser recuperado. (ex.: aquíferos Querença-Silves e Albufeira-Ribeira de Quarteira; cf. Monteiro et al., 2007);
- b. Corpos de água superficial que recebem carga poluente superficial originada a montante do aquífero (ex.: Lagoas com drenância para o aquífero e que são meio recetor de linhas de água, as quais mais a montante e em áreas externas ao aquífero receberam cargas poluentes; zonas de cabeceiras das ribeiras que descem da Serra Algarvia para o aquífero Querença-Silves).

É sempre preferível atuar sobre as fontes a montante – e assim o que deverá ser feito é aplicar esta metodologia às zonas de montante, sejam estas outro aquífero ou uma região contribuidora sobretudo por escoamento superficial direto (ex.: Serra Algarvia vs aquífero Querença-Silves) – mas por vezes tal não é praticável, restando apenas atuar nas massas de água superficiais portadoras da poluição e, secundariamente, no aquífero que está a ser afetado. Atribui-se um valor negativo ao índice se as águas que entram no aquífero são de boa qualidade e um valor positivo se estas trazem poluentes para o aquífero. Quando não existem transferências para o aquífero ou é o aquífero que descarrega para o meio superficial este parâmetro adquire valor nulo; do mesmo modo, quando não existe ligação hidráulica entre o meio hídrico superficial e o(s) aquífero(s) este índice é também nulo. Os fatores que influem na definição de quais zonas de descarga têm mais impacto sobre o aquífero, logo que deverão ser de intervenção prioritária – e preferencialmente as fontes a elas associadas – são os que se apresentam no Quadro 88. O valor do índice é determinado de acordo com a fórmula:

$$Zd_{sup/subt} = (C + M_L + K + Mzv + \Delta h)/5$$

No caso da área de estudo considerou-se que não havia transferência da rede hidrográfica e Lagoa para o aquífero mas antes o oposto, em conformidade com os resultados da modelação matemática, pelo que este parâmetro é nulo.

Quadro 88 – Classes de descargas do meio superficial para o subterrâneo

| Fatores influenciadores | Classe | Índice |
|--|--|--------|
| Carga poluente (C) | > 500 kg N | 10 |
| | 100 – 500 kg N | 8 |
| | 50 – 100 kg N | 6 |
| | 20 – 50 kg N | 4 |
| | < 20 kg N | 2 |
| Material do leito da massa de água (M _L) | Cascalheiras | 10 |
| | Areias muito grosseiras | 9 |
| | Areias grosseiras | 8 |
| | Areias médias | 7 |
| | Rocha ígnea/metamórfica muito fraturada | 6 |
| | Areias médias a finas e/ou mal calibradas | 5 |
| | Areias finas | 4 |
| | Siltes | 3 |
| | Rocha ígnea/metamórfica pouco fraturada | 2 |
| | Lodos e argilas | 1 |
| Condutividade hidráulica no aquífero (K) | > 81,5 m/d | 10 |
| | 40,7 – 81,5 m/d | 8 |
| | 28,5 – 40,7 m/d | 6 |
| | 12,2 – 28,5 m/d | 4 |
| | 4,1 – 12,2 m/d | 2 |
| | < 4,1 m/d | 1 |
| Tipo de zona vadosa (M _{zv}) | Calcário muito carsificado | 10 |
| | Areias grosseiras a muito grosseiras | 9 |
| | Areias médias | 8 |
| | Calcário medianamente carsificado e/ou fraturado | 6 – 7 |
| | Rocha ígnea/metamórfica muito fraturada | 5 – 6 |
| | Areias médias a finas e/ou mal calibradas | 4 – 5 |
| | Areias argilosas | 3 – 4 |
| | Siltes | 3 |
| | Siltes argilosos | 2 – 3 |
| | Calcário compacto e/ou pouco fraturado | 1 |
| Rocha ígnea/metamórfica pouco fraturada | 1 | |
| Profundidade ao nível de água a partir da base do leito (Δh) | < 1 m | 10 |
| | 1 – 2 m | 9 |
| | 2 – 4 m | 7 |
| | 4 – 7 m | 4 |
| | 7 – 10 m | 2 |
| | > 10 m | 1 |

Do cruzamento ponderado destes parâmetros obtêm-se o zonamento final das áreas prioritárias e o respetivo “Índice de Prioridade de Intervenção” (Figura 25). Este índice é assim calculado:

$$IPr_{Subt} = 3 \times D_{Subt} + 2 \times Nf_{Subt} + 3 \times C_{Subt} + 3 \times TP_{Subt} + 4 \times IFI + 1 \times Zd_{Subt} + 1 \times ZIh_{Subt} + 1 \times Zd_{sup/subt}$$

Onde:

IPr_{Subt} = índice de prioridade de intervenção nas águas subterrâneas

D_{Subt} = parâmetro profundidade ao nível de água

Nf_{Subt} = parâmetro distribuição espacial das fontes poluentes

C_{Subt} = parâmetro das cargas poluentes

TP_{Subt} = parâmetro tempos de percurso

IFI = índice IFI

Zd_{Subt} = parâmetro zonas de descarga para o meio hídrico superficial

ZIh_{Subt} = índice ligações hidráulicas entre aquíferos

$Zd_{sup/subt}$ = índice zonas de descarga do meio hídrico superficial para o subterrâneo

As áreas que exigirão intervenção mais imediata (mais prioritárias) serão aquelas com índices mais elevados, sendo a classificação de prioridade de intervenção a indicada no Quadro 89 e mapeada para a área de estudo na Figura 25.

Quadro 89 – Classificação do índice de prioridade de intervenção no meio hídrico subterrâneo

| Valor do índice | Prioridade de intervenção |
|-----------------|---------------------------|
| 189 – 270 | Imediata |
| 149 – 188 | Urgente |
| 112 – 148 | Moderada |
| 76 – 111 | Baixa |
| 24 – 75 | Muito baixa |

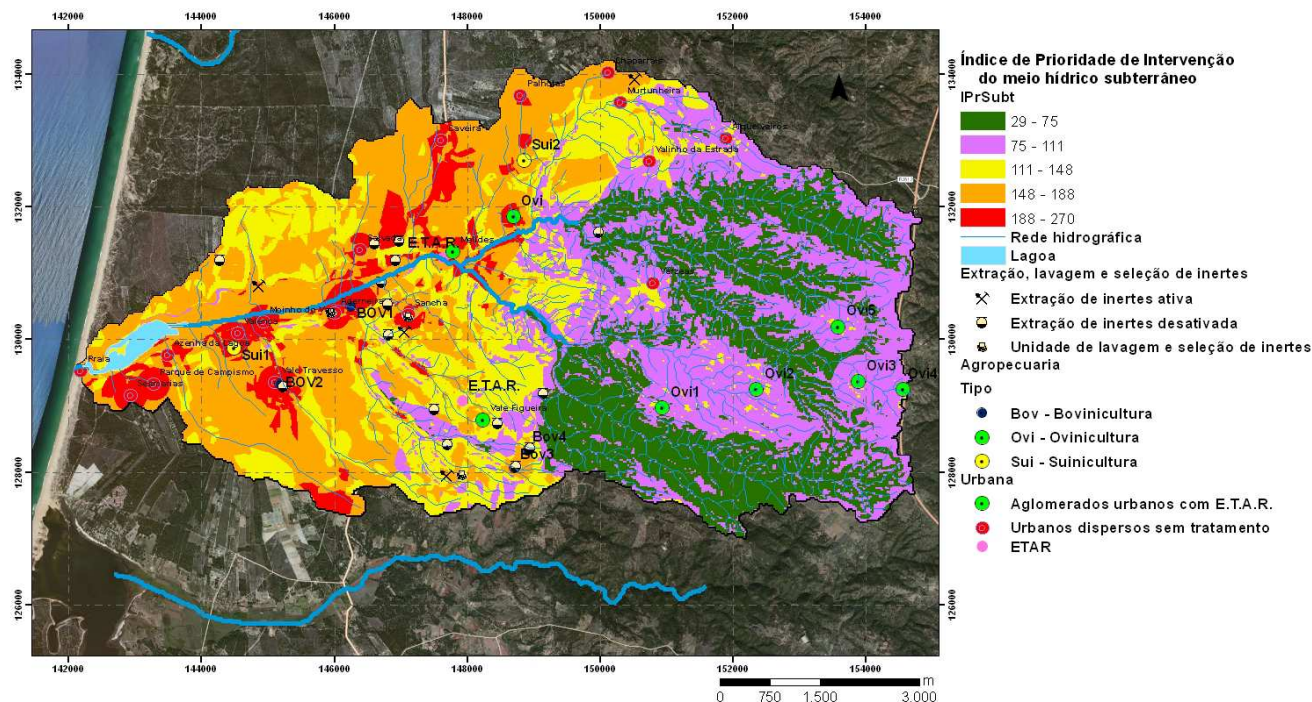


Figura 25 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Subterrâneo

Em conformidade com o zonamento dos Índices de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Superficial (Figura 18) e Subterrâneo (Figura 25) as áreas de intervenção prioritária são as seguintes: margem sul da Ribeira de Melides, núcleo de Vale Traverso e Vale Traverso-Outeiro, núcleo da Aderneira-Sancha-Palhota, margem norte da ribeira de Melides no sector de Alpendre, Carregueira e Moinho dos Ventos-Vale da Lagoa, núcleo de Melides. Nestas áreas identificaram-se as fontes poluentes para intervenção prioritária:

- **Margem sul da Lagoa e ribeira de Melides** – Arrozais, Pomar P1, fossas do Parque de Campismo e Sesmarias.
- **Núcleo de Vale Traverso e Vale Traverso-Outeiro** – Vinha V1, Pomar P2, Sistema cultural misto SC3 e SC1, fossas de Vale Traverso, Moinho do Vau e Valença, bovinicultura BOV1 e suinicultura SUI1.
- **Núcleo de Aderneira-Sancha-Palhota** – Arrozais, Pomar P10, Hortas, bovinicultura BOV2, fossas de Aderneira e Sancha.
- **Núcleo de Melides** – ETAR (essencialmente medidas de prevenção, e em particular prevenção de acidentes), Sistema cultural misto SC9.
- **Margem norte da ribeira de Melides no sector de Alpendre, Carregueira e Moinho dos Ventos-Vale da Lagoa** – Arrozais.
- **Áreas de intervenção prioritária de segunda fase: restante margem Norte da Lagoa e ribeira de Melides** – Arrozais.

No que se refere aos arrozais considera-se que numa 1ª fase se deverá atuar sobre a sua poluição com descarga para o meio hídrico superficial e posteriormente atuar sobre a poluição que entra no meio hídrico subterrâneo como resulta das Figura 18 e Figura 25.

4.4.4 Metodologia de apoio à decisão para as medidas de mitigação

Nos capítulos anteriores, foi enunciado um conjunto de medidas, devidamente detalhadas no Anexo II, para resolução dos problemas de qualidade da Lagoa e meios hídricos associados, tendo apenas em consideração a redução necessária das cargas poluentes. Estas medidas deverão ser aplicadas com prioridades variáveis nas diferentes áreas da bacia (por vezes grupos diferentes de medidas para diferentes áreas), tendo estas áreas sido delimitadas em termos de prioridade de atuação (secções 4.4.3.1 e 4.4.3.2). Contudo, além do aspeto essencial de redução das cargas poluentes, a escolha das medidas depende também de fatores socioeconómicos e ambientais que têm de ser levados em consideração. Por este motivo apresenta-se de seguida uma metodologia de apoio à decisão na escolha das medidas a aplicar, de entre as propostas nos capítulos anteriores e elencadas no Anexo II, que tem em consideração não apenas as questões que condicionam o problema mas também as que condicionam o sucesso das medidas de atuação como sejam: custos, aspetos sociais, estado ecológico dos meios hídricos a intervencionar, opções estruturais e de desenvolvimento para a região, evolução das pressões e do conseqüente estado das massas de água em cenários de mudança, etc.

Esta metodologia tem por base a abordagem DPSIR (Driving Forces-Pressures-State-Impact-Responses), pelo que na secção 4.4.4.2 é apresentada uma breve explicação do método DPSIR. Além da estrutura DPSIR subjacente, esta metodologia tem como segunda linha-guia a de que uma gestão dos recursos hídricos necessita de uma participação ativa de todos os intervenientes (técnicos, decisores, população). Na metodologia agora apresentada é desenvolvida uma matriz de decisão, constituída por temas e critérios de avaliação (critérios esses a que se atribuem fatores de ponderação) versus fatores de impacto das medidas em análise. Esta matriz de decisão constitui assim um sistema de apoio à decisão e este sistema de apoio à decisão permitirá aos decisores, conforme a ponderação de cada critério, verificar se a medida proposta é ou não válida para determinado problema sob as condições da área a intervencionar. A metodologia aqui proposta estrutura-se em quatro fases, estando esquematizadas nas Figura 26 e Figura 27 as Fases 2 e 3:

- **Fase 1: Análise do problema e suas condicionantes** – desenvolvida apenas pelos técnicos e especialistas nas áreas temáticas relativas ao(s) problema(s) a solucionar. Corresponde à caracterização da região afetada e envolvente, do(s) problema(s),

dos fatores e condicionantes deste(s) problema(s), funcionamento do meio-ecossistema afetado, ou seja à identificação das forças motrizes, pressões e estado do sistema onde decorre o problema e impactos decorrentes dessas pressões. Compreende as seguintes etapas:

- *Análise de todos os fatores que influenciam ou podem ser influenciados pela aplicação das medidas de mitigação* – no presente caso de Melides corresponde aos vários estudos desenvolvidos nesta região ao longo do projeto PROWATERMAN.
- *Identificação de medidas de mitigação com vista a alcançar os objetivos qualitativos e quantitativos desejados* – no caso de Melides corresponde à análise desenvolvida no presente relatório, sendo as medidas identificadas as enunciadas no Anexo II.
- **Fase 2: Desenvolvimento da matriz de decisão** – desenvolvida apenas pelos técnicos e especialistas nas temáticas abordadas no projeto. Os resultados dos estudos da Fase 1 são incorporados na estrutura desta matriz de decisão, a qual será posteriormente aplicada ao conjunto de medidas identificadas na Fase 1, para obter uma primeira seleção das medidas mais eficazes para a região e problema(s) a resolver. Esta fase é assim preparatória da(s) resposta(s) que serão implementadas no terreno, e compreende as seguintes etapas:
 - *Transformação dos fatores identificados na Fase 1 em critérios quantificáveis* – estes critérios deverão possuir uma estrutura que permita a sua ponderação (conforme a sua importância) e interligação às medidas de mitigação.
 - *Primeira análise sobre a importância de cada critério* – realizado aplicando a cada critério da matriz de decisão um fator de ponderação de 1 a 5 (cf. secção 4.4.4.2.2).
 - *Primeira análise sobre o impacto de cada medida em cada critério* – este impacto pode ser negativo, positivo ou neutro (cf. secção 4.4.4.2.2).
 - *Criação de uma matriz de decisão* – esta matriz engloba as medidas de mitigação propostas e os critérios de avaliação destas medidas, gerados no ponto anterior (cf. secções 4.4.4.2 e 4.4.4.2.2).
 - *Obtenção dos primeiros resultados da matriz* – estes identificam as melhores medidas a adotar.
- **Fase 3: Participação pública e tomada de decisão** – fase de interação, que deve ser a maior possível, entre decisores e os atores da região (autoridades, população

em geral, agricultores, etc.), com vista a analisar a importância de cada critério da matriz de decisão, e, em consequência, identificar as melhores e mais consensuais medidas para os problemas a resolver. Perante os resultados assim obtidos, os decisores determinam se querem implementar as medidas que obtiveram melhor avaliação. Esta fase é a fase de tomada de decisão sobre a resposta, e compreende as seguintes etapas:

- *Segunda análise sobre o impacto de cada medida em cada critério e/ou criação de novos critérios.*
 - *Segunda análise sobre a ponderação de cada critério.*
 - *Obtenção dos resultados finais da matriz, correspondentes às melhores medidas de mitigação.*
- **Fase 4: Acompanhamento e otimização dos resultados das medidas** – fase complementar, que corresponde ao acompanhamento e ajustamento das medidas aplicadas (a resposta ao problema), com vista a melhorar continuamente o seu desempenho em termos de objetivos a alcançar, e/ou aumentar a rapidez com que estas atingem os objetivos (resolução do problema). Este acompanhamento identificará também situações em que seja necessário adicionar novas medidas e/ou substituir as medidas aplicadas por outras mais eficazes. Esta fase estrutura-se nas seguintes etapas, que se interrelacionam em sistema de *feedback*:
 - *Monitorização contínua dos resultados obtidos.*
 - *Comparação entre os resultados obtidos e os resultados esperados.*
 - *Ajustamento das medidas e/ou escolha de novas medidas* – com eventual passagem à Fase 2, no que concerne à discussão com os atores locais das novas medidas a adotar.

Dado que a metodologia DPSIR (Driving Forces-Pressures-State-Impact-Responses) foi um dos pilares da estruturação da metodologia de apoio à tomada de decisão, desenvolvida neste estudo, esta é apresentada na secção seguinte. Para a compreensão de como a metodologia de apoio à decisão desenvolvida neste estudo é aplicada aos casos reais, apresentam-se: (1) na secção 4.4.4.2 os critérios para análise da eficácia das medidas (no caso de estudo de Melides serão medidas de mitigação/recuperação das massas de água) que enformam a matriz de decisão; (2) nas secções 4.4.4.2.1 e 4.4.4.2.2 a análise que permite associar as medidas de mitigação aos critérios (com um pequeno exemplo). Na secção 4.4.4.3 apresenta-se o processo dinâmico de melhoria dos resultados das medidas

aplicadas, o qual se baseia na monitorização para a redefinição das metas a alcançar com cada medida e/ou sua extensão a outras áreas além das intervencionadas e/ou aplicação de novas medidas ou suspensão de medidas aplicadas (caso estas não sejam eficazes ou, pelo contrário, tenham obtido os resultados desejados e a sua suspensão não leve à reversão ao estado prévio à aplicação da(s) medida(s)).

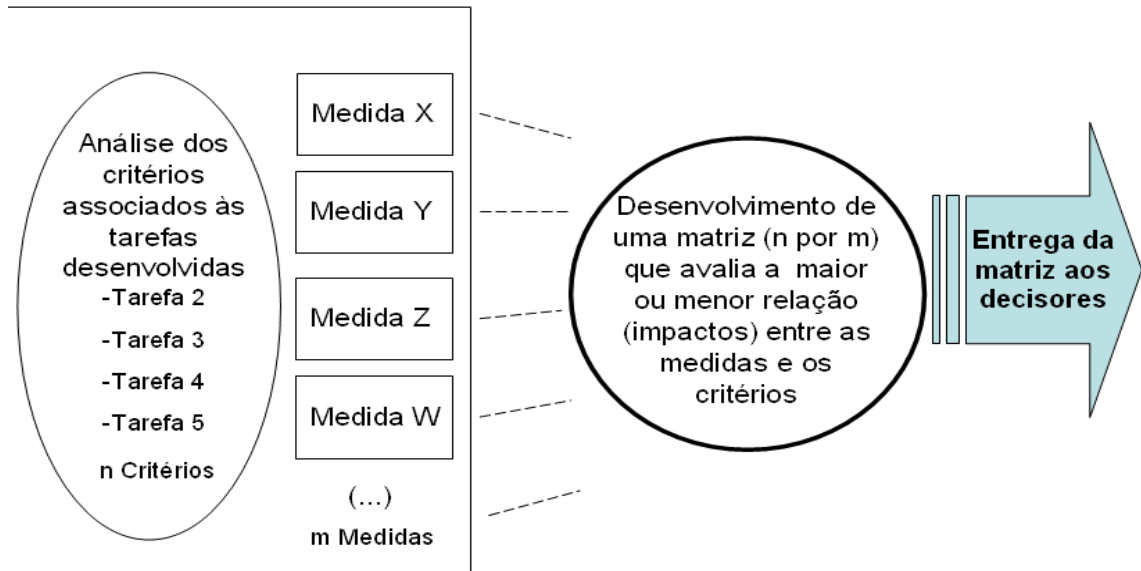


Figura 26 – Desenvolvimento da matriz de decisão

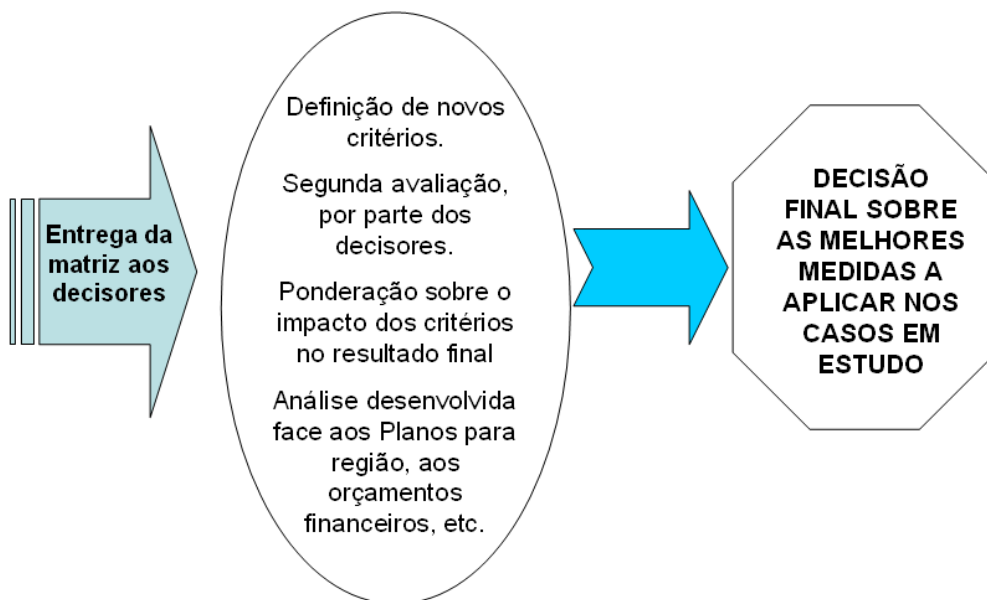


Figura 27 – Participação pública e reformulação da matriz de decisão/escolha final das medidas a implementar

Na Figura 28 apresenta-se um diagrama de fluxo descritivo do processo de tomada de decisão, incluindo o estudo prévio do problema, a identificação das medidas, a identificação dos critérios de avaliação das medidas, a definição dos fatores de ponderação, a criação da matriz de decisão, seleção das medidas a aplicar, aplicação das medidas, monitorização e reavaliação das medidas aplicadas e eventual escolha de novas medidas.

4.4.4.1 Metodologia DPSIR

A estrutura Driving Force – State – Response (DSR) foi adotada em 1995 pela *United Nations Commission on Sustainable Development* (CSD) como ferramenta de organização de informação para apoiar o desenvolvimento sustentável, definindo um conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável, cuja apresentação e análise se encontra em Mortensen (1997). Esta metodologia baseia-se num enquadramento lógico e holístico de relações ação-resposta entre a economia, sociedade e meio ambiente e responde às questões (Barrera-Roldán e Saldívar-Valdés, 2002): (1) Que impactos ambientais existem?, (2) Qual é o estado atual do meio ambiente?, (3) O que é que está a ser feito para mitigar e resolver igualmente problemas socioeconómicos e ambientais? Um posterior e mais substancial desenvolvimento foi apresentado com a metodologia DPSIR (Driving Forces-Pressures-State-Impact-Responses), que corresponde à estrutura DSR utilizada pela Agência Europeia do Ambiente – AEA (<http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept.html?term=DPSIR>) e pelo *Statistical Office of European Union* (EUROSTAT) com o objetivo principal de analisar problemas ambientais estabelecendo uma cadeia causal entre indicadores. Esta é definida como o enquadramento causal para descrever as interações entre a sociedade e o meio ambiente, que foi adotado pela Agência Europeia do Ambiente e que tem as seguintes componentes, descritas no Quadro 90: Forças motrizes, Pressões, Estado, Impactos, Respostas.

Assim, de acordo com a AEA, o desenvolvimento social e económico (**força motriz**) exerce **pressão** no ambiente e, conseqüentemente, altera o seu **estado**; esta situação leva a **impactos** vários (ex.: saúde humana, ecossistemas), que deverão ter uma **resposta** através de medidas adaptativas e/ou minimizadoras, em conformidade com a força motriz exercida, estado ou impacto sobre o sistema (cf. Kristensen, 2004). Estas medidas ou ações (Respostas), poderão ser de várias vertentes, como sejam as de ordem política ou legal.

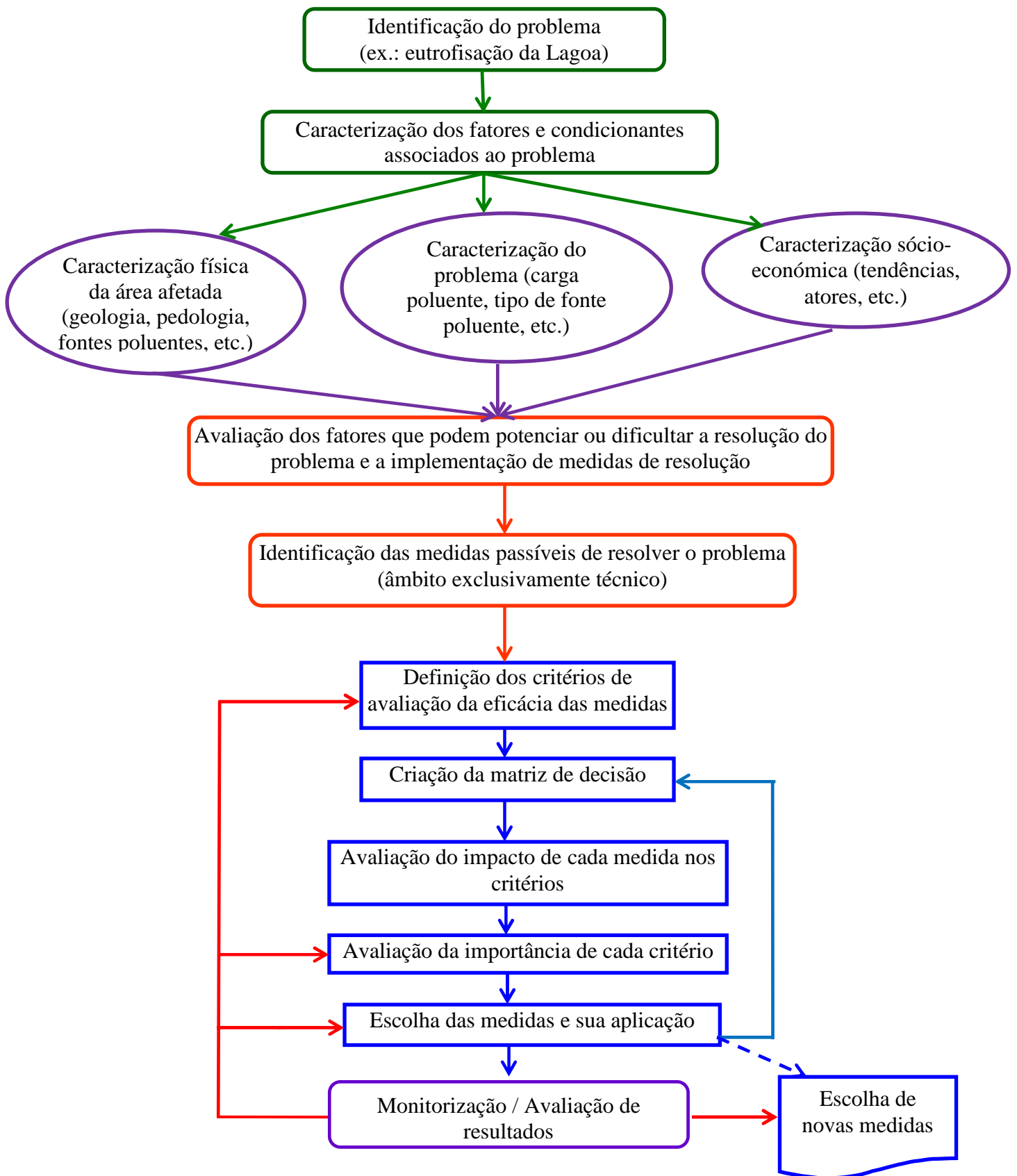


Figura 28 – Diagrama de fluxo do processo de tomada de decisão

Quadro 90 – Descrição das componentes do modelo DPSIR

| | |
|--------------------------------------|--|
| Força motriz (Driving Forces) | Descreve como o desenvolvimento social, populacional e económico provoca alterações nos estilos de vida, níveis de consumo e modelos de produção |
| Pressão (Pressures) | Descreve o tipo de pressões que são exercidas no ambiente e que têm origem na sociedade |
| Estado (State) | Descreve quantitativa e qualitativamente os fenómenos físicos, biológicos e químicos |
| Impacto (Impact) | Descreve como a pressão sobre o ambiente altera o estado desse mesmo ambiente. Estas alterações do ambiente exercem impactos sobre as funções sociais e económicas |
| Resposta (Response) | Descreve como o indivíduo, a comunidade e os governos dão resposta às alterações do estado do ambiente, tentando impedir, compensar, melhorar ou adaptar-se a elas |

Um esquema desta metodologia DPSIR, com as respetivas relações entre as suas diferentes componentes, apresenta-se na Figura 29.

Esta conceptualização do problema permite o apoio aos decisores na escolha de ações para a resolução dos problemas causados pelas pressões e forças motrizes associadas, visto que os vários pontos de um problema são caracterizados numa corrente de causa-efeito, podendo esta ser “quebrada” ou alterada pela aplicação de ações apropriadas.

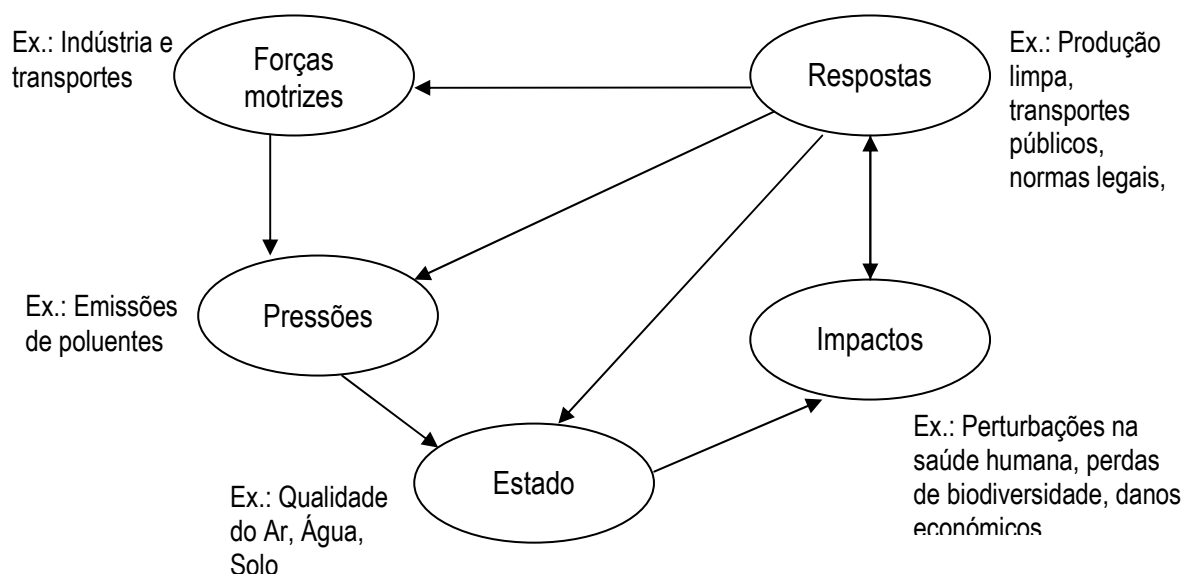


Figura 29 – Estrutura conceptual da metodologia DPSIR (retirado de Terceiro, 2008)

Segundo Mortensen (1997) a existência da distinção entre “força motriz” e “pressão” não se revela útil como informação para a definição de indicadores direcionados para o desenvolvimento sustentável. A justificação do autor é que o conceito “pressão” não é um reflexo preciso dos impactos da atividade humana no desenvolvimento sustentável, que poderão ser positivos e/ou negativos. Para a realização duma análise de uma qualquer situação em que forças motrizes desencadeiem pressões sobre o meio e afetem o seu

estado, recorre-se com frequência a conjuntos de indicadores de natureza e característica variáveis. A Agência Europeia do Ambiente classifica estes indicadores do seguinte modo (cf. Terceiro, 2008):

- **Indicadores Descritivos** – descrevem a situação atual do ambiente. São usados para descrever a relação entre o ambiente e a população, estando subdivididos em Força motriz, Pressão, Estado, Impacte, Resposta.
- **Indicadores de Desempenho** – são utilizados para comparar as condições reais com um conjunto de condições de referência, medindo a distância entre a situação ambiental existente e a desejada.
- **Indicadores de Eco-Eficiência** – indicam a eficiência dos produtos e processos em termos de recursos usados e de emissões e resíduos gerados por unidade de produto.
- **Indicadores de Bem-estar** – têm por objetivo integrar as dimensões económicas, sociais e ambientais como medida total do bem-estar.

No presente caso de estudo as respostas correspondem às medidas de mitigação, as quais têm por objetivo a melhoria do estado ecológico e, subsidiariamente, do estado qualitativo e quantitativo das massas de água afetadas. As medidas pretendem assim mitigar o atual impacto provocado pelo mau estado das massas de água, originado pelas pressões devidas às atividades económicas (forças motrizes). Estas medidas (respostas) irão atuar quer ao nível do impacto (ex.: perda de biodiversidade em Melides), quer ao nível do estado (mau estado ecológico, dependente das condicionantes da qualidade das águas), quer ao nível das pressões (ex.: melhoria da qualidade das águas descarregadas pelos arrozais) ou ainda ao nível das forças motrizes (ex.: agricultura, por aplicação, por exemplo, do Código de Boas Práticas).

4.4.4.2 Desenvolvimento da matriz de decisão

4.4.4.2.1 Critérios para a análise do impacto das medidas de mitigação

Como se referiu, a matriz de decisão tem por objetivo definir o impacto das várias medidas possíveis de serem aplicadas no objetivo final que é a resolução do problema, e deste modo selecionar as mais eficazes. Com o intuito de analisar o impacto das medidas no objetivo final que é a resolução do problema a tratar (no caso presente, melhorar as massas de água que se encontram em mau estado), é necessário definir os critérios pelos quais uma medida pode ser classificada de melhor, mediana ou pior para o caso/região em estudo.

Os critérios têm de permitir analisar de forma integrada todos os aspetos importantes ocorrentes na região que podem de alguma forma condicionar e/ou contribuir para a

ocorrência do problema e/ou sua melhoria ou resolução. Assim, os critérios seguem as bases de um Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos, as quais se agrupam em: (1) Igualdade social, (2) Eficiência económica e (3) Sustentabilidade ambiental.

Uma vez analisados estes 3 aspetos, foi possível definir-se um conjunto de critérios de avaliação da eficácia das medidas passíveis de seleção – com vista a determinar as que serão efetivamente adotadas (*resposta*) –, critérios esses que se agrupam em 10 temas:

1. Qualidade da água
2. Disponibilidade hídrica
3. Conhecimento
4. Agricultura
5. População
6. Agropecuária
7. Turismo
8. Estado ecológico
9. Custos vários
10. Questões sociais
11. Alterações no sistema

Cada um destes temas pode possuir um ou mais critérios que avaliam o impacto de uma determinada medida nesse tema. Esta medida pode ter maior ou menor impacto, o qual pode ser negativo ou positivo, no tema em causa. Por exemplo, se se avaliar uma medida em relação ao tema 5. “População”, começa-se por verificar que este tema tem 3 critérios – “5.1. População Total”, “5.2. População nos diversos sectores económicos” e “5.3. Procura turística da região” – pelo que a medida irá ser avaliada contra cada um deles. Neste caso a medida em análise poderá contribuir para o aumento (impacto positivo) ou para a diminuição da população (impacto negativo) e/ou fazer aumentar o turismo da região (impacto positivo) ou, em oposição, reduzi-lo (impacto negativo).

Além dos temas acima expostos e respetivos critérios associados, foram ainda considerados **critérios condicionantes**, os quais estão associados à natureza do meio. Estes critérios condicionam a escolha de uma medida mas não podem ser alterados, ou dificilmente o serão, pelo Homem, visto serem fatores naturais relativamente estáticos. Tais critérios são: (1) Tipo de aquífero, isto é, se é poroso, cársico, fissurado e (2) Tipo de meio superficial que se pretende estudar, i.e., se é um ribeiro, uma zona húmida, etc. No Quadro 91 apresentam-se os temas e correspondentes critérios de análise das medidas, desenvolvidos para esta metodologia de apoio à decisão.

Quadro 91 – Temas e critérios de base que estruturam a matriz de decisão

| Tema | Critério |
|--|---|
| <i>0. Natureza do meio (condicionante)</i> | <i>1. Tipo de aquífero (poroso, cárstico, fissurado)</i> |
| | <i>2. Tipo de meio superficial (zona húmida, ribeiro temporário, rio, etc.)</i> |
| 1. Qualidade da água | 1. Qualidade da água |
| 2. Disponibilidade hídrica | 2. Disponibilidade hídrica |
| 3. Conhecimento | 3. Conhecimento dos processos causa-efeito |
| 4. Agricultura | 4. Produção agrícola |
| 5. População | 5.1. População total |
| | 5.2. População nos diversos sectores económicos |
| | 5.3. Procura turística da região |
| 6. Agropecuária | 6. Produção pecuária |
| | |
| 7. Turismo | 6.1. Alteração da procura |
| | 6.2. Encargos acrescidos |
| | 6.3. Alteração dos tipos de oferta |
| | 6.4. Alteração dos tipos de lazer oferecidos |
| | 6.5. Lucros |
| 8. Estado ecológico | 8.1 Qualidade do estado ecológico |
| | 8.2 Biodiversidade |
| 9. Custos vários | 9.1. Disponibilidade de terrenos |
| | 9.2. Monitorização |
| | 9.3. Aquisição de tecnologia |
| | 9.4. Mão-de-obra |
| | 9.5. Utilização de fertilizantes e pesticidas |
| 10. Questões sociais | 10.1 Emprego na região |
| | 10.2 Competição pela água |
| 11. Alterações no sistema | 11.1. Alterações climáticas |
| | 11.2. Grandes empreendimentos (ex.: transvazes) |
| | 11.3. Alterações nos processos de produção |

Adicionalmente é possível considerar nesta análise a alteração das condições atuais (sociais, económicas e ambientais) para horizontes temporais mais ou menos longínquos. Exemplos destas mudanças de condições são apresentados por Lourenço et al. (2011), no que se refere aos cenários socioeconómicos para os horizontes temporais de 2015 e 2027/2030, e por Oliveira et al. (2010), onde se analisa para o horizonte temporal de 2070/2100 o impacto das alterações climáticas sobre os recursos hídricos na área de estudo de Melides.

Para a análise do impacto das medidas de mitigação/adaptação sob estas condições de mudança, com vista a apoiar os decisores na escolha das mais adequadas, foram definidos critérios que têm em conta a possibilidade de alterações sócio-económicas e/ou alteração dos regimes climáticos, ou quaisquer outras que sejam previsíveis para a região alvo de intervenção. O Quadro 92 apresenta os temas e correspondentes critérios específicos para

estes casos de cenários de mudança. Os temas e critérios foram definidos tomando em consideração as mudanças ao nível social, económico e climático.

Quadro 92 – Temas e critérios de base da matriz de decisão para condições de mudança

| Tema | Critério | |
|----------------------------|---|--------------------------|
| 1. Disponibilidade hídrica | 1. Disponibilidade hídrica | |
| 2. Agricultura | 2. Produção agrícola | |
| 3. População | 3.1. População total | |
| | 3.2. População nos diversos sectores económicos | |
| | 3.3. Procura turística da região | |
| 4. Agropecuária | 4. Produção pecuária | a) Tipo de entabulamento |
| | | b) Dimensão das unidades |
| 5. Estado ecológico | 5. Biodiversidade | |
| 6. Questões sociais | 6. Competição pela água | |

Estes temas e critérios foram designados de base porque serão aqueles que normalmente estarão presentes em qualquer situação de intervenção. Contudo esta metodologia foi concebida de forma flexível para acomodar toda e qualquer situação, pelo que é sempre possível incluir novos temas e critérios (ou retirar alguns dos aqui apresentados), construindo deste modo a matriz de decisão mais adequada a cada situação. Esta metodologia pode assim aplicar-se a situações de cenários de mudança, diferentes tipos de problemas (gestão da qualidade das águas, melhoria do estado duma massa de água, proteção de arribas, regularização de cursos de água, etc.), diferentes tipos de meios a intervencionar (aquíferos, rios, zonas húmidas, etc.), condições sociais, culturais e económicas diversas. Os temas e critérios que deverão integrar a matriz de decisão deverão ser, para cada situação, definidos pelos especialistas nas diversas áreas que se relacionam com o problema a tratar, o meio e região a ser tratada e os diversos aspetos que concorrem para o problema e sua resolução.

4.4.4.2.2 *Análise integrada das medidas de mitigação propostas*

Uma vez definidos os critérios de avaliação e as medidas tecnicamente possíveis de serem implementadas para a resolução do problema (presente ou futuro) é necessário aplicar estes critérios e temas a cada uma destas medidas, de modo a obter no final um conjunto de medidas que sejam simultaneamente as mais viáveis de execução e as mais adequadas para a região, para o caso de estudo/problema a resolver e para todos os atores. Para tal, a metodologia de apoio à decisão é estruturada nos seguintes passos:

- a) **Avaliação do impacto de cada medida em seleção** – para avaliar se uma medida tem mais ou menos impacto em cada um dos critérios de avaliação relativos aos 10 temas considerados (ou eventualmente outros pertinentes para o problema a solucionar) é atribuído à medida um valor quantitativo que varia entre

+3 e -3 (**fator de impacto**), face a cada um destes critérios. O valor -3 significa que a medida tem um impacto muito negativo no critério, o valor +3 significa que a medida tem um impacto muito positivo no critério; os valores intermédios correspondem a impactos intermédios, nomeadamente o valor 0, que indica que a medida não afetará o critério. Por exemplo, a medida “Identificação concreta das fontes poluentes nos pontos mais críticos e das cargas poluentes associadas” apresenta um impacto muito positivo no critério “Conhecimento dos processos de causa-efeito” (+3) e um impacto negativo no critério “Custos associados à monitorização” (-3).

- b) **Ponderação da importância de cada critério para a região/problema a resolver** – dado que cada região e problema têm condicionantes específicas, cada um dos critérios e temas acima enunciados terão importâncias diferentes em diferentes situações. Por esta razão é necessário ponderar, caso a caso, a importância (ponderação) de cada critério relativamente à região e problema a solucionar. Esta ponderação é feita através da atribuição de um valor (**fator de ponderação**) entre 1 (menor importância) a 5 (maior importância). Apesar desta ponderação poder ser feita pelos técnicos, investigadores e especialistas, deverá ser maioritariamente feita pelos atores e decisores principais pois estes têm um conhecimento mais aprofundado ou pelo menos mais terra-a-terra dos critérios mais importantes para a região (emprego, aumento do turismo, economia, etc.). Além disso os decisores têm a informação mais atualizada e profunda sobre os planos estruturais ou outros previstos para a região a ser intervencionada, podendo deste modo atribuir fatores de ponderação mais em conformidade com as situações previsíveis para diferentes horizontes temporais.
- c) **Ponderação medida versus critério** – obtém-se pelo produto entre o produto de impacto da medida no critério pelo fator de ponderação deste critério. Este produto reflete a interligação entre medida e critério. O somatório de todos os produtos *fator de ponderação x fator de impacto* dá a adequabilidade da medida ao problema a resolver e às condições da área a ser intervencionada.
- d) **Avaliação final de cada medida e seleção das mais adequadas** – a classificação final de cada medida resulta de:

$$C = \sum_{i=1}^n (\text{factor de impacto da medida } p \text{ sobre o critério } i * \text{factor de ponderação do critério } i)$$

Após o cálculo deste somatório obtém-se a classificação de cada medida em função do valor obtido para o respetivo somatório. As medidas com valor mais

elevado são as que melhor maximizam todos os critérios, e portanto, as mais viáveis para a região sob intervenção e com maior probabilidade de sucesso para a resolução do problema.

No Anexo III encontra-se um exemplo da aplicação desta metodologia para as medidas passíveis de reduzir as cargas poluentes de fosfatos no meio hídrico superficial (especificamente para as medidas relativas à massa de águas da Lagoa e para os fosfatos provenientes dos arrozais).

4.4.4.3 Processo dinâmico de melhoria dos resultados das medidas aplicadas

Uma vez feita a seleção das medidas e realizada a sua implementação, é necessário que se proceda periodicamente a uma monitorização dos parâmetros a melhorar e, com base nos resultados desta monitorização e em quaisquer outros aspetos de evolução das condicionantes locais que sejam relevantes para o problema a tratar, proceder à avaliação – também periódica – dos resultados de cada medida aplicada, aferindo do sucesso ou insucesso de cada medida no cumprimento dos objetivos a alcançar (ex.: retorno da massa de água ao estado ecológico bom). Esta avaliação serve para melhorar a eficácia das medidas face aos objetivos definidos. À medida que as condições mudam no terreno – seja por sucesso das medidas implementadas, seja por alteração de quaisquer condicionantes – pode ser necessário redefinir as metas a alcançar, o que só pode ser realizado com base nos resultados destas monitorizações e avaliações periódicas. Pode inclusive acontecer que seja necessária, em função desta avaliação, a substituição de algumas medidas por outras que a aplicação da matriz de decisão (para estas novas condições) venha a provar serem mais eficazes. Pode também verificar-se a necessidade de expandir as medidas a outras áreas inicialmente não consideradas (situação que exigirá uma reavaliação cuidada também dos critérios e fatores de ponderação da matriz de decisão) ou pelo contrário restringir as áreas de atuação e/ou o número de medidas. Para a execução deste processo dinâmico de avaliação e melhoria dos resultados das medidas, existem certos aspetos importantes a considerar:

1. **O número de critérios não é estanque**, ou seja, os critérios atrás apresentados poderão não ser os mesmos após uma análise detalhada destes por parte dos decisores e atores. Todos os atores têm direito a contribuir positivamente para a inserção ou retirada de critérios que considerem mais pertinentes para a avaliação das medidas face às condicionantes locais (ex.: demográficas, sócio-económicas, planos estruturantes, estratégias de desenvolvimento sustentável) e ao problema em causa.

2. Tal como a quantidade de critérios pode variar em função da evolução do problema, de novos problemas que hajam surgido, e/ou da evolução das condicionantes da região, também **a ponderação de cada critério** (a importância de cada critério) **pode variar ao longo do tempo**. Assim, periodicamente deverá realizar-se uma avaliação da importância de cada critério e proceder à eventual alteração do respetivo fator de ponderação (e/ou à inclusão de novos critérios ou exclusão de critérios que na nova conjuntura apresentem reduzido ou nulo significado).
3. É necessária a **monitorização dos resultados obtidos**, devendo a rede e calendários de monitorização serem adequadamente distribuídos quer ao nível espacial quer ao nível temporal. Da comparação dos dados da monitorização com os valores estabelecidos nas metas a alcançar resultará a avaliação do sucesso das medidas implementadas.
4. No caso de se verificar uma alteração dos critérios de avaliação e/ou dos fatores de ponderação, ou ainda à medida que surjam novos dados e/ou se obtêm os resultados das atuais medidas pode ser necessário **ajustar** (ou mesmo **criar novas**) **medidas**.
5. A **participação dos atores na decisão** (avaliação de critérios, aprovação de medidas, implementação de medidas que lhes digam diretamente respeito ou destinadas a serem aplicadas pelos atores) é de capital importância para o sucesso das medidas e resolução dos problemas.

5 Conclusões

A bacia hidrográfica de Melides é uma bacia de pequena dimensão, que termina numa massa lagunar costeira, a Lagoa de Melides, a qual tem um volume médio de água de 1,5 hm³. Esta bacia tem duas zonas muito distintas:

- **Zona de montante** – desenvolvida em materiais pouco permeáveis xistentos e grauvacóides, sendo dominada pelo escoamento superficial, o que se expressa por uma densa rede de drenagem.
- **Zona de jusante** – desenvolvida em terrenos arenosos e areno-argilosos, permeáveis, com um aquífero superficial em ligação hidráulica com a ribeira e a Lagoa, sendo uma zona onde o escoamento superficial é secundário face à recarga e a maior parte deste escoamento superficial provém de montante, estando concentrado na ribeira de Melides.

A recarga é da ordem dos 5,2 hm³/ano, o escoamento superficial cerca de 14 hm³/ano, perfazendo o escoamento da zona de montante 11,2 hm³/ano e o de jusante apenas 2,6 hm³/ano, pelo que o total de água entrado anualmente é da ordem dos 20 hm³/ano, isto é cerca de 13 vezes o volume médio da Lagoa. Deste modo é de admitir que, excluindo perdas por evaporação ou eventuais extrações para regas, ocorra uma grande renovação da água da Lagoa, admissivelmente durante os eventos de abertura ao mar. Deste volume de água que atinge a Lagoa, 56 a 60% provém do escoamento superficial da zona de montante, cerca de 27% provém da recarga do aquífero na zona de jusante (volume este que corresponde a cerca de 95% do total de recarga nessa região) e os cerca de 13,5% restantes correspondem essencialmente ao escoamento superficial na zona de jusante, com uma contribuição menor dos caudais da Fonte de Olhos. Destes resultados é possível identificar a **Lagoa de Melides** como um **ecossistema parcialmente dependente das águas subterrâneas**, recebendo contributos poluentes tanto de fontes com descargas para o meio hídrico superficial como para o meio hídrico subterrâneo.

Esta situação indicia a possibilidade de um importante impacto de fontes poluentes superficiais que possam vir a estabelecer-se na zona de montante da bacia, tanto mais que, sendo o seu transporte realizado pelas ribeiras, não existirão os mecanismos de depuração e atenuação típicos dos meios subterrâneos; além disso, como a bacia hidrográfica é de pequena dimensão, as eventuais cargas poluentes da zona de montante poderão rapidamente atingir a Lagoa, mais rapidamente inclusive do as algumas cargas poluentes que se infiltram no solo na zona de jusante da bacia. Atualmente esta contribuição superficial de montante não tem grande significado simplesmente por mor do facto de que a ocupação antrópica dessa área estar por via de regra associada a baixas cargas poluentes. Dada a importância menor do escoamento superficial na zona de jusante, será a poluição associada aos fluxos subterrâneos que dominará neste sector da bacia; com efeito, as mais importantes cargas poluentes superficiais (as dos arrozais) nesta região correspondem a apenas cerca de 9% da carga poluente total de nitratos e de cerca 14% da carga poluente total de fosfatos produzida na bacia hidrográfica, como abaixo se verá.

De facto **as atividades poluentes não estão uniformemente distribuídas ao longo da bacia hidrográfica** mas concentram-se maioritariamente na zona de jusante – com particular destaque para a margem sul da ribeira de Melides, em particular na sub-bacia de Vale Travesso e na margem sul da Lagoa – sendo assinaladas na zona de montante essencialmente algumas pecuárias (oviniculturas) e fossas associadas a pequenos aglomerados urbanos.

Estas atividades poluentes dividem-se basicamente em cinco categorias: agrícola, pecuária, urbana (fossas + ETARs), serviços (bombas de gasolina, oficinas, etc.), extrativa (extração e

lavagem de inertes, que basicamente contribui com carga sólida para o meio hídrico superficial). As fontes poluentes são de dois tipos:

- **Difusa** – campos agrícolas e, em certa medida, pecuárias, pois estas usam o espalhamento como método de descarga de efluentes. A atividade agrícola registra as seguintes culturas: arrozais, pomares, vinhas, sistemas culturais mistos e culturas temporárias (hortas).
- **Pontual** – urbanas (fossas, ETARs, bombas de gasolina, estações de serviços, sucatas, restaurantes), extrativas (extração e lavagem de inertes) e pecuárias⁵.

E a poluição atinge a Lagoa por via **Superficial** (escorrências dos campos agrícolas e pecuárias, descargas das ETARs, descargas dos campos de arroz) e **Subterrânea** (fossas, pecuárias e campos agrícolas incluindo arrozais).

Os **principais poluentes** são os fosfatos e nitratos, embora também tenha sido registrada a presença constante de hidrocarbonetos (mais significativos nas águas superficiais e nas águas em faixas de terreno da bordadura das estradas e caminhos rurais) e coliformes, tendo-se verificado a ocorrência de pesticidas nalguns dos pontos de amostragem.

A **principal atividade poluente** é a **agricultura**, contribuindo com cerca de 59% da carga total de nitratos e 66% da carga total de fosfatos produzidos na bacia (que poderão entrar no meio hídrico tanto por via superficial como subterrânea ou, especialmente no caso dos fosfatos, ser uma boa parte retida pelo solo no caso da componente subterrânea desta carga poluente). Desta **carga poluente total** cerca de 15% de nitratos e 27% de fosfatos são originados pelos arrozais, 16% de nitratos e 13% de fosfatos são de origem pecuária, sendo 16% de nitratos e 7,8% de fosfatos de origem urbana. De entre as restantes culturas agrícolas, 29% de nitratos e 40% de fosfatos provêm dos pomares, contribuindo os sistemas culturais mistos e as hortas com valores de carga poluente semelhantes (14% de nitratos e 12% de fosfatos para cada uma destas duas culturas).

A **contribuição poluente superficial** corresponde a 9% de toda a carga poluente de nitratos gerada na bacia e a 13,5% de toda a carga poluente de fosfatos gerada na mesma área, o que corresponde a valores respetivamente de 1 739 kg nitratos/ano e 1 386 kg fosfatos/ano para o total de carga poluente de origem superficial. Nesta contribuição superficial as principais fontes poluentes são os arrozais e as ETARs, embora as contribuições das escorrências dos campos agrícolas, atualmente desconhecidas, não devam ser desprezadas e necessitem de contabilização o mais rigorosa possível em estudos futuros. Percentualmente os arrozais contribuem com 65% de nitratos e 79% de

⁵ Embora na área de estudo as pecuárias façam o espalhamento dos resíduos no campo, a sua reduzida dimensão levou a considerar estas fontes poluentes como basicamente pontuais.

fosfatos da carga poluente superficial, o que corresponde respetivamente a cerca de 6% dos nitratos e 11% dos fosfatos gerados em toda a bacia.

A **carga poluente de origem subterrânea** (agrícola, urbana, pecuária) é a mais significativa, correspondendo a 86,5% de fosfatos e 91% dos nitratos entrados nos solos; parte desta carga atingirá, mais cedo ou mais tarde, a Lagoa. Da carga total que entra no meio subterrâneo, a agricultura fornece 65% dos nitratos (11 401 kg) e 76% dos fosfatos (6 732 kg), a atividade pecuária contribui com 17,4% de nitratos (3 043 kg) e 15% de fosfatos (1 335 kg) e a urbana 17,6% de nitratos (3 085 kg) e 9% de fosfatos (800 kg). Os arrozais perfazem cerca 16% dos nitratos e 31% dos fosfatos de toda a carga poluente subterrânea.

Considerando a **importância individual das fontes poluentes** para a carga poluente total na bacia, verifica-se que cada fonte poluente tem no geral uma contribuição reduzida, sendo a ***sinergia do seu conjunto a causa do problema***. As fontes mais importantes de poluição subterrânea, de tipo urbano, são as fossas do Parque de Campismo e Sesmarias (sitadas na envolvente da Lagoa); as de origem pecuária BOV1 (sitada na margem sul da ribeira de Melides) e OVI; nas fontes agrícolas e além dos arrozais – que são simultaneamente fontes de poluição superficial e subterrânea, em ambos os casos importantes, dado que além das descargas dos campos para a ribeira de Melides ocorre também infiltração nos solos – há a citar as parcelas pomar + vinha (PV), culturas temporárias (SC1, SC3 e SC4; tempos de percurso ≤ 2 anos) e culturas mistas (CT2 e CT3; tempos de percurso ≤ 1 ano).

Existe uma **grande variabilidade da carga poluente por fonte** em termos médios anuais, variando entre valores de 19 kg nitratos/ano (fossa de Valença) a 2 832 kg nitratos/ano (conjunto dos arrozais). A atividade com menor disparidade de cargas entre as fontes poluentes é a pecuária, cujos valores se cifram entre os 675 kg nitratos/ano (fonte SUI1) e 755 kg nitratos/ano (fonte BOV2), basicamente devido à reduzida dimensão das unidades pecuárias e o número de efetivos por unidade ser muito semelhante.

Outro aspeto a ter em conta é a **evolução sazonal das cargas poluentes** tanto por fonte poluente como por tipo de fonte/atividade económica. Com efeito, as fontes poluentes urbanas podem apresentar variações sazonais muito significativas de carga poluente, em especial as localizadas na envolvente da Lagoa, devido ao forte aumento da ocupação de Verão. Do mesmo modo as cargas agrícolas têm variações sazonais significativas, devendo destacar-se a este propósito as cargas poluentes dos arrozais escoadas por via superficial, que poderão ter um efeito cumulado com picos de descargas da ETAR e/ou escorrências de campos agrícolas durante a época estival. Estas cargas têm especial importância porque transitando no meio hídrico superficial chegam rapidamente à Lagoa sem

depuração/redução significativa, tendo deste modo um muito rápido impacto, embora se localizado no tempo (no caso de picos de poluição e consequentes eventos eutróficos).

Sendo a **carga poluente** de maior peso a **de origem subterrânea**, a qual é **mais constante no tempo** porque ocorre uma sobreposição de chegadas de poluentes com diferentes tempos de percurso no aquífero, é esta que **condiciona a resiliência da Lagoa** e impõe os limiares a partir dos quais um acréscimo de poluição, por exemplo por via superficial, poderá originar eventos de “blooms” de algas. Estes limiares de resiliência são previsivelmente variáveis ao longo do tempo, reduzindo-se progressivamente à medida que a poluição de origem subterrânea se acumula na Lagoa até à sua abertura ao oceano. Nestas condições, aportes superficiais anómalos (que noutras circunstâncias poderiam ser processados pela Lagoa), podem facilmente dar origem a estes eventos eutróficos.

Dada a importância da poluição de origem subterrânea, é necessário conhecer então como este meio funciona, quais as suas direções de fluxo, quais os locais de descarga, por onde podem transitar os poluentes para o meio superficial, quais os tempos de percurso desde a fonte poluente até aos pontos de descarga. Para tal foi realizada a modelação matemática do aquífero que se encontra em ligação hidráulica com o meio hídrico superficial. Deste trabalho foi possível definir que os **fluxos no aquífero superficial se dão de Este para Oeste**, em direção ao oceano e à rede hidrográfica e Lagoa, onde o aquífero realiza a sua descarga. Esta dependência das águas subterrâneas implica que os **ecossistemas ribeirinhos e lagunar são afetados pela poluição que a eles chega por via superficial e por via subterrânea** e que efetivamente fontes poluentes predominantemente subterrâneas (fossas, campos agrícolas, pecuárias) afetam a Lagoa.

A modelação matemática permitiu definir os **tempos de percurso dos poluentes** desde a fonte até à Lagoa, os quais têm um **extenso leque de variação** que vai desde alguns dias (ex.: Arrozal parcela C, 28 dias) a 218 anos (Pomar P15), podendo definir-se dois grupos principais de tempos de percurso:

- **Tempos iguais ou inferiores a 1 ano** – todas as fontes poluentes de origem superficial (arrozais, ETARs, escorrências de campos agrícolas), sitas ao longo de toda a bacia hidrográfica, dado esta ser de reduzida dimensão (tempo de concentração = 7 horas), e as seguintes de origem subterrânea (todas localizadas na envolvente imediata da Lagoa e/ou ribeiras): arrozais, parcelas P1, PV, CT2, CT3, SC1, SC3, SC9, pecuária BOV1 e fossas de Aderneira, Sesmarias, Salvada e Parque de Campismo (as sitas mais perto da Lagoa). Dadas as dimensões da bacia pode assim ocorrer que a poluição ocorrida em áreas afastadas da Lagoa (ex.: zona de cabeceira da bacia), e que seja transportada por via superficial, demore menos

tempo a atingir esta massa de água do que poluição cujas fontes se localizam na área de jusante, logo mais perto da Lagoa.

- **Tempos superiores a 1 ano de percurso** – exclusivamente fontes poluentes subterrâneas. De entre estas é importante destacar as fontes com mais de 15 anos de tempo de percurso, pois serão fontes que poderão afetar a Lagoa após 2027, caso se esteja a lidar com poluentes conservativos.

A modelação matemática permitiu ainda identificar em que **locais ao longo da ribeira afluem os poluentes de cada fonte poluente e a percentagem de carga poluente** que aí é descarregada, admitindo um poluente estritamente conservativo (cf. Anexo I e Quadro 3).

Considerando **as cargas poluentes que demoram 1 ano a atingir a Lagoa**, estas perfazem **48,3% nitratos e 53,7% fosfatos** do total de poluição subterrânea produzida na bacia, correspondendo a 8 461 kg nitratos/ano e 4 757 kg fosfatos/ano, dos quais 54% dos nitratos e 74% fosfatos são de origem agrícola (dentro desta componente agrícola 34% dos nitratos e 58% dos fosfatos provêm dos arrozais; a componente urbana é a segunda mais importante, contribuindo as fossas do parque de Campismo com 25% dos nitratos totais com este tempo de percurso). A restante carga poluente corresponde a cargas em trânsito há mais de 1 ano e que entretanto atingiram a Lagoa. De entre estas, as cargas associadas a tempos de percurso entre 1 e 15 anos constituem 16 a 18% da carga total subterrânea gerada na bacia, com a pecuária e a agricultura a serem as origens mais importantes e com contribuições similares; as *cargas associadas a tempos de percurso superiores a 30 anos de tempo perfazem 23 a 25% da carga total subterrânea*, sendo a origem agrícola a dominante; as *cargas poluentes com tempos de percurso entre 15 e 30 anos perfazem 12,7% dos nitratos e 3,4% de fosfatos*, gerados na bacia. Assim, verifica-se que a poluição de origem pecuária se concentra no grupo da poluição com tempos de percurso curtos, ao passo que a poluição agrícola domina o grupo de tempos de percurso muito curtos (sobretudo por mor dos campos agrícolas na envolvente imediata da Lagoa e ribeira de Melides) e o dos tempos de percurso muito longos.

A transformação das cargas poluentes que atingem a Lagoa de Melides no espaço de 1 ano em concentrações, usando o valor médio de 1,5 hm³ de água armazenada na **Lagoa**, corresponde a concentrações de 5,3 mg/l de nitratos e 3 mg/l de **fosfatos** (dos quais 1,9 mg/l de nitratos e 1,8 mg/l de fosfatos provêm dos arrozais) valor que assinala terem estas águas problemas de poluição, em especial no que se refere aos fosfatos. Estes valores concordam com o diagnóstico do plano de bacia hidrográfica que assinala que se o estado quantitativo é Bom, o estado ecológico é medíocre para a Lagoa e ribeira de Melides, o que poderá dever-se ao aporte significativo de nutrientes que favorece a expansão das

populações de diatomáceas (parâmetro responsável pela classificação medíocre destas massas de água). Por seu lado o aquífero, no sector referente a esta bacia hidrográfica, encontra-se em estado Bom quantitativa e qualitativamente como o ficou também demonstrado nas campanhas de monitorização realizadas durante este projeto.

Contudo, as concentrações de nitratos e fosfatos acima calculadas não são constantes pois variam em função da acumulação de poluentes ao longo do ano e das aberturas da Lagoa ao oceano e conseqüente renovação das águas da Lagoa. A análise dos volumes de água entrados na Lagoa ao longo de um ano face ao seu volume médio de água mostra que esta recebe cerca de 13 vezes este volume, indiciando uma **elevada taxa de renovação das águas da Lagoa**. A análise da evolução da acumulação das cargas poluentes na Lagoa, considerou 3 cenários de remoção – 5%, 50% e 95% – e mostrou que no cenário de remoção de 5% (que poderá representar um ano muito seco e sem abertura da Lagoa ao oceano) existe uma acumulação muito marcada da carga poluente, podendo quadruplicar em 5 anos (caso por exemplo de uma sucessão de anos muito secos a extremamente secos, situação provável em cenários de alteração climática, como os SRES A2 e SRES B2). Contudo, dados os volumes de água em circulação na bacia e a dimensão da Lagoa, admite-se que o cenário mais próximo da norma climática atual seja o cenário de remoção de 95%. Neste cenário, a acumulação de carga poluente de uns anos para os outros é praticamente inexistente, verificando-se uma **manutenção aproximadamente constante da carga nos valores do total das cargas com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano**. A variabilidade das precipitações, com a concomitante variação dos caudais das ribeiras e variações do nível freático, fará com que estas taxas de remoção oscilem entre os cenários considerados, ao mesmo tempo que o aporte das cargas subterrâneas variará em função do nível freático e conseqüente volume de descargas, criando um equilíbrio dinâmico entre concentração de poluentes/renovação da água da Lagoa.

Dadas as características fisiográficas, hidrogeológicas, de ocupação do solo e outras atividades antrópicas, foi definido pela metodologia WRATIC que **as águas superficiais da bacia de Melides têm uma vulnerabilidade moderada à poluição**, com a zona de montante a apresentar uma vulnerabilidade moderada a baixa e a de jusante moderada a alta. Em face das características acima apontadas, o risco à poluição é elevado na zona de jusante da bacia, e intermédio a baixo na zona de montante da bacia.

Analisando a evolução da qualidade da Lagoa em cenários de mudança, no caso as **alterações climáticas**, os cálculos mostram uma **redução da recarga e do escoamento superficial** para todos os cenários considerados e que varia entre 10% (cenário SRES IS92a) e 42,5% (cenário SRES a2) para o escoamento superficial e entre 26% (cenário IS92a) e 64% (cenário A2) para a recarga direta (Quadro 39).

Sendo a Lagoa de Melides um ecossistema parcialmente dependente de águas subterrâneas, o seu funcionamento e resiliência serão duplamente afetados por esta redução do escoamento superficial e da recarga. Utilizando uma relação direta entre o escoamento e o volume da Lagoa, calculou-se que nas condições mais adversas (cenário SRES A2) o valor médio de 1,5 hm³ da **Lagoa sofra uma redução de 43%** ou seja, passe a ser de 0,86 hm³ (Quadro 40). Esta redução do volume origina uma menor capacidade da Lagoa romper o cordão de acesso ao mar e assim renovar as suas águas. Contudo, como este rompimento depende também das condições do oceano, que deverá sofrer uma subida do seu nível e do seu potencial erosivo, o resultado poderá ser o de eventos de rompimento em que muito mais água do mar entre na Lagoa, alterando os equilíbrios químicos e as condições de habitat para as espécies.

Esta mesma redução do volume, se se verificar, levará a uma **redução da coluna de água de água doce e da extensão de zonas húmidas de natureza não marinha**, com a consequente perda deste tipo de habitats aquáticos. Os cálculos efetuados permitem definir que a altura coluna de água pode passar dos atuais 3 m para os 2 m (no cenário A2). Atualmente estes 2 m de coluna de água ocorrem em períodos de maior seca e associam-se por vezes a eventos de eutrofização.

A redução da recarga pode originar uma redução da carga poluente de origem subterrânea, devido ao rebaixamento dos níveis freáticos e consequente redução das descargas do aquífero, descargas essas que poderão ocorrer também durante períodos de tempo mais curtos, originando alterações nos fluxos da ribeira de Melides e maior variabilidade nos volumes de água armazenada na Lagoa, provocando alterações na sua resiliência face à acumulação dos poluentes e funcionamento dos ecossistemas. Contudo a redução das descargas de águas subterrâneas, se pode ter um efeito benéfico ao reduzir o aporte de poluição subterrânea, terá o efeito adverso de reduzir o volume de água da Lagoa (o qual se somará à redução do volume de água provindo do escoamento superficial) e deste modo a capacidade de reter poluentes sem impactos sensíveis nos ecossistemas, podendo tornar-se mais frequentes as condições para a eclosão de “blooms” de algas. Esta situação deverá ainda ser agravada pelo facto de nestes cenários climáticos ocorrer o aumento da temperatura atmosférica, o que aliado a todos os fatores anteriores, mais propiciará estas condições. Contudo, a evolução para condições mais eutróficas estará dependente do equilíbrio entre volume de água e cargas poluentes cedidos à Lagoa. Se a redução da recarga for tal que as descargas para o meio hídrico superficial sejam mínimas, uma grande parte das atuais fontes poluentes poderão deixar de fazer sentir a sua influência sobre a Lagoa, podendo isto causar alguma melhoria, mas em contrapartida a poluição de origem superficial poderá causar importantes impactos.

No exercício realizado neste trabalho admitiu-se que para os cenários SRES A2 e SRES B2 a transferência de poluição para a Lagoa a partir do meio subterrâneo seria muito reduzida (em especial no cenário A2) dado que os volumes calculados que podem ser cedidos pelo aquífero são também bastante reduzidos face aos valores atuais. Admitindo que se manteriam as atuais ocupações de solo e de densidade demográfica, foi possível verificar que, para as condições dos cenários SRES A2 e SRES B2 a qualidade das águas da Lagoa melhorava. No cenário IS92a, onde a descarga subterrânea foi não nula mas inferior à atual, verificou-se pelo contrário uma degradação sensível desta qualidade (cf. Quadro 54 a Quadro 61), em especial no que se refere aos nitratos, embora, sobretudo no caso dos fosfatos, estivesse também dependente da taxa de variação do volume da Lagoa.

No que se refere à componente superficial o escoamento tenderá a ser mais concentrado, com reduções em todas as estações do ano nos cenários SRES A2 e SRES B2 e um aumento no Inverno (redução em todas as restantes estações) no cenário IS92a. Daqui resulta uma redução da água fornecida à Lagoa, que será também fornecida de modo mais concentrado e por menores períodos de tempo, contribuindo para maiores oscilações no seu volume e em consequência das concentrações de poluentes, e na sua resiliência à poluição. Se se adicionar a estes aspetos o facto de que provavelmente as descargas dos campos de arroz se continuarão a processar de Abril a Setembro, período em que os volumes de caudal na ribeira deverão ser inferiores aos atuais, será de esperar um maior impacto dos arrozais na Lagoa e talvez mesmo um desvio da atual importância das fontes poluentes subterrâneas para as de origem superficial.

Poderão utilizar-se medidas de mitigação que podem ser de manutenção artificial do volume de água na Lagoa. Nestas condições, e no cenário SRES A2, em que não ocorre alimentação por via subterrânea, a manutenção do volume da Lagoa acarreta uma redução de 10% do volume de água cedido para o oceano face aos valores atuais (Quadro 41) e deste modo uma menor capacidade de evacuação dos poluentes. Para a solução de manutenção artificial dos fluxos de saída da Lagoa aos níveis atuais, resultará um fluxo de saída superior ao escoamento superficial nos cenários SRES A2 e SRES B2 (considerados com muito forte redução da alimentação subterrânea da Lagoa) e deste modo uma redução efetiva do volume da Lagoa entre os 44% e 58% e mesmo no caso do cenário menos adverso (IS92a) verificar-se-á uma redução de 25,5% (Quadro 42). Se se deixar variar livremente os volumes de água estas variações serão menos drásticas, variando entre 10% no cenário menos adverso e cerca de 43% no cenário mais adverso (SRES A2; cf. Quadro 43).

Foi ainda realizado um exercício teórico tendente a verificar a **evolução das taxas de exploração em cenários de alterações climáticas** tendo os cálculos indicado que as

atuais taxas de exploração das águas subterrâneas, que se cifram nos 39%, podem passar, no cenário IS92a a 51% e no SRES A2 para cerca de 96%, ou seja, para uma situação de sobreexploração, isto admitindo que os consumos se mantêm similares aos atuais (Quadro 31). Se se admitir um aumento dos consumos por efeito da alteração das necessidades hídricas de plantas, pessoas e animais estes valores passam respetivamente para 62,5% e 111% (Quadro 34). A análise realizada para as taxas de exploração das águas superficiais, admitindo que se mantêm os consumos atuais, mostra uma evolução dos atuais 23% (só época de regadio) para cerca de 37% no cenário IS92a e 50% no cenário SRES A2 (Quadro 33); se se considerar a manutenção do arroz mas a alteração das necessidades hídricas associadas a esta cultura então as taxas variarão para 36% e cerca de 58% (Quadro 37).

Considerando o cenário de mudança associado à **evolução sócio-económica** e com base nos cenários socioeconómicos desenvolvidos por Lourenço et al. (2011, 2012) no âmbito deste projeto, foi previsto que no que se refere aos **efluentes de origem urbana**, e embora ocorra uma redução da população residente e um aumento da população turística, com o conseqüente aumento das cargas de Verão das fossas sépticas e a redução nas restantes estações do ano, na Lagoa isto será refletido pela seguinte evolução das cargas poluentes subterrâneas médias anuais associadas às fossas sépticas: 3,5% entre 2011 e 2015 e 0,9% até 2027, basicamente por efeito dos tempos de percurso destas cargas desde a sua origem até à Lagoa (para os fosfatos de origem subterrânea, e porque se consideram apenas as cargas de curto tempo de residência, é de redução, de 0,6% até 2015 e 4,8% até 2027); a evolução das cargas poluentes superficiais de nitratos (ETAR) é de +11,1% em 2015 (face aos valores de 2011) e de 7,4% entre 2011 e 2027, e que na realidade corresponde a uma descida de 3,3% entre 2015 e 2027, o que se deve à evolução das cargas de Verão devido à expansão do turismo e à redução das cargas poluentes associadas à redução da população residente. As **cargas poluentes pecuárias** (descargas essencialmente para o meio hídrico subterrâneo) deverão registar a manutenção dos valores atuais até 2027 que são produzidos na bacia mas, dada a influência das cargas poluentes com longos tempos de percurso, atingirão na Lagoa, em termos de cargas médias anuais, um valor duplo do atual em 2027. As **cargas poluentes agrícolas de origem subterrânea** que atingem a Lagoa, no caso do cenário de redução das áreas agrícolas, prevê-se que tenham um aumento de 13,5% entre 2011 e 2015 (considerando as cargas de 2011 como apenas as que demoram até 1 ano a alcançar a Lagoa) e um aumento de 27,6% entre 2011 e 2027, no que se refere aos nitratos, devido à influência das cargas com tempos de percurso mais alargados; relativamente aos fosfatos e admitindo a redução da área agrícola prevê-se uma redução de 3,4% entre 2011 e 2015 e de 8,9% entre 2011 e 2027 sendo que para a manutenção da área agrícola não existirá variação da carga poluente, que se manterá nos

atuais 3 533,0 kg/ano calculados; para as cargas poluentes de origem superficial (essencialmente descargas dos arrozais) e para o mesmo cenário de redução de área agrícola – embora seja mais provável a manutenção destas áreas – é refletido por uma redução de cerca -3,7% (fosfatos) e -3,8% (nitratos) em 2015 e de -9,7% (fosfatos) e -9,9% (nitratos) em 2027. Não se assinalam cargas poluentes associadas a indústrias ou outras atividades.

No seu cômputo geral, e apesar da redução da população residente e mesmo no caso dos cenários de redução das áreas agrícolas, prevê-se um **aumento da poluição na Lagoa, de origem subterrânea** (cargas poluentes de todas as origens) em nitratos, de 16,3% entre 2011 e 2015 e de 32,1% entre 2011 e 2027, devido sobretudo ao efeito das fontes poluentes associadas a longos tempos de percurso; é de assinalar que ocorrerá, até 2027, uma diminuição significativa, de acordo com estes cenários, do impacto das cargas poluentes associadas a vinhas e hortas, uma menos sensível diminuição do impacto associado a pomares e a manutenção da importância relativa das demais fontes poluentes subterrâneas. Para os fosfatos esta evolução é de redução de -7,3% entre 2011 e 2027. No que se refere à carga poluente **de origem superficial**, e que é essencialmente devida às descargas dos arrozais, prevê-se um **decréscimo** de mais de 5% até 2027 nos nitratos, devido à redução da área de arrozal prevista no cenário adotado de redução das áreas agrícolas, visto que qualquer alteração nestas culturas terá efeitos imediatos no meio hídrico superficial.

Globalmente, e considerando as evoluções de todas as cargas poluentes que atingem a Lagoa, tomando como referência as cargas de 1 ano de tempo de percurso em 2011, e os cenários de redução da área agrícola, as cargas poluentes na Lagoa sofrem a seguinte evolução para os nitratos: 13,8% para 2015, de 25,9% em 2027 e 37,9% em 2050; para os fosfatos: -2,2% até 2015 e 7,0% em 2027. Contudo, e apesar da redução prevista das cargas anuais de fosfatos é necessário sublinhar que o admissível **aumento sazonal** do turismo colocará **problemas sazonais de qualidade**, devido quer às descargas da ETAR de Melides quer às descargas subterrâneas das fossas com tempos de percurso inferiores a 1 ano (ex.: Parque de Campismo, Sesmarias, Salvada), que serão mais marcados do que os que atualmente já se verificam em certos pontos da Lagoa (ex.: ponto de amostragem MSup9).

Estes mesmos cenários socioeconómicos são traduzidos por uma evolução das **cargas poluentes no aquífero** no sentido da **manutenção** dos problemas de poluição nos pontos atualmente assim afetados e um **agravamento** da concentração de poluentes nos restantes pontos mas **pouco acentuado** na maioria dos casos, exceto na vizinhança dos focos de poluição urbana, em particular dos que registem grande aumento das cargas poluentes de Verão. Ou seja, o agravamento futuro dos pontos atualmente com problemas

de poluição dever-se-á sobretudo à poluição urbana associada à atividade turística; em contrapartida as cargas poluentes associadas à agricultura deverão reduzir-se nas fontes de poluição, isto é, nas zonas de entrada do poluente no meio hídrico subterrâneo (campos agrícolas) devido à redução das áreas agrícolas previstas pelos cenários socioeconómicos, e as cargas pecuárias deverão manter-se nos níveis atuais, de acordo com os mesmos cenários. De referir que esta redução na fonte pode não se traduzir numa redução efetiva nas zonas de descarga do aquífero para o meio superficial, no caso de poluentes conservativos, devido à influência das cargas poluentes com tempos de percurso mais alargado.

As **cargas poluentes na rede hidrográfica** deverão registar uma **redução** de -5,2% da carga poluente de nitratos e de -5,6% de fosfatos entre 2015 e 2027, ou seja, reduções da ordem dos -6,3% em fosfatos e 3,8% em nitratos desde 2011, refletindo o efeito conjugado da redução da área agrícola (em especial arrozais) e o aumento sazonal da população turística. Note-se porém que localmente se deverão registar um agravamento das concentrações de poluentes nos pontos com forte influência urbana, e uma leve redução nos pontos de forte influência agrícola. O admissível aumento sazonal do turismo colocará problemas sazonais de qualidade nas áreas de influência da ETAR e nas zonas de descarga do aquífero que estejam influenciadas pelas plumas poluentes das fossas.

Em face da informação acima exposta, a gestão e recuperação da bacia hidrográfica de Melides e em especial da Lagoa exigem que se considere: (1) a componente superficial e subterrânea, tanto de volumes de água como de cargas poluentes, (2) a variação sazonal das cargas poluentes e dos regimes de escoamento e recarga, (3) os tempos de percurso, incluindo eventuais situações em que fontes poluentes afastadas da Lagoa mas cuja descarga se faça para o meio superficial façam sentir o seu impacto mais rapidamente que as fontes subterrâneas sitas mais perto da Lagoa, (4) a importância da carga poluente de origem subterrânea, (5) a contribuição das cargas poluentes com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, (6) a contribuição das cargas poluentes com tempos de percurso superiores a 15 anos, (7) a localização das zonas de descarga das fontes poluentes associadas a estes tempo de percurso de maior duração, (8) vulnerabilidade à poluição nas diversas zonas da bacia hidrográfica, (9) alterações ao volume da Lagoa ao longo do ano e em condições de variabilidade climática, (10) alterações aos regimes de abertura da Lagoa e respetivas taxas de depuração, (11) evolução futura da população residente e turística, (12) evolução futura da área agrícola assim como de outras atividades económicas, (13) as áreas de intervenção, isto é, se se vai intervir na Lagoa, na rede hidrográfica ou no aquífero, (14) o atual estado quantitativo, qualitativo, e ecológico das águas superficiais e

subterrâneas e sua provável evolução num futuro próximo, (15) as diferentes fontes que afetam o meio hídrico superficial e subterrâneo e seus respetivos graus de importância.

Considerando o atual estado qualitativo da Lagoa, aquífero e ribeira de Melides a **gestão e recuperação da Lagoa e ribeira** tem de se centrar na **recuperação da qualidade** e em particular na **redução das cargas poluentes de fosfatos e nitratos**. Subsidiariamente deverá realizar-se o controlo das cargas poluentes de hidrocarbonetos, coliformes e pesticidas.

As **medidas de recuperação** devem contemplar assim as cargas poluentes superficiais e subterrâneas, as primeiras chegando à Lagoa muito rapidamente e sem depuração significativa; no caso das cargas poluentes subterrâneas, é importante atuar sobre as fontes associadas a tempos de percurso muito curtos (≤ 1 ano) mas também poderá ser necessário fazer intervenções específicas nas zonas de descarga das fontes poluentes associadas a tempos de percurso superiores a 15 anos, as quais, constituindo 36% da poluição subterrânea produzida colocam um desafio à recuperação da Lagoa antes de 2027 se o poluente for estritamente conservativo, pois neste caso qualquer atuação sobre a própria fonte poluente só se sentirá depois dessa data; no caso de poluentes que sejam degradados (não conservativos), estes maiores tempos de percurso podem ser uma vantagem, dado que quanto mais tempo a carga poluente está em trânsito maior tenderá a ser a atenuação do poluente. Tendo estes aspetos em mente, as medidas de recuperação devem focar-se primeiramente no **controlo, redução e eliminação das cargas poluentes de fosfatos (sobretudo os de origem superficial) e nitratos**, e secundariamente pesticidas, metais pesados, coliformes e hidrocarbonetos. Estas medidas são de três tipos:

- ❖ **Código de boas práticas e outras medidas de carácter geral** – aplicadas a toda a área da bacia. O código de boas práticas, elaborado para a bacia de Melides, foi apresentado na secção 4.4.2.
- ❖ **Medidas de prevenção** – têm por objetivo a redução das futuras cargas poluentes, correspondendo sobretudo a alterações nos procedimentos agrícolas e pecuários atuais, assim como de limpeza/manutenção das infraestruturas sanitárias. Aplicam-se a toda a área da bacia, mas com especial destaque na envolvente da Lagoa e da ribeira de Melides, incluindo as áreas agrícolas da sua margem sul. Dentro destas medidas de prevenção incluem-se também as destinadas à manutenção do bom estado do aquífero (ex.: medidas a azul no Quadro 99 a Quadro 104).
- ❖ **Medidas de intervenção** – têm por objetivo a redução das cargas poluentes e a resolução do problema já existente, traduzindo-se de um modo geral na realização de obras (ex.: criação de zonas húmidas para tratamento das águas superficiais), ou

intervenções sobre o meio poluído (ex.: as medidas de tratamento da poluição da água já existente na Lagoa; cf. Quadro 105 a Quadro 107). Estas medidas têm os seguintes subgrupos:

- **Medidas de redução das cargas poluentes** – aplicadas ao aquífero e rede hidrográfica (medidas a rosa nos Quadro 94 a Quadro 98 e Quadro 99 a Quadro 104).
- **Medidas de contenção da chegada dos poluentes ao meio superficial** – aplicadas no aquífero, nas zonas de descarga do aquífero no meio superficial associadas a fontes com tempos de percurso superiores a 15 anos (Quadro 101). Estas medidas só terão razão de ser caso o poluente seja estritamente conservativo.
- **Medidas de gestão da abertura da Lagoa, despoluição de sedimentos, proteção à entrada de poluentes** – aplicadas apenas à Lagoa, tendo por objetivo a interceção dos poluentes antes destes entrarem na Lagoa e a remoção dos que já lá se encontram, quer por meio de obras e limpezas, quer por calendários específicos de abertura ao oceano com vista a esta remoção (medidas a rosa nos Quadro 105, Quadro 106 e Quadro 107).

Dado que os **contribuidores de maior e mais imediato impacto** na poluição da ribeira e Lagoa são a **atividade agrícola e urbana** e, em menor grau, a pecuária na envolvente imediata da ribeira e Lagoa e sendo que esta poluição chega tanto por via superficial como subterrânea, foram identificadas medidas de recuperação aplicáveis à **ribeira** (Quadro 94 a Quadro 98), **aquífero** (Quadro 99 a Quadro 104) e **Lagoa** (Quadro 105 a Quadro 107), com vista à redução de fosfatos e nitratos e, subsidiariamente, de coliformes (nas fontes pecuárias e urbanas) e hidrocarbonetos (nas fontes agrícolas e estradas/urbana). Para a agricultura as medidas de recuperação incluem as técnicas de irrigação e lavra, controlo das descargas superficiais (arrozais), controlo de efluentes, otimização do uso de fertilizantes e pesticidas, controlo das cargas de fertilizantes, pesticidas e, subsidiariamente, de organismos patogénicos. Para a pecuária estas medidas são sobretudo de correto acondicionamento de forragens e ensilagens com vista à redução de escorrências, acondicionamento, armazenamento e manejo de estrumes e efluentes, controlo de descargas de efluentes (no caso das escorrências dos campos onde se faz o espalhamento dos estrumes), controlo dos efluentes e escorrências do estabulamento. Para as fontes urbanas as medidas incluem o controlo das cargas poluentes, manutenção e melhoramento das fossas sépticas, gestão das limpezas e descarga das fossas sépticas, correto transporte para locais de destino adequado das lamas de ETARs e de efluentes de fossas sépticas,

redução dos consumos de água com vista à redução do volume de efluentes. De entre as fontes poluentes urbanas há o caso específico das bombas de gasolina, oficinas e sucatas que são fontes de hidrocarbonetos e metais pesados; apesar de alguns destes poluentes serem substâncias prioritárias, o número destas fontes e a quantidade em que tais substâncias ocorrem no meio hídrico assim como os custos associados a intervenções levam a considerar estas fontes como de atuação não prioritária, com exceção das *sucatas*, as quais com simples obras de impermeabilização na área de armazenamento das sucatas e criação de estruturas de retenção adequada das escorrências superficiais, poderão em muito reduzir o seu impacto poluente.

As medidas de recuperação estruturam-se também em função do meio em que a fonte poluente realiza as suas descargas:

- ❖ **Fontes com descargas quase exclusivamente no meio superficial** – aplicam-se o código de boas práticas, medidas de prevenção e medidas de intervenção “controlo das cargas superficiais”; as medidas de controlo das cargas subterrâneas serão sobretudo de tipo preventivo. Também devem ser aplicadas medidas preventivas para minorar, conter ou eliminar *à priori* a poluição resultante de acidentes. Fonte poluente: ETARs.
- ❖ **Fontes com descargas de igual importância no meio hídrico superficial e subterrâneo** – aplicam-se o código de boas práticas, medidas de prevenção e medidas de intervenção “controlo das cargas superficiais” e “controlo das cargas subterrâneas”. Fonte poluente: Arrozaís.
- ❖ **Fontes com descargas quase exclusivamente no meio subterrâneo** – aplicam-se as medidas de intervenção “controlo das cargas subterrâneas”; as medidas de controlo das cargas superficiais (escorrências de campos agrícolas e pecuários) são sobretudo de tipo preventivo. *Dado o reduzido número dos locais afetados e o custo de tais intervenções, não se consideram razoáveis intervenções de descontaminação do aquífero nos locais identificados como “com problemas de poluição”.* As fontes com descargas quase exclusivas para o meio subterrâneo incluem os campos agrícolas, fossas e pecuárias. A estas fontes, em função dos tempos de percurso dos poluentes, aplicam-se conjuntos de medidas diferentes:
 - **Fontes associadas a tempos de percurso iguais ou inferiores a 15 anos** – aplicam-se o código de boas práticas, medidas de prevenção e medidas de intervenção na fonte, com vista à redução e eliminação dos poluentes do meio hídrico subterrâneo (e em consequência do superficial). Subsidiariamente aconselham-se medidas preventivas e de controlo das

escorrências de campos agrícolas e pecuárias nas proximidades imediatas da ribeira de Melides e seus afluentes principais. Fontes: Vinha V1, Pomares P1, P2, P7, P11, P18, Sistemas culturais mistos SC5, SC7, SC9, Pecuárias (BOV1, BOV2,OVI); os Pomares P6 e P10, a parcela Pomar + Vinha (PV), as Hortas CT3 e CT3, os Sistemas culturais mistos SC1, SC3 e SC4, a Pecuária SUI1 e as fossas (Moinho, Valença, Aderneira, Sancha, Azenha, Salvada, Sesmaria, Praia, Parque de Campismo) não têm necessidade, numa primeira fase, de controlo das escorrências superficiais.

- **Fontes associadas a tempos de percurso entre 15 e 70 anos** – aplicam-se o código de boas práticas, medidas de prevenção e medidas de intervenção “contenção nas zonas de descarga para o meio hídrico superficial”, de modo a impedir a chegada às águas superficiais dos poluentes já em trânsito. Fontes: Sistemas culturais mistos SC8, Vinha V1, Pomares P8 e P12, Sistemas culturais mistos SC2 e SC10, Suinicultura SUI2 e fossas de Caveira e Vale Travesso.
- **Fontes associadas a tempos de percurso superiores a 70 anos** – aplicam-se o código de boas práticas e medidas de prevenção, com vista a reduzir o impacto destas fontes sobre o aquífero. Fontes: Pomares P3, P4, P5, P9, P13 e P15, Hortas CT1 e CT4, Sistemas culturais mistos SC6, SC11, SC12, SC13 e SC14.

Da aplicação da metodologia de definição das áreas prioritárias para intervenção, desenvolvida neste estudo, e que analisa as cargas poluentes de cada fonte, os tempos de percurso, distância à Lagoa e ribeira, facilidade de infiltração, entre outros aspetos, foi possível **identificar as seguintes zonas de intervenção prioritária**: margem sul da Ribeira de Melides, núcleo de Vale Travesso e Vale Travesso-Outeiro, núcleo da Aderneira-Sancha-Palhota, margem norte da ribeira de Melides no sector de Alpendre, Carregueira e Moinho dos Ventos-Vale da Lagoa, núcleo de Melides (cf. Fig. 19 e Fig. 26); as restantes áreas da margem norte da ribeira de Melides na zona dos campos de arroz e o núcleo da Saibreira constituem as áreas prioritárias de segunda fase. Nestas zonas as **parcelas agrícolas de intervenção prioritária** são:

- **Margem sul da Lagoa** – Arrozais, Pomar P1, fossas do Parque de Campismo e Sesmarias.
- **Núcleo de Vale Travesso e Vale Travesso-Outeiro** – Vinha V1, Pomar P2, Sistema cultural misto SC3 e SC1, fossas de Vale Travesso, Moinho do Vau e Valença, bovinicultura BOV1 e suinicultura SUI1.

- **Núcleo de Aderneira-Sancha-Palhota** – Arrozais, Pomar P10, Hortas, bovinicultura BOV2, fossas de Aderneira e Sancha.
- **Núcleo de Melides** – ETAR (essencialmente medidas de prevenção, e em particular prevenção de acidentes), Sistema cultural misto SC9.
- **Margem norte da ribeira de Melides no sector de Alpendre, Carregueira e Moinho dos Ventos-Vale da Lagoa** – Arrozais.
- **Áreas de intervenção prioritária de segunda fase:** restante margem Norte da Lagoa e ribeira de Melides – Arrozais.
- **Áreas de intervenção prioritária de segunda fase:** núcleo da Saibreira – parcela PV, e secundariamente a horta CT3.

Destas fontes, considerando as cargas poluentes envolvidas e os tempos de percurso associados, são de especial importância as intervenções sobre as fossas do Parque de Campismo e de Sesmarias, a bovinicultura BOV1, arrozais, pomar P2 e Pomar + Vinha PV1.

As **medidas a aplicar nestas áreas**, além do Código de Boas Práticas e das Medidas de Prevenção (assinaladas a azul nos Quadro 95, Quadro 96, Quadro 100, Quadro 101 e Quadro 102), são as Medidas de Intervenção (a) *sobre as descargas nas águas superficiais* (Quadro 95 e Quadro 96), com especial incidência sobre os arrozais e sobre as estruturas de eventual descarga direta de efluentes domésticos na Lagoa, e (b) *sobre as descargas no meio hídrico subterrâneo*: Quadro 100 (toda a área de intervenção, incluindo arrozais), Quadro 101 (parcelas V1 e SC2) e Quadro 102 (parcelas P6, SC8, SC9, pecuária BOV1 e fossas do núcleo da Sancha). As **medidas de intervenção sobre a Lagoa apenas deverão ser aplicadas** em caso de acidentes com concomitantes descargas imprevistas de poluentes ou, caso após a aplicação das medidas acabadas de referir, se verifique ainda assim a poluição e o mau estado da Lagoa.

Sendo que o conjunto de medidas de intervenção aplicável é vasto e que outras considerações, nomeadamente económicas e de aceitação social, devem ser levadas em conta na tomada de decisão, se se pretender que a intervenção tenha resultados, com um mínimo de custos e máxima eficácia, foi ainda apresentada uma **matriz de decisão e a metodologia da sua aplicação** para uso prático de decisores e atores locais, tendo-se fornecido um exercício teórico da sua utilização no Anexo III.

Faz-se ainda, em complemento, uma pequena observação relativamente à zona de montante da bacia da ribeira de Melides e que é a seguinte: dado que esta zona é dominada pelo escoamento superficial, e que este modo de transporte de poluentes não fornece uma retenção significativa dos poluentes, alcançando estes muito rapidamente a Lagoa (no

máximo demorando 7 horas), quaisquer atividades que venham a ser implantadas nesta região, e que tenham carga poluente algo significativa, devem executar medidas de controle e se necessário tratamento das suas descargas superficiais; as descargas subterrâneas deverão também ser objeto de algum cuidado se na proximidade das linhas de água, pois pode ocorrer circulação sub-superficial que, usando zonas preferenciais de fluxo (ex.: fraturas), possa rapidamente atingir estas linhas de água e deslocar-se depois rapidamente em direção à Lagoa.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Abril 2013



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas



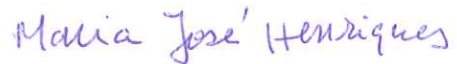
Maria Emília Novo
Doutora em Engenharia do Ambiente
Investigadora Auxiliar
Núcleo de Águas Subterrâneas



Raíafa de Saldanha Matos
Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



Luís G. S. Oliveira
Mestre em Engenharia do Ambiente
Bolsheiro de Investigação
Núcleo de Águas Subterrâneas



Maria José Henriques
Geóloga
Técnica Superior
Núcleo de Águas Subterrâneas

Bibliografia

http://sciencealerts.com/stories/1846698/Removal_of_phosphate_from_natural_waters_using_innovative_modified_bentonites.html – acedido em Junho 2012.

http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110706151549&type_id=1 – acedido em Agosto 2012.

<http://www.answers.com/topic/sewage-treatment> – acedido em Julho de 2012

<http://www.answers.com/topic/trickling-filter-1> – acedido em Julho de 2012

<http://www.centekindustries.com/pcb-removal.html> – acedido em Julho 2012.

http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept_html?term=DPSIR – acedido em Dezembro 2012.

<http://www.hidrolution.com/intranet/uploads/contenido/e5c08473749cb01eea00f8d6a5f5574a.pdf> – acedido em Agosto 2012.

<http://www.infrastructurene.ws/2012/05/10/hydrocarbons-no-more-2/> – acedido em Julho 2012.

http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0001866&contexto=bd&selTab=tab2 – acedido em Junho 2012.

<http://www.pik-potsdam.de/ateam> – Anexo sobre mapas de variação da área agrícola na Europa (Marc Metzger, 2003), consultado em 1/8/2011.

<http://www.reopure.com/nitratinfo.html>: *Nitrate Pollution of Groundwater*. Autores: Lee Haller, Patrick McCarthy, Terrence O'Brien, Joe Riehle, Thomas Stuhldreher – acedido em Agosto 2012.

<http://www.triplepundit.com/2011/01/poo-gloos-could-improve-wastewater-treatment-plant-efficiency/> – acedido em Julho de 2012

Aller, L., Bennet, J.H., Lehr, J.H., Petty, R.J. E Hackett, G. (1987). *DRASTIC: a Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Ada, Oklahoma, EPA/600/2-87/035 (PB87-213914).

Álvarez-Rogel, J., Jimenez Cárcelos, F.J., Nicolás, C.E. (2006). *Phosphorus and Nitrogen Content in the Water of a Coastal Wetland in the Mar Menor Lagoon (SE Spain): Relationships with Effluents from Urban and Agricultural Areas*. *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 173, pp. 21–38.

Añasco, N., Uno, S., Koyama, J., Matsuoka, T., Naoya, K. N. (2010). *Assessment of Pesticide Residues in Freshwater Areas Affected by Rice Paddy Effluents in Southern Japan*. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 160, Fasc. 1-4, pp. 371-383.

- Arheimer, B., Löwgren, M., Pers, B.C., Rosberg, J. (2005). *Integrated Catchment Modelling for Nutrient Reduction: Scenarios Showing Impacts, Potential, and Cost of Measures*. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, Vol. 34, Fasc. 7, pp. 513-520.
- Artiola, J.F. (1997). *Denitrification Activity in the Vadose Zone Beneath a Sludge-Amended Semi-Arid Soil*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Vol. 28, Fasc. 9-10, pp. 797-812.
- Barrera-Roldán, A., Saldívar-Valdés, A. (2002). *Proposal and Application of a Sustainable Development Index*. *Ecological Indicators*, Vol. 2, pp. 251-256.
- Barrows, D., Butler, B. (2007). *Determining End-Points Goals and Effective Strategies for Rehabilitation of Coastal Wetlands: Examples from the Burdekin River, North Queensland*. In: *Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference. Australian Rivers: Making a Difference*, Charles Stuart University, Thurgoona, New South Wales, eds.: Wilson, A.L., Dehaan, R.L., Watts, R.J., Page, K.J., Bowmer, K.H., & Curtis, A. pp. 49-54.
- Batista, S. (2003). *Exposição da Água Subterrânea a Pesticidas e Nitratos em Ecossistemas Agrícolas do Ribatejo e Oeste e da Beira Litoral*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agrónoma, ISA, Universidade Técnica de Lisboa, pp. 464.
- Blowes, D.W., Ptacek, C.J., Benner, S.G., McRae, C.W.T., Bennett, T.A., Puls, R.W. (2000). *Treatment of Inorganic Contaminants Using Permeable Reactive Barriers*. *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol. 45, fasc. 1-2, pp. 123-137.
- Böhlke, J. K., Wanty, R., Tuttle, M., Delin, G., Landon, M. (2002). *Denitrification in the Recharge Area and Discharge Area of a Transient Agricultural Nitrate Plume in a Glacial Outwash Sand Aquifer, Minnesota*. *Water Resources Research*, Vol. 38, Fasc. 7, pp. 1105-1131.
- Bouwer, H. (1997). *Artificial Recharge of Groundwater Using Sewage Effluent*. *Ground Water*. In: http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=86853.
- Budd, R., O'Geen, A., Goh, K.S., Bondarenko, S., Gan, J. (2009). *Efficacy of Constructed Wetlands in Pesticide Removal from Tailwaters in the Central Valley, California*. *Environmental Science Technology*, Vol. 43, Fasc. 8, pp. 2925-2930.
- Cai, Z., Xing, G., Yan, X., Xu, H., Tsuruta, H., Yagi, K., Minami, K. (1997). *Methane and Nitrous Oxide Emissions from Rice Paddy Fields as Affected by Nitrogen Fertilisers and Water Management*. *Plant and Soil*, Vol., 196, pp. 7-14.
- CCDR Alentejo (2006). *Fontes Poluidoras. Bacia Hidrográfica da Ribeira de Melides*. Brigada de Fiscalização do Litoral, Beja, pp. 22.
- Chambel A, Monteiro JP (2007). *Sistema Aquífero de Sines – Estudo Hidrogeológico do Sistema Aquífero e Definição dos Perímetros de Proteção das Captações de Água Subterrânea das Águas de Santo André SA, com recurso a Modelação Matemática [Hydrogeologic Study and Definition of the Wellhead Protection Zones of the Águas de Santo André SA using a Mathematical Model]*. Águas de Santo André SA, Relatório Técnico [Technical Report], pp. 83.

- Cheng, S. (2003). *Heavy Metal Pollution in China: Origin, Pattern and Control. A State-of-the-Art Report with Special Reference to Literature Published in Chinese Journals*. Environmental Science & Pollution Research, Vol. 10, Fasc. 3, pp. 192-198.
- Civita, M., De Maio, M. (1997). *Assessing Groundwater Contamination Risk Using ARC/INFO Via GRID Function*. Proceedings of ESRI Conference 1997, San Diego, U.S.A.
- Cloern, J.E. (2001). *Our Evolving Conceptual Model of the Coastal Eutrophication Problem*. Marine Ecology Progress Series, Vol. 210, pp. 223-253.
- David, J. S. (1976). *Drenagem de Estradas, Caminhos-de-Ferro e Aeródromos. Estudo Hidrogeológico. Determinação de Caudais de Ponta de Cheia em Pequenas Bacias Hidrográficas*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, SH-DHF.
- De Silva, C.S., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., Rodriguez-Diaz, J.A. (2007). *Predicting the impacts of climate change – A case study of paddy irrigation water requirements in Sri Lanka*. Agricultural Water Management, Vol. 93, pp. 19-29.
- DEHLG, 2010 – *Integrated Constructed Wetlands*. Department of the Environment, Heritage and Local Government, Comhshaol, Oidhreacht agus Rialtas Áitiúil, Dublin, pp.122.
- Diamantino, C. (2005). *Metodologias de Recarga Artificial de Aquíferos*. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Évora, 30 de Maio a 2 de Junho de 2005, pp. 15
- Dias, J.C.S. (1997). *Código de Boas Práticas Agrícolas*. Laboratório Químico-Agrícola Rebelo da Silva, pp. 55.
- Diaz, J.A.R., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., Camacho, E., (2007). *Climate Change Impacts on Irrigation Water Requirements in the Guadalquivir River Basin in Spain*. Regional Environmental Change, Vol. 7, pp. 149-159.
- Dickey, E.C., Vanderholm, D.H. (1981). *Vegetative Filter Treatment of Livestock Feedlot Runoff*. Journal of Environmental Quality, Vol. 10, Fasc. 3, pp. 279-284. In: <https://www.crops.org/publications/jeq/abstracts/10/3/JEQ0100030279> – acedido em Agosto 2012.
- Domenico, P.A., Schwartz, F.W. (1990). *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Wiley & Sons, New York, pp. 824.
- Dong, B., Mao, Z., Brown, L., Gao, X., Sun, N., Li, X., Wang J. (2010). *Effects of Constructed Wetlands on Reducing Non-Point-Source Pollution in Irrigated Paddy Fields*. Presented at the 28th International Rice Research Conference, 8-12 November 2010, Hanoi, Vietnam OP04: Environmental Resilience and Ecosystem Services.
- Dresel, P.E., Truex, M.J., Cantrell, K. (2008). *Remediation of Deep Vadose Zone Radionuclide and Metal Contamination: Status and Issues*. US. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory, pp. 106.

Entry, J.A., Hubbard, R.K., Thies, J.E., Fuhrmann, J.J. (2000). *The Influence of Vegetation in Riparian Filterstrips on Coliform Bacteria: 1. Movement and Survival in Water*. Journal of Environmental Quality Vol. 29, Fasc. 4, pp. 1206-1214.

Fajardo, J.J., Bauder, J.W., Cash, S.D. (2001). *Managing Nitrate and Bacteria in Runoff from Livestock Confinement Areas with Vegetative Filter Strips*. Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 56, Fasc. 3, pp. 185-191.

FAO (2002). *Deficit Irrigation Practices*. Water Reports, N. ° 22, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, pp. 102.

Feleke, Z., Sakakibara, Y. (2002). *A Bio-Electrochemical Reactor coupled with Adsorber for the Removal of Nitrate and Inhibitory Pesticide*. Water Research, Vol. 36, Fasc. 12, pp. 3092-3102.

Freitas, M.C., Silva, C.S., Andrade, C.F., Cabral, H., Marques da Silva, J., Carvalho, M.R., Correia, O., Brotas, V., Vieira, A.R., Cruces, A., Wouters, N., Branquinho, C., Santos, P.R., Gameiro, C., Antunes, C. (2008). *Projecto de Recuperação da Lagoa de Melides. Relatório Final. Monitorização Ambiental. Volume I – Memória Descritiva e Volume II – Anexos*. Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Instituto de Oceanografia, pp. 90.

Fritz, B., Rinck-Pfeiffer, S., Nuetzmann, G., Heinzmann, B. (2004). *Conservation of Water Resources in Berlin, Germany, Through Different Re-Use of Water*. In: Wastewater Re-use and Groundwater Quality, IAHS, ed. Steenvoorden J. e Endreny T., IAHS Publication no. 285 in the IAHS Series of Proceedings and Reports, pp. 48-60.

Furuno, T. (2001). *The Power of Duck*. Editora Tagari. In: <http://www.leopold.iastate.edu/news/leopold-letter/2002/spring/duck-power-and-tale-success-six-acres-ecosystem> – acedido em Julho 2012.

Gagliardi, J.V., Karns, J.S. (2000). *Leaching of Escherichia coli O157:H7 in Diverse Soils under Various Agricultural Management Practices*. Applied and Environmental Microbiology, Vol. 66, Fasc. 3, pp. 877-883.

Gikas, G.D., Yiannakopoulos, T., Tsihrintzis, V.A. (2009). *Hydrodynamic and Nutrient Modeling in a Mediterranean Coastal Lagoon*. Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, Vol. 44, Fasc. 13, pp. 1400-1423.

Guerin, T.F., Horner, S., McGovern, T., Davey, B. (2002). *An Application of Permeable Reactive Barrier Technology to Petroleum Hydrocarbon Contaminated Groundwater*. Water Research, Vol. 36, pp. 15-24.

Hagiwara, M., Kawamura, S., Yamamoto, T. (2008). *Reduction of Phosphate Application in Paddy Rice Cultivation for More Sustainable and Environmentally Sound Agriculture*. Journal of Faculty of Agriculture Shinshu University, Vol. 44, Fas. 1-2, pp. 53-56.

Howden, S.M., Turnpenny, J. (1988). *Modelling Heat Stress and Water Loses of Beef Cattle in Subtropical Queensland under Current Climates and Climate Change*. CSIRO Wildlife & Ecology, Resource Futures Program, Integrated Global Change Impact Assessment Project. Working Document 98/03. pp. 8.

Hunter, H., Fellows, C., Rassam, D., Hayr, R., Pagendam, D., Conway, C., Bloesch, P., Beard, N. (2006). *Managing Riparian Lands to Improve Water Quality: Optimising Nitrate Removal Via Denitrification*. Cooperative Research Centre for Coastal Zone, Estuary & Waterway Management, Technical Report 57, pp. 23.

INAG, I.P. (2009). *Critérios para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais – Rios e Albufeiras*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

INAG, ARH Alentejo (2009). *Questões Significativas da Gestão da Água - Sado e Mira - Informação de Suporte*. Disponível em http://www.arhalentejo.pt/downloads/part_publica_pgrh/Documento_Final-QSiga_Sado_Mira_Fev_2009.pdf – acedido em Junho 2012, pp. 114.

INSAAR (2011). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e do Tratamento de Águas Residuais. Sistemas Públicos Urbanos INSAAR 2010 (dados 2009)*. Lisboa, pp. 228. In: <http://insaar.inag.pt/bo/contents/resultadosrelatorios/13130611416235.pdf> – acedido em 27 Junho 2012

InterSIG (2010). Disponível em <http://intersig-web.inag.pt/intersig/> – acedido em Junho/Julho 2012.

IRAR (2007) – *Gestão de Fossas Séticas no Âmbito de Soluções Particulares de Disposição de Águas Residuais*. Recomendação IRAR n.º 01/2007, Lisboa, pp. 9

Jamieson, R.C., Gordon, R.J., Sharples, K.E., Stratton, G.W., Madani, A. (2001). *Movement and Persistence of Fecal Bacteria in Agricultural Soils and Subsurface Drainage Water: A Review*. Canadian Biosystems Engineering, Vol. 44, pp. 6.1–6.10. In: <http://lshs.tamu.edu/docs/lshs/end-notes/movement%20and%20persistence%20of%20fecal%20bacte-1148364108/movement%20and%20persistence%20of%20fecal%20bacteria%20in%20agricultural%20soils%20and%20subsurface%20drainage%20water.pdf> – acedido em Agosto 2012.

Jang, T.I., Park, S.W., Kim, H.K. (2008). *Environmental Effects Analysis of a Wastewater Reuse System for Agriculture in Korea*. Water Science and Technology: Water Supply, Vol. 8, Fasc. 1, pp. 37-42.

Jensen, A. (2002). *Repairing Wetlands of the Lower Murray: Learning from Restoration Practice*. Ecological Management & Restoration, Vol. 3, Fasc. 1, pp. 5-14.

Jesus, J.J.B. (2008). *Requalificação Ambiental da Ribeira de Odelouca*. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Tecnologias Ambientais. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, pp. 97.

Jing, S.-R., Lin, Y.-F. (2004). *Seasonal Effect on Ammonia-Nitrogen Removal by Constructed Wetlands Treating Polluted River Water in Southern Taiwan*. Environmental Pollution, Vol. 127, pp. 291-301.

Kadam, A., Oza, G., Nemade, P., Dutta, S., Shankar, H. (2008). *Municipal Wastewater Treatment Using Novel Constructed Soil Filter System*. Chemosphere, Vol. 71, pp. 975-981.

Kern, J., Idler, C. (1999). *Treatment of Domestic and Agricultural Wastewater by Reed Bed Systems*. Ecological Engineering, Vol. 12, pp. 13-25.

Kristensen, P. (2004). *The DPSIR Framework*. Paper presented at the 27-29 September 2004 workshop on a comprehensive/detailed assessment of the vulnerability of water resources to

environmental change in Africa using river basin approach. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya, pp. 10.

Lee, S.Y., Maniquiz, M.C., Choi, J.Y., Kang, J.-H., Kim, L.-H. (2012). *Phosphorus Mass Balance in a Surface Flow Constructed Wetland Receiving Piggery Wastewater Effluents*. Water Science & Technology, Vol. 66, Fasc. 4, pp. 712-718.

Leitão, T.L., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P., Vilhena, J., Almeida, A., Tomé, A., Pires, A.M. (2012). *Análise Integrada da Qualidade da Água e dos Ecossistemas na Bacia Hidrográfica da Ribeira de Melides*. 11º Congresso da Água “Valorizar a água num contexto de incerteza”. Porto, pp. 15.

Lin, X., Cao, L., Xiong, J., Zhang, R. (2012). *Interaction of Denitrifying Bacteria, Actinomycetes and Fungi on Nitrate Removal in Mix-Culturing Systems*. Water, Air and Soil Pollution, Vol. 223, pp. 2995-3007.

Lobo Ferreira, J.P. (2008). *Apresentação dos objectivos e dos resultados alcançados para o Algarve no Projecto Gabardine e na Acção de Coordenação ASEMWaterNet*. Workshop International Year of Planet Earth (IYPE) - “Groundwater: reservoir for a thirsty planet. Aquifer storage and recovery methodologies aiming at drought mitigation and integrated water resource Management of the Algarve”. Centro de Congressos do LNEC, 27 de Novembro de 2008.

Lobo Ferreira, J.P., Vaz Pinto, I., Monteiro, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T.E., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Pombo, S., Silva, M.F., Igreja, A., Nunes, J.F., Leal, G., Henriques, M.J., Silva, D., Oliveira, L., Martins, T., Martins, R., Monte, M., Martins, J., Braceiro, A., Henriques, R.S., Quaresma, M. (2011). *Plano das bacias hidrográficas das Ribeiras do Oeste - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos. (Versão de Agosto de 2011)*. Consórcio Hidroprojeto/LNEC/ICCE. Estudo realizado para a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., pp. 597.

Lobo Ferreira, J.P., Vaz Pinto, I., Monteiro, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T.E., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Pombo, S., Silva, M.F., Igreja, A., Nunes, J.F., Leal, G., Henriques, M.J., Silva, D., Oliveira, L., Martins, T., Martins, R., Monte, M., Martins, J., Braceiro, A., Henriques, R.S., Quaresma, M. (2012a). *Plano das bacias hidrográficas das Ribeiras do Oeste - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos. Conteúdos para Consulta Pública. Medidas para Alcançar e Manter o Estado Bom do Sistema Aquífero de Caldas da Rainha-Nazaré*. Consórcio LNEC/ICCE. Rel. 290/2011 – NAS. Estudo realizado para a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., pp. 107.

Lobo Ferreira, J.P., Vaz Pinto, I., Monteiro, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T.E., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Pombo, S., Silva, M.F., Igreja, A., Nunes, J.F., Leal, G., Henriques, M.J., Silva, D., Oliveira, L., Martins, T., Martins, R., Monte, M., Martins, J., Braceiro, A., Henriques, R.S., Quaresma, M. (2012b). *Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Tejo - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos. Medidas para Alcançar e Manter o Estado Bom do Sistema Aquífero de Escusa*. Consórcio Hidroprojeto/LNEC/ICCE. Rel. 290/2011 – NAS. Estudo realizado para a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., pp. 79.

Loizeau, J.-L., Pardos, M., Monna, F., Peytremann, C., Haller, L., Dominik, J. (2004). *The Impact of a Sewage Treatment Plant's Effluent on Sediment Quality in a Small Bay in Lake Geneva (Switzerland-France). Part 2: Temporal Evolution of Heavy Metals*. Lakes & Reservoirs: Research and Management, Vol. 9, pp. 53-63.

Lourenço, N., Machado, C.R., Vilhena, J., Pires, A., Rodrigues, L., Norberto, S., Esteves, L. (2011). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana. Uma Abordagem Integrada e Participativa na Definição de Estratégias Inovadoras e Prospectivas de Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Sul de Portugal – PROWATERMAN. Relatório da Task n.º 5 - Drinking Water and Irrigation: Competition Over a Scarce Resource*. Barcarena, Universidade Atlântica, pp. 50.

Lourenço, N., Machado, C.R., Rodrigues, L., Vilhena, J., Pires, A., Norberto, S., Esteves, L. (2012). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana. Uma Abordagem Integrada e Participativa na Definição de Estratégias Inovadoras e Prospectivas de Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Sul de Portugal – PROWATERMAN. Relatório da Task n.º 2 – Analysis of Environmental and Socio-Economic Driving Forces*. Barcarena, Universidade Atlântica, pp. 103.

Lourenço, N., Machado, C.R., Pires, A., Vilhena, J., Rodrigues, L., Norberto, S., Almeida, A., Tomé., M., Esteves, L. (2012a). *PROWATERMAN – Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana. Uma Abordagem Integrada e Participativa na Definição de Estratégias Inovadoras e Prospectivas de Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Sul de Portugal. Actividades da Equipa de Investigação da Universidade Atlântica*. LNEC, Lisboa, 20 de Janeiro, Reunião Anual do Projecto, Power Point, 25 slides.

Lourenço, N., Machado, C.R., Pires, A., Vilhena, J., Rodrigues, L., Norberto, S., Almeida, A., Tomé., M., Esteves, L. (2012b). *PROWATERMAN – Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana. Uma Abordagem Integrada e Participativa na Definição de Estratégias Inovadoras e Prospectivas de Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Sul de Portugal. Actividades da Equipa de Investigação da Universidade Atlântica*. LNEC, Lisboa, 23 de Abril, Reunião de Projecto, Power Point, 18 slides.

MADRP (1997). *Código de Boas Práticas Agrícolas para a Protecção da Água Contra a Poluição com Nitratos de Origem Agrícola*. Lisboa, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, pp. 53.

Martin, L., Emma, G. (2010). *Salinity and Eutrophication Management by in situ Continuous Real-Time Monitoring and 3D Modelling (Hydrodynamics Coupled with Water Quality): The Case of the Berre Lagoon (Mediterranean, France)*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-9938, EGU General Assembly 2010, pp. 2.

Masike, S, Ulrich, P. (2009). *The Projected Cost of Climate Change to Livestock Water Supply and Implications in Kgatleng District, Botswana*. World Journal of Agricultural Sciences. Vol. 5, pp. 597-603.

Matamoros, V., Puigagut, J., García, J., Bayona, J.M. (2007). *Behaviour of Selected Priority Organic Pollutants in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands: A Preliminary Screening*. Chemosphere, Vol. 69, Fasc. 9, pp. 1374-1380.

Matsuno, Y. (2011). *Monitoring and Management of Irrigation Water Quality in Japan*. pp. 8, In: http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110726150303&type_id=4 – acedido em Julho 2012.

Mendiondo, E.M. (2009). *Global Review of Lake and Reservoir Eutrophication and Associated Management Challenges*. pp. 14. In: http://wldb.ilec.or.jp/ILBMTrainingMaterials/resources/eutrophication_challenges.pdf – acedido em Agosto 2012.

Mohammed, A., Ramnath, K., Dyal, S., Lalla, F., Roopchand J. *Rehabilitation of Seven (7) Hydrocarbon Contaminated Sites in a Brackish Water/Lagoon Environment in South Trinidad*. The Petroleum

Company of Trinidad and Tobago (PETROTRIN), pp. 8. In: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=8105> – acedido em Agosto 2012.

Monteiro J.P., Chambel, A., Martins, J. (2008). *Conceptual and Numerical Flow Model of the Sines Aquifer System (Alentejo, South Portugal)*. International Groundwater Symposium, International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR), Istanbul, Turkey, 18-20 June 2008. p 38 (abstract) and doc. elect. CD-Rom, pp. 9.

Mortensen, L.F. (1997). *The Driving Force-State-Response Framework Used by the CSD*. In: Moldan, B., Billharz, S., Matrevers, R. (1997) "Sustainability Indicators: A Report on the Project of Indicators of Sustainable Development". SCOPE, J. Wiley & Sons, Chichester.

Nagafuchi, O., Inoue, T., Ebise, S. (1994). *Runoff Pattern of Pesticides from Paddy Fields in the Catchment Area of Rikimaru Reservoir, Japan*. Water Science and Technology, Vol. 30, Fasc. 7, pp. 137-144.

NEMUS, ECOSSISTEMA, AGRO.GES (2011). *Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas Integradas nas Regiões Hidrográficas 6 e 7. Região Hidrográfica 6. Relatório Técnico para Efeitos de Participação Pública*. Trabalho realizado para a ARH Alentejo, Lisboa, pp. 386.

Novo, M.E., Oliveira, L.S., Henriques, M.J. (2013). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Atividade Humana – Projeto PROWATERMAN. Sexto Relatório Temático – Medidas de Mitigação e Priorização da Atuação*. LNEC, Lisboa, Relatório 79/2013-DHA/NAS, 70 pp.

Oliveira, M. M., Moinante, M.J., Lobo Ferreira, J. P. (1997). *Cartografia Automática da Vulnerabilidade de Aquíferos com Base na Aplicação do Método DRASTIC*. Relatório Final. Lisboa, LNEC, Relatório 60/97-GIAS, 535 pp.

Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P. (2002a). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. 6º Congresso da Água: "A água é D'ouro", Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), Porto, Março de 2002, 16 pp.

Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P.C. (2002b). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Revista Recursos Hídricos, Vol. 23 n.º 1, Maio 2002 pp. 63-74.

Oliveira, L., Leitão, T.L., Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M.M., Novo, M.E. (2011). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Terceiro Relatório Temático – Resultados Quantitativos e Qualitativos das Campanhas de 2011 e Balanços Hídricos*. Lisboa, LNEC, Relatório 291/2011-NAS, pp. 94.

Oliveira, L., Martins, T., Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M. M., Novo, M. E., Leitão, T. E. (2012). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Quarto Relatório Temático – Contributos para o Desenvolvimento de Medidas para uma Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos no Sul de Portugal*. Relatório 153/2012-NAS. LNEC, Junho, 2012, pp. 44.

Oliveira, L., Novo, M. E., Lobo Ferreira, J.P. (2012a). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Componente do Núcleo de Águas Subterrâneas para o Desenvolvimento de Medidas de Mitigação em Melides*. Lisboa, LNEC, Relatório 182/2011-NAS, pp. 35.

Onishi, T., Nakamura, K., Horino, H., Adachi, T., Mitsuno, T. (2012). *Evaluation of the Denitrification Rate of Terraced Paddy Fields*. Journal of Hydrology, Vol. 436/437, pp. 111–119

Oron, G., Campos, C., Gillerman, L., Salgot, M. (1999). *Wastewater Treatment, Renovation and Reuse for Agricultural Irrigation in Small Communities*. Agricultural Water Management, Vol. 38, Fasc. 3, pp. 223-234.

Patience (2012). *The Importance of Water in Pork Production*. Animal Frontiers April 2012 vol. 2 no. 2 28-35. In: <http://animalfrontiers.fass.org/content/2/2/28.full#ref-32>. – acedido em Junho 2012.

Pattanasupong, A., Nagase, H., Inoue, M., Hirata, K., Tani, K., Nasu, M., Miyamoto, K., (2004). *Ability of a Microbial Consortium to Remove Pesticide, Carbendazim and 2,4-dichlorophenoxyacetic Acid*. World Journal of Microbiology & Biotechnology, Vol. 20, pp. 517-522.

Pereira, T. (2003). *Impacto da Utilização de Pesticidas em Ecossistemas Orizícolas sobre a Qualidade das Águas Superficiais*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agronómica, ISA, Universidade Técnica de Lisboa, pp. 394.

Pereira, R., Soares, A.M.V.M., Ribeiro, R., Gonçalves, F. (2002). *Assessing the Trophic State of Linhos Lake: A First Step Towards Ecological Rehabilitation*. Journal of Environmental Management, Vol. 64, pp. 285–297.

Perilla, O.L.U., Gómez, A.G., Gómez, A.G., Díaz, C. A., Cortezón, J.A.R. (2012). *Methodology to Assess Sustainable Management of Water Resources in Coastal Lagoons with Agricultural Uses: An Application to the Albufera Lagoon of Valencia (Eastern Spain)*. Ecological Indicators, Vol. 13, pp. 129-143.

Power, J.F., Wiese, R., Flowerday, D. (2001). *Managing Farming Systems for Nitrate Control: A Research Review from Management Systems Evaluation Areas*. Journal of Environmental Quality. Vol. 30, pp. 1866-1880.

Reinoso, R., Torres, L.A., Bécares, E. (2008). *Efficiency of Natural Systems for Removal of Bacteria and Pathogenic Parasites from Wastewater*. Science of the Total Environment, Vol. 395, Fasc. 2-3, pp. 80-86.

REN (2005) – *Manual de Boas Práticas Ambientais*. Rede Eléctrica Nacional, S.A. Lisboa, pp. 28.

Riedel-Lehrke, M. (1997). *Bio-manipulation: Food Web Management of Lake Ecosystems*. Department of Horticultural Science, University of Minnesota, St. Paul, Restoration and Reclamation Review, Student On-Line Journal, Vol. 2, Fasc. 2, pp. 5.

Rivett, M.O., Buss, S.R., Morgan, P., Smith, J.W.N., Bemment, C.D. (2008). *Nitrate Attenuation in Groundwater: A Review of Biogeochemical Controlling Processes*. Water Research, Vol. 42, pp. 4215-4423.

Robertson, W.D., Cherry, J.A. (1995). *In Situ Denitrification of Septic-System Nitrate Using Reactive Porous Media Barriers: Field Trials*. Ground Water. Vol. 33, Fasc. 1, pp. 99-111.

Rounsevell, M.D.A., Reginster, I., Araújo, M.B., Carter, T.R., Dendoncker, N., Ewert, F., House, J.I., Kankaapää, S., Leemans, R., Metzger, M.J., Schmit, C., Smith, P., Tuck, G., (2006). *A Coherent Set of Future Land Use Change Scenarios for Europe*. *Agricultural Ecosystems & Environment*, Vol. 114, pp. 57-68.

Rudder, T. (1992). *Hydrocarbon Removal System*. Patent number: 5173092, Issue date: 22 Dec 1992. In: <http://www.google.pt/patents/US5173092?dq=hydrocarbon+removal+in+rivers> – acedido em Julho 2012.

Ryding, S.-O. (1982). *Lake Trehörningen Restoration Project. Changes in Water Quality after Sediment Dredging*. *Hydrobiologia*, Vol.91, pp.549- 558.

Salvador, N., Monteiro, J.P. (2010). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Terceiro Relatório Temático – Caracterização de Estatutos de Proteção, Identificação de Massas de Água em Risco de não Cumprimento de Objectivos Ambientais e Redes de Monitorização*. Faro, Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, pp. 47.

Salvador, N., Oliveira, M.M., Reis, E., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P., Monteiro, J.P. (2012). *Contribuição para a Quantificação das Relações Rio-Aquífero no Sistema Aquífero Querença-Silves*. 11º Congresso da Água “Valorizar a água num contexto de incerteza”. Porto, pp. 15.

Sameiro, T., Gomes, N. (2009). *Temática dos Postos de Abastecimento de Combustíveis*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Inspeção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa, pp. 17. In: <http://www.igaot.pt/wp-content/uploads/2009/12/RT-Postos-de-Abastecimento.pdf> – acedido em Julho 2012.

Schavion S., Emmans G. C. (2000). *A Model to Predict Water Intake of a Pig Growing in a Known Environment on a Known Diet*. *The British Journal of Nutrition*, Vol. 84, pp. 873–883.

Seelig, B., McMullen, M. (1996). *Integrated Pest Management (IPM) BMPs for Groundwater Protection from Pesticides*. In: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/h2oqual/watgrnd/ae1114w.htm> – acedido em Agosto 2012.

Seelig, B., Nowatzki J. (1996). *Farmstead BMP Recommendations for Groundwater Protection from Pesticides*. In: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/h2oqual/watgrnd/ae1112w.htm> – acedido em Agosto 2012.

Seelig, B. (1996). *Soil and Water Conservation BMPs for Groundwater Protection from Pesticide*. In <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/h2oqual/watgrnd/ae1115w.htm> – acedido em Agosto 2012.

Shapiro, J., Lamarra, V., Lynch, M. (1976). *Biomanipulation: An Ecosystem Approach to Lake Restoration*. pp., 85-96. In: <http://www.indiana.edu/~lynchlab/PDF/Lynch2.pdf> – acedido em Agosto 2012.

Shitarani, E. (2008). *Sustainable Agriculture to Conserve Water Environment in Japan*. pp. 10. In: http://www.rid.go.th/thaicid/_5_article/5symposium/INWEPF-P1-10.pdf – acedido em Julho 2012.

Shrimali, M., Singh, K.P. (2001). *New Methods of Nitrate Removal from Water*. *Environmental Pollution*, Vol. 112, Fasc. 3, pp. 351-359.

SIAM (2006). *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II*. Santos e Miranda (editores). Editora Gradiva, pp. 505.

Solano, M.L., Soriano, P., Ciria, M.P. (2004). *Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages*. Biosystems Engineering, Vol. 87, Fasc. 1, pp. 109-118.

Starr, R.C., Gillham, R.W. (1993). *Denitrification and Organic Carbon Availability in Two Aquifers*. Ground Water, Vol. 31, Fasc. 6, pp. 934-947.

Takeda, I., Fujushima, A., Tanaka, R. (1997). *Non-Point Pollutant Reduction in a Paddy-Field Watershed Using a Circular Irrigation System*. Water Research, Vol. 31, Fasc. 11, pp. 2685-2692.

Tanner, C.C., Clayton, J.S., Upsdell, M.P. (1995). *Effect of Loading Rate and Planting on Treatment of Dairy Farm Wastewaters in Constructed Wetlands-I. Removal of Oxygen Demand, Suspended Solids and Faecal Coliforms*. Water Research, Vol., 29, Fasc. 1, pp. 17-26,

Terceiro, P. (2008). *Análise da Governância no Quadro de Gestão da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Guadiana. Aplicação ao Primeiro Enchimento da Albufeira de Alqueva (2002-2007)*. Tese de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos, Instituto Superior Técnico, Lisboa, pp. 176.

Terry, N., Bañuelos, G.S. (2000). *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*. CRC Library of the Congress, pp. 380.

Tompkins, J.A., Smith, S.R., Cartmell, E., Wheeler, H.S. (2001). *In-Situ Bioremediation is a Viable Option for Denitrification of Chalk Groundwaters*. Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology, Vol. 34, Fasc. 1, pp. 111-125

Tonderski, K.S., Arheimer, B., Pers, Charlotta, B. (2005). *Modeling the Impact of Potential Wetlands on Phosphorus Retention in a Swedish Catchment*. AMBIO: A Journal of the Human Environment, Vol. 34, Fasc. 7, pp.544-551.

Toze, S., Hanna, J., Smith, T., Edmonds, L., McCrow, A. (2004). *Determination of Water Quality Improvements Due to the Artificial Recharge of Treated Effluent*. Wastewater Reuse and Groundwater Quality (Proceedings of symposium HS04 held during IUGG2003 at Sapporo. July 2003). IAHS Publ. 285, pp. 53.

Tyler, H.L., Moore, M.T., Locke, M.A. (2012). *Influence of Three Aquatic Macrophytes on Mitigation of Nitrogen Species from Agricultural Runoff*. Water, Air and Soil Pollution, Vol. 223, pp. 3227-3236

Ueno, Y., Fujii, M. (2001). *Three Years Experience of Operating and Selling Recovered Struvite from Full-Scale Plant*. Environmental Technology, Vol. 22, Fasc. 11, pp. 1373-1381.

Ulluwishewa, R. (1991). *Soil Fertility Management of Paddy Fields by Traditional Farmers in the Dry Zone of Sri Lanka*. Journal of Sustainable Agriculture, Volume 1, Fasc. 3, pages 95-106.

Ulluwishewa, R. (1991). *Modernization versus Sustainability: Disintegrating Village Agro-ecocomplexes in the Dry Zone of Sri Lanka*. Rohana Ulluwishewa. Environmental Conservation, Vol. 18, Fasc. 2, pp. 103-109

- Van Vleet, E.S., Quinn, J.G. (1977). *Input and Fate of Petroleum Hydrocarbons Entering the Providence River and Upper Narraganset Bay from Wastewater Effluents*. Environmental Science and Technology, Vol. 11, Fasc. 12, pp. 1086–1092.
- Varel, V.H., Miller, D.L. (2004). *Eugenol Stimulates Lactate Accumulation yet Inhibits Volatile Fatty Acid Production and Eliminates Coliform Bacteria in Cattle and Swine Waste*. Journal of Applied Microbiology, Vol. 97, 1001-1005.
- Walid, A. (2009). *Assessment of Climate Changes on Water Resources in Kingdom of Saudi Arabia*. http://portal.worldwaterforum5.org/wwf5/en-us/worldregions/MENA%20Arab%20region/Consultation%20Library/Climate%20Change%20_Saudi%20Arabia.doc – acedido em Maio 2012.
- Wathugala, A.G., Suzuki, T., Kurihara, Y. (1987). *Removal of Nitrogen, Phosphorus and COD from Waste Water Using Sand Filtration System with Phragmites Australis*. Water Research, Vol. 21, Fasc. 10, pp. 1217-1224.
- Weber, G.J., O'Sullivan, P.E., Brassley, P. (2006). *Hindcasting of Nutrient Loadings from its Catchment on a Highly Valuable Coastal Lagoon: The Example of the Fleet, Dorset, UK, 1866–2004*. Saline Systems, Vol. 2, Fasc.15, pp. 24
- Whitehead, P.G., Wilby, R.L., Butterfield, D., Wade, A.J. (2006). *Impacts of Climate Change on in-Stream Nitrogen in a Lowland Chalk Aquifer: An Appraisal of Adaptation Strategies*. Science of the Total Environment, Vol. 365, pp. 260-273.
- Xavier, M.J., Viana, P., Mendonça, E., Silva, L., Fernandes, A.M.S.S. (2005). *Relatório Final do AGRO 24 – Uso de Pesticidas em Arrozais numa Perspectiva de Agricultura Sustentada. 5 – Medidas de Mitigação Aconselhadas*. Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, Instituto do Ambiente, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial Instituto Nacional de Investigação Agrária, Instituto Superior de Agronomia. In: http://www.isa.utl.pt/dppf/agro24/relatorio_Final/AGRO24_Cap5.pdf – acedido em Junho de 2012
- Xing, G., Zhao, X., Xiong, Z., Yan, X., Xu, H., Xie, Y., Shi, S. (2009). *Nitrous Oxide Emission from Paddy Fields in China*. Acta Ecologica Sinica, Vol. 29, pp. 45-50.
- Yang, L. (2012). *Improvement of Urban Water Environment of Kaohsiung City, Taiwan, by Ecotechnology*. Water Science & Technology, Vol. 66, Fasc. 4, pp. 728–734.
- Yu, S., Li, S., Tang, Y., Wu, X. (2011). *Succession of Bacterial Community Along with the Removal of Heavy Crude Oil Pollutants by Multiple Biostimulation Treatments in the Yellow River Delta, China*. Journal of Environmental Science (China), Col. 23, Fasc. 9, pp. 1533-1543.
- Yu, X., König, T., Qi, Z., Gao Y. (2012). *Nitrogen and Phosphorus Removal of Locally Adapted Plant Species Used in Constructed Wetlands in China*. Water Science & Technology, Vol. 66, Fasc. 4, pp. 695-703.
- Zhang, Z.J., Zhang, J.Y., He, R., Wang, Z.D., Zhu, Y.M. (2007). *Phosphorus Interception in Floodwater of Paddy Field During the Rice-Growing Season in Tai Hu Lake Basin*. Environmental Pollution, Vol 145, pp. 425-433.

Zou, J., Huang, Y., Zheng, X., Wang, Y. (2007). *Quantifying Direct N₂O Emissions in Paddy Fields During Rice Growing Season in Mainland China: Dependence on Water Regime*. Atmospheric Environment, Vol. 41, pp. 8030-8042.

Zhou, S., Sakiyama, Y., Riya, S., Song, X., Terada, A., Hosomi, M. (2012). *Assessing Nitrification and Denitrification in a Paddy Soil with Different Water Dynamics and Applied Liquid Cattle Waste using the (15)N Isotopic Technique*. The Science of the Total Environment, Vol. 430, pp.93-100.

ANEXO I

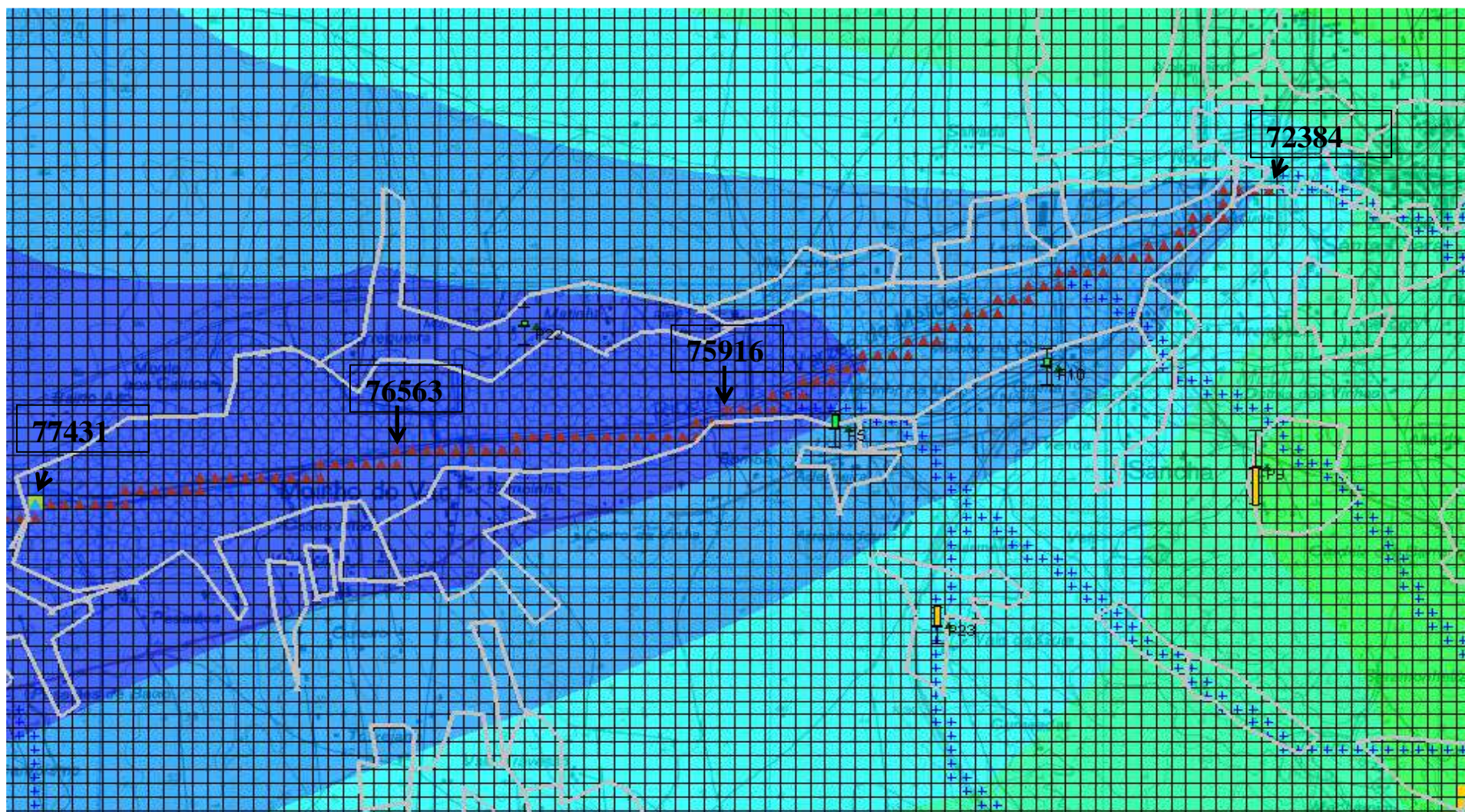


Figura 30 – Malha do modelo matemático, com indicação das células representantes da ribeira, ao longo das quais descarrega o aquífero

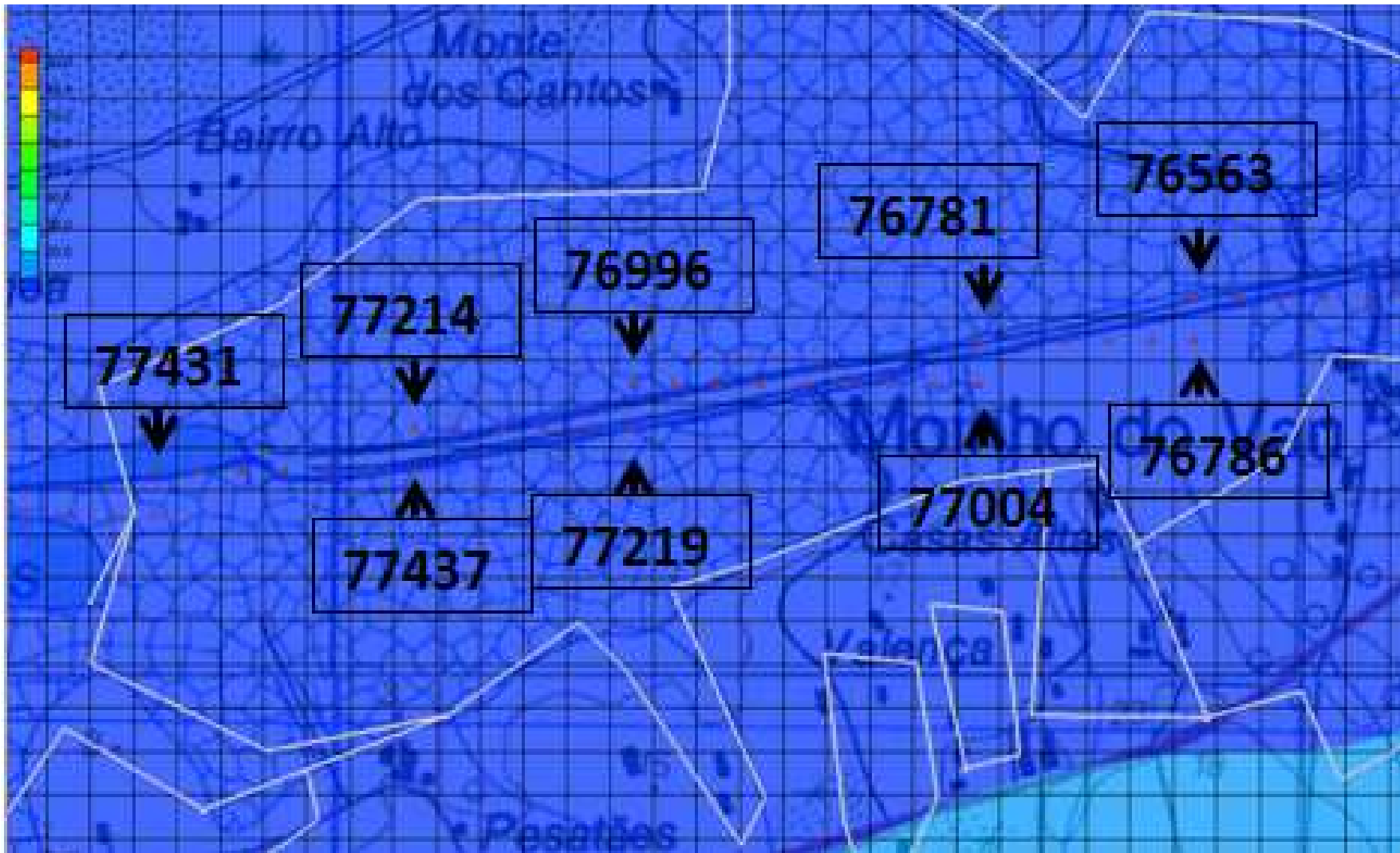


Figura 31 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (sector de jusante dos arrozais; zona vestibular da ribeira)

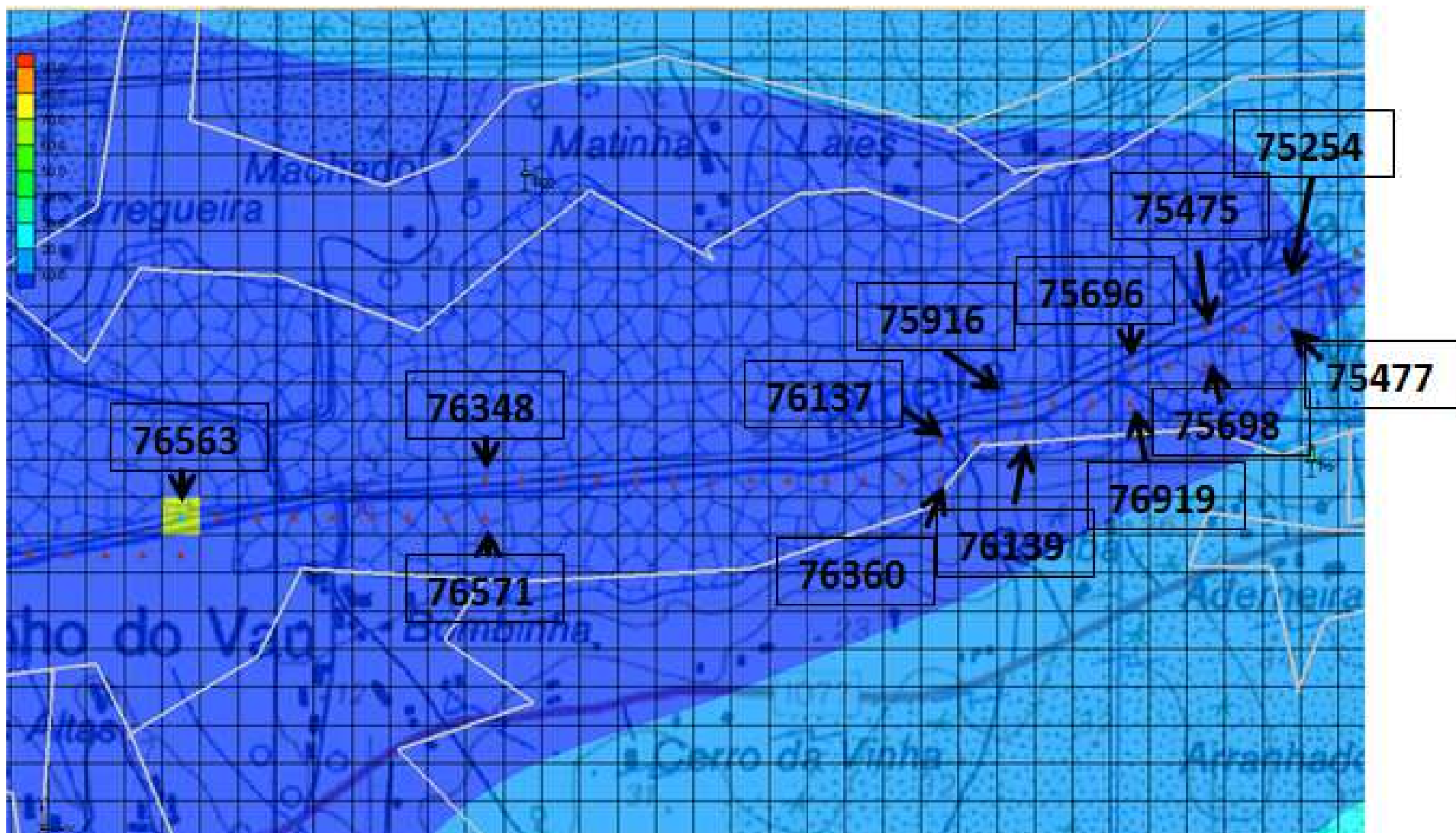


Figura 32 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (sector central dos arrozais)

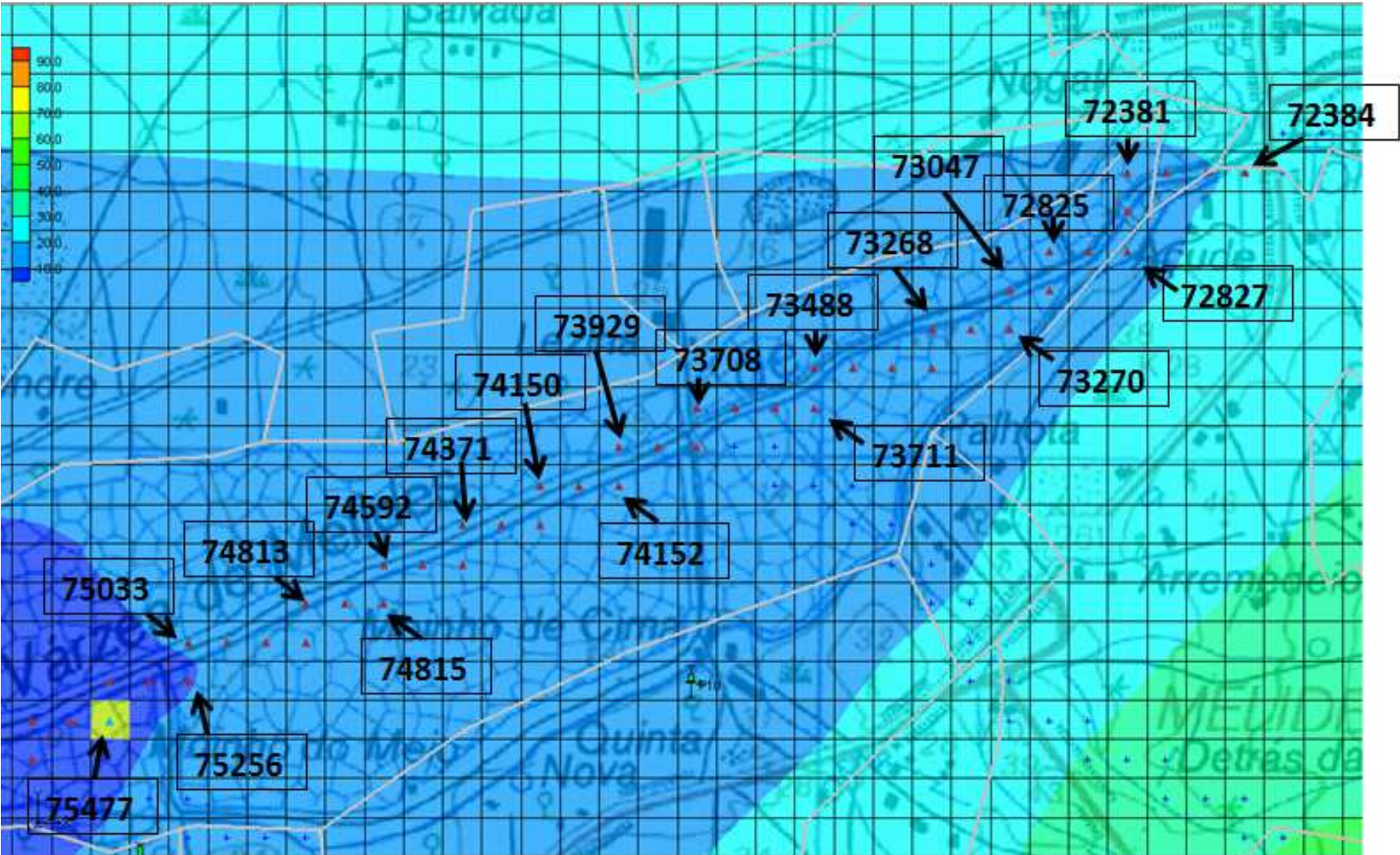


Figura 33 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (sector de montante dos arrozais)

Quadro 93 – Células de descarga na ribeira para cada fonte poluente e respetiva percentagem de poluente descarregado face à carga total de poluente na fonte

| Fontes poluentes | | Pontos de monitorização no aquífero onde poluente foi detetado | Pontos de descarga na ribeira e respetivas percentagens face à carga total de cada fonte poluente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|--|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Pomar | P1 | -- | 77871 7% | 77649 13% | 77650 20% | 77651 33% | 77652 13% | 77653 13% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P2 | -- | 76783 10% | 76784 20% | 76785 50% | 76786 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P3 | -- | 77214 63% | 76998 3% | 77000 3% | 77002 7% | 77003 7% | 76781 3% | 76782 7% | 76783 7% | | | | | | | | | | | | | | |
| | P4 | -- | 77215 20% | 76781 80% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P5 | -- | 76785 5% | 76563 10% | 76564 60% | 76568 5% | 76569 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P6 | P5: transita 20% da carga | 75917 25% | 75918 10% | 75696 65% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P7 | P23: transita 5%; P5: transita 35% da carga | 75918 30% | 75696 10% | 75697 30% | 75698 30% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P8 | P9 e P10: transita 7% da carga | 75697 3% | 75255 10% | 75256 3% | 75034 40% | 74813 7% | 74814 3% | 74593 3% | 74594 3% | 74372 3% | 73709 7% | 73489 7% | 73269 7% | 72826 3% | | | | | | | | | |
| | P9 | -- | 75696 27% | 75476 7% | 75255 10% | 75034 7% | 73048 7% | 72826 20% | 72604 23% | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P10 | -- | 74592 2% | 74371 6% | 74372 2% | 74150 20% | 74151 2% | 73929 16% | 73930 6% | 73708 10% | 73709 18% | 73710 4% | 73488 10% | 73489 4% | | | | | | | | | | |
| | P11 | -- | 72381 27% | 73048 7% | 73047 47% | 73269 13% | 73268 7% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P12 | P15: transita 17% da carga | 75034 10% | 73489 3% | 73490 3% | 73491 3% | 73269 7% | 72826 3% | 72604 47% | 72381 7% | 72382 13% | 72383 3% | | | | | | | | | | | | |
| | P13 | -- | 76348 13% | 76137 10% | 75917 3% | 75696 33% | 75034 40% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P15 | P18: transita 10% da carga | 72604 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P18 | -- | 75696 25% | 75475 10% | 75476 25% | 75477 10% | 75255 15% | 75256 15% | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Fontes poluentes | | Pontos de monitorização no aquífero onde poluente foi detetado | Pontos de descarga na ribeira e respetivas percentagens face à carga total de cada fonte poluente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| Pomar + Vinha | PV1 | -- | 73269 | 73047 | 73048 | 72826 | 72381 | 72382 | 72383 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 3% | 3% | 3% | 3% | 31% | 54% | 3% | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sistemas culturais | SC1 | -- | Lagoa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 78% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SC2 | -- | 77215 | 77217 | 77218 | 77219 | 76997 | 77000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 10% | 20% | 40% | 10% | 10% | 10% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SC3 | -- | 77214 | 77001 | 76781 | 76784 | 76564 | 76566 | 76567 | 76568 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 7% | 3% | 20% | 7% | 30% | 20% | 10% | 3% | | | | | | | | | | | | | | |
| | SC4 | P22: transita 6% da carga | 76998 | 76999 | 77001 | 77002 | 76781 | 76783 | 76784 | 76563 | 76564 | 76565 | 76566 | 76567 | 76568 | 76569 | 76348 | 76349 | 76350 | 76351 | 76352 | 76353 | 76354 | |
| | | | 4% | 4% | 6% | 6% | 6% | 4% | 4% | 4% | 6% | 8% | 4% | 6% | 2% | 6% | 4% | 4% | 6% | 2% | 4% | 4% | 4% | 6% |
| | SC5 | -- | 76355 | 76356 | 76357 | 76358 | 76137 | 76138 | 75916 | 75917 | 75918 | 75696 | | | | | | | | | | | | |
| | | | 10% | 5% | 5% | 5% | 10% | 15% | 10% | 15% | 5% | 20% | | | | | | | | | | | | |
| | SC6 | P23: transita 15%; P5: transita 10% da carga | 75696 | 75697 | 75476 | 75477 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 70% | 5% | 10% | 15% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SC7 | -- | 72826 | 72604 | 72605 | 72606 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 15% | 75% | 5% | 5% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC8 | -- | 75034 | 73269 | 73270 | 73048 | 72826 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 20% | 7% | 7% | 53% | 13% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC9 | -- | 72826 | 72604 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 20% | 80% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC10 | -- | 72384 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC11 | P17: transita 20%; P18: transita 13% da carga | 72381 | 72383 | 72384 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 73% | 20% | 7% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC12 | -- | 75034 | 73930 | 73709 | 73710 | 73711 | 73488 | 72604 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 60% | 3% | 3% | 3% | 7% | 10% | 13% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC13 | -- | 75697 | 75034 | 74371 | 74372 | 74150 | 74151 | 73929 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 7% | 33% | 7% | 13% | 13% | 7% | 20% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC14 | -- | 76348 | 76137 | 75917 | 75696 | 75034 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 14% | 14% | 10% | 40% | 22% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Fontes poluentes | | Pontos de monitorização no aquífero onde poluente foi detetado | Pontos de descarga na ribeira e respetivas percentagens face à carga total de cada fonte poluente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------|--|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Hortas / Culturas temporárias | CT1 | -- | 77432 33% | 77214 40% | 76781 22% | 76564 5% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CT2 | -- | 75475 20% | 75254 33% | 75033 13% | 74592 7% | 74371 13% | 74150 7% | 73929 7% | | | | | | | | | | | | | |
| | CT3 | -- | 73708 27% | 73709 13% | 73710 7% | 73488 13% | 73489 13% | 73268 13% | 73047 7% | 72825 7% | | | | | | | | | | | | |
| | CT4 | P15: transita 3%; P17A: transita 10%; P17: transita 8%; P18: transita 35% da carga | 73709 10% | 72604 83% | 72383 5% | 72402 3% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vinhas | V1A | -- | 77218 16% | 76997 4% | 76998 4% | 76999 8% | 77000 4% | 77001 8% | 77002 4% | 77003 32% | 76781 12% | 76782 8% | | | | | | | | | | |
| | V1B | -- | 76782 12% | 76783 12% | 76784 24% | 76785 16% | 76786 12% | 76564 16% | 76565 8% | | | | | | | | | | | | | |
| | V1C | -- | 77215 28% | 77218 20% | 76997 8% | 76999 12% | 77000 4% | 77001 12% | 77002 12% | 77003 4% | | | | | | | | | | | | |
| | V2 | -- | 75696 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pecuária | SUI1 | -- | 77219 80% | 76997 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SUI2 | P17: transita 20% da carga | 72384 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | BOV1 | P5: transita 20% da carga | 75918 20% | 75696 80% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | BOV2 | -- | 76783 20% | 76784 20% | 76785 20% | 76786 40% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | OVI | -- | 72384 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Fontes poluentes | | Pontos de monitorização no aquífero onde poluente foi detetado | Pontos de descarga na ribeira e respetivas percentagens face à carga total de cada fonte poluente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Urbanas | Azenha Lagoa | -- | Lagoa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Valença | -- | 77216 | 77217 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 40% | 60% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vale Travesso | -- | 76999 | 77001 | 77002 | 77003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 20% | 20% | 40% | 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Moinho do Vau | -- | 76781 | 76564 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 20% | 80% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aderneira | P5: transita 40% da carga | 76139 | 75917 | 75918 | 75919 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 20% | 10% | 50% | 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sancha | P10: transita 27% da carga | 74813 | 74814 | 74815 | 74594 | 74372 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 7% | 20% | 27% | 20% | 27% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Salvada | -- | 75475 | 75476 | 75254 | 74373 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 20% | 10% | 20% | 50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caveira | -- | 75035 | 74150 | 73930 | 73709 | 73710 | 73489 | 73268 | 73269 | 73047 | 73048 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 20% | 4% | 8% | 4% | 12% | 16% | 8% | 8% | 16% | 4% | | | | | | | | | | | | | |
| Sesmaria | -- | Lagoa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parque Campism | -- | Lagoa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Notas: células a azul forte = tempos de percurso superiores a 30 anos; células a azul-turquesa = tempos de percurso entre 20 e 30 anos

ANEXO II

1. Medidas destinadas à mitigação dos problemas de poluição do meio hídrico superficial

a) Hidrocarbonetos

Quadro 94 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por hidrocarbonetos, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|--|
| Medidas de carácter geral | Identificação concreta das fontes poluentes nos pontos mais críticos (ex.: MSup_19) e das cargas poluentes associadas |
| | Implementação de mecanismos de biorremediação por estimulação das comunidades bacterianas autóctones (cf. Yu et al., 2011) nos pontos poluentes mais críticos |
| | Aplicação de sistemas de remoção de hidrocarbonetos das águas nos casos de picos anómalos de poluição e/ou condições de acidente (cf. http://www.centekindustries.com/pcb-removal.html ou http://www.infrastructurene.ws/2012/05/10/hydrocarbons-no-more-2/) |
| Agricultura | Implementação rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Recuperação e manutenção das faixas ripícolas (em especial na ribeira de Melides) com vista à redução do arraste de poluentes para as linhas de água |
| | Implementação e cumprimento das boas regras de manuseamento e eliminação de hidrocarbonetos da atividade agrícola e acomodação/limpeza da maquinaria agrícola |
| ETAR e outra poluição urbana | Construção e colocação em funcionamento de estruturas de contenção e tratamento de hidrocarbonetos nas áreas com forte impacto turístico (ex.: MSup_19) |
| | Construção de estruturas de retenção dos sólidos suspensos associados às descargas da ETAR e transporte destes sedimentos para aterro ou áreas onde não constituam fonte poluente. Em alternativa pode intentar-se o seu tratamento ou a criação de pequenas bacias tipo “zonas húmidas construídas” (cf. Solano et al., 2004) |

b) Nitratos e compostos azotados

Quadro 95 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por nitratos e outros compostos azotados, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|--|
| Atividade agrícola em geral | Implementação rigorosa e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Controlo dos volumes e cargas das lamas de depuração, estrumes e chorumes aplicados nas culturas |
| | Adoção, sempre que viável, da incorporação de resíduos vegetais de outras culturas (ex.: ervilha, soja, fava) |
| | Implementação de faixas ripícolas na vizinhança imediata de áreas agrícolas, de modo a criar barreiras eficazes às escorrências superficiais vindas destas zonas; preferencialmente deverá escolher-se espécies vegetais que, ecologicamente adequadas, demonstrem também boa apetência para reter compostos azotados |
| | Adoção de técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso e/ou reduzam as perdas de nitratos (ex.: enrelvamento de entrelinhas) |
| | Adoção de culturas menos exigentes em nutrientes |
| | Adoção e/ou rotação com culturas com grande apetência para extração de nitratos dos solos |
| Pecuária | Implementação de técnicas de construção/remodelação das estruturas de estabulação que minimizem as necessidades de gastos de água, com vista a reduzir o volume de escorrências superficiais |
| | Impermeabilização das estruturas pecuárias de estabulação e encaminhamento das escorrências para estruturas de retenção impermeabilizadas |
| | Remoção dos efluentes sólidos e líquidos para instalações adequadas de recolha e armazenamento; no caso dos dejetos sólidos de vacarias levá-los para nitreiras devidamente construídas de modo a minimizar as cargas poluentes; avaliação da qualidade e eventuais cargas poluentes associadas destes materiais tratados, através de análises periódicas; implementação de mecanismos de revenda local dos efluentes com melhor qualidade |
| | Construção em torno das zonas de estabulação de barreiras às escorrências (ex.: calhas de recolha e canalização das escorrências para estruturas de retenção, enrelvamento em torno nas instalações pecuárias com plantas com apetência para remoção dos nitratos e outros poluentes) |
| | Aplicação nos canais e outras estruturas de recolha de escorrências e outros efluentes das pecuárias de vegetação com apetência para remoção de nitratos, devidamente adequadas aos ecossistemas e que não constituam risco para os efetivos pecuários |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Pecuária | Identificação de áreas especialmente sensíveis às descargas de efluentes pecuários e implementação de medidas de proteção |
| | Definição da cota de carga poluente máxima por unidade de exploração e controlo das respetivas descargas |
| | Fiscalização de eventuais descargas de efluentes pecuários |
| Arrozais | Aumentar a faixa terrestre entre os canteiros de arroz e os cursos de água, preferencialmente para larguras entre 6 a 10 m |
| | Proibir descargas dos canteiros de arroz diretamente para os rios |
| | Reestruturar as valas de descarga, aumentando-as para profundidades da ordem dos 2 m |
| | Alterar as valas de descarga de modo a que não se realizem descargas diárias para os rios mas se promova algum período de retenção das águas |
| | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados com vista a definir regimes de irrigação com maior potencial para remover o excesso de azoto (cf. Zhou et al., 2007; Xing et al., 2009; Zhou et al., 2012; Onishi et al., 2012) |
| | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados com vista à utilização de técnicas de recarga artificial para tratamento de descargas dos arrozais (cf. Bower, 1997; Toze et al., 2004; Diamantino, 2005; Lobo Ferreira, 2008) |
| | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados, com vista a definir e promover a utilização de fertilizantes cuja remoção do excesso de nutrientes pelo próprio funcionamento natural dos arrozais seja mais eficiente (cf. Cai et al., 1997) |
| | Implementar a vegetação das valas de descarga com plantas com apetência para a remoção de nitratos (ex.: plantas do género <i>Leersia</i> , <i>Typha</i> , etc.; cf. Tyler et al., 2012) pondo à disposição dos agricultores um conjunto de plantas que sejam simultaneamente adequadas aos ecossistemas locais e não sejam competitivas com os arrozais |
| | Implementar mecanismos que tornem a vegetação das valas de descarga dos arrozais e a sua reestruturação economicamente atrativas para os agricultores |
| | Implementar mecanismos que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do cultivo do arroz |
| | Implementação de técnicas de remoção de nitratos por bioestimulação das comunidades de microrganismos do solo (cf. Lin et al., 2012); previamente deverão realizar-se estudos para identificar estas espécies e os impactos da sua bioestimulação sobre a saúde e produtividade das culturas |
| | Implementação da faixa ripícola – com espécies não competitivas com os arrozais – com vista à redução das cargas poluentes que entrem na ribeira e Lagoa |
| | Estudo da viabilidade e capacidade não poluente da aplicação de técnicas de cultivo tradicional de outras zonas orizícolas do planeta, como implementação de sistemas de aquacultura, plantio de árvores ou aplicação de nutrientes na água de irrigação (cf. Ulluwishewa, 1991) |
| | Avaliar da possibilidade de utilizar as águas de descarga da ETAR, com um nível de qualidade adequado, para a rega dos campos de arroz, com vista a reduzir as aplicações de adubos (cf. Shiratani, in http://www.rid.go.th/thacid/ 5_article/5symposium/INWEPF-P1-10.pdf) |
| ETAR | Estudo com vista a definir os eventos de máximos torrenciais da Ribeira de Melides e os ciclos temporais em que ocorrem (caudais de ponta de 50 anos, 100 anos, etc.) |
| | Implementação de medidas de proteção da ETAR a estes eventos torrenciais com vista a impedir o seu extravasamento para a ribeira e áreas adjacentes |
| | Construção de barreiras de proteção à ETAR de modo a impedir danos ou destruição parcial ou mesmo total desta em casos de eventos torrenciais extremos; estas medidas, e as anteriores, deverão fundamentar-se nos resultados dos estudos acima referidos |
| | Construção de pequenas bacias de retenção à saída da ETAR, vegetadas por espécies com capacidade de remoção e retenção de nitratos e outros compostos azotados; estas espécies vegetais deverão ser compatíveis com o ecossistema envolvente |
| | Inspeção periódica da rede de esgotos para detetar e implementar reparações em caso de bloqueio ou rutura da rede por raízes de plantas ou outros materiais, rutura devido a falhas nas estruturas da rede (fissuras, envelhecimento dos materiais, etc.) |
| | Implementação de sistemas de tratamento do tipo RBC (http://www.answers.com/topic/sewage-treatment), “soil bio-technology” (SBT) (cf. Kadam et al., 2008), bio-domas (http://www.triplepundit.com/2011/01/poo-gloos-could-improve-wastewater-treatment-plant-efficiency/) ou outras técnicas alternativas que exijam custos de implementação e funcionamento pouco elevados, biofiltros e “trickling filters” (http://www.answers.com/topic/trickling-filter-1), estes últimos apresentando capacidade para lidar com cargas poluentes variáveis |
| | Estudo de viabilidade da utilização dos efluentes tratados da ETAR no regadio agrícola, incluindo a análise de impactos negativos na qualidade das águas e do funcionamento dos ecossistemas; em caso de resultados positivos implementação da sua utilização (cf. Oron et al., 1999) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|---|
| ETAR | Implementação de planos de contingência em caso de falha do equipamento da ETAR |
| | Estudo de viabilidade de eventuais parcerias com diferentes utilizadores/entidades (ex.: ICN) com vista à melhoria do tratamento e aproveitamento dos efluentes da ETAR |

c) Fosfatos

Quadro 96 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por fósforo e compostos fosfatados, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Atividade agrícola em geral | Implementação rigorosa e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Controlo dos volumes e cargas das lamas de depuração e outros fertilizantes com fósforo aplicados nas culturas |
| | Implementação de faixas ripícolas na vizinhança imediata de áreas agrícolas, de modo a criar barreiras eficazes às escorrências superficiais vindas destas zonas; preferencialmente deverá escolher-se espécies vegetais que, ecologicamente adequadas, demonstrem também boa apetência para reter compostos azotados |
| | Implementação de faixas de vegetação em torno dos campos, destinadas ao aumento do tempo de retenção das águas, redução dos escoamentos superficiais e remoção de nutrientes, em especial de sólidos em suspensão, que são vetores comuns de transporte de fósforo (Zhang et al., 2007) |
| | Adoção de técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso e/ou reduzam as perdas de nutrientes, reduzindo também as escorrências superficiais (ex.: enrelvamento de entrelinhas) |
| | Especial cuidado na dosagem de fertilizantes, tomando em atenção os eventuais excedentes que possam restar no solo das culturas anteriores (cf. Código de Boas Práticas Agrícolas) |
| | Estabelecimento rigoroso e eficaz de planos de fertilização que potenciem a produção das culturas e minimizem as perdas de nutrientes por escorrência superficial |
| | Adoção, sempre que viável, da incorporação de resíduos vegetais de outras culturas (ex.: ervilha, soja, fava) |
| | Fomentar o especial cuidado no armazenamento dos adubos, em especial nas áreas com escorrências diretas para as linhas de água |
| | Rigoroso controlo do uso de lamas de depuração, caso estas sejam usadas com regularidade, divulgando junto dos agricultores manuais de boas práticas, adaptados à realidade local (técnicas de aplicação, necessidades por tipos de culturas, características dos solos, etc.) |
| Rigoroso e efetivo controlo do armazenamento e eliminação das embalagens de adubos, com aplicação de coimas em caso de deposição destas embalagens nas linhas de água e respetivas margens | |
| Arrozais | Tal, como para o controlo dos nitratos, também para os fosfatos são aplicáveis as medidas: (1) Implementar mecanismos que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do cultivo do arroz; (2) Aumentar a faixa terrestre entre os canteiros de arroz e os cursos de água, preferencialmente para larguras entre 6 a 10 m; (3) Proibir descargas dos canteiros de arroz diretamente para os rios; (4) Reestruturar as valas de descarga, aumentando-as para profundidades da ordem dos 2 m; (5) Alterar a estrutura das valas de descarga, de modo a que não se realizem descargas diárias para os rios mas se promova algum período de retenção as águas; (6) Implementar a vegetação das valas de descarga com plantas com apetência para a remoção de fosfatos, pondo à disposição dos agricultores um conjunto de plantas simultaneamente adequadas aos ecossistemas locais e não competitivas com os arrozais; (7) Implementar mecanismos que tornem a vegetação das valas de descarga dos arrozais e a sua reestruturação economicamente atrativas para os agricultores |
| | Implementar a aplicação de coberturas de fundo (ex.: compostos ricos em Fe) nas valas de descarga, de modo a fixar os nutrientes nestes substratos (cf. Takeda et al., 1987) |
| | Implementação da faixa ripícola – com espécies não competitivas com os arrozais – para redução das cargas de fosfatos, sólidos suspensos e outros contaminantes que possam ser arrastados para a ribeira e Lagoa |
| | Criação de zonas húmidas recetoras das águas dos arrozais (cf. Yu et al., 2012; Dong et al., 2010), com vegetação remotora de fosfatos, adequada aos ecossistemas locais, e cujas densidades de plantio otimizem a remoção de poluentes; após passagem pela zona húmida as águas poderão ser descarregadas na Lagoa ou serem reutilizadas no regadio dos arrozais (Dong et al., 2010) |
| | Avaliar e implementar a construção de estruturas de regadio que otimizem as condições e eficiências hidráulicas e minimizem curto-circuitos hidráulicos que conduzam a rápidas descargas de água e nutrientes nelas dissolvidos (Dong et al., 2010) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Arrozais | Avaliar da possibilidade da construção de bacias de irrigação, destinadas ao fornecimento de água aos arrozais, cujo design promova a depuração das cargas poluentes mais significativas e ao mesmo tempo uma maior eficiência de rega (Dong et al., 2010) |
| | Avaliar da possibilidade da alteração do design dos campos de arroz que promova uma maior retenção dos nutrientes durante as regas e eventuais drenagens dos arrozais |
| | Controlo artificial do movimento da água nos campos e recurso a sistemas de irrigação circular (cf. Takeda et al., 1987; Zhang et al., 2007), de modo a minimizar as perdas de nutrientes |
| | Implementação de técnicas de regadio que promovem uma menor inundação dos campos, mas promovendo a água necessária às necessidades da planta, em coordenação com as previsões meteorológicas diárias (Zhang et al., 2007) |
| | Implementação de técnicas alternativas de drenagem, como a seca progressiva e natural dos arrozais sem recurso à drenagem e descarga da água dos canteiros ou “zero-drainage management” (Zhang et al., 2007) |
| | Em alternativa, implementar técnicas de regadio/drenagem que permitam aumento significativo da retenção das águas nos canteiros, de modo a reduzir a carga poluente (Takeda et al., 1987) |
| | Aumento da matéria orgânica no solo, preferencialmente de origem vegetal |
| | Implementação de técnicas e calendários de aplicação de estrumes + fertilizantes de diversos tipos que, adaptados à realidade local, sejam os mais eficientes e ao mesmo tempo promovam uma minimização da perda de nutrientes; definir taxas de aplicação, tipo de adubo aplicado e método de aplicação que minimizem as perdas de nutrientes (cf. Zhang et al., 2007) |
| | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados, com vista a definir e promover a utilização de fertilizantes cuja remoção do excesso de nutrientes pelo próprio funcionamento natural dos arrozais seja mais eficiente (cf. Cai et al., 1997) |
| | Estudo da viabilidade e capacidade não poluente da aplicação de técnicas de cultivo tradicional de outras zonas orizícolas do planeta, como implementação de sistemas de aquacultura com vista a fornecer fontes de nutrientes de baixo impacto, obtendo em simultâneo mecanismos de controlo de pragas e uma mais-valia económica colateral (cf. Ulluwishewa, 1991) |
| | Realização de estudos que definam, para os arrozais da região, os limiares a partir dos quais se dá a fixação dos nutrientes no solo ou a sua mobilização para as águas de drenagem e adaptar as técnicas de cultivo e regadio em função destes limiares (cf. Zhang et al., 2007) |
| | Realização de estudos com vista a definir da eventualidade da redução das quantidades de fosfatos aplicadas mantendo a produção, definindo limites máximos e mínimos viáveis destas reduções, tendo em consideração o tipo de solo, espécies cultivadas, e variações nestas taxas de redução em função da variação das condições meteorológicas (cf. Hagiwara et al., 2008) |
| Pecuária | Implementação rigorosa e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Impermeabilização das estruturas pecuárias de estabulação e encaminhamento das escorrências para estruturas de retenção impermeabilizadas |
| | Implementação de técnicas de construção/remodelação das estruturas de estabulação que minimizem as necessidades de gastos de água, com vista a reduzir o volume de escorrências superficiais |
| | Construção em torno das zonas de estabulação de barreiras às escorrências (ex.: calhas de recolha e canalização das escorrências para estruturas de retenção, enrelvamento em torno nas instalações pecuárias com plantas com apetência para remoção dos nitratos e outros poluentes) |
| | Aplicação nos canais e outras estruturas de recolha de escorrências e outros efluentes das pecuárias de vegetação com apetência para remoção de fosfatos, devidamente adequadas aos ecossistemas e que não constituam risco para os efetivos pecuários |
| | Remoção dos efluentes sólidos e líquidos para instalações adequadas de recolha e armazenamento; no caso dos dejetos sólidos de vacarias levá-los para nitreiras devidamente construídas de modo a minimizar as cargas poluentes; avaliação da qualidade e eventuais cargas poluentes associadas destes materiais tratados, através de análises periódicas; implementação de mecanismos de revenda local dos efluentes com melhor qualidade |
| | Cumprir o Código de Boas Práticas Agrícolas no referente às condições das forragens para ensilagem, construção dos silos e recolha de efluentes das ensilagens |
| | Fiscalização e aplicação de coimas nos casos em que se verifique a descarga de efluentes de ensilagens (ou demais instalações da unidade pecuária) para as ribeiras e/ou fossas; realização de inspeção periódica dos silos com vista a detetar eventuais zonas de fuga de poluentes |
| | Identificação de áreas especialmente sensíveis às descargas de efluentes pecuários e implementação de medidas de proteção |
| | Definição da quota de carga poluente máxima por unidade de exploração e controlo das respetivas descargas |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Pecuária | Plantio de faixas vegetadas (ex.: relvados) em torno das instalações de estabulamento, silagem e armazenamento de efluentes, com plantas com apetência para a remoção de compostos fosfatados, devidamente adequadas aos ecossistemas locais (não exóticas, não invasoras), com vista a recolher, filtrar e/ou impedir a chegada de efluentes às linhas de água (cf. Dickey e Vanderholm, 1981) |
| | Construção de zonas húmidas, devidamente impermeabilizadas, com vegetação depuradora e que não ponha em risco os ecossistemas locais, para recolha de eventuais efluentes que escoem (por acidente ou subdimensionamento das unidades de recolha) das pecuárias (cf. Lee et al., 2012); as águas tratadas por este processo podem, no caso de pecuárias nas proximidades dos arrozais, servir para regadio destes |
| ETAR | Realização de estudo com vista a definir os eventos de máximos torrenciais da Ribeira de Melides e os ciclos temporais em que ocorrem (caudais de ponta de 50 anos, 100 anos, etc.) |
| | Implementação de medidas de proteção da ETAR a estes eventos torrenciais com vista a impedir o seu extravasamento para a ribeira e áreas adjacentes |
| | Construção de barreiras de proteção à ETAR de modo a impedir danos ou destruição parcial ou mesmo total desta em casos de eventos torrenciais extremos; estas medidas, e as anteriores, deverão fundamentar-se nos resultados dos estudos acima referidos |
| | Avaliar do potencial da construção e manutenção de zonas húmidas a montante da ETAR, destinadas a servirem de tanques de retenção das águas de picos de escorrência (cf. Yang, 2012), de modo a constituírem sistemas eficientes de defesa da ETAR em períodos de pico de escoamento da ribeira; estas estruturas deverão funcionar integradas com outros mecanismos de defesa da ETAR |
| | Inspeção periódica da rede de esgotos para detetar e implementar reparações em caso de bloqueio ou rutura da rede por raízes de plantas ou outros materiais, rutura devido a falhas nas estruturas da rede (fissuras, envelhecimento dos materiais, etc.) |
| | Construção de pequenas bacias de retenção/pequenas zonas húmidas à saída da ETAR, vegetadas por espécies com capacidade de remoção e retenção de fosfatos e outros compostos de fósforo; estas espécies vegetais deverão ser compatíveis com o ecossistema envolvente |
| ETAR | Em alternativa implementar sistemas que levem os efluentes da ETAR até aos arrozais para rega, evitando a sua descarga direta na ribeira; o objetivo é a remoção dos nutrientes pelos arrozais, minimizando a necessidade de adubos e promovendo uma melhoria do efluente |
| | Implementação de mecanismos de funcionamento que tenham um bom desempenho em condições de cargas poluentes muito variáveis (ex.: trickling filters, rotating biological contactors (RBCs), moving bed biofilm reactors (MBBR), integrated fixed-film activated sludge (IFAS); cf. http://www.answers.com/topic/sewage-treatment) |
| | Melhoramento da capacidade de tratamento da ETAR por utilização de novos materiais e tecnologias, como por exemplo o recurso a bentonites modificadas, sulfatos de sílica ou serraduras (cf. http://sciencealerts.com/stories/1846698/Removal_of_phosphate_from_natural_waters_using_innovative_modified_bentonites.html) ou de filtros de areia associados a vegetação remotora de nutrientes (cf. Wathugala et al., 1987) |
| | Redução dos efluentes sólidos por recurso a sistemas de tratamento que originem, em simultâneo, produtos que possam ser comercializados como adubos (ex.: reatores de cristalização de struvite; cf. Ueno e Fuji, 2001) |

d) **Pesticidas e metais pesados**

Quadro 97 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por pesticidas e metais pesados, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|---|
| Atividade agrícola em geral | Calibrar o material de aplicação e fazer a sua manutenção cuidada |
| | Cumprir as precauções e recomendações indicadas nos rótulos |
| | Eliminar adequadamente as embalagens vazias |
| | Fiscalizar e multar quaisquer abandonos de embalagens de pesticidas nas margens ou leitos de ribeiras |
| | Evitar a contaminação direta das águas superficiais (e subterrâneas) durante a preparação das caldas |
| | Minimizar o armazenamento de pesticidas no campo |
| | Minimizar os excedentes de caldas e fazer uma cuidadosa eliminação destes excedentes |
| | Reforçar a fiscalização da comercialização e uso de pesticidas |
| Implementar estratégias que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas da Proteção Integrada | |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|---|
| Arrozais | Aumento da faixa terrestre entre os canteiros de arroz e o curso de água, a qual deve ter largura igual ou superior a 5 m |
| | Proibição de descargas dos campos de arroz diretamente para a ribeira e Lagoa |
| | Aplicação de pesticidas com os canteiros secos |
| | Reestruturação dos canais de descarga, os quais devem ter 2 m de profundidade |
| | Avaliar, e se for viável promover, técnicas de aumento da matéria orgânica de origem vegetal no solo (incorporação de palhas de arroz e/ou outros resíduos vegetais adequados), com vista a controlar as cargas poluentes |
| | Implementar estratégias que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas da Proteção Integrada e Produção Integrada de arroz |
| | Reduzir tanto quanto possível a aplicação de fertilizantes agroquímicos, resíduos sólidos urbanos e irrigação com águas de efluentes domésticos (se não se encontrarem devidamente tratados) por forma a reduzir poluição por metais pesados e/ou organismos patogénicos |
| | Fornecer aos agricultores uma escolha de produtos pesticidas cuidadosamente selecionados em função das suas características ecotóxicas e as condicionantes dos ecossistemas orizícolas |
| | Retardar, tanto quanto possível, a descarga dos canteiros após a aplicação dos pesticidas |
| | Aplicação de técnicas de biorremediação com comunidades de microrganismos do solo para remoção do excesso de pesticidas (cf. Pattanasupong et al., 2003); previamente deverão realizar-se estudos para identificar estas espécies e os impactos da sua bioestimulação sobre a saúde e produtividade das culturas |
| | Avaliar e implementar os métodos de irrigação mais favoráveis à redução das cargas poluentes nas descargas dos arrozais (cf. Nagafuchi et al., 1994) |
| | Avaliar e implementar calendários de regas e controlo da drenagem dos campos de modo a reduzir as cargas poluentes (cf. http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110726150303&type_id=4) e as quantidades de água necessárias para a preparação dos campos e, em consequência, a redução do fluxo de sedimentos para a Lagoa |
| | Avaliar e implementar estratégias de reciclagem das águas de irrigação e analisar a possibilidade de implementar (e caso seja viável, fazê-lo) o tratamento biológico das águas de drenagem (cf. http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110726150303&type_id=4) |
| | Avaliar da possibilidade de criar zonas húmidas de recolha das águas de drenagem dos arrozais, destinadas a reduzir as cargas poluentes (http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110726150303&type_id=4 ; Añasco et al., 2010; Budd et al., 2009) ou mesmo eliminar diversos tipos de pesticidas (Matamoros et al., 2007) |
| Implementar técnicas de preparação dos canteiros e de gestão de aplicação de pesticidas (e fertilizantes) de modo a reduzir as cargas poluentes | |
| Avaliar da possibilidade de implementar a criação de peixes e/ou criação de aves aquáticas como patos nos campos de arroz, com vista ao controlo de pragas (cf. Furuno, 2001; Uluwishewa, 1991) | |
| Envolvimento dos agricultores na implementação destas medidas | |

e) Coliformes

Quadro 98 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por coliformes, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Atividade agrícola em geral, incluindo arrozais | Implementar de forma eficaz o Código de Boas Práticas Agrícolas no que se refere ao uso e aplicação dos corretores orgânicos |
| | Preferencialmente, e caso seja economicamente viável, utilizar matéria vegetal como fonte de nutrientes para o solo |
| | Avaliar a carga poluente dos corretores orgânicos utilizados na região e definir os eventuais riscos de contaminação (Jang et al., 2008) potenciadas pelas práticas tradicionais de aplicação; estudar e implementar medidas de uso alternativo que conduzam à redução destes riscos |
| | Aplicar os corretores orgânicos sob condições meteorológicas e de humidade dos solos adequadas, minimizando o risco de escorrências e lixiviação (cf. Gagliardi e Karns, 2000; Jamieson et al., 2001) |
| | Implementação de calendários de aplicação dos efluentes, devidamente adaptados às condições e culturas locais, de modo a que a frequência de aplicação dos corretores orgânicos não potencie o incremento das cargas de organismos patogénicos (Jamieson et al., 2001) |
| | Definir, e implementar, em função das condições locais e respetivas culturas, os métodos de aplicação mais adequados dos corretores orgânicos, com vista a reduzir a carga poluente patogénica (Jamieson et al., 2001) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|---|
| Atividade agrícola em geral, incluindo arrozais | Praticar a irrigação dos campos com águas “sujeitas” apenas após tratamento destas (ex.: via passagem por pequenas zonas húmidas) |
| | Implementar medidas de correto manuseamento e armazenamento dos estrumes e chorumes destinados à aplicação agrícola, em particular no que se refere à redução do tempo de vida dos organismos (cf. Kudva et al., 1998); limitar, por meio de estruturas de canalização adequadas e práticas de manter, eventuais escorrências das zonas de armazenamento, incluindo as que possam ser provocadas pelas chuvas (cf. Gagliardi e Karns, 2000) |
| | Análise periódica destes corretores orgânicos com vista a detetar eventuais riscos patogénicos; separar e destruir os estrumes e chorumes de animais doentes |
| | Cumprir as determinações do Código de Boas Práticas Agrícolas no que se refere ao tipo de fertilizantes e condições de aplicação nos arrozais/terrenos alagados |
| | Manter faixas de gramíneas em torno dos campos, de larguras em conformidade com o indicado no Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Plantio de faixas vegetadas em torno dos campos, para remoção de agentes patogénicos nas águas de escorrência (ex.: campos fertilizados com estrumes e afins; cf. Fajardo et al., 2001) |
| | Plantio de faixas ripárias, e conservação das faixas ripárias existentes, com vista à filtragem e retenção da poluição das escorrências dos campos |
| | Realizar estudos para definição dos efeitos de métodos de tratamento dos estrumes antes da sua aplicação, como o armazenamento prolongado e a compostagem (Jamieson et al., 2001) na redução das cargas poluentes patogénicas e implementar as técnicas com melhores resultados que possam ser facilmente adotadas na região |
| Pecuária | Implementação efetiva e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas, em especial no que se refere ao estabulamento, de modo a limitar contaminações |
| | Implementação efetiva e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas no que concerne ao armazenamento e manuseio dos efluentes de forma a melhorar a qualidade dos efluentes tratados para posterior aplicação agrícola |
| | Impermeabilização das estruturas pecuárias de estabulação e encaminhamento das escorrências para estruturas de retenção impermeabilizadas |
| | Implementação de técnicas de tratamento dos efluentes por forma a reduzir a sua carga poluente em organismos patogénicos (cf. Varel e Miller, 2004) |
| | Construção em torno das zonas de estabulação de barreiras às escorrências (ex.: calhas de recolha e canalização das escorrências para estruturas de retenção, enrelvamento em torno nas instalações pecuárias com plantas com apetência para remoção dos nitratos e outros poluentes) |
| | Aplicação nos canais e outras estruturas de recolha de escorrências e outros efluentes das pecuárias, de vegetação adequadas aos ecossistemas e que não constituam risco para os efetivos pecuários, para remoção dos poluentes |
| | Plantio de faixas vegetadas (ex.: relvados) em torno das instalações de estabulamento, silagem e armazenamento de efluentes, com plantas devidamente adequadas aos ecossistemas locais, com vista a recolher, filtrar e/ou impedir a chegada de efluentes às linhas de água (cf. Dickey e Vanderholm, 1981; Fajardo et al., 2001) |
| | Avaliação da qualidade e eventuais cargas poluentes destes materiais tratados, por análises periódicas; implementação de mecanismos de revenda local dos efluentes de melhor qualidade |
| Plantio de faixas ripárias nas zonas com unidades pecuárias sitas nas proximidades de linhas de água, por forma a reduzir as cargas de coliformes (cf. Entry et al., 2000) | |
| Construção de zonas húmidas, devidamente impermeabilizadas, com vegetação depuradora e que não ponha em risco os ecossistemas locais, para recolha e tratamento de efluentes que escoem das instalações pecuárias (cf. Tanner et al., 1995); as águas tratadas por este processo podem, no caso de pecuárias nas proximidades dos arrozais, servir para regadio destes; deverá definir-se quais os tempos de retenção dos efluentes nestas estruturas que potenciem a máxima remoção de poluentes e que sejam simultaneamente praticáveis pelos criadores | |
| ETAR | Realização de estudo com vista a definir os eventos de máximos torrenciais da Ribeira de Melides e os ciclos temporais em que ocorrem (caudais de ponta de 50 anos, 100 anos, etc.) |
| | Implementação de medidas de proteção da ETAR a estes eventos torrenciais com vista a impedir o seu extravasamento para a ribeira e áreas adjacentes |
| | Construção de barreiras de proteção à ETAR de modo a impedir danos ou destruição parcial ou mesmo total desta em casos de eventos torrenciais extremos; estas medidas, e as anteriores, deverão fundamentar-se nos resultados dos estudos acima referidos |
| | Avaliar do potencial da construção e manutenção de zonas húmidas a montante da ETAR, para servirem de tanques de retenção das águas de picos de escorrência (cf. Yang, 2012), de modo a serem sistemas eficientes de defesa da ETAR em períodos de pico de escoamento da ribeira; estas estruturas deverão funcionar integradas com outros mecanismos de defesa da ETAR |
| | Inspeção periódica da rede de esgotos para detetar e implementar reparações em caso de bloqueio ou rutura da rede por raízes de plantas ou outros materiais, rutura devido a falhas nas estruturas da rede (fissuras, envelhecimento dos materiais, etc.) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| | Implementação de mecanismos de funcionamento de bom desempenho em condições de cargas poluentes muito variáveis (cf. http://www.answers.com/topic/sewage-treatment) |
| | Construção de pequenas zonas húmidas para remoção de cargas bacterianas, com vegetação remotora adequada aos ecossistemas locais, devendo-se primeiramente definir os fluxos adequados de entrada do efluente, tipos de plantas, de substrato, etc. com vista à potenciação máxima da remoção dos agentes patogénicos (cf. Solano et al., 2004) |
| | Estudar a possibilidade de conectar as fossas dos agregados populacionais na envolvente imediata da Lagoa e da ribeira a pequenas zonas húmidas construídas; avaliar a possibilidade, na envolvente dos arrozais, de usar as águas tratadas por estas zonas húmidas para a rega |

1. Medidas destinadas à mitigação dos problemas de poluição do meio hídrico subterrâneo

a) Hidrocarbonetos

Quadro 99 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|---|
| Atividade agrícola em geral | Manutenção das zonas de estacionamento da maquinaria agrícola e eventuais zonas de armazenamento de combustíveis com vista a evitar fugas e infiltrações de combustível no solo |
| | Semeadura e manutenção de faixas de vegetação que limitem o escoamento superficial a partir das áreas de estacionamento da maquinaria agrícola |
| Bomba de gasolina | Implementação dum sistema de monitorização, com sinalização de alarme em caso de ocorrências de acidente, para acompanhar a evolução da qualidade das águas da área envolvente à bomba, onde sejam analisados, 2 a 3 vezes por ano, os hidrocarbonetos e metais pesados associados a este tipo de atividade provenientes do derrame de hidrocarbonetos. |
| | Implementação de plano de atuação em caso de poluição accidental, com vista à remoção da massa poluente e recuperação do meio hídrico afetado |
| | Verificação do estado de funcionamento – e caso seja necessário, a sua substituição – do sistema de alarme dos tanques de combustível em caso de derrame. Caso este sistema de alarme não esteja instalado, instalá-lo de imediato |
| | Efetivo e rigoroso encaminhamento das lamas oleosas para separadores de hidrocarbonetos com decantação destes e das águas e sua recolha por empresas especializadas na gestão deste tipo de resíduos perigosos |
| | Proibição de rejeição direta no sistema de esgotos das águas de lavagens de pavimentos e viaturas |
| | Instalação, ou no caso de estarem já instalados, verificação e eventual melhoria em caso de falhas de funcionamento, de sistemas de depuração destas águas previamente ao seu futuro encaminhamento para a rede de esgotos |
| | Implementação e cumprimento das boas regras de manuseamento de hidrocarbonetos |
| | Implementação de guias de acompanhamento de resíduos, caso não estejam já em atuação |
| | No caso de se registarem problemas de poluição nos solos na envolvente da bomba de gasolina aplicar processos de biorremediação <i>in situ</i> , com comunidades autóctones de microrganismos, destinados à degradação dos contaminantes (cf. como exemplo Yu et al., 2011) |
| | Em alternativa ou como complemento aos processos de biorremediação poderão intentar-se tratamentos remoção de voláteis que estejam presentes nas águas subterrâneas por processos de bombagem e tratamento (ex.: Rudder, T. (1992) in http://www.google.pt/patents/US5173092?dq=hydrocarbon+removal+in+rivers) |
| Aplicação de barreiras reativas permeáveis na zona freática em torno da bomba de gasolina com vista a remediar eventuais situações de contaminação (cf. Guerin et al., 2002), caso estas sejam identificadas na monitorização | |
| Oficinas e sucatas | Identificação concreta das cargas poluentes associadas às oficinas e identificação e caracterização dos regimes de deposição de efluentes e resíduos (incluindo cargas poluentes associadas) |
| | Implementação e cumprimento das boas regras de manuseamento e eliminação de hidrocarbonetos e acomodação/limpeza de viaturas e maquinaria das oficinas |
| | Efetivo e rigoroso encaminhamento das lamas oleosas e outros resíduos da atividade das oficinas no espectro dos hidrocarbonetos e metais pesados para a recolha por empresas especializadas na gestão deste tipo de resíduos perigosos |
| | Proibição de rejeição direta no sistema de esgotos das águas de lavagens de pavimentos e viaturas ou de quaisquer outros resíduos associados à atividade das oficinas |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Oficinas e sucatas | Instalação de sistemas de contenção do escoamento destas águas e demais resíduos para fora das instalações das oficinas e impedindo a sua entrada no meio hídrico superficial e subterrâneo |
| | Instalação associada a estes sistemas de contenção, de sistemas de depuração destas águas, previamente ao seu futuro encaminhamento para a rede de esgotos |
| | Implementação e manutenção de eventuais faixas de vegetação que limitem o escoamento superficial a partir das superfícies das oficinas (ex.: zonas jardinadas) podendo estas faixas ser tratadas com processos de bioestimulação dos microrganismos residentes no solo (autóctones) de modo a providenciarem a degradação de eventuais hidrocarbonetos ou outros poluentes associados à atividade das oficinas |
| | Impermeabilização das zonas de armazenamento/acumulação das sucatas |
| | Construção de estruturas de retenção e canalização de escorrências para depósitos de armazenamento, todas elas devidamente dimensionadas e impermeabilizadas |
| | Implementação do controlo de tipos de sucatas armazenados e entrega periódica desta informação às autoridades municipais responsáveis pela gestão dos resíduos urbanos |
| | Fiscalização do funcionamento das sucatas e dos volumes e tipos de materiais aí armazenados |
| | Proibição, e consequente fecho, das sucatas ilegais |

b) Nitratos e fosfatos

a. Pontos em sem problemas significativos de poluição

Quadro 100 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Atividade agrícola em geral | Implementação eficaz e rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Implementação eficaz e rigorosa do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água |
| | Implementar técnicas de cultivo que reduzam a perda de nitratos |
| | Controlo dos volumes e cargas das lamas de depuração, estrumes e chorumes a serem aplicados, com especial atenção nas zonas de infiltração mais elevada |
| | Adoção, sempre que viável, da incorporação de resíduos vegetais de outras culturas (ex.: ervilha, soja, fava) e obedecendo a uma correta gestão da incorporação destes resíduos, de modo a que seja potenciada a remoção dos nutrientes em eventual excesso |
| | Adoção de técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso e/ou reduzam as perdas de nitratos (ex.: enrelvamento de entrelinhas) |
| | Adoção de culturas menos exigentes em nutrientes e/ou com forte apetência para a sua remoção dos solos |
| | Rotação com culturas com apetência para o controlo dos nitratos dos solos, obedecendo a calendários que promovam este maior controlo nos períodos de maior pluviosidade |
| | Ter especial cuidado na dosagem de fertilizantes, em especial em adubagens por rega |
| | Avaliar o potencial, para as condições locais de solos, culturas e regimes de circulação na zona vadosa, da aplicação de carbono orgânico ao solo com vista a incrementar os processos de desnitrificação e remoção de nitratos do meio subterrâneo (cf. Starr e Gillham, 1993); implementar a aplicação por parte dos agricultores (ex.: programas de ajudas) dos compostos com melhor potencial de remoção de nitratos |
| | Implementar e fiscalizar o cuidado armazenamento dos fertilizantes, que deverão ser acondicionados em locais adequados e localizados a distâncias adequadas de poços, furos, linhas de água, valas de drenagem, etc.; estes locais de armazenamento deverão estar construídos de modo a minimizar as perdas e infiltrações/escorrências e deverão ser alvo de inspeções e manutenção regular |
| | Calibrar e fazer manutenção periódica dos aplicadores de adubos e corretores orgânicos |
| | Implementar a minimização do armazenamento dos adubos e corretores orgânicos no campo |
| | Implementar as técnicas de lavra mais favoráveis à remoção do excesso de nutrientes |
| | Definir planos de fertilização (quantidades, técnicas e calendários de fertilização adequados) para cada exploração agrícola, com atualização periódica em função das condições locais do solo e estado das culturas, de modo a reduzir ao máximo as perdas de nutrientes; os calendários de aplicação devem fazer coincidir as aplicações de fertilizantes com os períodos de maiores necessidades nutricionais das plantas (ex.: períodos de crescimento ativo) |
| | Definir e implementar, em função das condições locais, as melhores técnicas de aplicação dos adubos, tendo em consideração o tipo de adubo, cultura, solo, clima, etc. |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|--|
| Atividade agrícola em geral | Manter faixas de gramíneas e/ou outras plantas com apetência especial para a remoção de fosfatos e nitratos em torno dos pontos de captação de água, de modo a reduzir a infiltração dos poluentes para o meio aquífero |
| | Evitar sempre que possível a mobilização de solos que possam apresentar teores muito elevados de nitratos acumulados; se tais mobilizações de solo forem inevitáveis, realizá-las na Primavera, cultivando em seguida culturas de Primavera-Verão e de Outono-Inverno com altas necessidades de azoto; velar para que exista significativo coberto vegetal destes terrenos antes da época das chuvas mais intensas |
| | Implementar a utilização de todos os subprodutos da unidade agrícola, de modo racional e eficaz, sendo que no caso da aplicação de corretores orgânicos (estrumes, chorumes, etc.), a sua composição deverá ser periodicamente avaliada, incluindo as potenciais cargas poluentes em metais pesados e agentes patogénicos, por forma a definir-se quais as técnicas de aplicação mais adequadas com vista a minimizar a contaminação do meio hídrico |
| | Implementar sistemas de registo das aplicações de fertilizantes e corretores orgânicos, por cultura, indicando as datas de aplicação, os tipos e quantidades aplicados e respetiva composição, de modo a melhorar os planos de fertilização |
| | Definir métodos e volumes de rega que minimizem a percolação dos nitratos e mineralização da matéria orgânica, tendo em consideração as necessidades das culturas e sua variação ao longo do ano agrícola, características do solo (ex.: teores de matéria orgânica, permeabilidade), profundidade do nível freático, topografia, condições climáticas |
| | Realizar as regas de modo a obter uma distribuição da água no terreno o mais uniforme possível, evitando zonas de encharcamento |
| | Promover a expansão em profundidade das raízes das plantas com vista a uma melhor captação das águas de rega e dos nutrientes, evitando a sua percolação em profundidade; esta promoção pode realizar-se através do atraso da primeira rega |
| | Avaliar do potencial de aplicar técnicas de rega baseadas em ligeiros défices hídricos (cf. FAO, 2002) como forma de controlar o potencial de percolação dos nitratos para o meio subterrâneo |
| Arrozais | Avaliar do potencial de desnitrificação/remoção de compostos azotados em excesso no solo pelas comunidades bacterianas autóctones do solo e, caso esse potencial exista, potenciar técnicas de bioestimulação destas comunidades (Lin et al., 2012); previamente deverão realizar-se estudos para identificar estas espécies e os impactos da sua bioestimulação sobre a saúde e produtividade das culturas |
| | Aplicar técnicas de lavra que potenciem a capacidade desnitrificadora da camada lavrada e a formação de zonas de oxidação subjacentes a essa camada, com vista à remoção do excesso de nitratos do meio subterrâneo (cf. Onishi et al., 2012) |
| | Implementar mecanismos que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do cultivo do arroz |
| | Implementar calendários de rega que promovam a desnitrificação do excesso de fertilizantes (cf. Cai et al., 1997) |
| | Dar preferência à aplicação de azoto sob forma amoniacal ou ureica. Definir calendários apropriados de irrigação em função do tipo de adubo aplicado (ex.: se se usar ureia, deverá aplicar-se sobre solo mais ou menos seco e aguardar alguns dias antes de inundar o canteiro) |
| | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados, com vista a definir e promover a utilização de fertilizantes cuja remoção do excesso de nutrientes pelo próprio funcionamento natural dos arrozais seja mais eficiente (cf. Cai et al., 1997) |
| Pecuária | Estudo da viabilidade e capacidade não poluente da aplicação de técnicas de cultivo tradicional de outras zonas orizícolas do planeta, como a implementação de sistemas de aquacultura com vista a uma fertilização com cargas poluentes baixas (cf. Ulluwishewa, 1991) |
| | Aplicar as mais eficazes técnicas de gestão da irrigação dos campos – o que poderá exigir a realização de estudos – de modo a promover a libertação de azoto sob forma de N ₂ O (ex.: irrigação intermitente dos campos; cf. Cai et al., 1997), impedindo este modo a sua circulação no meio subterrâneo |
| | Implementação efetiva e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas, em especial no que se refere ao estabulamento, de modo a limitar contaminações |
| | Correto encaminhamento dos efluentes para estruturas de armazenamento/maturação adequadas |
| | Implementação efetiva e eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas no que concerne ao armazenamento e manuseio dos efluentes de forma a reduzir as infiltrações para o meio subterrâneo e melhorar a qualidade dos efluentes tratados para posterior aplicação agrícola |
| Construção em torno das zonas de estabulação de barreiras às escorrências (ex.: calhas de recolha e canalização das escorrências para estruturas de retenção, enrelvamento em torno nas instalações pecuárias com plantas com apetência para remover nitratos e outros poluentes) | |
| Implementação de técnicas de construção/remodelação das estruturas de estabulação que minimizem as necessidades de gastos de água, com vista a reduzir o volume de efluentes | |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Pecuária | Impermeabilização das estruturas pecuárias de estabulação, dos sistemas de recolha e armazenamento de efluentes pecuários; verificação periódica destas estruturas com vista à deteção e reparação de eventuais fugas de efluentes |
| | Implementação de técnicas de tratamento dos efluentes por forma a reduzir a sua carga poluente (cf. Varel e Miller, 2004) |
| | Implementar o controlo dos teores de humidade das forragens ensiladas com vista a reduzir o volume de efluentes |
| | Impermeabilização cuidada dos silos e sua verificação periódica com vista a eliminar infiltrações que possam fazer aumentar o teor de humidade das forragens armazenadas |
| | Implementar programas de ajuda aos agricultores para reconstrução/remodelação das estruturas de ensilagem, sistemas de recolha e armazenamento de forragens e efluentes de pecuárias, e estábulos, de modo a reduzir os volumes de efluentes e sua carga poluente |
| | Nas zonas de pasto, realizar, sempre que possível, a rotação frequente dos animais, usando cercas móveis ou outras para evitar que se juntem durante demasiado tempo e no mesmo local |
| | Fiscalização e aplicação de coimas nos casos em que se verifique a descarga de efluentes para fossas e/ou meio subterrâneo |
| | Fossas e outros focos de poluição doméstica |
| Implementação nas novas ETAR de tecnologias capazes de tratar eficientemente efluentes com grandes variações sazonais volúmicas e de carga poluente (cf. http://www.answers.com/topic/sewage-treatment) | |
| Aplicação de soluções alternativas de tratamento de efluentes de pequenos núcleos residenciais, como por exemplo o tratamento por meio de zonas húmidas (cf. DEHLG, 2010), com especial pertinência nas áreas envolventes da ribeira e da Lagoa | |
| Realizar uma correta construção destas zonas húmidas, tendo em atenção as condições pedológicas, morfológicas e hidrológicas da zona de instalação, características das cargas poluentes (cf. DEHLG, 2010), com técnicas de impermeabilização adequadas para impedir a infiltração de poluentes para o meio subterrâneo e escolha de vegetação que não constitua risco para os ecossistemas locais | |
| Inspeção periódica das fossas e rede de esgotos para detetar e implementar reparações em caso de: bloqueio ou rutura da rede por raízes de plantas ou outros materiais, rutura devido a falhas nas estruturas da rede (fissuras, envelhecimento dos materiais, etc.) | |
| Implementação efetiva da limpeza periódica das fossas e sua inspeção com vista a detetar eventuais fugas de contaminantes e proceder à sua reparação; aplicação de coimas, caso estas atividades periódicas não sejam cumpridas | |
| Identificação e encerramento de todas as fossas ou outros sistemas de resíduos domésticos ilegais e respetiva aplicação de coimas | |
| Implementação de ajudas à reconversão/melhoria das fossas (ex.: impermeabilização) e outros sistemas devidamente legalizados, de modo a reduzir as infiltrações de poluentes no solo | |
| Definição e cumprimento das cotas de carga máxima por infraestrutura; interdição de descargas nas zonas ecológica e hidrogeologicamente mais sensíveis | |
| Implementação de sistemas de tratamento das lamas de depuração de ETAR de modo a poderem ser usadas na agricultura local sem riscos significativos para o meio hídrico | |
| Analisar a possibilidade de soluções alternativas de tratamento e destino final dos efluentes urbanos e, se viáveis, implementar a sua utilização | |

b. Zonas de descarga no meio hídrico superficial após 2027 e Áreas do aquífero afetadas pela poluição a médio prazo (pós 2027) ou Zonas de transporte preferencial de poluentes para o meio hídrico superficial

Quadro 101 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Rede hidrográfica | Com recursos a modelos matemáticos definir quais as direções de percurso de poluentes e as eventuais áreas de principal entrada no meio hídrico superficial, provenientes das várias fontes poluentes |
| | Definir, com base nestes modelos matemáticos, a carga poluente que chega a cada um destes pontos de receção (ex.: por ano) com vista definir a carga média a ser tratada |
| | Nos pontos de descarga e maior contaminação definidos pelos modelos matemáticos realizar campanhas de monitorização pormenorizada e periódicas ao longo do ano, com vista a identificar se estas zonas estão de facto a receber poluentes por via subterrânea ou por outras vias |
| | Definir com base em modelação matemática, em cada um destes pontos recetores, qual a proporção de cada fonte poluente para a carga total que entra no meio superficial |
| | Definir qual a contribuição em cada um destes locais de descarga das fontes poluentes cujos tempos de percurso sejam mais prolongados (e cujos poluentes atinjam o meio hídrico após 2027) |
| | Na envolvente dos pontos de descarga implementar técnicas de biorremediação para eliminação de hidrocarbonetos, nitratos e fosfatos, ou em alternativa utilizar processos de pump-and-treat ou técnicas de contenção da pluma poluente (Domenico e Schwartz, 1990), em especial para o caso de pesticidas |
| Lagoa | Definir na envolvente da Lagoa – com base nas análises químicas, distribuição das fontes poluentes, sua carga poluente e modelação matemática – as faixas mais poluídas do aquífero e que terão descarga para a Lagoa |
| | Definir com base nestes modelos matemáticos, as direções de percurso dos poluentes a partir destas zonas envolventes poluídas e pontos de descarga na Lagoa |
| | Nestas zonas definidas como mais poluídas realizar monitorização periódica, com vista a definir o seu real estado de poluição, a sua extensão e evolução das cargas poluentes ao longo do ano hidrológico |
| | Definir qual a contribuição em cada um destes locais de descarga das fontes poluentes cujos tempos de percurso sejam mais prolongados (e cujos poluentes atinjam o meio hídrico após 2027) |
| | Com base na modelação matemática e nos resultados da monitorização periódica das zonas poluídas identificadas pela modelação matemática na envolvente da Lagoa, definir as faixas preferenciais de aplicação das medidas de remediação |
| | Nas áreas assim definidas aplicar técnicas de biorremediação na envolvente da Lagoa, nos locais de descarga do meio subterrâneo associados a maiores cargas poluentes (ex.: zona do parque de Campismo, arrozais) para eliminação de hidrocarbonetos, nitratos e fosfatos, ou em alternativa utilizar processos de pump-and-treat ou técnicas de contenção da pluma poluente (Domenico e Schwartz, 1990), em especial para o caso de pesticidas |
| Zonas de contaminação elevada do aquífero | Definir – com base nas análises químicas, distribuição das fontes poluentes, sua carga poluente e modelação matemática de transporte de poluentes – as zonas mais poluídas do aquífero |
| | Definir com base nestes modelos matemáticos, as direções de percurso dos poluentes que atingem estes locais |
| | Definir, com base na modelação matemática, qual a contribuição quantitativa em cada um destes locais das fontes poluentes cujos tempos de percurso sejam mais prolongados (e cujos poluentes atinjam o meio hídrico após 2027) |
| | Nestas zonas definidas como mais poluídas realizar monitorização periódica, com vista a definir o seu real estado de poluição, a sua extensão e evolução das cargas poluentes ao longo do ano hidrológico |
| | Aplicar nestes pontos técnicas de biorremediação para eliminação de hidrocarbonetos, nitratos e fosfatos ou em alternativa utilizar processos de pump-and-treat ou técnicas de contenção da pluma poluente (Domenico e Schwartz, 1990) |

c. Zonas com problemas de poluição

Quadro 102 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Atividade agrícola em geral | Implementar a aplicação de adubos nestas áreas como se fossem áreas vulneráveis, aplicando eventuais medidas compensatórias aos agricultores (cf. Batista, 2003) em especial nas áreas cujas permeabilidades promovam uma muito rápida infiltração assim como áreas de nível freático muito superficial |
| | Controlo rigoroso dos volumes, cargas e calendários de aplicação das lamas de depuração, estrumes e chorumes, com especial atenção na envolvente de poços, nascentes, Lagoa, zonas cujas permeabilidades promovam uma muito rápida infiltração assim como áreas de nível freático muito superficial |
| | Utilização para fertilização por rega (sem adição extra de fertilizantes) de águas com excesso de nitratos, provenientes de outras áreas agrícolas (ex.: águas de irrigação dos arrozais, no caso de explorações sitas na envolvente destes) |
| | Definir para cada exploração calendários e dosagens de aplicação de fertilizantes dependentes das características do solo, tipo e estado vegetativo das culturas, sistema de rega e condições meteorológicas; estes calendários e dosagens deverão ser cumpridos com especial rigor no caso de se optar por adubagens por rega, por injeção e/ou soterramento |
| | Implementar rigorosas práticas de eliminação dos resíduos de fertilização (recipientes dos produtos, águas de lavagem das alfaias, etc.), com vista à redução dos excessos de carga poluente entrados no meio subterrâneo, e fiscalização regular e rigorosa destas práticas |
| | Implementação de metodologias alternativas de aplicação das lamas de depuração com vista à redução das suas cargas poluentes |
| | Adoção de culturas menos exigentes em nutrientes e/ou rotação com culturas com grande apetência para extração de nitratos dos solos |
| | Aplicação dos adubos em função das capacidades filtrantes do solo (as quais dependem da dimensão e calibração das partículas do solo, teor em água, teor em matéria orgânica, características de adsorção; cf. Oron et al., 1999), das necessidades e estágio de desenvolvimento das culturas, recorrendo sempre que possível a adubos com teores moderados de nitratos e/ou contrabalançando os eventuais excessos de nutrientes no solo com a incorporação de outros aditivos (ex.: matéria vegetal) |
| | Implementação de técnicas de irrigação que reduzam a perda de nutrientes após a aplicação dos adubos (ex.: irrigação subsuperficial gota a gota; cf. Oron et al., 1999) |
| | Implementação de técnicas de cultivo como a rotação de culturas com culturas em alguns dos períodos de rotação com forte capacidade de fixação dos nutrientes, técnicas de lavra que reduzam a infiltração e/ou o escoamento superficial, distribuição das culturas em função da variabilidade das características dos solos, aplicação dos fertilizantes em função das condições climatológicas, tipo de irrigação que reduza as perdas de água em profundidade ou por escoamento superficial (Power et al., 2001) |
| | Redução da carga poluente de nutrientes através do uso de adubos menos ricos em nitratos e fosfatos (cf. http://www.reopure.com/nitratinfo.html) |
| | Implementar técnicas de tratamento de biorremediação <i>in situ</i> (Tompkins et al., 2001) nos pontos mais críticos e onde a poluição seja de mais difícil eliminação na origem |
| | Implementar a incorporação de matéria orgânica, em especial de origem vegetal (ex.: ervilha, soja, fava) com vista a incrementar o teor de carbono no solo e permitir assim uma maior eficácia das bactérias desnitrificantes e a redução dos teores de nitratos no meio subterrâneo (Artiola, 1997; Starr e Guillham, 1993) |
| | Estudar – e se for economicamente viável, aplicar nos pontos mais críticos – a possibilidade de implementação de técnicas de desnitrificação por troca iónica para tratamento do aquífero (cf. http://www.reopure.com/nitratinfo.html) |
| Plantio de faixas de plantas remotoras de nutrientes em torno de poços e outros pontos de água ou de pequenas zonas húmidas na área de jusante das explorações agrícolas, em especial nas zonas onde os níveis freáticos são mais superficiais e as raízes podem ter um maior efeito desnitrificador (cf. Hunter et al., 2006) | |
| Arrozais | Implementação de técnicas de regadio que permitam um aumento da interface aeróbica/anaeróbica e das condições de incremento da atividade de bactérias desnitrificadoras, em associação com o fornecimento de Fe ²⁺ e outros metais (Rivett et al., 2008; Shrimali e Singh, 2001) com vista ao incremento da remoção de nitratos |
| | Implementação de técnicas de irrigação circular, com reutilização de águas de rega de canteiros sitos a montante (cf. Takeda et al., 1987; Zhang et al., 2007), de modo a minimizar a necessidade de adição de nutrientes |
| | Implementação de técnicas alternativas de fertilização como a criação de patos ou peixes, com vista à redução das aplicações de fertilizantes (cf. Furuno, 2001; Ulluwishewa, 1991) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Arrozais | Aplicação de técnicas de biorremediação (Lin et al., 2012), tirando especial partido das condições hidrológicas promovidas pelo cultivo dos arrozais |
| | Avaliação da possibilidade de utilizar compostos de ferro introduzidos nos sedimentos nas zonas de descarga subterrânea para o meio hídrico superficial, de modo a promover a desnitrificação (Böhlke et al., 2002) |
| Pecuária | Implementação do Código de Boas Práticas Agrícolas no que se refere à gestão das unidades pecuárias e seus subprodutos (efluentes, etc.) |
| | Impermeabilização dos sistemas de armazenamento e tratamento de resíduos pecuários e sua inspeção periódica com vista à deteção – e consequente reparação – de fugas de poluentes |
| | Reconversão das instalações de modo a que sejam minimizados os gastos em água e eventuais infiltrações |
| | Construir em torno dos estábulos estruturas devidamente impermeabilizadas de recolha e encaminhamento de efluentes para estruturas adequadas de armazenamento e/ou tratamento |
| | Proceder à manutenção e reparação periódica das estruturas de encaminhamento e armazenamento de efluentes (ex.: fossas) |
| | Implementar medidas de apoio à reconversão das fossas e/ou outras estruturas de armazenamento de efluentes (ex.: nitreiras) que efetivamente não comportem os volumes de efluentes produzidos ou estejam mal construídas e/ou com falhas evidentes no seu funcionamento |
| | Implementar mecanismos de encaminhamento dos efluentes para sua aplicação na atividade agrícola da região, garantindo a boa qualidade destes efluentes como corretores/adubos e garantindo ao mesmo tempo que o seu armazenamento e maturação até estarem em condições de aplicação se faz em estruturas devidamente construídas que minimizem as fugas de poluentes para o meio hídrico |
| | Impedir a descarga de efluentes de ensilagem no meio hídrico subterrâneo e/ou superficial |
| | Construção adequada (garantindo a correta impermeabilização da estrutura) e devidamente dimensionada das estruturas de ensilagem, de modo a não se verificarem fugas de efluentes |
| | Implementação de medidas de apoio à reconversão das estruturas já existentes de modo a que sejam devidamente impermeabilizadas e dimensionadas para as necessidades de ensilagem |
| | Inspeção periódica destas estruturas para detetar eventuais fugas de efluentes e/ou entradas de águas das chuvas e proceder à sua reparação correta e imediata para anular estas fugas e infiltrações |
| | Não construir os silos, tanques de armazenamento de efluentes e condutas destes efluentes a menos de 10 m de poços, furos e/ou outros pontos de água, incluindo charcas |
| | No caso deste tipo de estruturas estar sito a menos de 10 m, e caso seja viável alterar a sua localização, proceder à construção adequada de novas estruturas a mais de 10 m de distância dos pontos de água e proceder ao correto desmantelamento das antigas estruturas, de modo a evitar ao máximo derrames e infiltrações para o meio hídrico |
| | Realizar a correta diluição dos efluentes das ensilagens antes da sua utilização na agricultura, velando a que não se deem infiltrações para o meio hídrico durante a diluição |
| | Evitar o manuseamento e diluição de efluentes nas proximidades imediatas de poços, furos e demais pontos de água |
| | Fiscalização das descargas das atividades pecuárias e das condições de armazenamento e tratamento dos efluentes da exploração |
| | Identificação de áreas com eventuais restrições ao uso de efluentes das pecuárias e lamas de depuração e implementação destas restrições |
| | Criar faixas vegetadas (preferencialmente enrelvadas) com plantas que sejam grandes fixadoras de nitratos e fosfatos em torno das estruturas de estabulamento e ensilagem. A sua localização, e a estrutura radicular das plantas não deverá pôr em risco as condutas e fossas de armazenamento de efluentes |
| | Desenvolvimento e aplicação de soluções alternativas de tratamento e destino final dos resíduos das pecuárias como seja o caso de pequenas zonas húmidas (cf. Kern e Idler, 1999) |
| | Implementar a utilização das águas obtidas após este processo de tratamento para a rega de campos agrícolas e arrozais, minimizando assim o uso de fertilizantes |
| Aplicação de mecanismos de remoção de nitratos usando sistemas de barreiras porosas reativas e implementação, caso seja economicamente viável, de sistemas sépticos alternativos que incorporem estas barreiras (cf. Robertson e Cherry, 1995) | |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Fossas e outros focos de poluição doméstica | Identificação e encerramento de todas as fossas séticas ilegais e aplicação de coimas por despejos indevidos |
| | Realização de cadastro de todas as fossas séticas existentes, e sua desativação nos locais onde seja viável conduzir os efluentes destas para novas ETAR que venham a ser construídas |
| | Recolha dos efluentes domésticos dos pequenos agregados populacionais e encaminhamento para zonas húmidas construídas (Kern e Idler, 1999; Solano et al., 2004), devendo a construção destas ser devidamente dimensionada e recorrendo a técnicas de impermeabilização de fundo adequadas (cf. DEHLG, 2010) com vista a impedir a fuga de poluentes para o meio subterrâneo |
| | As novas ETAR a ser construídas deverão ser devidamente dimensionadas para a população flutuante que venha a estabelecer-se na região (em especial as que lidem com as cargas poluentes em redor da Lagoa, como seja o Parque de Campismo), optando por sistemas de tratamento especificamente vocacionados para lidar com grandes variações de cargas poluentes e volumes de efluentes (cf. http://www.answers.com/topic/sewage-treatment) |
| | Impermeabilização completa das fossas e outros eventuais sistemas de armazenamento de efluentes e respetivas condutas de canalização |
| | Melhoramento destas estruturas tanto quanto ao dimensionamento, modelo e eficiência de tratamento/recolha dos efluentes; implementação de programas de apoio à reconversão destas estruturas e controlo eficaz da aplicação destes programas de apoio |
| | Implementação de serviços de monitorização periódica com vista à deteção de fugas de poluentes destas estruturas e reparação imediata destes problemas |
| | Implementação de serviços eficientes e com calendário adequado às necessidades dos utentes da limpeza de fossas e recolha dos seus efluentes e encaminhamento dos mesmos para ETARs e/ou zonas húmidas de alto desempenho |
| | Definição e cumprimento das cotas de carga máxima por infraestrutura |
| | Valoração dos resíduos de tratamento das ETAR para aplicação devidamente racional e segura na atividade agrícola |
| | Identificação de zonas especialmente sensíveis à infiltração e proibir a descarga de poluentes nessas zonas |
| | Proibição de descargas e rigorosa inspeção periódica de fossas e estruturas similares, incluindo as estruturas de canalização dos efluentes, na envolvente da Lagoa e da ribeira que defina um tempo de percurso de pelo menos 1 ano; atuação imediata com vista à eliminação de fugas de efluentes caso sejam detetadas durante as inspeções |
| | Implementação de mecanismos de biorremediação na envolvente das fossas de maior carga (ex.: Parque de Campismo) sitas na envolvente da Lagoa, caso seja economicamente viável, ou em alternativa utilizar processos de <i>pump-and-treat</i> ou técnicas de contenção da pluma poluente (Domenico e Schwartz, 1990) |
| | Aplicação de mecanismos de remoção de nitratos usando sistemas de barreiras porosas reativas e implementação, caso seja economicamente viável, de sistemas sépticos alternativos que incorporem estas barreiras (cf. Robertson e Cherry, 1995; Blowes et al., 2000) |

c) Pesticidas e metais pesados

Quadro 103 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Atividade agrícola em geral | Realizar uma criteriosa seleção dos pesticidas mais adequados à cultura, pragas a combater, condições meteorológicas e hidráulicas, assim como persistência, custo e efeitos secundários |
| | Implementar e tornar mais atrativa para os agricultores a adesão à Proteção Integrada |
| | Calibrar o material de aplicação e fazer a sua manutenção cuidada |
| | Cumprir as precauções e recomendações indicadas nos rótulos assim como as indicações do Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Manter distâncias de segurança entre os locais de preparação das caldas e de aplicação e os pontos de água (poços, furos, etc.) |
| | Realizar a preparação das caldas e da lavagem dos instrumentos de preparação e de aplicação sobre superfícies impermeáveis e com sistemas de canalização dos efluentes para estruturas de retenção adequadas e devidamente impermeabilizadas (Seelig e Nowatzki, 1996) |
| | Realizar uma limpeza meticulosa do material de aplicação e preparação das caldas; recolher as águas de lavagem e restos das caldas em estruturas de armazenamento impermeáveis com vista à sua incorporação nas caldas futuras (o que permite em simultâneo uma poupança de água por parte do agricultor) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Atividade agrícola em geral | Armazenar os pesticidas e herbicidas em local seguro, ventilado e impermeabilizado, que assegure a completa e prolongada duração do produto, assegurando ao mesmo tempo um risco mínimo para pessoas, animais e meio ambiente. Estas áreas de armazenamento deverão ser impermeabilizadas de modo a evitar ou tornar de fácil limpeza a ocorrência de qualquer derrame ou fuga accidental; todas as estruturas de drenagem devem ser devidamente rolhadas de modo a que quaisquer derrames de pesticidas não tenham contacto direto com o meio subterrâneo; estas estruturas deverão situar-se o mais afastado possível dos pontos de água e sempre a jusante dos mesmos (Seelig e Nowatzki, 1996) |
| | Realizar vistorias periódicas a todos estes sistemas de armazenamento e também das áreas de preparo das caldas para detetar eventuais fissuras e fugas e proceder à sua reparação imediata |
| | Eliminar adequadamente as embalagens vazias; proibição de lançar as embalagens vazias em poços e outros pontos de água, fiscalização e aplicação de coimas em caso de prevaricação |
| | Implementar serviços de recolha das embalagens vazias, com calendários adequados às necessidades das práticas agrícolas da região, evitando o mais possível a ocorrência de amontoados de embalagens nas explorações agrícolas enquanto se aguarda a sua recolha; estes sistemas de recolha deverão ser simples e apelativos para o agricultor, devendo ser vistos como um auxiliar e não como mais um entrave à atividade agrícola |
| | Deixar de utilizar e eliminar corretamente os pesticidas que hajam sido banidos do mercado ou já não sejam necessários na exploração; deverão implementar-se serviços de recolha destes produtos junto dos agricultores, de modo a tornar mais fácil e apelativa a eliminação destes materiais; aplicar coimas no caso da utilização agrícola dos produtos banidos |
| | Estes pesticidas já não utilizados ou banidos do mercado deverão ser armazenados, até ao período da sua recolha/remoção da exploração agrícola, em locais seguros e onde qualquer derrame possa ser rapidamente tratado |
| | Reutilizar/reciclar as embalagens de pesticidas recorrendo a embalagens reutilizáveis, embalagens de devolução ao fornecedor; implementar medidas que tornem este tipo de embalagens a opção preferencial dos fornecedores |
| | Realizar uma inspeção regular das embalagens contentoras de pesticidas, de modo a verificar do bom estado do produto e se estas estão danificadas ou podem de algum modo apresentar risco de derrame do produto (Seelig e Nowatzki, 1996) |
| | Atuar de imediato no caso de derrame ou perdas accidentais de pesticidas, devendo a área afetada ser coberta e isolada com um absorvente ou neutralizador recomendado pelo fabricante do produto; o material de limpeza do derrame, assim como o solo afetado deverá ser removido mecanicamente e armazenado em bidões impermeáveis, que deverão ser removidos (eventualmente pelo mesmo serviço de recolha de embalagens) em conformidade com as regulamentações em vigor (Seelig e Nowatzki, 1996) |
| | Realizar uma aplicação eficaz dos pesticidas: usando métodos de aplicação destinados a cada tipo de praga, calibrar o equipamento de modo a obter a dimensão ideal das gotas que permita a melhor cobertura possível da planta e reduza a perda por difusão aérea, fazer a aplicação o mais perto possível da planta/solo a tratar, não realizar aplicações em tempo ventoso e/ou antes de períodos intensos de chuva |
| | Realizar, caso seja viável, aplicações dos pesticidas em faixas alternadas de terreno (Seelig e Nowatzki, 1996) |
| | Verificar se a água das caldas tem a composição química adequada a implementar a eficácia dos pesticidas (Seelig e Nowatzki, 1996) |
| | Utilizar pesticidas cuja formulação reduza a sua dispersão aérea (ex.: granulados) |
| | Utilizar técnicas de lavra que minimizem a infiltração e escoamento superficial dos pesticidas |
| | Utilizar sempre que possível técnicas de rotação de culturas de modo a reduzir a incidência e desenvolvimento de pragas e infestações |
| | Utilizar as técnicas de lavra mais adequadas com vista não só à redução da poluição do meio hídrico mas também de controlo de pragas e infestantes e deste modo minimizar o uso de herbicidas e pesticidas (Seelig e McMulle, 1996) |
| | Realizar a irrigação tendo em consideração as necessidades da cultura nos diferentes estados vegetativos e o teor de água no solo ao longo dos diferentes eventos de irrigação, devendo esta ser o mais uniforme possível (atendendo à variabilidade da permeabilidade do solo, se tal se verificar de interesse) ao longo do terreno cultivado |
| O calendário de irrigação deverá ser definido de modo a evitar que volumes significativos de água desçam abaixo da zona radicular; os calendários de irrigação e os volumes de água usados em cada evento de irrigação deverão ser ajustados em função das condições meteorológicas (consultar o boletim meteorológico antes de cada rega) | |
| Sempre que possível implementar técnicas de irrigação deficitária, ou seja, regas que não preenchem a capacidade do solo mas deixem algum espaço para esta ser acabada de preencher pelas chuvas (Seelig e Nowatzki, 1996) | |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| | Se se optar por fazer aplicações de pesticidas injetando-os nos sistemas de irrigação, utilizar equipamento de injeção adequado e que proteja o ponto de captação de água; o pesticida deverá ser o adequado para o tipo de cultura e sistema de irrigação utilizado e a unidade de injeção deverá ser devidamente calibrada a cada utilização; utilize uma estrutura de armazenamento secundária dos pesticidas devidamente impermeabilizada, no caso de se fazer a sua aplicação através dos mecanismos de rega (Seelig e Nowatzki, 1996) |
| | Realizar ações de formação com vista a alertar os agricultores para os problemas da poluição por pesticidas e divulgar técnicas de minimização destes problemas (ex.: técnicas adequadas de feitura das caldas e sua aplicação, eliminação das embalagens vazias, como minimizar as escorrências para poços e outros pontos de água, etc.) |
| | Minimizar o armazenamento de pesticidas no campo |
| | Minimizar os excedentes de caldas e fazer uma cuidadosa eliminação destes excedentes, nomeadamente proibindo a realização das caldas diretamente nos poços ou o despejo dos remanescentes na proximidade dos poços e demais pontos de água e aplicação de coimas caso se verifiquem estas práticas |
| | Não permitir a contaminação direta das captações de águas subterrâneas com pesticidas (ex.: instalação de válvulas anti-refluxo para evitar a contaminação das águas pelas caldas de pesticidas) e selar as captações abandonadas (Seelig e Nowatzki, 1994) |
| | Reforçar a fiscalização da comercialização e uso de pesticidas |
| | Implementar estratégias que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas da Proteção Integrada |
| | Monitorização dos pesticidas nos furos de zonas agrícolas e atuação sobre as fontes poluentes em caso de não cumprimento |
| | Aplicar as dosagens corretas para o tipo de pesticida, tipo de praga, o tipo de cultura e o estado vegetativo das plantas, tendo em atenção igualmente as demais condicionantes da cultura (solo, condições meteorológicas, etc.) |
| | Implementar serviços eficazes de aconselhamento ao agricultor sobre estas dosagens e técnicas mais aconselhadas de aplicação para as culturas e condições climáticas, pedológicas e hidrológicas locais |
| Arrozais | Implementar estratégias que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas da Proteção Integrada e Produção Integrada de arroz |
| | Aumento da faixa terrestre entre os canteiros de arroz e o curso de água, a qual deve ter largura igual ou superior a 5 m |
| | Proibição de descargas dos campos de arroz diretamente para a ribeira e Lagoa |
| | Realizar a aplicação de pesticidas com os canteiros secos |
| | Realizar a aplicação de pesticidas como se a área de arrozais fosse uma zona vulnerável (Batista, 2003) |
| | Utilizar pesticidas de baixa mobilidade e persistência e se for viável, utilizar sistemas de aplicação de pesticidas em circuito fechado |
| | Utilizar cultivares resistentes a pragas sempre que for possível |
| | Realizar o controlo de plantas que possam ser hospedeiros preferenciais de pragas e doenças |
| | Utilizar técnicas de sementeira e plantio, e calendários de sementeira/plantio e colheita que maximizem o desenvolvimento dos cultivares e a sua produção, deprimindo o desenvolvimento de pragas e infestantes (Seelig e McMulle, 1996) |
| | Utilizar uma adequada gestão de solo, com base em análises periódicas do mesmo, de modo a manter a sua fertilidade e capacidade de depuração de pesticidas e outros poluentes (Seelig e McMulle, 1996) |
| | Optimizar o calendário de aplicação de pesticidas em função dos ciclos de vida das pragas |
| | Realizar a rotação de pesticidas de modo a impedir que as pragas desenvolvam resistências |
| | Sempre que possível utilizar técnicas com comprovados resultados de controlo biológico de pragas |
| | Implementar um serviço de apoio aos agricultores que os auxilie a aplicar técnicas alternativas de prevenção de pragas (Seelig e McMulle, 1996): este serviço deverá utilizar modelos de evolução de pragas-culturas e que determine eventuais eclosões de pragas em função das condições climatológicas e de desenvolvimento dos cultivares devendo a informação sobre estas pragas, ocorrências mais prováveis e formas de combate serem eficazmente transmitidas aos agricultores) |
| | Reduzir tanto quanto possível a aplicação de resíduos sólidos urbanos e irrigação com águas de efluentes domésticos (se não se encontrarem devidamente tratados) por forma a reduzir poluição por metais pesados e/ou organismos patogénicos |
| | Fornece aos agricultores uma escolha de produtos pesticidas cuidadosamente selecionados em função das suas características ecotóxicas e as condicionantes dos ecossistemas orizícolas |
| Retardar, tanto quanto possível, a descarga dos canteiros após a aplicação dos pesticidas | |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Arrozais | Aplicação de técnicas de biorremediação com comunidades de microrganismos do solo para remoção do excesso de pesticidas (cf. Pattanasupong et al., 2003) |
| | Avaliar e implementar os métodos de irrigação e de lavra mais favoráveis à redução das cargas poluentes nos solos dos arrozais (cf. Nagafuchi et al., 1994) |
| | Manter e, caso seja necessário, incrementar os teores de matéria orgânica, em especial carbono, no solo (Seelig, 1996 in http://www.ag.ndsu.edu/pubs/h2oqual/watqtrnd/ae1115w.htm ; Chiang e Wang, 1997) |
| | Avaliar e implementar calendários de regas e controlo da drenagem dos campos de modo a reduzir as cargas poluentes (cf. http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110726150303&type_id=4) e as quantidades de água necessárias para a preparação dos campos e, em consequência, a redução do fluxo para a Lagoa |
| | Avaliar e implementar estratégias de reciclagem das águas de irrigação (cf. http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110726150303&type_id=4) |
| | Implementação de técnicas de remoção de pesticidas por bioestimulação das comunidades de microrganismos do solo (cf. Pattanasupong et al., 2012); previamente deverão realizar-se estudos para identificar estas espécies e os impactos da sua bioestimulação sobre a saúde e produtividade das culturas |
| | Implementar técnicas de fitorremediação na envolvente dos arrozais e da Lagoa adequadas à remoção de pesticidas e metais pesados (Terry e Bañuelos, 2000) |
| | Implementar técnicas de preparação dos canteiros e de gestão de aplicação de pesticidas de modo a reduzir as cargas poluentes |
| | Avaliar da possibilidade de implementar a criação de peixes e/ou criação de aves aquáticas como patos nos campos de arroz – técnica tradicional japonesa e chinesa – com vista ao controlo de pragas e ervas daninhas (cf. Furuno, 2001; Ulluwishewa, 1991; Furuno, 2001) minimizando deste modo o uso de pesticidas e herbicidas |
| | Nos locais mais críticos (ex.: interface arrozais/Lagoa) implementar tratamentos por processos de biorremediação (Pattanasupong et al., 2004) ou processos de reatores bioelectroquímicos (BER)+processos de adsorção (Feleke e Sakakibarab, 2002) |
| | Em alternativa implementar o tratamento através dos métodos de barreiras reativas permeáveis (cf. Blowes et al., 2000), métodos de mobilização de poluentes (soil flushing e bombagem) e métodos de fixação e sequestração de poluentes (ex.: adsorção, precipitação, processos de oxidação-redução, controlo hidráulico, etc.) podendo utilizar-se os fosfatos presentes na água como eventuais precipitantes de metais pesados e contaminantes associados (Dresel et al., 2008) |
| | Implementar técnicas de tratamento do solo por adição de corretores químicos que reduzam de forma eficaz, para as condições de cultivo utilizadas, a mobilidade/solubilidade dos metais e outros contaminantes nos solos dos arrozais (cf. http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110706151549&type_id=1) |
| | Obter o envolvimento dos agricultores na implementação destas medidas |

d) Coliformes

Quadro 104 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|--|
| Atividade agrícola em geral | Implementação rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas no que se refere à aplicação, manuseio e armazenamento de corretores orgânicos e adubos de azoto orgânico |
| | Minimizar o armazenamento dos adubos e corretores orgânicos no campo |
| | Realizar um rigoroso controlo dos volumes e cargas das lamas de depuração, estrumes e chorumes a serem aplicados, com especial atenção nas zonas de infiltração mais elevada |
| | Implementação de metodologias alternativas de aplicação das lamas de depuração com vista à redução das suas cargas poluentes |
| | Definir e implementar, em função das condições locais, as melhores técnicas de aplicação dos adubos, tendo em consideração o tipo de adubo, cultura, solo, clima, etc. |
| | Fazer a análise periódica dos corretores orgânicos (estrumes, chorumes, etc.), de modo a definir as técnicas de aplicação mais adequadas com vista a minimizar a contaminação do meio hídrico |
| | Implementar e fiscalizar o cuidado armazenamento dos corretores orgânicos e adubos de azoto orgânico; estes deverão ser acondicionados em locais adequados e a distâncias seguras de poços, furos, linhas de água, valas de drenagem, etc.; as estruturas de armazenamento devem ser construídas de modo a minimizar as perdas e infiltrações/escorrências e devem ser regularmente inspecionadas e receber cuidados de manutenção/reparação |
| | Implementar sistemas de registo das aplicações de fertilizantes e corretores orgânicos, por cultura, indicando as datas de aplicação, os tipos e quantidades aplicados e respetiva composição, de modo a melhorar os planos de fertilização |
| | Na envolvente imediata da ribeira e Lagoa evitar a utilização de chorumes nos terrenos agrícolas, em especial nas épocas húmidas (Entry et al., 2000) |
| | Sempre que possível fazer rotação de adubos de modo a que o solo não altere as suas propriedades nem se torne ambiente favorável à sobrevivência prolongada dos organismos patogénicos, o que pode ocorrer se se recorrer a corretores orgânicos durante vários ciclos agrícolas (cf. Jamieson et al., 2002) |
| | Evitar o excesso de aplicação de corretores orgânicos pois as suas concentrações excessivas nos solos podem favorecer a sobrevivência prolongada de organismos patogénicos (cf. Jamieson et al., 2002) |
| | Evitar a aplicação de corretores orgânicos nas proximidades de eventos de precipitação ou de regas, para evitar a dispersão dos organismos patogénicos |
| | Implementar mecanismos de biorremediação do solo com bactérias já naturalmente existentes nos solos, que sejam parasitantes dos organismos patogénicos (cf. Jamieson et al., 2002) |
| | Promover a expansão em profundidade das raízes das plantas com vista a uma melhor captação das águas de rega e dos nutrientes, evitando a sua percolação em profundidade; esta promoção pode realizar-se através do atraso da primeira rega |
| Aplicar as mais eficazes técnicas de gestão da irrigação dos campos de modo a limitar o movimento dos organismos patogénicos (cf. Jamieson et al., 2002), tendo em consideração as necessidades da cultura e sua variação ao longo do ano agrícola, características do solo (ex.: estrutura do solo e fluxo de água na zona vadosa), profundidade do nível freático, topografia, condições climáticas | |
| Arrozais | Evitar sempre que possível a aplicação de corretores orgânicos que possam apresentar elevado número de organismos patogénicos |
| | Caso seja necessário utilizar corretores orgânicos realizar a aplicação apenas em tempo seco e com os canteiros secos (cf. Jamieson et al., 2002) |
| | Aplicar as mais eficazes técnicas de gestão da irrigação dos campos de modo a limitar o movimento dos organismos patogénicos (cf. Jamieson et al., 2002) |
| | Avaliação da possibilidade de utilizar metais ou outros compostos com capacidade de fixação de coliformes nas condições hidrológicas promovidas pelo cultivo dos arrozais |
| Pecuária | Implementação eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas no que se refere à gestão das unidades pecuárias e seus subprodutos (efluentes, etc.), em particular no armazenamento e manuseio dos efluentes de forma a reduzir as infiltrações para o meio subterrâneo |
| | Construir em torno dos estábulos e nitreiras estruturas de recolha e encaminhamento de efluentes para as estruturas de armazenamento e/ou tratamento devidamente dimensionadas em função dos volumes de efluentes produzidos e devidamente impermeabilizadas |
| | Realizar a impermeabilização dos estábulos e dos sistemas de armazenamento e maturação de efluentes pecuários; verificação periódica destas estruturas com vista à deteção e reparação de eventuais fugas de efluentes |
| | Assegurar (incluindo a realização de limpezas, inspeções e reparações periódicas) o correto encaminhamento dos efluentes para estruturas de armazenamento/maturação adequadas |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Pecuária | Realizar a impermeabilização eficaz dos sistemas de armazenamento e tratamento de resíduos pecuários, assim como dos sistemas de encaminhamento destes efluentes para as estruturas de armazenamento e sua inspeção periódica com vista à deteção – e consequente reparação – de fugas de poluentes |
| | Não construir tanques de armazenamento de efluentes e condutas destes efluentes a menos de 10 m de poços, furos e/ou outros pontos de água, incluindo charcas |
| | No caso deste tipo de estruturas estar sito a menos de 10 m, e caso seja viável alterar a sua localização, proceder à construção adequada de novas estruturas a mais de 10 m de distância dos pontos de água e proceder ao correto desmantelamento das antigas estruturas, de modo a evitar ao máximo derrames e infiltrações para o meio hídrico |
| | Implementar programas de ajuda aos agricultores para reconversão das fossas e/ou outras estruturas de armazenamento e de efluentes (ex.: nitreiras) e de encaminhamento destes efluentes que apresentem dimensionamento, construção ou funcionamento deficiente |
| | Nas zonas de pasto, realizar, sempre que possível, uma rotação frequente dos animais, de modo a evitar que se juntem durante demasiado tempo e no mesmo local |
| | Fiscalização das descargas e das condições de armazenamento e tratamento dos efluentes da exploração e aplicação de coimas nos casos em que se verifique a descarga de efluentes para fossas e/ou meio subterrâneo ou outras manifestas situações de poluição |
| | Garantir uma completa e adequada curtição dos estrumes e chorumes, com vista a obter uma carga poluente mínima dos mesmos |
| | Evitar o manuseamento e diluição de efluentes nas proximidades imediatas de poços, furos e demais pontos de água |
| | Implementar a construção de zonas húmidas com vista ao tratamento dos efluentes de fossas ou escorrências das pecuárias (cf. Tanner et al., 1995; Kern e Idler, 1999; Solano et al., 2004) |
| | Realizar um armazenamento prolongado e em condições de não proliferação de organismos patogénicos, ou realizar a compostagem dos estrumes, de modo a que a carga poluente destes na aplicação seja minimizada (cf. Jamieson et al., 2002) |
| | Em eventuais casos de poluição mais crítica (ex.: pecuárias muito perto das linhas de água e com cargas poluentes medidas e com registo de valores elevados), implementar técnicas de fixação bacteriana (ex.: barreiras filtrantes, etc.) |
| Fossas e outros focos de poluição doméstica | Identificação e encerramento de todas as fossas sépticas ilegais e aplicação de coimas por despejos indevidos |
| | Realização de cadastro de todas as fossas sépticas existentes, e sua desativação nos locais onde seja viável, conduzir os efluentes destas para novas ETAR que venham a ser construídas |
| | Recolha dos efluentes domésticos dos pequenos agregados populacionais e encaminhamento para zonas húmidas construídas (Kern e Idler, 1999; Solano et al., 2004), devendo a construção destas ser devidamente dimensionada e recorrendo a técnicas de impermeabilização de fundo adequadas (cf. DEHLG, 2010) com vista a impedir a fuga de poluentes para o meio subterrâneo |
| | As novas ETAR a ser construídas deverão ser devidamente dimensionadas para a população flutuante que venha a estabelecer-se na região (em especial as que lidem com as cargas poluentes em redor da Lagoa, como seja o Parque de Campismo), optando por sistemas de tratamento especificamente vocacionados para lidar com grandes variações de cargas poluentes e volumes de efluentes (cf. http://www.answers.com/topic/sewage-treatment) |
| | Impermeabilização completa das fossas e outros eventuais sistemas de armazenamento de efluentes e respetivas condutas de canalização |
| | Melhoramento destas estruturas quanto ao dimensionamento, modelo e eficiência de tratamento/recolha dos efluentes |
| | Implementação de serviços de monitorização periódica com vista à deteção de bloqueios, mau funcionamento e/ou fugas de poluentes destas estruturas e de redes de esgotos, e reparação imediata destes problemas |
| | Implementação de serviços eficientes e com calendário adequado às necessidades dos utentes da limpeza de fossas e recolha dos seus efluentes e encaminhamento dos mesmos para ETARs e/ou zonas húmidas de alto desempenho |
| | Implementação de ajudas à reconversão/melhoria das fossas (ex.: impermeabilização) e outros sistemas devidamente legalizados, de modo a reduzir as infiltrações de poluentes no solo |
| | Definição e cumprimento das cotas de carga máxima por infraestrutura; interdição de descargas nas zonas ecológica e hidrogeologicamente mais sensíveis |
| | Implementação efetiva da limpeza periódica das fossas e sua inspeção com vista a detetar eventuais fugas de contaminantes e proceder à sua reparação; aplicação de coimas caso estas atividades periódicas não sejam cumpridas |
| | Proibição de descargas no solo na envolvente da Lagoa e da ribeira pelo menos ao longo duma faixa que defina um tempo de percurso de pelo menos 6 meses |
| | Identificação de zonas especialmente sensíveis à infiltração e proibir a descarga de poluentes nessas zonas |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| | Aplicação de soluções alternativas de tratamento de efluentes de pequenos núcleos residenciais, como por exemplo o tratamento por meio de zonas húmidas artificiais (cf. Kern et al., 1999; Solano et al., 2004; DEHLG, 2010), com especial pertinência nas áreas envolventes da ribeira e da Lagoa (ex.: Parque de Campismo) |
| | Realizar uma correta construção destas zonas húmidas, tendo em atenção as condições pedológicas, morfológicas e hidrológicas da zona de instalação, características das cargas poluentes (cf. DEHLG, 2010), com técnicas de impermeabilização adequadas para impedir a infiltração de poluentes para o meio subterrâneo e escolha de vegetação que não constitua risco para os ecossistemas locais |
| | Utilizar técnicas de contenção da pluma poluente a jusante destas estruturas (Domenico e Schwartz, 1990) |
| | Implementação de sistemas de tratamento das lamas de depuração de ETAR de modo a poderem ser usadas na agricultura local sem riscos significativos para o meio hídrico |

2. Medidas destinadas à mitigação dos problemas de poluição diretamente na Lagoa

a) Hidrocarbonetos

Quadro 105 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Agricultura | Implementação rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas |
| | Implementação e cumprimento das boas regras de manuseamento e eliminação de hidrocarbonetos da atividade agrícola e acomodação/limpeza da maquinaria agrícola |
| | Implementação e/ou manutenção das faixas ripícolas ao longo da ribeira de Melides |
| | Implementação de faixas de vegetação de gramíneas entre os campos de cultivo e ribeira |
| | Implementação de mecanismos de biorremediação por estimulação das comunidades bacterianas autóctones (cf. Yu et al., 2011) ao longo destas faixas de gramíneas |
| | Vegetação dos canais de drenagem dos arrozais, para limitar o acarreo de hidrocarbonetos e outros poluentes em suspensão ou flutuando à tona da massa hídrica |
| Urbano/ Turismo | Construção e colocação em funcionamento de estruturas de contenção e tratamento de hidrocarbonetos nas áreas com forte impacto turístico (ex.: MSup_19) |
| | Proibição de atividades de lazer com forte libertação de hidrocarbonetos na Lagoa, em especial nos períodos em que esta sofre reduções acentuadas do espelho de água |
| | Proibição de rejeição direta no sistema de esgotos das águas de lavagens de pavimentos e viaturas nas áreas turísticas |
| | Instalação de sistemas de contenção do escoamento destas águas e demais resíduos, impedindo a sua entrada no meio hídrico superficial e subterrâneo |
| | Instalação de sistemas de depuração destas águas previamente ao seu futuro encaminhamento para a rede de esgotos |
| | Criação de faixas de vegetação que limitem o escoamento superficial (ex.: zonas jardinadas), eventualmente tratadas com processos de bioestimulação dos microrganismos residentes no solo (autóctones) de modo a providenciarem a degradação de eventuais hidrocarbonetos ou outros poluentes associados à atividade das oficinas |
| Poluição Acidental | Aplicação de sistemas de remoção de hidrocarbonetos das águas nas zonas sistematicamente de maior concentração de poluentes (ex.: zona de entrada da ribeira na Lagoa) nos casos de picos anómalos de poluição e/ou condições de acidente (cf. como exemplo http://www.centekindustries.com/pcb-removal.html ou http://www.infrastructurene.ws/2012/05/10/hydrocarbons-no-more-2/) |
| | Avaliar da possibilidade de utilizar métodos de biorremediação/Bioestimulação in situ com recurso a bactérias existentes no ecossistema, em caso de picos anómalos de poluição (Mohammed et al., in http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=8105) |
| | Implementação de plano de atuação em caso de poluição acidental, com vista à remoção da massa poluente e recuperação do meio hídrico afetado |

b) Nitratos, fosfatos, pesticidas e metais pesados

Quadro 106 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Medidas gerais | Realização de estudos com vista à definição dos pontos de entrada dos poluentes na ribeira e as alturas efetivas do ano em que ocorrem, assim como a carga poluente associada a cada um destes pontos, por evento de entrada de poluentes no meio hídrico superficial; definição (com base em campanhas de medição) dos volumes de poluentes retidos ao longo da ribeira e volumes que chegam diariamente à Lagoa relacionando com estes diferentes eventos de poluição (e definição de tempos de percurso) |
| | Realização de estudos para definir as cargas poluentes retidas nos sedimentos (de ribeira e Lagoa) e condições em que estes são libertados, e em que quantidades – para o meio hídrico, levando por sua vez à realização dum detalhado modelo de balanço de nutrientes, e estabelecimento de indicadores da sensibilidade do ecossistema às variações das cargas de nutrientes, ambas as ferramentas sendo fundamentais para a implementação de estratégias de recuperação da Lagoa (cf. Cloern, 2001) |
| | Realização de estudos para definir a localização das entradas de poluentes na Lagoa por via subterrânea e respetivas cargas poluentes por ponto e sua variação ao longo do ano |
| | Realização de estudos para definir os eventos de máximos torrenciais da Ribeira de Melides e os ciclos temporais em que ocorrem (caudais de ponta de 50 anos, 100 anos, etc.) e as cargas poluentes arrastadas ou com potencial de serem arrastadas por cada tipo de eventos |
| | Realização de estudos com vista a definir as cargas poluentes máximas admissíveis de nutrientes que possam entrar na Lagoa tendo em consideração as condições térmicas e climáticas, volumes da Lagoa, condições ecológicas, ao longo do ano |
| | Implementação de sistemas de alerta de em tempo real da ocorrência de águas com excesso de compostos de azoto e/ou fósforo (ex.: a chegada de águas superficiais com excesso de nutrientes, vindas dos arrozais) |
| | Conservação e reabilitação da rede hidrográfica e Lagoa (medida complementar Spf/19 do Plano de Bacia), garantindo e potenciando corredores ecológicos para as diferentes espécies da massa de água. As técnicas de reabilitação das margens da ribeira (cf. Jesus, 2008) podem ser complementadas com estruturas de infiltração das escorrências para o meio subterrâneo, associadas a sistemas de tratamento <i>in situ</i> destas escorrências (ex.: membranas de retenção ou outros sistemas passivos usados em sistemas de tratamento de poluentes) |
| | Implementação de plano de atuação em caso de poluição acidental (medida de base Spf10/Sbt12 do Plano de Bacia), com vista à remoção da massa poluente e recuperação do meio hídrico afetado; este plano deve ser alargado a atuações mais regulares, definidas para os habituais picos de entrada de poluentes na Lagoa |
| | Desenvolvimento de modelos matemáticos do funcionamento hidrodinâmico da Lagoa, acoplados com modelos de nutrientes (cf. Gikas et al., 2009) e modelação ecológica, para servirem de suporte à definição dos objetivos de recuperação – se de volta ao estado natural, se aceitando modificações que venham a revelar-se favoráveis ao melhor funcionamento ecológico possível (cf. Barrows e Buttler, 2007) – e definição das medidas de recuperação e gestão mais adequadas à realização destes objetivos |
| | Aplicação dos modelos matemáticos acima desenvolvidos, em conjunto com monitorização periódica (qualitativa, ecológica) para avaliar do sucesso da implementação de medidas de recuperação/reabilitação e gestão sustentada da Lagoa (cf. Arheimer et al., 2005; Gikas et al., 2009; Martin e Emma, 2010) |
| Definir e implementar planos de gestão adaptativa às novas condições que venham a ser criadas pelas intervenções de melhoria da qualidade da Lagoa e meio hídrico envolvente e evolução consequente das condições pós-intervenção/pós-restauro; tal implica entre outros aspetos implementar redes de monitorização específica (qualidade, quantidade, ecológica), reavaliar e otimizar periodicamente estas redes e programas de monitorização, adaptar as atuações em Medidas gerais função dos resultados que vão sendo obtidos pela monitorização e realizar reavaliações periódicas (ex.: a cada 5 anos) do sucesso das intervenções e programa de gestão (cf. Jensen, 2002); uma primeira abordagem a estes planos de gestão adaptativa será apresentada no subcapítulo 4.4. Diretrizes para a gestão dos recursos hídricos em Melides | |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|---|--|
| Controlo da entrada de poluentes na Lagoa | Realização de estudos com base em modelação integrada do funcionamento da bacia (quantitativa e qualitativamente) da implementação de cenários e estratégias de intervenção e previsão dos respetivos resultados; escolha com bases nestes estudos do conjunto de abordagens com maior potencial de redução da carga poluente e as zonas preferências de aplicação destas estratégias (cf. Arheimer et al., 2005) |
| | Caso seja viável do ponto de vista ecológico, nas estratégias de reabilitação da ribeira, construir ilhas centrais vegetadas na ribeira (Jesus, 2008), em que a vegetação seja constituída por plantas com potencial para remover os nutrientes das águas e dos sedimentos (via raízes) e ao mesmo tempo não constitua ameaça para os ecossistemas locais |
| | Construção de bacias de retenção e/ou zonas húmidas artificiais pelas quais se faça passar a ribeira antes de entrar na Lagoa (cf. Budd et al., 2009; Mendiondo, 2009; Verhoeven et al., 2006; Tonderski et al., 2005); a vegetação deverá ter forte potencial de remoção de nutrientes e pesticidas tanto ao nível dos sedimentos (cf. Tyler et al., 2012) como da coluna de água mas serem selecionadas de modo a não constituírem qualquer ameaça aos ecossistemas locais; estas zonas húmidas deverão ser dimensionadas de modo a garantirem o tempo adequado de permanência das águas para uma remoção efetiva dos contaminantes |
| | Em alternativa poder-se-á optar por sistemas de filtragem das águas para remoção pelo menos dos nutrientes, coliformes e outros poluentes em forma particulada (cf. Matsuno, 2011) |
| | Implementar um sistema de gestão que potencie o uso dos diques das águas para irrigação dos arrozais (e/ou criação de sistemas de diques a jusante) para retenção das águas da ribeira com vista à precipitação dos nutrientes, aplicando mecanismos de tratamento nessas zonas de represamento (ex.: retenção de sedimentos, tratamento químico para remoção de nitratos e fosfatos; cf. Mendiondo, 2009) |
| | Avaliar da possibilidade de utilizar sistemas conjugados de tratamento das águas da ribeira por zonas húmidas superficiais e zonas húmidas subsuperficiais (cf. Jing e Lin, 2004) |
| | Fazer passar as águas da ribeira, e muito em especial as águas da estação de tratamento e fossas de maior dimensão por sistemas de filtragem e/ou sedimentação/coagulação (Heinzmann & Chorus, 1994 in Fritz et al., 2004) |
| | Se se optar por sistemas de zonas húmidas pelos quais se faça passar a ribeira antes de entrar na Lagoa, estas deverão ser dimensionadas de modo a permitirem um tempo de retenção das águas suficiente para uma remoção significativa dos poluentes (cf. DEHLG, 2010) |
| | Usar as águas de drenagem/escorrência dos campos agrícolas e das pecuárias para irrigação dos arrozais (Li et al., 2009) |
| | Criação de zonas húmidas ao redor da Lagoa através das quais tenha de passar a água de escorrência das zonas envolventes da Lagoa, das fossas e outras fontes de contaminação (cf. Alvarez-Rogel et al., 2006) e eventualmente da própria ribeira |
| | Construção de faixas de retenção vegetadas ao longo das linhas de água com vista à redução da entrada de nutrientes (em especial fosfatados) na ribeira (cf. Weber et al., 2006) |
| | Controlo da vegetação envolvente à ribeira e Lagoa, em especial infestantes e matos, de modo a reduzir a carga de matéria orgânica e aumentar a oxigenação das águas por ação do vento (Pereira et al., 2002) |
| | Proceder à limpeza periódica não apenas das condutas de descarga dos arrozais mas também das zonas a montante imediato das estruturas de retenção de água na ribeira com vista a reduzir a matéria orgânica presente (cf. Pereira et al., 2002) |
| | Combinação de diferentes técnicas tanto de proteção à entrada de poluentes na Lagoa como de redução na fonte e tratamento na própria Lagoa (Pereira et al., 2002; Arheimer et al., 2005; Mendiondo, 2009; Weber et al., 2006) |
| Proceder à recuperação das zonas ribeirinhas e margens da Lagoa, de modo a reduzir o aporte de poluentes à ribeira e Lagoa, incluindo o controlo de eventuais infestantes (cf. Barrows e Buttler, 2007; Pereira et al., 2002) | |
| Gestão da entrada e saída de águas na Lagoa | Definir regimes corretos de inundação e secagem parcial da Lagoa de modo a melhorar ou no mínimo manter a integridade e funcionamento dos ecossistemas, a melhoria da biodiversidade, ao mesmo tempo maximizando a remoção dos poluentes (ex.: durante as épocas de inundação natural ou artificial e/ou ligação ao oceano), limitando entre outros aspetos a concentração de matéria orgânica e a possibilidade de condições adversas por este efeito quando a Lagoa torna a encher (cf. Jensen, 2002) ou o controlo da proliferação de espécies indesejadas |
| | Controlar a extensão das áreas inundadas ao longo do ano, de modo a potenciar o funcionamento ecológico e a biodiversidade da Lagoa; será necessário efetuar estudos prévios com vista a determinar os intervalos de variação das áreas de zonas inundadas/secas ao longo do ano de modo a manter o máximo potencial de funcionamento saudável dos ecossistemas, as extensões de área (e período temporal) secas e/ou inundadas que podem adicionar stresses acrescidos aos ecossistemas e organismos; no caso da ocorrência de eventos extremos pode ser necessária a colocação de mecanismos físicos (temporários) controladores do fluxo e dos níveis de água na Lagoa (cf. Pereira et al., 2002) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Gestão da entrada e saída de águas na Lagoa | Implementar um sistema de gestão de aberturas da Lagoa em períodos estratégicos de modo a introduzir fluxos que melhorem a disponibilidade e qualidade da água (cf. Perilla et al., 2012) e o funcionamento ecológico da Lagoa; estes calendários deverão ser estabelecidos de modo a satisfazerem as necessidades dos agricultores e manutenção e melhoria do funcionamento dos ecossistemas, tomando em consideração os ciclos das culturas agrícolas, os períodos de maior suscetibilidade dos ecossistemas às alterações na dinâmica e quimismo das águas e sedimentos, integrando estes aspetos com os já atualmente considerados para a abertura (ex.: ciclos de maré, condições de agitação marítima, cota do plano de água da Lagoa; cf. Freitas et al., 2008). De acordo com Freitas et al. (2008), do ponto de vista ecológico será importante que o período de abertura da barra se sobreponha às épocas de migração e à ocorrência natural de larvas e juvenis na zona costeira adjacente, sendo que a maioria das espécies comercialmente importantes que podem usar a Lagoa como área de habitat nas suas fases juvenis, têm a sua época de reprodução no Inverno e Primavera (cf. Freitas et al., 2008) |
| | Realizar uma gestão das entradas de água na Lagoa, com a definição de volumes mensais médios que possam melhorar a disponibilidade e qualidade da água tanto para fins recreativos e agrícolas como de funcionamento dos ecossistemas (cf. Perilla et al., 2012) |
| | Implementar uma melhor circulação de água na Lagoa – em especial nas alturas mais críticas de qualidade química e/ou ecológica – com recurso à gestão da abertura da Lagoa, injeção de água de fontes externas, dragagens, etc.; as atividades de melhoria da circulação devem ser previamente analisada para avaliar eventuais impactos colaterais nocivos sobre os ecossistemas (ex.: dragagens podem provocar agitação nos sedimentos que levem à libertação adicional de nutrientes ou outros poluentes; cf. Pereira et al., 2012) |
| | Definir os períodos estratégicos de eventual necessidade de fornecimento artificial de água à Lagoa, além dos períodos de abertura da barra, com vista a melhorar a qualidade das águas (cf. Perilla et al., 2012) nomeadamente em períodos críticos de qualidade da mesma |
| | Implementar planos de contingência de injeção de águas na Lagoa tendo em consideração as salinidades mais adequadas, volumes, temperatura e parâmetros químicos determinantes no controlo do crescimento de algas; isto pode determinar intervenções com fontes mistas de água (ex.: misturar águas do mar com águas bombadas dos aquíferos antes de descarregadas na Lagoa) |
| | Avaliar da possibilidade de usar excedentes de água da ribeira de Melides (ex.: coletando excedentes do escoamento superficial em períodos de eventos torrenciais e nos períodos húmidos) para injetar na Lagoa em períodos críticos de qualidade de água; esta medida exigiria a construção de reservatórios para armazenar as águas captadas. Perilla et al. (2012) propõem uma medida similar para a Laguna de Valência |
| | Avaliar da possibilidade de dragagem de sedimentos e seu eventual tratamento <i>ex situ</i> como forma de eliminar uma fonte provável de nutrientes para a Lagoa (Ryding, 1982; Pereira et al., 2002; Mendiando, 2009); esta medida terá de ser criteriosamente avaliada nos seus impactos pois a dragagem de sedimentos pode ocasionar perturbações temporárias altamente indesejáveis (cf. Pereira et al., 2002) |
| Ações de despoluição da Lagoa e sedimentos | Aplicação de técnicas de biorremediação e biomanipulação (Riedel-Lehrke, 1997; Jeppesen et al., 1998; Mendiando, 2009; Shapiro et al., 1976; Pereira et al. 2002) com espécies nativas ou que não coloquem ameaças aos ecossistemas existentes; estas ações necessitam de estudos prévios com vista a definir quais as técnicas a usar (ex.: alteração da composição das populações de fito e zooplâncton, introdução de peixes comedores de algumas espécies zooplâncton; cf. Shapiro et al., 1976; Matsuno, 2011) |
| | Avaliar da possibilidade de utilizar associações microbiológicas naturalmente ocorrentes, com vista à remoção de pesticidas das águas na Lagoa (Pattanasupong et al., 2004) |
| | Aplicação de métodos químicos (ex.: adição de cal, alúmen, oxidação de sedimentos) para a fixação do fósforo numa fase sólida e o remover da coluna de água (cf. Mendiando, 2009); estes métodos podem ter a desvantagem de terem de ser utilizados diversas vezes ou poderem tornar-se eles próprios fontes de contaminação se houver má dosagem dos químicos a utilizar |
| | Nas zonas mais anóxicas, ou quando o problema da anoxia dos sedimentos for mais acentuado, constituindo potencial perigo para o funcionamento e saúde dos ecossistemas da Lagoa, pode recorrer-se a técnicas de aeração e/ou de descargas de água nas zonas mais profundas da coluna de água (cf. Mendiando, 2009) |
| | Nos períodos e/ou áreas de maior anoxia assim como para alterar condições que sejam favoráveis à proliferação de algas, implementar medidas de circulação artificial (cf. Shapiro et al. 1976; Mendiando, 2009) |
| | Avaliar da possibilidade de implementação de regimes de bombagem e injeção de água na ribeira e/ou Lagoa com vista à redução da carga de poluentes nos períodos mais críticos (cf. Barrows e Buttler, 2007) e consequente limitação da eclosão de explosões de algas |
| | Avaliar da possibilidade de injeção de água subterrânea (se de boa qualidade) na ribeira e/ou Lagoa com vista à diluição dos nutrientes (cf. Mendiando, 2009) |

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|---|
| Ações de despoluição da Lagoa e sedimentos | Definir as zonas onde existam proliferações indesejáveis de macrófitas nocivas e/ou em quantidades excessivas e, em função das necessidades do ecossistema, e que deverão ser avaliadas previamente, proceder à sua erradicação ou remoção parcial e posterior controlo periódico (Ryding, 1982; Pereira et al., 2002); deverão dar-se preferência a processos mecânicos mas será de estudar a possibilidade de introdução de agentes biológicos (ex.: animais aquáticos que se alimentem destas macrófitas) e cuja introdução não constitua ameaça para os ecossistemas existentes, podendo inclusive, se for ecologicamente viável, introduzir a criação de aves (ex.: patos) ou peixes que façam esse controlo |
| | Implementar planos de atuação focados na conjugação de diferentes tecnologias e medidas de atuação, com vista a incrementar os resultados da intervenção |

c) Coliformes

Quadro 107 – Medidas para recuperação/prevenção da poluição por coliformes, considerando a situação atual e os cenários de evolução sócio-económica

| Medidas para assegurar o bom estado qualitativo | |
|--|--|
| Medidas gerais | Realização de estudos com vista a definir os eventos de máximos torrenciais da Ribeira de Melides e os ciclos temporais em que ocorrem (caudais de ponta de 50 anos, 100 anos, etc.) |
| | Realização de estudos para definir que estratégias de intervenção biológica serão mais adequadas às condições bióticas locais e cuja aplicação não constitua perigo para os ecossistemas (ex.: que microrganismos predadores de patogénicos podem ser introduzidos ou as suas populações aumentadas; que plantas podem ser usadas na filtragem das águas e em que condições e quantidades, etc.) |
| | Definir e implementar planos de gestão adaptativa às novas condições que venham a ser criadas pelas intervenções de melhoria da qualidade das águas da Lagoa e meio hídrico envolvente e evolução consequente das condições pós-intervenção/pós-restauro |
| Controlo de entrada dos Poluentes na Lagoa | Implementação de medidas de proteção da ETAR a eventos torrenciais intensos com vista a impedir o seu extravasamento pra a ribeira e áreas adjacentes |
| | Construção de barreiras de proteção à ETAR de modo a impedir danos ou destruição parcial ou mesmo total desta em casos de eventos torrenciais extremos; estas medidas, e as anteriores, deverão fundamentar-se nos resultados dos estudos acima referidos |
| | Avaliar da possibilidade de construir zonas de retenção das águas da ribeira (ex.: por sistema de comportas similar ao usado para irrigação dos arrozais) de modo a poder utilizar essas zonas como áreas de purificação das águas por uso de macrófitas (cf. http://www.hidrologia.com/intranet/uploads/contenido/e5c08473749cb01eea00f8d6a5f5574a.pdf); esta medida exige um controlo eficaz da zona de implantação das macrófitas, as quais deverão sempre e em todo o caso ser plantas nativas ou que não causem ameaça aos ecossistemas locais, evitando a sua proliferação não controlada para o interior da Lagoa (ex.: campanhas periódicas de desbaste ou “bioharvesting”) |
| | Avaliar da possibilidade de utilização de zonas húmidas superficiais e subsuperficiais para a remoção de nutrientes (cf. Jing e Lin, 2004) e de coliformes (cf. Reinoso et al., 2008) de modo conjunto, isto é, as mesmas estruturas para a remoção destes diferentes tipos de poluentes |
| | Avaliar da possibilidade de implementar sistemas de filtragem (ex.: filtros de solos; cf. Kadam et al., 2008) pelos quais se faça passar as águas da ribeira antes de entrar na Lagoa; avaliar da possibilidade de integrar estes sistemas com outros sistemas de tratamento |
| Ações de despoluição da Lagoa e sedimentos | Implementar um sistema de gestão de aberturas da Lagoa em períodos estratégicos de modo a reduzir também a quantidade de agentes patogénicos (por simples transporte para fora da Lagoa e/ou alteração das condições bióticas) assegurando ao mesmo tempo a melhoria no funcionamento ecológico da Lagoa |
| | Avaliar da possibilidade de técnicas de biomanipulação (Riedel-Lehrke, 1997) capazes de atuar sobre as populações de microrganismos patogénicos |
| | Avaliar da possibilidade da utilização de organismos antagonistas (Manage et al., 2002 in Reinoso et al., 2008), naturalmente existentes na Lagoa, que sejam predadores dos coliformes e outros microrganismos patogénicos |
| | Avaliar da possibilidade de utilização de toxinas de algas ou outros organismos no controlo dos coliformes e outros organismos patogénicos (cf. Oufdou et al., 2001 in Reinoso et al., 2008), sem que o seu uso faça de alguma forma perigar o funcionamento do ecossistema |
| | Definir um quadro de atuação que defina as condições em que cada uma destas técnicas de remoção de poluentes ou combinações de técnicas deverão ser aplicadas e a extensão da sua aplicação para a resolução de ventos críticos (ex.: de microrganismos, incidência anormal de doenças na fauna da Lagoa que possa ser traçada a organismos patogénicos, etc.) |

ANEXO III

Aplicação exemplificativa da metodologia das matrizes de decisão à escolha de medidas para o controlo de fosfatos e nitratos das descargas superficiais provenientes dos arrozais de Melides

1. INTRODUÇÃO

Neste anexo apresenta-se um exemplo teórico de aplicação da metodologia das matrizes de decisão ao caso de estudo de Melides, tendo-se selecionado para avaliação o conjunto de medidas das cargas poluentes de fosfatos e nitratos, originárias dos arrozais, que atingem a Lagoa por via superficial.

Este exemplo é apresentado para demonstrar: (1) a potencialidade do método e (2) a forma como este deve ser aplicado. Assim faz-se a apresentação de cada passo ao longo do processo de definição dos critérios de ponderação, atribuição dos respetivos fatores de ponderação, atribuição dos fatores de impacto de cada medida nos critérios de ponderação, cálculo do somatório dos produtos dos fatores (cf. equação abaixo) e atribuição final da classificação a cada medida em função deste somatório, e consequente escolha das melhores classificadas.

De acordo com a metodologia aqui elaborada, as medidas melhor classificadas são as que melhor maximizam todos os critérios, sendo admissivelmente as mais viáveis para a região e com maior probabilidade de sucesso na resolução do problema.

Embora no exemplo aqui apresentado a atribuição dos valores dos fatores de impacto e fatores de ponderação haja sido realizado sem intervenção pública, no mundo real, **o exercício efetivo desta metodologia deverá ser feito com a intervenção dos decisores e atores locais** no que se refere à discussão e aceitação consensual dos critérios de avaliação (da lista de critérios proposta pelos técnicos, a qual poderá ser acrescentada de outros critérios, ou eventual e muito mais raramente, reduzida), valores dos fatores de ponderação e de impactos.

Sem a participação pública nesta fase do processo de decisão existe sempre a possibilidade de medidas eficazes não virem a ter o resultado esperado, devido à não adesão dos atores.

2. EXEMPLIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Passo 1: Seleção das medidas – abaixo apresenta-se o conjunto de medidas passíveis de solucionar tecnicamente o problema: *redução da carga de nitratos e fosfatos originários dos arrozais e entrados na Lagoa por via superficial* (Quadro 108 e Quadro 109).

Note-se que algumas medidas podem ser comuns tanto para a redução das cargas de fosfatos como para as de nitratos. Em qualquer dos casos a análise apresentada far-se-á individualmente para cada tipo de poluente, admitindo-se que são problemas independentes. No exercício real da tomada de decisão (com a intervenção de decisores,

técnicos e atores locais) aconselha-se a que as medidas que sejam comuns a mais do que um problema sejam indexadas de um valor igual ao número de problemas a que são comuns, o qual deverá multiplicar o valor final da classificação.

Ou seja, se uma medida é tecnicamente aplicável à resolução de 3 problemas, o valor do somatório final

$$\sum_{i=1}^n (\text{factor de impacto de cada medida sobre o critério } i \times \text{factor de ponderação do critério } i)$$

deve ser multiplicado dum fator 3. Se a medida for tecnicamente aplicável à resolução de 2 problemas, o valor final deste somatório deverá ser multiplicado por 2 e assim sucessivamente. Esta factorização é realizada com vista a favorecer as medidas que tecnicamente possam, em simultâneo, resolver vários problemas e deste modo potenciar a resolução eficaz do maior número possível de problemas com o mínimo racional de recursos possíveis.

Quadro 108 – Medidas de controlo dos nitratos originários dos arrozais e entrados na ribeira de Melides (cf. Secção 4.3.1.1.1 e Anexo II)

| Designação da medida | Descrição da medida |
|----------------------|---|
| M1Nit | Aumentar a faixa terrestre entre os canteiros de arroz e os cursos de água para larguras entre 6 a 10 m |
| M2Nit | Proibir descargas dos canteiros de arroz diretamente para os rios |
| M3Nit | Reestruturar as valas de descarga, aumentando-as para profundidades da ordem dos 2 m |
| M4Nit | Alterar as valas de descarga de modo a que não se realizem descargas diárias para os rios mas se promova algum período de retenção as águas |
| M5Nit | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados com vista a definir regimes de irrigação com maior potencial para remover o excesso de azoto |
| M6Nit | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados, com vista a definir e promover a utilização de fertilizantes cuja remoção do excesso de nutrientes pelo próprio funcionamento natural dos arrozais seja mais eficiente |
| M7Nit | Implementar a vegetação das valas de descarga com plantas com apetência para a remoção de nitratos pondo à disposição dos agricultores um conjunto de plantas que sejam simultaneamente adequadas aos ecossistemas locais e não sejam competitivas com os arrozais |
| M8Nit | Implementar mecanismos que tornem a vegetação das valas de descarga dos arrozais e a sua reestruturação economicamente atrativas para os agricultores |
| M9Nit | Implementar mecanismos que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do cultivo do arroz |
| M10Nit | Implementação de técnicas de remoção de nitratos por bioestimulação das comunidades de microrganismos do solo; previamente deverão realizar-se estudos para identificar estas espécies e os impactos da sua bioestimulação sobre a saúde e produtividade das culturas |
| M11Nit | Implementação da faixa ripícola – com espécies não competitivas com os arrozais – com vista à redução das cargas poluentes que entrem na ribeira e Lagoa |
| M12Nit | Estudo da viabilidade e capacidade não poluente da aplicação de técnicas de cultivo tradicional de outras zonas orizícolas do planeta, como implementação de sistemas de aquacultura, plantio de árvores ou aplicação de nutrientes na água de irrigação |
| M13Nit | Avaliar da possibilidade de utilizar as águas de descarga da ETAR, com um nível de qualidade adequado, para a rega dos campos de arroz, com vista a reduzir as aplicações de adubos |

Quadro 109 – Medidas de controlo dos fosfatos originários dos arrozais e entrados na ribeira de Melides (cf. Secção 4.3.1.1.1 e Anexo II)

| Designação da medida | Descrição da medida |
|----------------------|--|
| M1Fosf | Implementar mecanismos que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do cultivo do arroz |
| M2Fosf | Aumentar a faixa terrestre entre os canteiros de arroz e os cursos de água, preferencialmente para larguras entre 6 a 10 m |
| M3Fosf | Proibir descargas dos canteiros de arroz diretamente para os rios |
| M4Fosf | Reestruturar as valas de descarga, aumentando-as para profundidades da ordem dos 2 m |
| M5Fosf | Alterar a estrutura das valas de descarga, de modo a que não se realizem descargas diárias para os rios mas se promova algum período de retenção as águas |
| M6Fosf | Implementar a vegetação das valas de descarga com plantas com apetência para a remoção de fosfatos, pondo à disposição dos agricultores um conjunto de plantas simultaneamente adequadas aos ecossistemas locais e não competitivas com os arrozais |
| M7Fosf | Implementar a aplicação de coberturas de fundo (ex.: compostos ricos em Fe) nas valas de descarga, de modo a fixar os nutrientes nestes substratos |
| M8Fosf | Implementar mecanismos que tornem a vegetação das valas de descarga dos arrozais e a sua reestruturação economicamente atrativas para os agricultores |
| M9Fosf | Implementação da faixa ripícola – com espécies não competitivas com os arrozais – para redução das cargas de fosfatos, sólidos suspensos e outros contaminantes que possam ser arrastados para a ribeira e Lagoa |
| M10Fosf | Criação de zonas húmidas recetoras das águas dos arrozais com vegetação remotora de fosfatos, adequada aos ecossistemas locais, e cujas densidades de plantio otimizem a remoção de poluentes; após passagem pela zona húmida as águas poderão ser descarregadas na Lagoa ou serem reutilizadas no regadio dos arrozais |
| M11Fosf | Avaliar e implementar a construção de estruturas de regadio que otimizem as condições e eficiências hidráulicas e minimizem curto-circuitos hidráulicos que conduzam a rápidas descargas de água e nutrientes nelas dissolvidos |
| M12Fosf | Avaliar da possibilidade da construção de bacias de irrigação, destinadas ao fornecimento de água aos arrozais, cujo design promova a depuração das cargas poluentes mais significativas e ao mesmo tempo uma maior eficiência de rega |
| M13Fosf | Avaliar da possibilidade da alteração do design dos campos de arroz que promova uma maior retenção dos nutrientes durante as regas e eventuais drenagens dos arrozais |
| M14Fosf | Controlo artificial do movimento da água nos campos e recurso a sistemas de irrigação circular, de modo a minimizar as perdas de nutrientes |
| M15Fosf | Implementação de técnicas de regadio que promovem uma menor inundação dos campos, mas promovendo a água necessária às necessidades da planta, em coordenação com as previsões meteorológicas diárias |
| M16Fosf | Implementação de técnicas alternativas de drenagem, como a seca progressiva e natural dos arrozais sem recurso à drenagem e descarga da água dos canteiros ou “zero-drainage management” |
| M17Fosf | Em alternativa, implementar técnicas de regadio/drenagem que permitam aumento significativo da retenção das águas nos canteiros, de modo a reduzir a carga poluente |
| M18Fosf | Aumento da matéria orgânica no solo, preferencialmente de origem vegetal |
| M19Fosf | Implementação de técnicas e calendários de aplicação de estrumes + fertilizantes de diversos tipos que, adaptados à realidade local, sejam os mais eficientes e ao mesmo tempo promovam uma minimização da perda de nutrientes; definir taxas de aplicação, tipo de adubo aplicado e método de aplicação que minimizem as perdas de nutrientes |
| M20Fosf | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados, com vista a definir e promover a utilização de fertilizantes cuja remoção do excesso de nutrientes pelo próprio funcionamento natural dos arrozais seja mais eficiente |
| M21Fosf | Estudo da viabilidade e capacidade não poluente da aplicação de técnicas de cultivo tradicional de outras zonas orizícolas do planeta, como implementação de sistemas de aquacultura com vista a fornecer fontes de nutrientes de baixo impacto, obtendo em simultâneo mecanismos de controlo de pragas e uma mais-valia económica colateral |
| M22Fosf | Realização de estudos que definam, para os arrozais da região, os limiares a partir dos quais se dá a fixação dos nutrientes no solo ou a sua mobilização para as águas de drenagem e adaptar as técnicas de cultivo e regadio em função destes limiares |
| M23Fosf | Realização de estudos com vista a definir a eventualidade da redução das quantidades de fosfatos aplicadas mantendo a produção, definindo limites máximos e mínimos viáveis destas reduções, tendo em consideração o tipo de solo, espécies cultivadas, e variações nestas taxas de redução em função da variação das condições meteorológicas |

Passo 2: Definição dos critérios de ponderação das medidas – os critérios considerados para a área de estudo foram os que se apresentaram na secção 4.4.4.2.1 e que abaixo se apresentam para simplificação da compreensão do processo de avaliação das medidas (Quadro 110). Os critérios focam aspetos demográficos que podem ser afetados pelas medidas (ex.: afastamento da população rural por excesso de encargos associados à implementação de algumas medidas ou redução das margens de lucro da sua atividade), atividades económicas sobre as quais podem recair as medidas, estado ecológico das massas de água, estado ecológico das águas que se pretende melhorar, etc.). Note-se que o tema turismo parece retratado em dois critérios embora na realidade, sejam aspetos distintos associados a uma mesma atividade económica. O critério C53 reflete apenas as alterações demográficas devidas à evolução do turismo ao passo que os critérios associados ao tema turismo refletem sobretudo a diversificação ou não da oferta e procura, encargos e eventuais lucros.

Quadro 110 – Temas e critérios considerados para a área de estudo de Melides

| Tema | Critério | Designação do critério | |
|-------------------------------------|--|--------------------------|------|
| 0. Natureza do meio (condicionante) | 1. Tipo de aquífero (poroso, cárstico, fissurado) | C01 | |
| | 2. Tipo de meio superficial (zona húmida, ribeiro temporário, rio, etc.) | C02 | |
| 1. Qualidade da água | 1. Qualidade da água | C11 | |
| 2. Disponibilidade hídrica | 2. Disponibilidade hídrica | C22 | |
| 3. Conhecimento | 3. Conhecimento dos processos causa-efeito | C33 | |
| 4. Agricultura | 4. Produção agrícola | C44 | |
| 5. População | 5.1. População total | C51 | |
| | 5.2. População nos diversos sectores económicos | C52 | |
| | 5.3. Procura turística da região | C53 | |
| 6. Agropecuária | 6. Produção pecuária | a) Tipo de estabulamento | C66a |
| | | b) Dimensão das unidades | C66b |
| 7. Turismo | 7.1. Alteração da procura | C71 | |
| | 7.2. Encargos acrescidos | C72 | |
| | 7.3. Alteração dos tipos de oferta | C73 | |
| | 7.4. Alteração dos tipos de lazer oferecidos | C74 | |
| | 7.5. Lucros | C75 | |
| 8. Estado ecológico | 8.1. Qualidade do estado ecológico | C81 | |
| | 8.2. Biodiversidade | C82 | |
| 9. Custos vários | 9.1. Disponibilidade de terrenos | C91 | |
| | 9.2. Monitorização | C92 | |
| | 9.3. Aquisição de tecnologia | C93 | |
| | 9.4. Mão-de-obra | C94 | |
| | 9.5. Utilização de fertilizantes e pesticidas | C95 | |
| 10. Questões sociais | 10.1 Emprego na região | C101 | |
| | 10.2 Competição pela água | C102 | |
| 11. Alterações no sistema | 11.1. Alterações climáticas | C111 | |
| | 11.2. Grandes empreendimentos (ex.: transvazes) | C112 | |
| | 11.3. Alterações nos processos de produção | C113 | |

Passo 3: Definição dos fatores de ponderação dos critérios – os fatores de ponderação atribuídos a cada critério, tendo em vista a resolução dos problemas ambientais da Lagoa e ao mesmo tempo o maior consenso e eficiência das medidas, são os seguintes (Quadro 111):

Quadro 111 – Fatores de ponderação dos critérios de avaliação das medidas

| Descrição do critério | Designação do critério | Fator de ponderação | |
|--|--------------------------|---------------------|---|
| <i>Tipo de aquífero (poroso, cárstico, fissurado)</i> | C01 | 1 | |
| <i>Tipo de meio superficial (zona húmida, ribeiro temporário, rio, etc.)</i> | C02 | 2 | |
| Qualidade da água | C11 | 5 | |
| Disponibilidade hídrica | C22 | 4 | |
| Conhecimento dos processos causa-efeito | C33 | 2 | |
| Produção agrícola | C44 | 4 | |
| População total | C51 | 3 | |
| População nos diversos sectores económicos | C52 | 2 | |
| Procura turística da região | C53 | 3 | |
| Produção pecuária | a) Tipo de estabulamento | C66a | 2 |
| | b) Dimensão das unidades | C66b | 3 |
| Alteração da procura | C71 | 4 | |
| Encargos acrescidos | C72 | 4 | |
| Alteração dos tipos de oferta | C73 | 3 | |
| Alteração dos tipos de lazer oferecidos | C74 | 4 | |
| Lucros | C75 | 3 | |
| Qualidade do estado ecológico | C81 | 5 | |
| Biodiversidade | C82 | 5 | |
| Disponibilidade de terrenos | C91 | 4 | |
| Monitorização | C92 | 3 | |
| Aquisição de tecnologia | C93 | 3 | |
| Mão-de-obra | C94 | 4 | |
| Utilização de fertilizantes e pesticidas | C95 | 5 | |
| Emprego na região | C101 | 5 | |
| Competição pela água | C102 | 4 | |
| Alterações climáticas | C111 | 2 | |
| Grandes empreendimentos (ex.: transvazes) | C112 | 1 | |
| Alterações nos processos de produção | C113 | 1 | |

Como se referiu na secção 4.4.4.2.2, estes fatores de ponderação variam entre 1 (critério de importante menos significativa para o sucesso da medida) e 5 (critério de máxima importância para o sucesso da medida). Estes valores foram atribuídos tomando como ponto fulcral a melhoria das águas da Lagoa, pelo que se deu maior importância às questões ambientais e de qualidade da água. O segundo aspeto que se considerou fulcral para o sucesso das medidas foi a questão económica/social, dando-se valores maiores (refletindo essa maior importância do critério) a aspetos relacionados com a produção nos diferentes sectores económicos (ou seja como as medidas podem ou não afetar essa produção), criação de emprego e custos.

Passo 4: Atribuição dos fatores de impacto – os fatores de impacto, que refletem o impacto de cada medida no critério de avaliação acima ponderado, são apresentados nos Quadro 112 e Quadro 113. Como se referiu na secção 4.4.4.2.2 os valores deste fator de impacto varia entre – 3 (medida com impacto muito negativo no critério de avaliação) e + 3 (medida com impacto muito positivo no critério de avaliação). O fator 0 refere-se a uma medida cujo impacto no critério seja nulo. Por exemplo, todas as medidas têm de um modo geral impactos negativos no critério “Custos” pois implicam normalmente investimentos para a sua implementação mas espera-se que todas tenham impactos positivos na qualidade das águas, impactos esses que serão maiores ou menores consoante a eficácia esperada dessa medida. Como exemplo de uma situação de fator nulo pode considerar-se por exemplo a medida “aumentar as faixas terrestres entre os canteiros de arroz e o meio hídrico (ribeira)”, que terá, para o critério “dimensão das unidades pecuárias” um impacto certamente nulo, pelo que ao fator de impacto sobre esta medida se atribuirá o valor 0.

Nos Quadro 112 e Quadro 113 as medidas e os critérios são representadas pelas respetivas designações, por comodidade de elaboração dos quadros. Estas designações foram já apresentadas, para as medidas, nos Quadro 108 e Quadro 109, e para os critérios, no Quadro 110.

Quadro 112 – Matriz dos fatores de impacto das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial nos critérios de avaliação

| Medida | Critérios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | C01 | C02 | C11 | C22 | C33 | C44 | C51 | C52 | C53 | C66a | C66b | C71 | C72 | C73 | C74 | C75 | C81 | C82 | C91 | C92 | C93 | C94 | C95 | C101 | C102 | C111 | C112 | C113 |
| M1Nit | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | -2 | -1 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | -3 | 0 | 0 | -2 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M2Nit | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M3Nit | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M4Nit | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | -1 | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M5Nit | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | -2 | 3 | -2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| M6Nit | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | -2 | 3 | -2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| M7Nit | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | -1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 2 | -2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M8Nit | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M9Nit | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M10Nit | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | -2 | 3 | -3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | -2 |
| M11Nit | 0 | 0 | 3 | -1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | -2 | 0 | 1 | -3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M12Nit | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| M13Nit | 0 | 0 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 3 | -2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Quadro 113 – Matriz dos fatores de impacto das medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial nos critérios de avaliação

| Medida | Critérios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | C01 | C02 | C11 | C22 | C33 | C44 | C51 | C52 | C53 | C66a | C66b | C71 | C72 | C73 | C74 | C75 | C81 | C82 | C91 | C92 | C93 | C94 | C95 | C101 | C102 | C111 | C112 | C113 |
| M1Fosf | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M2Fosf | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | -2 | -1 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | -3 | 0 | 0 | -2 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M3Fosf | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M4Fosf | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M5Fosf | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | -1 | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M6Fosf | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | -1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 2 | -2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M7Fosf | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | -2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 |
| M8Fosf | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M9Fosf | 0 | 0 | 3 | -1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | -2 | 0 | 1 | -3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M10Fosf | 1 | 1 | 3 | -1 | 1 | -1 | 0 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | -3 | 2 | 3 | -1 | 0 | 1 | -2 | 0 | 0 | 0 |
| M11Fosf | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 | -1 | 0 | 3 | -1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| M12Fosf | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | -3 | 0 | 3 | -2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| M13Fosf | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | -1 | -1 | 2 | -1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M14Fosf | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| M15Fosf | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| M16Fosf | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| M17Fosf | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| M18Fosf | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M19Fosf | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M20Fosf | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M21Fosf | 0 | 0 | 2 | -1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | -1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M22Fosf | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 | -2 | 1 | -1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M23Fosf | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 | -2 | 1 | -1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Passo 5: Atribuição dos fatores de ponderação versus cada medida – nos Quadro 114 e Quadro 115 são apresentados os fatores de ponderação dos vários critérios para as várias medidas e que correspondem aos definidos no Quadro 111. O fator 1 assinala o critério menos importante e o fator 5 o critério de maior importância. Nos Quadro 116 e Quadro 117 apresenta-se o produto dos fatores de ponderação pelos fatores de impacto para cada critério e medida.

Quadro 114 – Matriz dos fatores de ponderação dos critérios para as medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Critérios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | C01 | C02 | C11 | C22 | C33 | C44 | C51 | C52 | C53 | C66a | C66b | C71 | C72 | C73 | C74 | C75 | C81 | C82 | C91 | C92 | C93 | C94 | C95 | C101 | C102 | C111 | C112 | C113 |
| M1Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M2Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M3Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M4Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M5Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M6Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M7Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M8Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M9Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M10Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M11Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M12Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M13Nit | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |

Quadro 115 – Matriz dos fatores de ponderação dos critérios para as medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Critérios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | C01 | C02 | C11 | C22 | C33 | C44 | C51 | C52 | C53 | C66a | C66b | C71 | C72 | C73 | C74 | C75 | C81 | C82 | C91 | C92 | C93 | C94 | C95 | C101 | C102 | C111 | C112 | C113 |
| M1Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M2Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M3Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M4Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M5Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M6Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M7Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M8Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M9Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M10Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M11Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M12Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M13Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M14Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M15Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M16Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M17Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M18Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M19Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M20Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M21Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M22Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| M23Fosf | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 |

Quadro 116 – Matriz da multiplicação dos fatores de ponderação pelos fatores de impacto para as medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Critérios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | C01 | C02 | C11 | C22 | C33 | C44 | C51 | C52 | C53 | C66a | C66b | C71 | C72 | C73 | C74 | C75 | C81 | C82 | C91 | C92 | C93 | C94 | C95 | C101 | C102 | C111 | C112 | C113 |
| M1Nit | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | -8 | -3 | -2 | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 3 | 10 | 10 | -12 | 0 | 0 | -8 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M2Nit | 0 | 0 | 15 | 4 | 0 | -4 | -3 | -2 | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M3Nit | 0 | 0 | 15 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M4Nit | 0 | 0 | 15 | 4 | 0 | -4 | -3 | -2 | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 3 | -4 | 5 | -5 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M5Nit | 0 | 0 | 15 | 0 | 6 | 8 | 3 | 2 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 3 | 15 | 15 | 0 | -6 | 9 | -8 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| M6Nit | 0 | 0 | 15 | 0 | 6 | 8 | 3 | 2 | 6 | 2 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 3 | 15 | 15 | 0 | -6 | 9 | -8 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| M7Nit | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | -4 | 3 | 2 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 3 | 15 | 15 | 0 | 0 | 6 | -8 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M8Nit | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 8 | 6 | 4 | 3 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 3 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M9Nit | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 8 | 6 | 4 | 3 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M10Nit | 1 | 0 | 15 | 0 | 6 | 8 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 3 | 15 | 15 | 0 | -6 | 9 | -12 | 10 | 5 | 0 | 0 | 0 | -2 |
| M11Nit | 0 | 0 | 15 | -4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 4 | 6 | 15 | 15 | -8 | 0 | 3 | -12 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M12Nit | 0 | 0 | 15 | 0 | 2 | 12 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 12 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 3 | 4 | 15 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| M13Nit | 0 | 0 | 10 | 12 | 2 | 8 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 10 | 15 | 0 | 0 | 9 | -8 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Quadro 117 – Matriz da multiplicação dos fatores de ponderação pelos fatores de impacto para as medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Critérios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | C01 | C02 | C11 | C22 | C33 | C44 | C51 | C52 | C53 | C66a | C66b | C71 | C72 | C73 | C74 | C75 | C81 | C82 | C91 | C92 | C93 | C94 | C95 | C101 | C102 | C111 | C112 | C113 |
| M1Fosf | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 8 | 6 | 4 | 3 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M2Fosf | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | -8 | -3 | -2 | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 3 | 10 | 10 | -12 | 0 | 0 | -8 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M3Fosf | 0 | 0 | 15 | 4 | 0 | -4 | -3 | -2 | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M4Fosf | 0 | 0 | 15 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M5Fosf | 0 | 0 | 15 | 4 | 0 | -4 | -3 | -2 | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 3 | -4 | 5 | -5 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| M6Fosf | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | -4 | 3 | 2 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 3 | 15 | 15 | 0 | 0 | 6 | -8 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M7Fosf | 1 | 0 | 10 | 0 | 2 | -4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 3 | 15 | 10 | 0 | 0 | 9 | -8 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 |
| M8Fosf | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 8 | 6 | 4 | 3 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 3 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M9Fosf | 0 | 0 | 15 | -4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 4 | 6 | 15 | 15 | -8 | 0 | 3 | -12 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M10Fosf | 1 | 2 | 15 | -4 | 2 | -4 | 0 | -2 | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | 9 | 15 | 15 | -12 | 6 | 9 | -4 | 0 | 5 | -8 | 0 | 0 | 0 |
| M11Fosf | 0 | 0 | 10 | 4 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 15 | 10 | -4 | 0 | 9 | -4 | 10 | 0 | 12 | 0 | 0 | 2 |
| M12Fosf | 0 | 0 | 10 | 8 | 2 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 15 | -12 | 0 | 9 | -8 | 5 | 0 | 12 | 0 | 0 | 1 | |
| M13Fosf | 0 | 0 | 15 | 0 | 2 | 8 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 15 | 15 | -4 | -3 | 6 | -4 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M14Fosf | 0 | 0 | 15 | 8 | 0 | 12 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 10 | 10 | 0 | 0 | 6 | 0 | 15 | 0 | 8 | 0 | 0 | 1 |
| M15Fosf | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 2 | |
| M16Fosf | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 5 | 12 | 0 | 0 | 2 | |
| M17Fosf | 0 | 0 | 10 | 12 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 | 12 | 0 | 0 | 2 | |
| M18Fosf | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M19Fosf | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M20Fosf | 0 | 0 | 15 | 0 | 4 | 8 | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| M21Fosf | 0 | 0 | 10 | -4 | 4 | 12 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 3 | 15 | 15 | -4 | 0 | 6 | 0 | 15 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M22Fosf | 1 | 0 | 15 | 0 | 6 | 12 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 15 | 10 | 0 | -6 | 3 | -4 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| M23Fosf | 1 | 0 | 15 | 0 | 6 | 8 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 15 | 10 | 0 | -6 | 3 | -4 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Passo 6: Cálculo do somatório de classificação para cada medida – calculadas as matrizes de multiplicação dos fatores de impacto pelos fatores de ponderação, segundo a equação:

F_p = Fator de impacto da medida p sobre o critério i x Fator de ponderação do critério i

procede-se ao somatório das n parcelas de acordo com a fórmula:

$$C = \sum_{i=1}^n (\text{factor de impacto da medida } p \text{ sobre o critério } i * \text{factor de ponderação do critério } i)$$

obtendo-se um valor C , que corresponde à classificação da medida. As medidas com valor C mais elevado são as que melhor maximizam todos os critérios de avaliação, sendo em princípio as mais adequadas para a resolução do problema. No exemplo presente, os valores de C para as medidas de redução dos nitratos apresentam-se no Quadro 118 e para as medidas de redução dos fosfatos no Quadro 119.

Quadro 118 – Valores de classificação das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Valor de C |
|--------|------------|
| M1Nit | 17 |
| M2Nit | 58 |
| M3Nit | 42 |
| M4Nit | 62 |
| M5Nit | 102 |
| M6Nit | 104 |
| M7Nit | 74 |
| M8Nit | 90 |
| M9Nit | 110 |
| M10Nit | 87 |
| M11Nit | 62 |
| M12Nit | 128 |
| M13Nit | 85 |

Quadro 119 – Valores de classificação das medidas de controlo de fosfatos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Valor de C |
|---------|------------|
| M1Fosf | 110 |
| M2Fosf | 17 |
| M3Fosf | 58 |
| M4Fosf | 42 |
| M5Fosf | 62 |
| M6Fosf | 74 |
| M7Fosf | 57 |
| M8Fosf | 90 |
| M9Fosf | 62 |
| M10Fosf | 63 |
| M11Fosf | 77 |
| M12Fosf | 67 |
| M13Fosf | 77 |
| M14Fosf | 95 |
| M15Fosf | 46 |
| M16Fosf | 51 |
| M17Fosf | 67 |
| M18Fosf | 48 |
| M19Fosf | 73 |
| M20Fosf | 78 |
| M21Fosf | 90 |
| M22Fosf | 79 |
| M23Fosf | 75 |

Passo 7: Classificação das medidas em função do valor do respetivo somatório – com base nos valores dos Quadro 118 e Quadro 119 classificam-se as medidas, sendo as melhores classificadas as que constituirão o grupo de escolha preferencial para aplicação. No Quadro 120 encontra-se a classificação das medidas de controlo dos nitratos e no Quadro 121 a classificação das medidas de controlo de fosfatos.

Quadro 120 – Classificação das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Classificação | Descrição da medida |
|--------|---------------|---|
| M12Nit | 128 | Estudo da viabilidade e capacidade não poluente da aplicação de técnicas de cultivo tradicional de outras zonas orizícolas do planeta, como implementação de sistemas de aquacultura, plantio de árvores ou aplicação de nutrientes na água de irrigação |
| M9Nit | 110 | Implementar mecanismos que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do cultivo do arroz |
| M6Nit | 104 | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados, com vista a definir e promover a utilização de fertilizantes cuja remoção do excesso de nutrientes pelo próprio funcionamento natural dos arrozais seja mais eficiente |
| M5Nit | 102 | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados com vista a definir regimes de irrigação com maior potencial para remover o excesso de azoto |
| M8Nit | 90 | Implementar mecanismos que tornem a vegetação das valas de descarga dos arrozais e a sua reestruturação economicamente atrativas para os agricultores |
| M10Nit | 87 | Implementação de técnicas de remoção de nitratos por bioestimulação das comunidades de microrganismos do solo; previamente deverão realizar-se estudos para identificar estas espécies e os impactos da sua bioestimulação sobre a saúde e produtividade das culturas |
| M13Nit | 85 | Avaliar da possibilidade de utilizar as águas de descarga da ETAR, com um nível de qualidade adequado, para a rega dos campos de arroz, com vista a reduzir as aplicações de adubos |

| Medida | Classificação | Descrição da medida |
|--------|---------------|--|
| M7Nit | 74 | Implementar a vegetação das valas de descarga com plantas com apetência para a remoção de nitratos pondo à disposição dos agricultores um conjunto de plantas que sejam simultaneamente adequadas aos ecossistemas locais e não sejam competitivas com os arrozais |
| M4Nit | 62 | Alterar as valas de descarga de modo a que não se realizem descargas diárias para os rios mas se promova algum período de retenção as águas |
| M11Nit | 62 | Implementação da faixa ripícola – com espécies não competitivas com os arrozais –com vista à redução das cargas poluentes que entrem na ribeira e Lagoa |
| M2Nit | 58 | Proibir descargas dos canteiros de arroz diretamente para os rios |
| M3Nit | 42 | Reestruturar as valas de descarga, aumentando-as para profundidades da ordem dos 2 m |
| M1Nit | 17 | Aumentar a faixa terrestre entre os canteiros de arroz e os cursos de água para larguras entre 6 a 10 m |

Quadro 121 – Classificação das medidas de controlo de nitratos originários dos arrozais por via superficial

| Medida | Classificação | Descrição da medida |
|---------|---------------|---|
| M1Fosf | 110 | Implementar mecanismos que tornem mais apelativa a adesão dos agricultores aos programas de Proteção Integrada do cultivo do arroz |
| M14Fosf | 95 | Controlo artificial do movimento da água nos campos e recurso a sistemas de irrigação circular, de modo a minimizar as perdas de nutrientes |
| M8Fosf | 90 | Implementar mecanismos que tornem a vegetação das valas de descarga dos arrozais e a sua reestruturação economicamente atrativas para os agricultores |
| M21Fosf | 90 | Estudo da viabilidade e capacidade não poluente da aplicação de técnicas de cultivo tradicional de outras zonas orizícolas do planeta, como implementação de sistemas de aquacultura com vista a fornecer fontes de nutrientes de baixo impacto, obtendo em simultâneo mecanismos de controlo de pragas e uma mais-valia económica colateral |
| M22Fosf | 79 | Realização de estudos que definam, para os arrozais da região, os limiares a partir dos quais se dá a fixação dos nutrientes no solo ou a sua mobilização para as águas de drenagem e adaptar as técnicas de cultivo e regadio em função destes limiares |
| M20Fosf | 78 | Realização de estudos e posterior implementação dos seus resultados, com vista a definir e promover a utilização de fertilizantes cuja remoção do excesso de nutrientes pelo próprio funcionamento natural dos arrozais seja mais eficiente |
| M11Fosf | 77 | Avaliar e implementar a construção de estruturas de regadio que otimizem as condições e eficiências hidráulicas e minimizem curto-circuitos hidráulicos que conduzam a rápidas descargas de água e nutrientes nelas dissolvidos |
| M13Fosf | 77 | Avaliar da possibilidade da alteração do design dos campos de arroz que promova uma maior retenção dos nutrientes durante as regas e eventuais drenagens dos arrozais |
| M23Fosf | 75 | Realização de estudos com vista a definir da eventualidade da redução das quantidades de fósforos aplicadas mantendo a produção, definindo limites máximos e mínimos viáveis destas reduções, tendo em consideração o tipo de solo, espécies cultivadas, e variações nestas taxas de redução em função da variação das condições meteorológicas |
| M6Fosf | 74 | Implementar a vegetação das valas de descarga com plantas com apetência para a remoção de fosfatos, pondo à disposição dos agricultores um conjunto de plantas simultaneamente adequadas aos ecossistemas locais e não competitivas com os arrozais |
| M19Fosf | 73 | Implementação de técnicas e calendários de aplicação de estrumes + fertilizantes de diversos tipos que, adaptados à realidade local, sejam os mais eficientes e ao mesmo tempo promovam uma minimização da perda de nutrientes; definir taxas de aplicação, tipo de adubo aplicado e método de aplicação que minimizem as perdas de nutrientes |
| M12Fosf | 67 | Avaliar da possibilidade da construção de bacias de irrigação, destinadas ao fornecimento de água aos arrozais, cujo design promova a depuração das cargas poluentes mais significativas e ao mesmo tempo uma maior eficiência de rega |
| M17Fosf | 67 | Em alternativa, implementar técnicas de regadio/drenagem que permitam aumento significativo da retenção das águas nos canteiros, de modo a reduzir a carga poluente |
| M10Fosf | 63 | Criação de zonas húmidas recetoras das águas dos arrozais com vegetação remotora de fosfatos, adequada aos ecossistemas locais, e cujas densidades de plantio otimizem a remoção de poluentes; após passagem pela zona húmida as águas poderão ser descarregadas na Lagoa ou serem reutilizadas no regadio dos arrozais |
| M5Fosf | 62 | Alterar a estrutura das valas de descarga, de modo a que não se realizem descargas diárias para os rios mas se promova algum período de retenção as águas |

| Medida | Classificação | Descrição da medida |
|---------|---------------|--|
| M9Fosf | 62 | Implementação da faixa ripícola – com espécies não competitivas com os arrozais – para redução das cargas de fosfatos, sólidos suspensos e outros contaminantes que possam ser arrastados para a ribeira e Lagoa |
| M3Fosf | 58 | Proibir descargas dos canteiros de arroz diretamente para os rios |
| M7Fosf | 57 | Implementar a aplicação de coberturas de fundo (ex.: compostos ricos em Fe) nas valas de descarga, de modo a fixar os nutrientes nestes substratos |
| M16Fosf | 51 | Implementação de técnicas alternativas de drenagem, como a seca progressiva e natural dos arrozais sem recurso à drenagem e descarga da água dos canteiros ou "zero-drainage management" |
| M18Fosf | 48 | Aumento da matéria orgânica no solo, preferencialmente de origem vegetal |
| M15Fosf | 46 | Implementação de técnicas de regadio que promovem uma menor inundação dos campos, mas promovendo a água necessária às necessidades da planta, em coordenação com as previsões meteorológicas diárias |
| M4Fosf | 42 | Reestruturar as valas de descarga, aumentando-as para profundidades da ordem dos 2 m |
| M2Fosf | 17 | Aumentar a faixa terrestre entre os canteiros de arroz e os cursos de água, preferencialmente para larguras entre 6 a 10 m |

Passo 8: Seleção das medidas com maior potencial de aplicação e obtenção de bons resultados – processo que exige a participação de todos os atores e decisores, para escolher das medidas melhores classificadas quantas se deverão aplicar, quais se deverão aplicar, a prioridade de aplicação de cada uma, etc. Processos fortemente dependente das verbas e da sensibilidade dos atores. Pode suceder que as medidas que hajam obtido a melhor classificação não respondam de imediato aos problemas e se sinta a necessidade de escolher medidas mais práticas (ex.: numa primeira classificação as medidas relacionadas com estudos poderão ter tido as melhores classificações, por uma atribuição errónea dos fatores de impacto e/ou de ponderação). Sempre que o conjunto de medidas melhor classificadas não satisfizer os objetivos de decisores e atores, deverá fazer-se uma segunda avaliação com participação ativa de atores e decisores na redefinição dos critérios de ponderação e de impacto, de modo a estes refletirem melhor a realidade local e do problema a resolver.

