



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE  
Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/14/17372

## **ÁGUA, ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E ATIVIDADE HUMANA – PROJETO PROWATERMAN**

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

**Sexto relatório temático – Medidas de mitigação  
e priorização da atuação**

Lisboa • março de 2013

**I&D** HIDRÁULICA E AMBIENTE

**RELATÓRIO 79/2013 – DHA/NAS**

Financiamento

**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

# ÁGUA, ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E ATIVIDADE HUMANA – PROJETO PROWATERMAN

## Sexto relatório temático – Medidas de Mitigação e Priorização da Atuação

### Resumo

Neste estudo desenvolvido no âmbito do Projeto n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008 subsidiado pela FCT foi estudada a área da bacia hidrográfica de Melides, com vista à definição de estratégias inovadoras de gestão dos recursos hídricos com vista à recuperação e preservação dos ecossistemas aquáticos e garantir a sustentabilidade das atividades humanas na região.

Neste relatório são apresentadas as conclusões deste estudo, no que se refere à caracterização da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, identificação das pressões e contribuição destas em termos de carga poluente para o meio hídrico superficial e subterrâneo, o balanço hídrico e as relações entre o meio hídrico superficial e subterrâneo, com especial destaque para os volumes de água transferidos do meio subterrâneo para o superficial, vulnerabilidade e risco à poluição. Foram também definidas as alterações em termos de recarga, escoamento superficial e volume da lagoa em cenários de alterações climáticas. Definiu-se por meio da modelação matemática os tempos de percurso dos poluentes desde as diferentes fontes de poluição e as zonas de descarga do aquífero a que estão associadas as descargas destes poluentes. A expressão das cargas poluentes em termos de concentração na lagoa e a evolução da acumulação destas cargas na lagoa é também apresentada assim como a evolução previsível destas cargas em termos das condicionantes de evolução socioeconómica. Finalmente apresentam-se os grandes grupos das medidas de recuperação que podem ser aplicadas na bacia hidrográfica, as áreas e atividades que exigem intervenção prioritária por parte destas medidas e uma matriz de decisão com vista a escolher, de entre o vasto universo de medidas aplicáveis, as com maior potencial de eficácia considerando aspetos económicos, sociológicos e outros fatores importantes na tomada de decisão.

## Mitigation Measures and Prioritization of Actions

### Abstract

In this study developed under Project n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008 funded by FCT the study-case area was the watershed of Melides creek to which innovative water resources management strategies were to be drafted, aiming to recover and preserve the aquatic ecosystems and the sustainability of the human activities in the region.

In this report are presented the conclusions of this study, concerning the quality of surface and groundwaters, the identification of the pressures upon the water environments, and their pollution loads on surface and groundwaters, water balances and the relations between surface and groundwaters, specially the volumes of water transferred from the aquifer into the creek and the lagoon. The changes in recharge, runoff and volume of the lagoon under climate change scenarios are also presented. The mathematical modelling provided the time travel of pollutants from the distinct sources into the lagoon and the location of the discharge zones of the aquifer from where these pollutants are transferred into the surface waters. The expression of the pollution loads into concentrations in the lagoon and the evolution of these loads are also presented as well as the evolution of these loads according with the socio-economic projections. Finally the

types of intervention measures which may be applied, the areas and the activities requiring priority intervention are presented, as well as a decision matrix. This decision matrix aims at choosing, from a wide universe of technical measures those assumedly more cost-results effective ones, taking into account sociological, economical and other important issues for the decision-making process.

## **Mesures d'atténuation et la hiérarchisation de l'action**

### **Résumé**

Dans cette étude fut développée sous le Project n° PTDC/AAC-AMB/105061/2008 subventionné par FCT, fut étudié la région du bassin hydrographique de Melides, pour établir des stratégies innovatrices de gestion des ressources hydriques et préservation des écosystèmes aquatiques et en même temps assurer la soutenabilité des activités humaines.

Dans ce rapport sont présentés les conclusions de cette étude, en ce qui concerne la caractérisation de la qualité des eaux superficielles et souterraines, l'identification des pressions et la contribution de ces pressions pour la pollution des eaux superficielles et souterraines, le bilan hydrique et les relations parmi le milieu hydrique superficiel e souterrain, en particulier en ce qui concerne les volumes d'eau transférés du milieu souterrain au milieu superficiel. On a aussi évalué l'évolution, sous des scénarios du changement climatique, de la recharge de l'aquifère, du ruissellement et du volume de la lagune de Melides. La modélisation mathématique a défini les temps de parcours de polluants dès ses sources jusqu'aux régions de décharge de l'aquifère. L'expression des charges polluantes en concentrations dans la lagune et l'évolution de l'accumulation de ces polluants là-dedans est aussi présentée. L'évolution des polluants produits dans le bassin hydrographique en fonction des scénarios socio-économiques est aussi présentée. On présente encore les grands groupes de mesures de récupération de la lagune que peuvent être appliqués, les lieux et les activités qui demandent la première intervention. A la fin on présente une matrix de décision qui fut développée pour aider à choisir, dans le vaste nombre de mesures techniquement existantes, celles qui peuvent être les plus efficaces, en tenant en compte des aspects sociologiques, économiques et d'autres facteurs de décision.

## ÍNDICE DO TEXTO

1. Objetivos e Âmbito do Estudo .....	1
2. Área de Estudo.....	1
3. Geologia.....	2
4. Balanço Hídrico e Relação Entre Águas Superficiais e Subterrâneas .....	2
5. Alterações Climáticas.....	3
6. Piezometria .....	6
7. Qualidade.....	6
7.1. Águas Subterrâneas .....	6
7.2. Águas Superficiais.....	8
8. Pressões .....	8
9. Vulnerabilidade à Poluição das Águas Superficiais e Risco de Poluição da Bacia Hidrográfica de Melides .....	11
10. Modelo Matemático .....	12
11. Impactos das Cargas Poluentes na Lagoa de Melides .....	19
12. Cenários Socioeconómicos.....	20
13. Medidas de Recuperação da Lagoa.....	22
14. Áreas Prioritárias de Intervenção .....	24
14.1. Áreas Prioritárias de Intervenção no Meio Hídrico Superficial.....	26
14.2. Áreas Prioritárias de Intervenção no Meio Hídrico Subterrâneo.....	35
15. Matriz de Decisão.....	46
16. Conclusões.....	48
Bibliografia .....	52
ANEXO I.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo .....	1
Figura 2 – Geologia da bacia hidrográfica de Melides .....	2
Figura 3 – Recarga média anual na bacia hidrográfica de Melides .....	3
Figura 4 – Recarga natural média anual, a) cenário HadRM2/IS92a; b) cenário HadRM3/SRES A2; c) cenário HadRM3/SRES .....	4
Figura 5 – Níveis e superfície piezométrica do aquífero superficial de Melides .....	6
Figura 6 – Pontos de amostragem de águas na bacia de Melides (9 a 11 de Maio de 2011).....	7
Figura 7 – Diagrama de Piper das águas subterrâneas analisadas.....	7
Figura 8 – Concentração em nitratos nas águas subterrâneas de Melides .....	7
Figura 9 – Concentração em nutrientes e boro nas águas subterrâneas de Melides .....	8
Figura 10 – Concentração em metais pesados nas águas subterrâneas de Melides .....	8
Figura 11 – Lões maiores e TPH nas águas superficiais .....	8
Figura 12 – Concentração de potássio, nitratos, fosfatos e TPH nas águas superficiais.....	8
Figura 13 – Distribuição das pressões (fontes poluentes) sobre o meio hídrico .....	9
Figura 14 – Distribuição do Índice da Zona Vadosa de risco à poluição de águas subterrâneas ...	12
Figura 15 – Malha do modelo e topografia .....	12
Figura 16 – Piezometria de verão na área de Melides.....	13
Figura 17 – Trajeto das cargas poluentes desde a fonte até à descarga no meio superficial.....	13
Figura 18 – Localização das zonas de descarga do aquífero .....	16
Figura 19 – Evolução da carga poluente sob diferentes cenários de renovação da água da lagoa	19
Figura 20 – Evolução da carga poluente que atinge a lagoa de Melides .....	20
Figura 21 – Classificação do parâmetro distância ao corpo de água.....	27
Figura 22 – Classificação do parâmetro distribuição espacial das fontes de poluição.....	28
Figura 23 – Classificação do parâmetro cargas poluentes .....	29
Figura 24 – Classificação do parâmetro zonas de descarga .....	31
Figura 25 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Superficial.....	35
Figura 26 – Classificação do parâmetro profundidade ao nível de água .....	36
Figura 27 – Classificação do parâmetro cargas poluentes .....	37
Figura 28 – Classificação do parâmetro tempos de percurso .....	38
Figura 29 – Classificação do parâmetro IFI .....	40
Figura 30 – Classificação do parâmetro zonas de descarga .....	41
Figura 31 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Subterrâneo.....	45
Figura 32 – Desenvolvimento da matriz de decisão .....	46
ANEXO I.....	55
Figura 33 – Malha do modelo matemático, com indicação das células representantes da ribeira, ao longo das quais descarrega o aquífero.....	57
Figura 34 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (setor de jusante dos arrozais; zona vestibular da ribeira) .....	58
Figura 35 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (setor central dos arrozais).....	59
Figura 36 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (setor de montante dos arrozais).....	60

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Recarga natural (RAQ) e escoamento direto (ESC) atuais e em cenários de alterações climáticas .....	5
Quadro 2 – 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 .....	5
Quadro 3 – 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).....	6
Quadro 4 – Importância relativa das fontes poluentes no meio hídrico subterrâneo .....	9
Quadro 5 – Importância relativa das fontes poluentes de origem subterrânea por atividade económica nos totais de carga poluente da bacia de Melides .....	10
Quadro 6 – Percentagens de contribuição das diferentes fontes poluentes de origem subterrânea, com tempos de percurso de até 1 ano, para a poluição da Lagoa .....	11
Quadro 7 – Recarga devida às perdas de rega por tipo de cultura agrícola .....	13
Quadro 8 – Tempos de percurso associados às fontes poluentes da bacia hidrográfica de Melides	14
Quadro 9 – Distribuição das cargas poluentes pelos pontos de descarga do aquífero .....	15
Quadro 10 – Contribuição percentual de cada fonte poluente para a poluição em diferentes regiões do aquífero e rede hidrográfica .....	16
Quadro 11 – 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 .....	17
Quadro 12 – Transformação das cargas poluentes das diferentes origens em concentrações na lagoa .....	19
Quadro 13 – Evolução da ocupação do solo no litoral alentejano a norte de Sines .....	20
Quadro 14 – Evolução das cargas poluentes de nitratos em cenários socioeconómicos estritamente na área da bacia hidrográfica de Melides.....	21
Quadro 15 – Consumos (m <sup>3</sup> /ano) e taxas de exploração anual atuais e em cenários para 2015 e 2027 .....	21
Quadro 16 – Consumos agrícolas (m <sup>3</sup> /ano) e respetivas taxas de exploração por tipo de cultura para os recursos subterrâneos .....	22
Quadro 17 – Volumes de consumos e taxas de exploração de verão atuais e em cenários para 2015 e 2027 para o meio hídrico superficial .....	22
Quadro 18 – Consumos domésticos (m <sup>3</sup> /ano) e respetivas taxas de exploração .....	22
Quadro 19 – Estruturação das medidas em função do meio, tipo de poluentes e fonte de poluição	23
Quadro 20 – Classes de distâncias ao corpo de água superficial.....	26
Quadro 21 – Classes de distribuição espacial das fontes poluentes .....	27
Quadro 22 – Classes de distribuição das cargas poluentes .....	29
Quadro 23 – Classes de zonas de descarga para o meio superficial .....	30
Quadro 24 – Classes do parâmetro estado ecológico .....	32
Quadro 25 – Classes do parâmetro estado ecológico (clorofila a).....	33
Quadro 26 – Classes do parâmetro contribuições externas .....	33
Quadro 27 – Classificação do índice de prioridade de intervenção no meio hídrico superficial.....	34
Quadro 28 – Classes de profundidades.....	35
Quadro 29 – Classes das cargas poluentes .....	37
Quadro 30 – Classes de tempos de percurso.....	38
Quadro 31 – Parâmetros IFI .....	39
Quadro 32 – Classes de zonas de descarga para o meio superficial .....	41
Quadro 33 – Classes de ligações hidráulicas entre aquíferos .....	42

Quadro 34 – Classes de descargas do meio superficial para o subterrâneo.....	43
Quadro 35 – Classificação do índice de prioridade de intervenção no meio hídrico subterrâneo...	45
Quadro 36 – Temas e critérios de base que estruturam a matriz de decisão .....	47
ANEXO I .....	55
Quadro 37 – Células de descarga na ribeira para cada fonte poluente e respetiva percentagem de poluente descarregado face à carga total de poluente na fonte .....	61
Quadro 38 – Fontes de poluição com contribuição mais provável para a poluição dos pontos de amostragem das águas subterrâneas.....	65
Quadro 39 – Fontes de poluição com contribuição mais provável para a poluição dos pontos de amostragem das águas superficiais.....	68

# ÁGUA, ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E ATIVIDADE HUMANA – PROJETO PROWATERMAN

## Sexto relatório temático – Medidas de Mitigação e Priorização da Atuação

### 1. Objetivos e Âmbito do Estudo

O projeto PROWATERMAN teve por objetivo definir estratégias inovadoras de gestão sustentável dos recursos hídricos preservando a sustentabilidade económica das populações e os ecossistemas aquáticos. Estas estratégias tiveram por base três suportes:

- ◆ Análise das dimensões ambientais, socioeconómicas e institucionais da sustentabilidade da água para garantir a qualidade deste recurso e aumentar a eficiência e equidade do seu uso, através de uma abordagem integrada da gestão dos recursos hídricos.
- ◆ Definir estratégias locais inovadoras para a gestão sustentável da água.
- ◆ Formular um conjunto de orientações de boas práticas para a conservação da qualidade e quantidade da água.

No caso da área de estudo de Melides o principal problema a resolver é a recuperação do estado ecológico da lagoa e ribeira de Melides. Para tal foi necessário monitorizar o estado de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, definir os balanços hídricos e volumes de água de diferentes origens que chegam à lagoa, conhecer as pressões sobre o meio hídrico, compreender de que modo os meios hídricos superficial e subterrâneo interagem e influenciam a qualidade das águas da lagoa, conhecer a migração dos poluentes ao longo dos meios hídricos superficial e subterrâneo com o auxílio da modelação matemática, conhecer o tecido socioeconómico local e, por fim, propor estratégias de recuperação da lagoa, com base na compreensão do funcionamento integrado do trinómio meio hídrico superficial e subterrâneo / atividade humana / funcionamento dos ecossistemas.

### 2. Área de Estudo

A lagoa de Melides, que constitui a zona terminal da bacia hidrográfica da ribeira de Melides, situa-se no litoral alentejano (Figura 1), sendo uma lagoa costeira com aberturas ocasionais ao oceano, normalmente episódios pouco frequentes ao longo do ano e de curta duração, estando dependentes da agitação do oceano, marés, ocorrência de tempestades e regime pluviométrico.

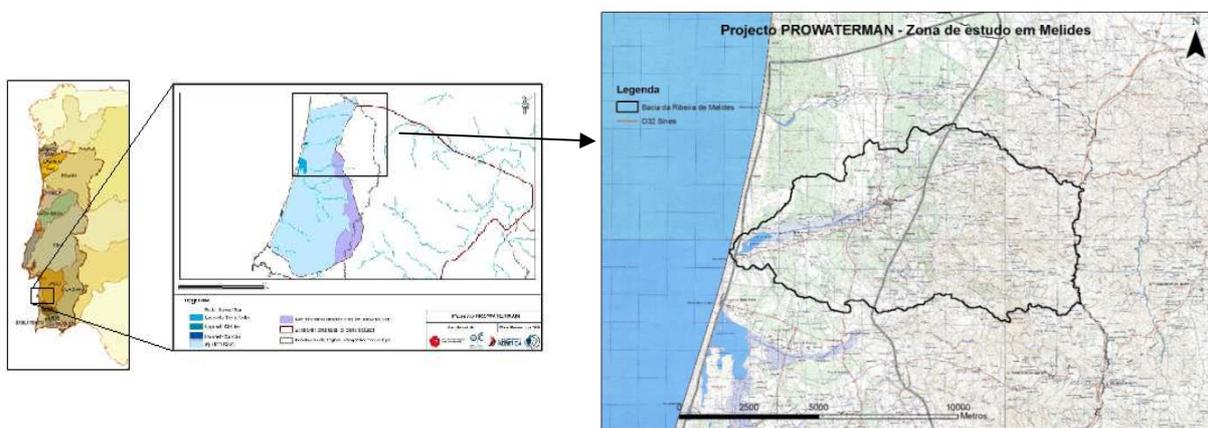
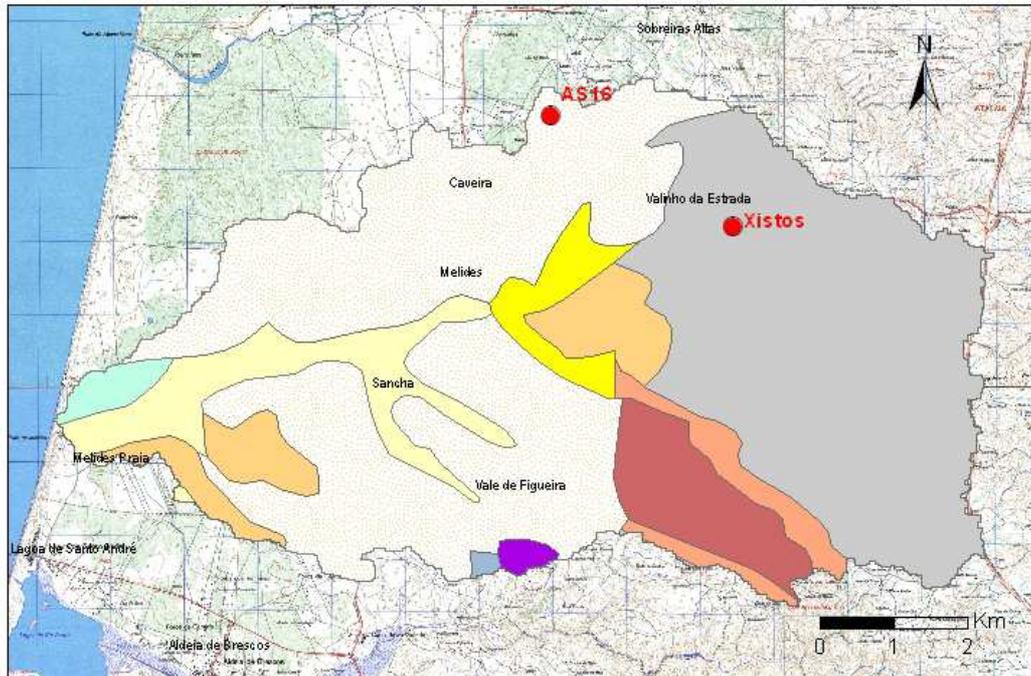


Figura 1 – Localização da área de estudo

### 3. Geologia

A bacia hidrográfica de Melides é constituída por duas zonas distintas (Novo, 2010):

- **Zona de montante** – constituída por xistos e grauvaques pouco permeáveis (Figura 2).
- **Zona de jusante** – constituída por depósitos arenosos e areno-argilosos, permeáveis, onde se desenvolve um aquífero superficial em ligação hidráulica com a ribeira e lagoa, que pertence ao sistema aquífero de Sines (Figura 2). Subjacentes a estas formações detríticas ocorrem unidades carbonatadas jurássicas, que constituem os aquíferos mais importantes do sistema aquífero de Sines.



Enquadramento litoestratigráfico

- Aluviões - Quaternário
- Dunas - Quaternário
- Formação de Marateca - Pliocénico
- Formação de Esbarradoiro - Miocénico
- Complexo Vulcano-Sedimentar - Jurássico inf.
- Formações de Dagorda, Pereiros e Grés de Silves - Triásico
- Formação Filito-Quartzítica: filitos, siltitos e quartzitos - Devónico sup.
- Xistos, siltitos, tufitos e jaspes (Complexo Vulcano-Sedimentar da Faixa Piritosa) - Devónico sup.-Carbónico inf.
- Turbiditos (Fm. Mértola) - Carbónico inf.
- Plano de água
- Locais de colheita de amostras de solos

Fonte: adaptado de SGP (1992)

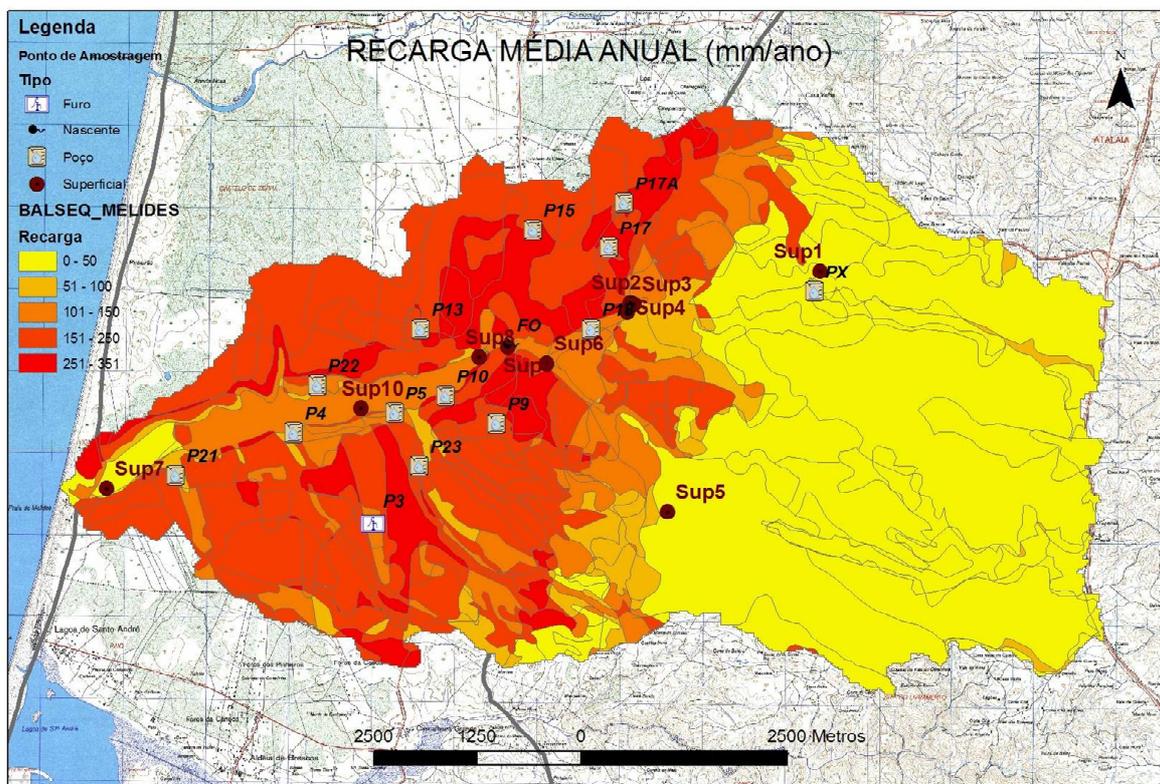
Figura 2 – Geologia da bacia hidrográfica de Melides

### 4. Balanço Hídrico e Relação Entre Águas Superficiais e Subterrâneas

A lagoa de Melides tem um volume médio de água de 1,5 hm<sup>3</sup>, recebendo anualmente um volume de 18,8 hm<sup>3</sup>, dos quais 13,8 hm<sup>3</sup>/ano provêm do escoamento superficial (11,2 hm<sup>3</sup>/ano vindos do sector de montante da bacia hidrográfica e 2,6 hm<sup>3</sup>/ano do sector de jusante) e cerca de 5 hm<sup>3</sup> da descarga do aquífero superficial da zona de jusante da bacia (Oliveira *et al.*, 2012a), sendo que a recarga média na bacia é de cerca 119 mm/ano (Figura 3) e o escoamento superficial direto de 199 mm/ano (Oliveira *et al.*, 2011). Na zona de jusante da bacia (área dominada pelos depósitos terciários) o escoamento direto

é de 100 mm/ano, sendo na zona do arrozal de 150 mm/ano e 200 mm/ano. Em termos de contribuição de água para a lagoa, 56 a 60% provêm do escoamento superficial da zona de montante da bacia, 27% provêm da descarga do aquífero na zona de jusante da bacia (que corresponde a cerca de 95% da recarga dessa zona) e 13,5% provêm do escoamento superficial originado na mesma zona de jusante; não se inclui nestes cálculos a contribuição proveniente da Fonte de Olhos (Oliveira *et al.*, 2012a). Deste modo, dada a importância da proporção de água subterrânea que atinge a lagoa, esta constitui-se como um ecossistema parcialmente dependente de águas subterrâneas (Novo *et al.*, 2013). O volume que a lagoa recebe anualmente é cerca de 13,3 vezes o seu valor médio, pelo que deverá existir uma significativa renovação da água da lagoa (Novo *et al.*, 2013).

Sendo a lagoa parcialmente dependente das águas subterrâneas, isto significa que a qualidade da lagoa está dependente não apenas da qualidade da água superficial mas também da água no aquífero.



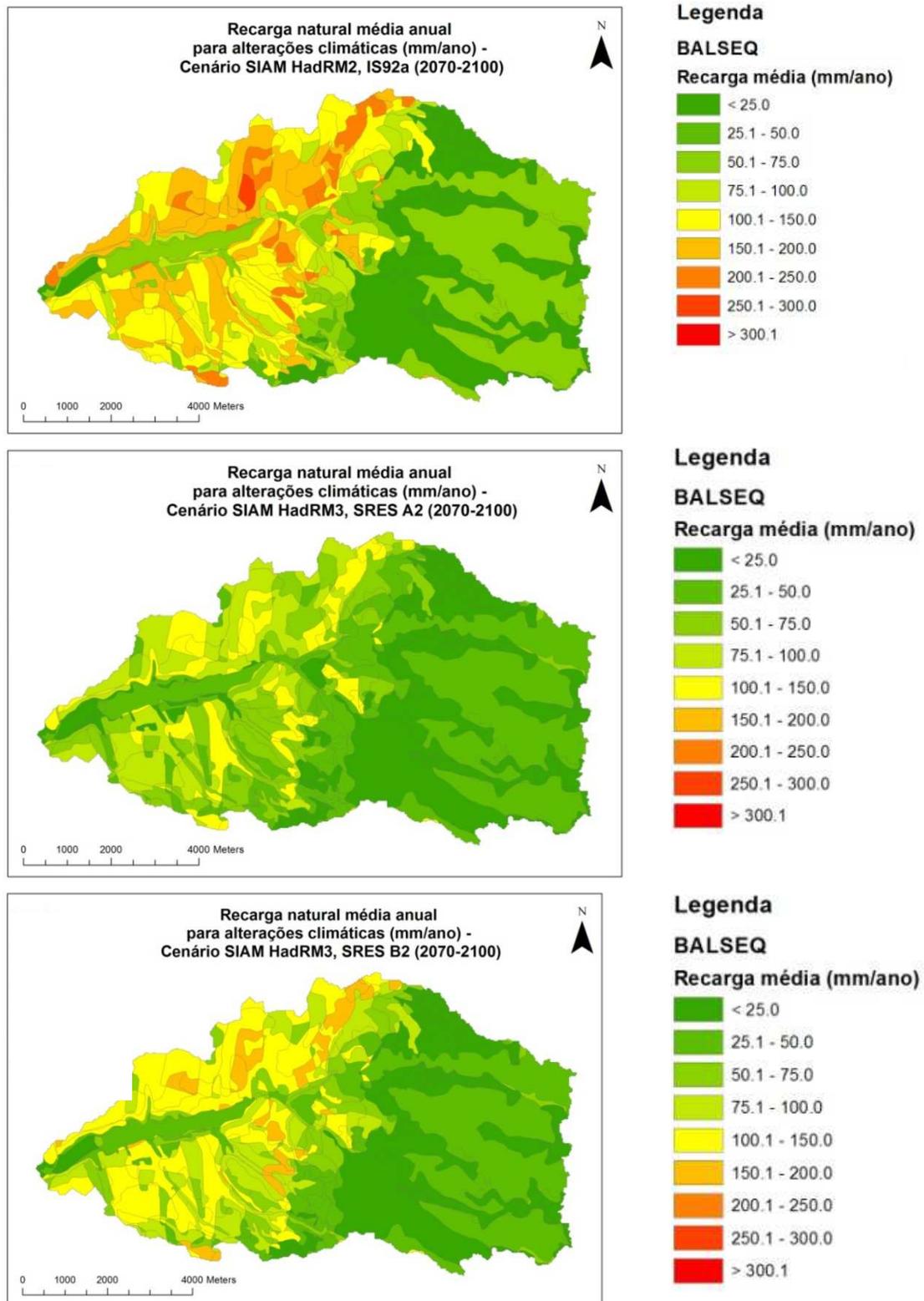
Fonte: adaptado de Oliveira *et al.* (2011)

Figura 3 – Recarga média anual na bacia hidrográfica de Melides

## 5. Alterações Climáticas

As alterações climáticas provocam modificações na recarga ou no escoamento superficial e consequentemente nas relações entre o meio hídrico superficial e o subterrâneo e os volumes e regimes de alimentação de água à lagoa que, sendo um ecossistema parcialmente dependente de águas subterrâneas, será assim duplamente afetado.

Para a análise dos impactos das alterações climáticas utilizaram-se os dados dos modelos SIAM (Santos e Miranda, 2006) e o modelo BALSEQ\_MOD (Oliveira, 2006). Os resultados estão expressos na Figura 4 e no Quadro 1.



Fonte: adaptado de Oliveira *et al.* (2012b)

Figura 4 – Recarga natural média anual, a) cenário HadRM2/IS92a; b) cenário HadRM3/SRES A2; c) cenário HadRM3/SRES

Quadro 1 – Recarga natural (RAQ) e escoamento direto (ESC) atuais e em cenários de alterações climáticas

		ESC (mm/ano)	RAQ (mm/ano)
		<i>Condições atuais</i>	199
<b>Cenário emissões/modelo climático</b>	HadRM2/IS92a	179	88
	HadRM3/SRES A2	114	47
	HadRM3/SRES B2	142	64

Os resultados obtidos mostram que se podem esperar reduções significativas na recarga do sistema aquífero, e reduções menos acentuadas do escoamento superficial. O cenário mais problemático é o associado ao cenário de emissões SRES A2, onde a recarga natural deverá ter reduções da ordem dos 60% e o escoamento superficial direto reduções da ordem dos 43%. Tais resultados indiciam a potencial ocorrência de impactos significativos sobre os caudais das ribeiras e do volume de água na lagoa, comprometendo eventualmente a sua capacidade natural de depuração, e deverá colocar dificuldades ao abastecimento agrícola, quer este se faça com águas subterrâneas ou com águas superficiais.

Se se considerarem as evoluções nos consumos para 2027 (cf. Capítulo 12) e se se assumirem que estes se mantêm constantes até ao final do século devido a evoluções demográficas, extensão de áreas agrícolas e necessidades hídricas que permitam um tal cenário as taxas de exploração para as águas subterrâneas são as que se apresentam no Quadro 2. Para as taxas de exploração do recurso hídrico superficial, e considerando que somente os arrozais são o consumidor com expressão na exploração deste recurso, determinando a taxa de exploração para o período de regadio, tendo em conta o escoamento superficial nesse período, e os pressupostos adotados para as águas subterrâneas em termos de evolução dos consumos até ao final do século XXI, a evolução das taxas de exploração é a apresentada no Quadro 3.

Quadro 2 – 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

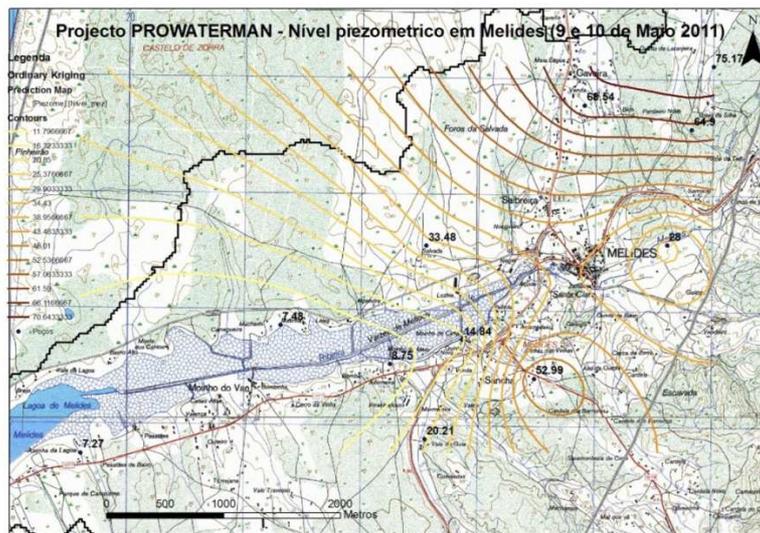
Meio hídrico/ horizonte temporal	Modelo	Volumen de consumos (m <sup>3</sup> /ano)				Recarga (m <sup>3</sup> /ano)	Taxas de exploração (%)
		Doméstico (1)	Arrozais	Restante agricultura	Pecuária		
Subterrâneo atual		525 288	--	1 521 414	1 568,1	5 269 858	38,87
Subterrâneo 2027		564 947	--	1 424 951	1 568,1	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
		Taxas de consumo por atividade económica (%)					
		Doméstico (1)	Arrozais	Restante agricultura	Pecuária		
Subterrâneo atual		9,97	--	28,87		0,03	
Subterrâneo 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	

Quadro 3 – 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	Volumen de consumos (m <sup>3</sup> /ano)				Escoamento superficial (m <sup>3</sup> /ano)	Taxas de exploração (%)
		Doméstico	Arrozais	Restante agricultura	Pecuária		
Superficial atual		--	640 000	--	--	2 761 310	23,18
Superficial 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

## 6. Piezometria

De acordo com a monitorização realizada em maio de 2011, verifica-se que a piezometria define uma superfície freática que inclina na direção da ribeira de Melides e em direção ao mar, pelo que o fluxo de água subterrânea tenderá a realizar-se em direção à ribeira e lagoa de Melides (Figura 5).



(Fonte: Oliveira *et al.*, 2011)

Figura 5 – Níveis e superfície piezométrica do aquífero superficial de Melides

## 7. Qualidade

### 7.1. Águas Subterrâneas

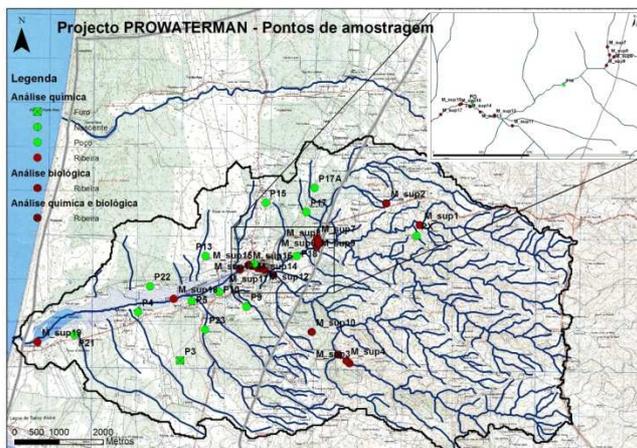
As campanhas de amostragem (Figura 6) mostraram a presença de diversos nutrientes e metais pesados, e permitiram distinguir águas com diferentes fácies hidroquímicas. Estas fácies são as seguintes (Figura 7; cf. Oliveira *et al.*, 2011):

- **Bicarbonatadas cálcicas** – as águas de Fonte de Olhos, e do ponto P13, que provêm dos calcários subjacentes jurássicos do sistema aquífero de Sines.
- **Bicarbonatadas sódicas** – as águas do poço PX, que provêm das formações xistentas paleozóicas.

- **Cloretada a sulfatada sódica e cálcica** – as águas de todos os restantes pontos, as quais provêm das formações detríticas terciárias e quaternárias da zona de jusante da bacia hidrográfica.

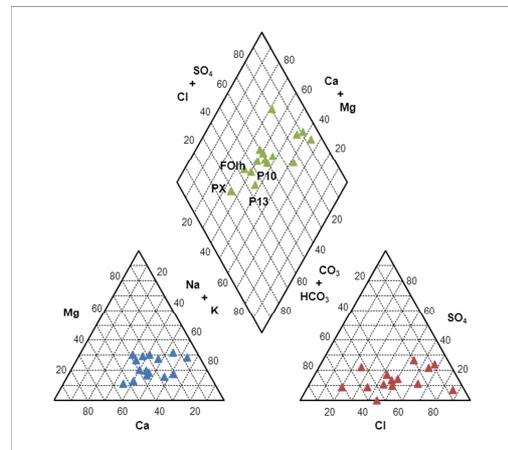
Em termos da distribuição da poluição verifica-se que (Leitão *et al.*, 2012):

- Esta é mais significativa na margem esquerda (Figura 8).
- A concentração em nutrientes (nitratos, nitritos e potássio) é mais elevada nos pontos P3, P9, P10, P5, P4 e P21 (Figura 8) e resulta da ocupação agrícola a montante.
- A presença de boro, proveniente de fossas sépticas e do espalhamento de estrumes no solo, ocorre nos pontos P18, P10, P5, P4 e P21 (Figura 9).
- Os pontos P15 e P17A registam a presença de metais pesados – As, Co, Ca, Mb e Vn – provindos de uma sucata e oficina de automóveis sitas a montante (Figura 10).
- As águas subterrâneas descarregam para a lagoa, como demonstra a evolução da condutividade e dos teores de cloretos e sódio.



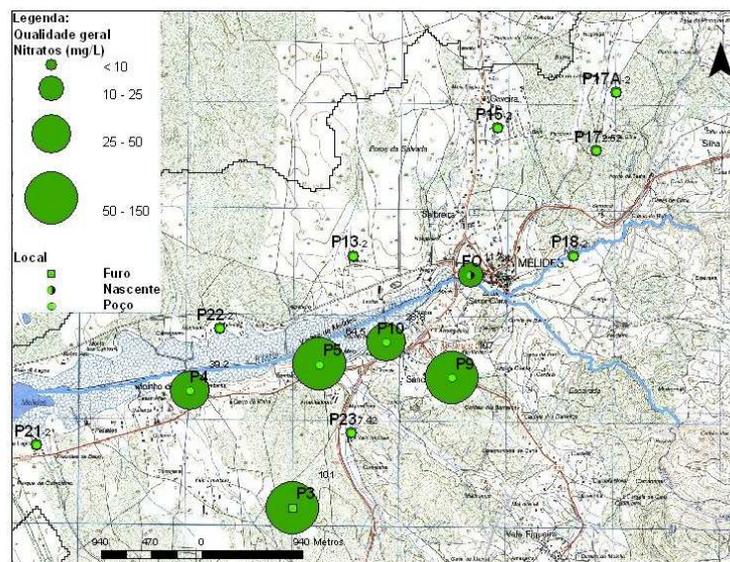
(Fonte: Leitão *et al.*, 2012)

Figura 6 – Pontos de amostragem de águas na bacia de Melides (9 a 11 de Maio de 2011)



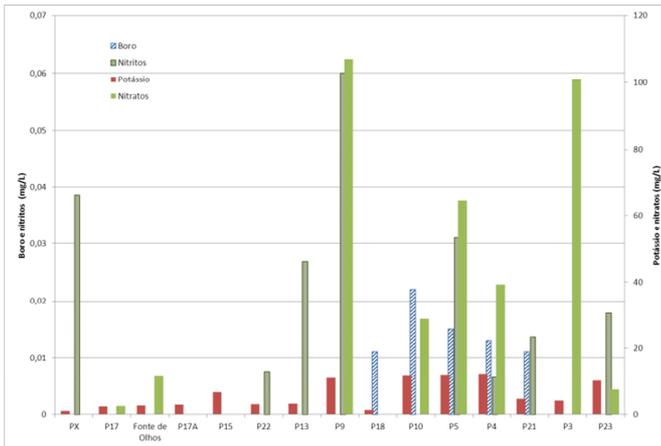
(Fonte: Oliveira *et al.*, 2011)

Figura 7 – Diagrama de Piper das águas subterrâneas analisadas



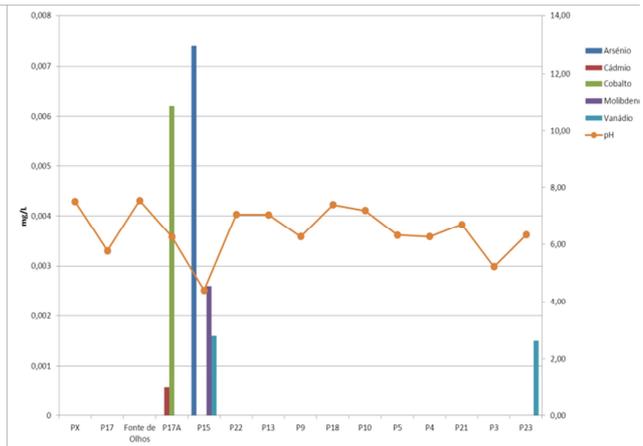
(Fonte: Leitão *et al.*, 2012)

Figura 8 – Concentração em nitratos nas águas subterrâneas de Melides



(Fonte: Oliveira et al., 2011)

Figura 9 – Concentração em nutrientes e boro nas águas subterrâneas de Melides



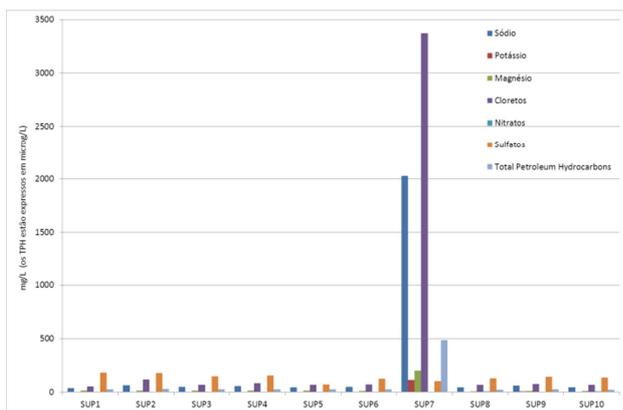
(Fonte: Oliveira et al., 2011)

Figura 10 – Concentração em metais pesados nas águas subterrâneas de Melides

## 7.2. Águas Superficiais

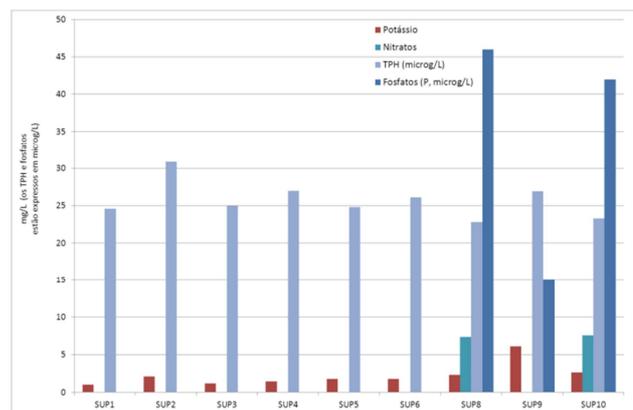
As águas superficiais amostradas têm composição semelhante ao longo da bacia hidrográfica, exceto para o caso do ponto Sup7, onde a proximidade ao cordão litoral da lagoa, e por conseguinte à sua zona de interação com o mar, lhe confere um quimismo salobro (Figura 11). No que se refere à poluição destas águas verifica-se que (Leitão et al., 2012):

- Em todas as amostras ocorre a presença de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), com especial destaque para o ponto Sup7 (Figura 11 e Figura 12).
- Os dois pontos onde foram detetados nitratos foram os pontos Sup8 e Sup10; os fosfatos foram detetados ainda no ponto Sup9, embora os pontos Sup8 e Sup10 tenham as concentrações de fosfatos mais elevados; a distribuição dos fosfatos e nitratos indicia que estes são em larga medida provenientes das águas subterrâneas.



(Fonte: Oliveira et al., 2011)

Figura 11 – Iões maiores e TPH nas águas superficiais



(Fonte: Oliveira et al., 2011)

Figura 12 – Concentração de potássio, nitratos, fosfatos e TPH nas águas superficiais

## 8. Pressões

As atividades com potencial impacto na qualidade das águas superficiais e subterrâneas repartem-se pela agricultura, pecuária e origens domésticas, sendo a distribuição dos diferentes focos poluidores apresentada na Figura 13, verificando-se a sua concentração na zona de jusante da bacia, com

especial incidência na margem sul da ribeira de Melides, de que se destacam as zonas da sub-bacia de Vale Travesso e a margem sul da Lagoa. Um segundo núcleo importante, associado sobretudo à atividade agrícola, ocorre na zona de Caveira. A zona de inundação da ribeira de Melides é ocupada por campos de arroz, os quais têm um significativo impacto tanto em termos da poluição das águas superficiais como subterrâneas.

A importância relativa de cada tipo de fonte poluente é apresentada no Quadro 4, onde se refere a percentagem de contribuição de cada tipo de fonte poluente para a carga poluente total gerada na bacia, no que se refere à poluição do meio hídrico subterrâneo.

Quadro 4 – Importância relativa das fontes poluentes no meio hídrico subterrâneo

Tipo de Fonte Poluente	Nitratos	Fosfatos
Poluição agrícola (incluindo arrozais)	65,04% = 11 401 Kg/ano	75,92% = 6 732 Kg/ano
Arrozais	16,16% = 2 832 Kg/ano	30,91% = 2 741 Kg/ano
Pecuária	17,36% = 3 043 Kg/ano	15,06% = 1 335 Kg/ano
Fontes domésticas (fossas)	17,60% = 3 085 Kg/ano	9,02% = 800 Kg/ano

A carga poluente que entra no meio hídrico superficial corresponde a cerca de 10% de toda a carga poluente de nitratos gerada na bacia e a 16% 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. Esta deve-se às escorrências dos campos agrícolas, às ETAR e aos arrozais.

Descontando as contribuições poluentes das escorrências dos campos agrícolas, a poluição referente aos arrozais corresponde a 65% de nitratos e 79% de fosfatos da carga poluente superficial, sendo o remanescente distribuído entre as descargas das ETAR e escorrências dos campos agrícolas (Novo et al., 2013).

Deste modo verifica-se que a principal atividade poluente é a agricultura, que produz 59% da carga total de nitratos e 66% da carga total de fosfatos, no cômputo global das cargas poluentes descarregadas para o meio hídrico superficial e subterrâneo.

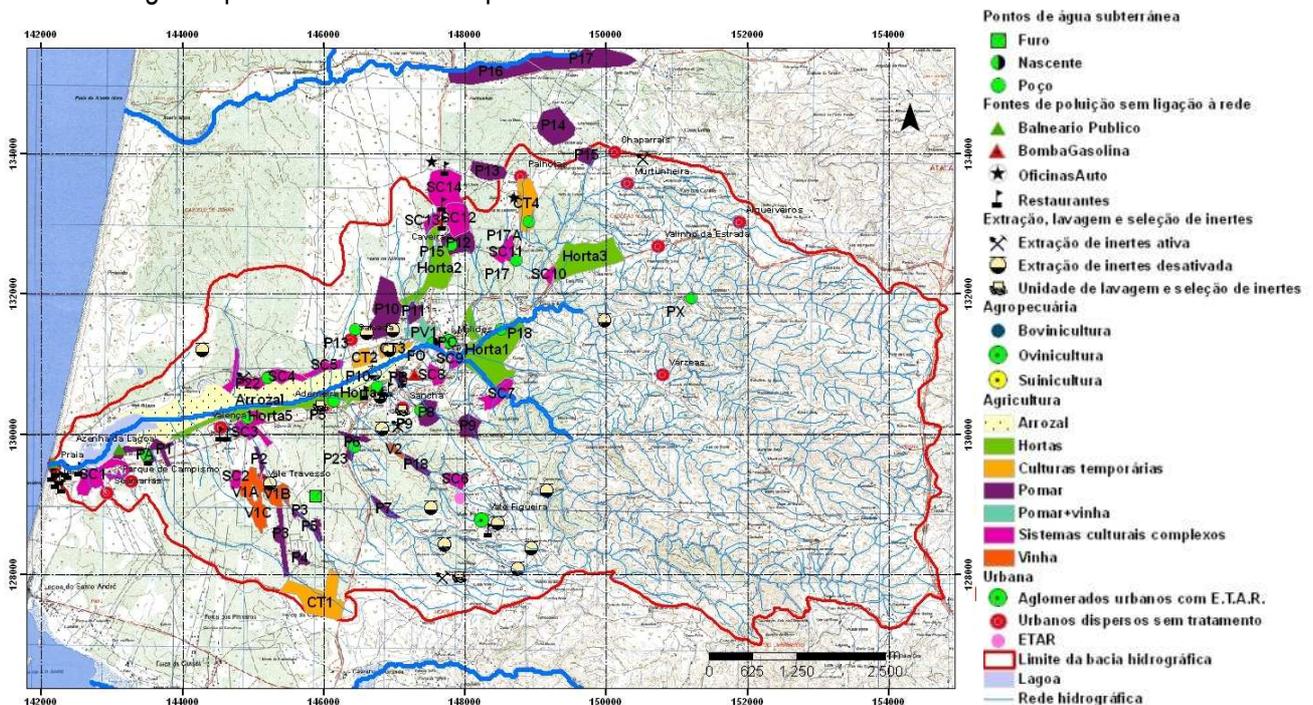


Figura 13 – Distribuição das pressões (fontes poluentes) sobre o meio hídrico

De toda a carga poluente gerada na bacia hidrográfica de Melides a poluição subterrânea é a mais significativa, perfazendo 86,5% de fosfatos e 91% dos nitratos que ficam disponíveis para entrar no meio hídrico, calculando-se que desta carga disponível cerca de metade (53,7%), no que se refere aos fosfatos<sup>1</sup>, atingirão a lagoa através das descargas do aquífero (Novo *et al.*, 2013). Relativamente aos nitratos, destas cargas disponíveis para entrar no meio hídrico, cerca de 48,3% alcançam a lagoa no espaço de 1 ano, admitindo-se que grande parte do remanescente alcance a lagoa em períodos mais dilatados de tempo.

Individualmente cada fonte poluente contribui com uma pequena percentagem para a carga poluente total, sendo o problema devido antes ao conjunto de todas as cargas poluentes geradas. De entre as fontes poluentes mais importantes para o meio hídrico subterrâneo destacam-se os núcleos de fossas das Sesmarias e Parque de Campismo, os arrozais e as parcelas agrícolas de pomar + vinha (PV), culturas temporárias (SC1, SC3, SC4 e SC14) e culturas mistas (CT2 e CT3).

Diversas fontes poluentes apresentam fortes variações sazonais de carga poluente, como são os casos das fossas dos núcleos urbanos em torno da lagoa, as do Parque de Campismo e os arrozais durante a época de cultivo.

Ao invés das cargas poluentes subterrâneas, as cargas poluentes entradas no meio hídrico superficial chegam rapidamente à lagoa e sem depuração significativa, tendo deste modo um muito rápido impacto sobre a qualidade das águas da lagoa, mesmo que este impacto possa ser de curta extensão temporal.

Considerando as cargas poluentes que demoram até um ano a alcançar a lagoa (poluição de origem subterrânea), a sua importância relativamente às cargas totais geradas na bacia hidrográfica é apresentada no Quadro 5; o Quadro 6 apresenta a contribuição de cada fonte poluente cujas cargas demoram até 1 ano a alcançar a lagoa de Melides (poluição de origem subterrânea) para a poluição total associada a estes tempos de percurso (Novo *et al.*, 2013).

Quadro 5 – Importância relativa das fontes poluentes de origem subterrânea por atividade económica nos totais de carga poluente da bacia de Melides

Cargas poluentes		NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Agricultura 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%

<sup>1</sup> Cargas poluentes com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano.

Quadro 6 – Percentagens de contribuição das diferentes fontes poluentes de origem subterrânea, com tempos de percurso de até 1 ano, para a poluição da 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
<b>Total Arrozal</b>	<b>2832</b>	<b>33,47</b>	<b>2741</b>	<b>57,62</b>
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
<b>Total agricultura s/arrozais</b>	<b>1740</b>	<b>20,56</b>	<b>792</b>	<b>16,65</b>
<b>Total agricultura</b>	<b>4572</b>	<b>54,04</b>	<b>3533</b>	<b>74,27</b>
BOV	677	8,00	307	6,45
OV	720	8,51	270	5,68
<b>Total pecuária</b>	<b>1397</b>	<b>16,51</b>	<b>577</b>	<b>12,13</b>
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
<b>Total urbana</b>	<b>2 492</b>	<b>29,45</b>	<b>647</b>	<b>13,60</b>
<b>Total agrícola + pecuária + urbana</b>	<b>8 461</b>	<b>100</b>	<b>4 757</b>	<b>100</b>

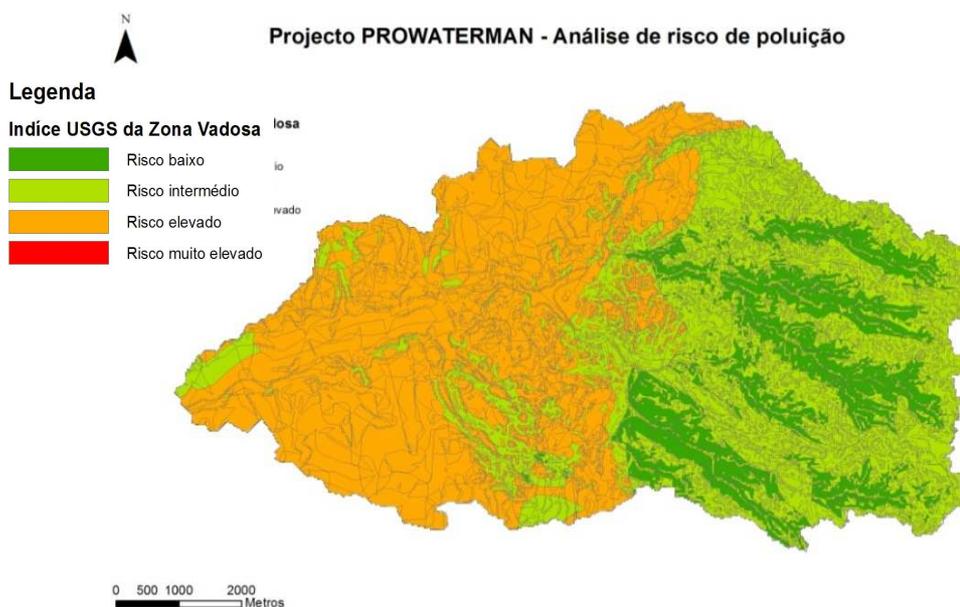
## 9. Vulnerabilidade à Poluição das Águas Superficiais e Risco de Poluição da Bacia Hidrográfica de Melides

Em face destas cargas poluentes é importante conhecer a vulnerabilidade e o risco à poluição das diferentes regiões da bacia hidrográfica, com vista a melhor definir as zonas de intervenção mais prioritária.

A avaliação da vulnerabilidade à poluição foi realizada através da metodologia WRASTIC. De acordo com esta metodologia 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 (Oliveira *et al.*, 2011).

A análise do risco à poluição foi realizada através do Índice da Zona Vadosa tendo-se obtido o zonamento que se apresenta na Figura 14, onde o risco de poluição é baixo a intermédio na zona montante da bacia e elevado na de jusante (Oliveira *et al.*, 2012b).

O menor risco na zona de montante deve-se por um lado à baixa permeabilidade dos terrenos e declives elevados, que não favorecem a infiltração dos poluentes e por outro à reduzida ocupação humana em termos de focos de poluição, os quais são sobretudo fossas mais ou menos dispersas, algumas unidades pecuárias e pequenas explorações agrícolas não intensivas, sendo a maior atividade da área a silvicultura. Deve sublinhar-se contudo que, pelas mesmas características de baixa permeabilidade e declives elevados, quaisquer fontes poluentes existentes na área verão as suas descargas serem rapidamente escoadas para as águas superficiais, atingindo rapidamente a lagoa, na zona de jusante. Deste modo qualquer atividade poluente na zona de montante terá um impacto expetavelmente imediato, e previsivelmente pouco atenuado (dado que o meio hídrico superficial tem menor capacidade de depuração que o subterrâneo) sobre a lagoa e quaisquer estratégias de gestão deverão também considerar estas fontes e respetivas cargas.



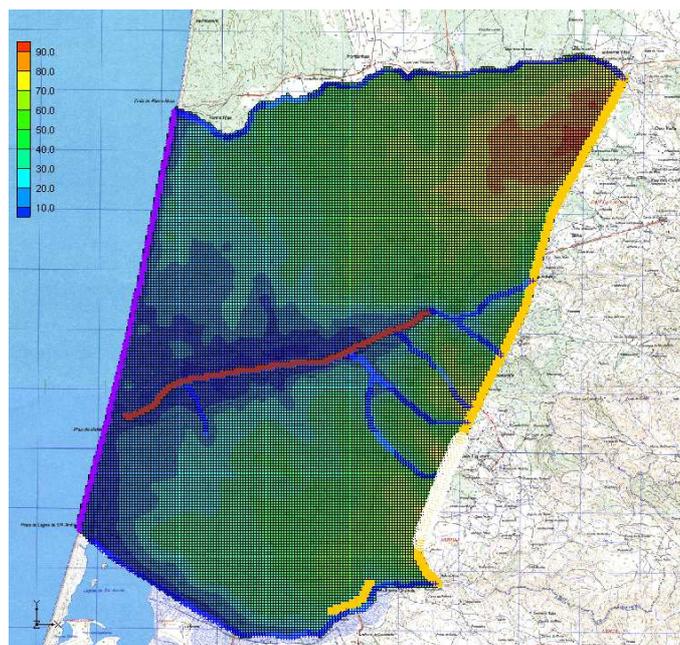
(Fonte: Oliveira *et al.*, 2012b)

Figura 14 – Distribuição do Índice da Zona Vadosa de risco à poluição de águas subterrâneas

## 10. Modelo Matemático

Para a compreensão das interações entre águas superficiais e subterrâneas e da transferência de poluentes entre estes meios torna-se necessário modelar os fluxos no aquífero, definir os pontos de descarga, as cargas poluentes que atingem cada ponto de descarga e qual a sua origem, e os tempos de percurso desde a fonte poluente até às zonas de descarga.

Este modelo, definido por uma malha de 50 m de lado, e com os limites que se apresentam na Figura 15, possui duas camadas, a primeira das quais com 10 m de espessura, desde a superfície topográfica, representando as formações aluvionares e depósitos arenosos da região, e a segunda camada com 150 m de espessura, representando a sequência detrítica miocénica (Oliveira *et al.*, 2012b).



(Fonte: Oliveira *et al.*, 2012b)

Figura 15 – Malha do modelo e topografia

A condutividade hidráulica horizontal da primeira camada foi de 100 m/dia para as aluviões, 5 m/dia para as formações terciárias e 40 m/dia para a formação miocénica da zona da vila de Melides. Para a segunda camada considerou-se apenas um valor de 2 m/dia. A condutividade hidráulica vertical é 10 vezes menor que a horizontal. A recarga natural considerada foi de 11 mm/semestre a 18 mm/semestre para o período de verão e de 114 mm/semestre a 182 mm/semestre para período de inverno. Também se considerou uma recarga devida às regas, a qual se apresenta no Quadro 7.

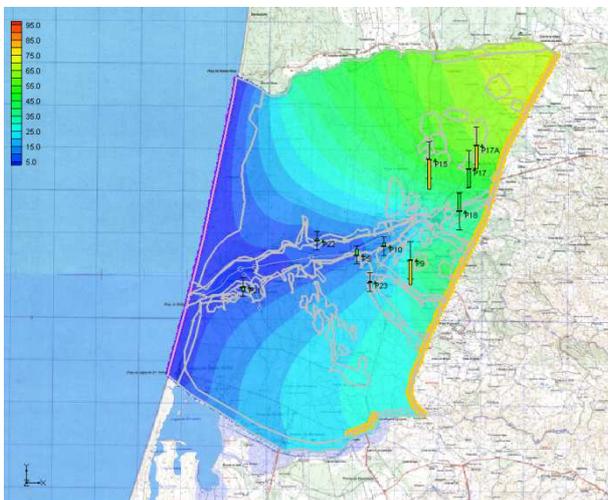
Foram, ainda, considerados o nível do mar constante, fluxos de entrada de água pelas fronteiras do modelo e simuladas as ribeiras da rede hidrográfica de Melides. No troço da ribeira de Melides da área dos arrozais atribuiu-se uma condutância de 10 (m<sup>2</sup>/dia)/m como forma de simular a ligação hidráulica entre o meio superficial e subterrâneo; as restantes ribeiras foram simuladas com uma condutância de 0,01 (m<sup>2</sup>/dia)/m.

A simulação da superfície piezométrica, apresentada na Figura 16 para o período de verão, concorda com os valores obtidos através das medições nas campanhas de amostragem de água, sugerindo um fluxo em direção à ribeira de Melides e para ocidente em direção ao oceano.

Quadro 7 – Recarga devida às perdas de rega por tipo de cultura agrícola

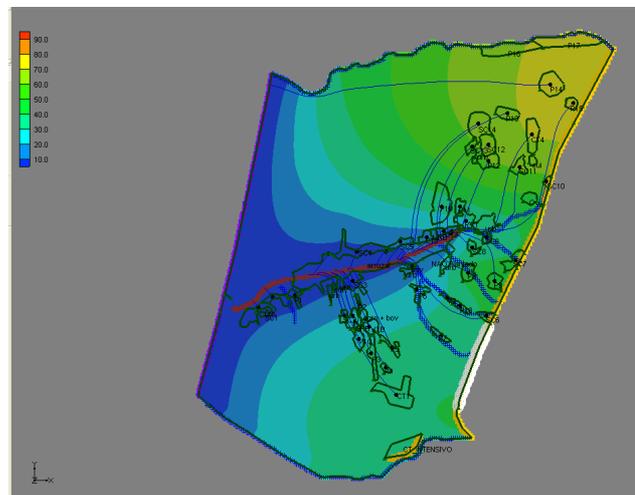
CLC	Necessidades	Tipo rega	Eficiência (%)	Água perdida
Culturas temporárias	477 mm/ ano	Aspersão	85	84,2 mm/ ano
Vinhas	171 mm/ ano	Gota a gota	90	19 mm/ ano
Pomar	319 mm/ ano	Sulcos	75	106,3 mm/ ano
Vinhas+ Pomar	245 mm/ ano	Média	82,5	51,9 mm/ ano
Sistemas culturais	355 mm/ ano	Média	82,5	75,4 mm/ ano
Arrozal	32 000 m <sup>3</sup> /ano	Alagamento	50	16 000 m <sup>3</sup> /ano

(Fonte: Oliveira et al., 2012b)



(Fonte: Oliveira et al., 2012b)

Figura 16 – Piezometria de verão na área de Melides



(Fonte: Oliveira et al., 2012a)

Figura 17 – Trajeto das cargas poluentes desde a fonte até à descarga no meio superficial

Sendo que a poluição subterrânea é de grande importância na bacia hidrográfica de Melides, os resultados do modelo sugerem que uma componente significativa da poluição do meio hídrico superficial vem efetivamente do meio hídrico subterrâneo.

Com vista a melhor identificar esta relação e os eventuais pontos de descarga do aquífero, foi realizada a análise por particle-tracking, cujos resultados podem ser observados na Figura 17, onde se regista o

trajeto duma partícula poluente desde as diferentes fontes, com particular destaque para as parcelas agrícolas, até à descarga na ribeira por parte do aquífero. Foi também possível definir os tempos de percurso e a percentagem de carga poluente associada a cada fonte poluente que atinge cada um dos pontos de descarga (Novo *et al.*, 2013). Os tempos de percurso são apresentados no Quadro 8, podendo constatar-se que existem numerosas fontes poluentes com tempos de percurso médio a longo, sendo a sua distribuição a seguinte (Novo *et al.*, 2013):

- **Cargas que demoram até 1 ano a atingir a lagoa** – perfazem 48,3% nitratos e 53,65% fosfatos do total de poluição subterrânea, 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.
- **Cargas que demoram entre 1 e 15 anos a atingir a lagoa** – perfazem 16 a 18% da carga total subterrânea; a pecuária e a agricultura são as origens mais importantes, tendo contribuições similares.
- **Cargas que demoram mais de 30 anos a alcançar a lagoa** – perfazem 23 a 25% da carga total subterrânea, sendo a origem agrícola a dominante.

Quadro 8 – Tempos de percurso associados às fontes poluentes da bacia hidrográfica de Melides

Fonte poluente		Tempo de percurso		Fonte poluente		Tempo de percurso		
Agrícola	Arrozais	A	334 dias	Agrícola	Sistemas culturais mistos	SC1	A	164 dias
		B	228 dias				B	1 ano
		C	28 dias			SC2	26 anos	
	Vinhas	V1	A			22 anos	SC3	255 dias
			B			26 anos	SC4	2 anos
			C			60 anos	SC5	2 anos
		V2	9 anos			SC6	88 anos	
	Pomares	P1	1 ano			SC7	3 anos	
		P2	6 anos			SC8	16 anos	
		P3	77 anos			SC9	307 dias	
		P4	105 anos			SC10	39 anos	
		P5	73 anos			SC11	100 anos	
		P6	8 anos			SC12	79 anos	
		P7	13 anos			SC13	71 anos	
		P8	27 anos	SC14	99 anos			
		P9	77 anos	Pecuária	SUI1	4 anos		
		P10	10 anos		SUI2	22 anos		
		P11	7 anos		BOV1	37 dias		
		P12	37 anos		BOV2	12 anos		
		P13	156 anos		OVI	1 ano		
		P14	Não vai para a Lagoa		Urbana (fossas)	Moinho	2 anos	
		P15	218 anos	Valença		3 anos		
		P16	Não vai para a Lagoa	Adermeira		281 dias		
		P17	Não vai para a Lagoa	Sancha		4 anos		
		P18	11 anos	Caveira		36 anos		
	Pomar + vinha PV	1 ano		Azenha		2 anos		
		1 ano		Vale Travesso		25 anos		
	Hortas	CT1	209 anos	Salvada		293 dias		
		CT2	1 ano	Sesmarias		113 dias		
		CT3	300 dias	Praia		Vai para o litoral		
		CT4	134 anos	Parque Campismo	138 dias			

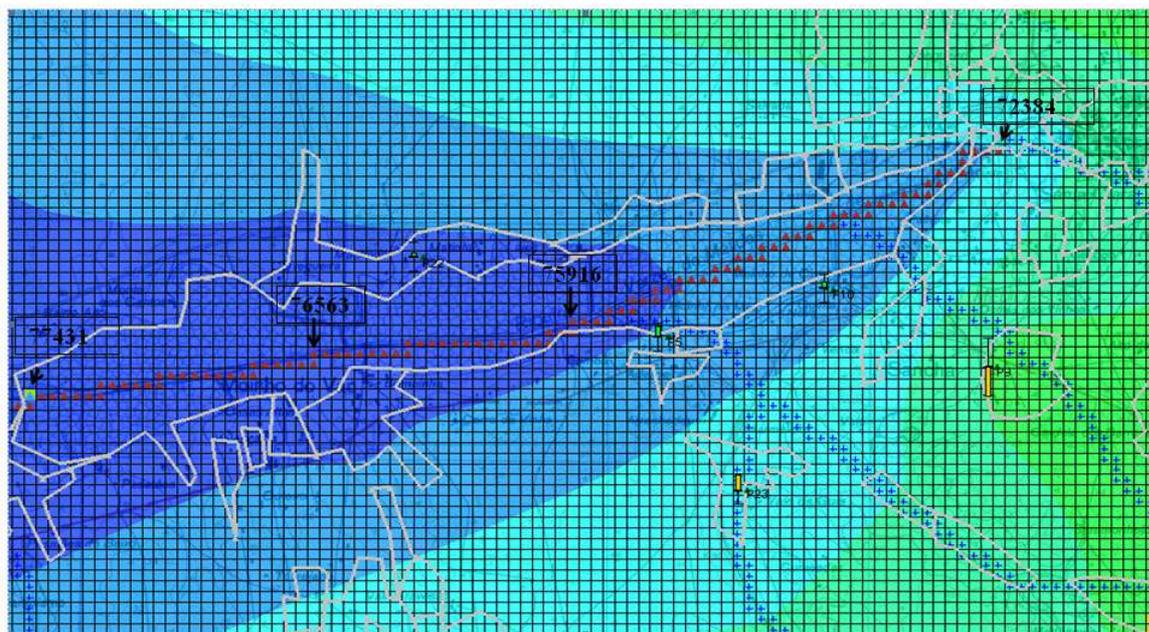
(Fonte: Novo *et al.*, 2013)

Como se referiu, foi também possível definir a percentagem de carga poluente associada a cada fonte que é descarregada no meio hídrico superficial. No Quadro 9 apresentam-se estes valores para os pomares, sendo o conjunto desta análise para todas as fontes poluentes apresentada em Novo *et al.* (2013). Na Figura 18 apresentam-se as células do modelo onde ocorre a descarga do aquífero na rede hidrográfica (células a vermelho). Os mapas de localização das células de descarga do aquífero e das distribuições das cargas poluentes por pontos de descarga para todas as fontes poluentes consideradas são apresentados no Anexo I.

Quadro 9 – Distribuição das cargas poluentes pelos pontos de descarga do aquífero

Fontes poluentes	Pontos aquífero c/ poluente detetado	Pontos de descarga na ribeira e respetivas percentagens face à carga total de cada fonte poluente													
P1	--	77871	77649	77650	77651	77652	77653								
		7%	13%	20%	33%	13%	13%								
P2	--	76783	76784	76785	76786										
		10%	20%	50%	20%										
P3	--	77214	76998	77000	77002	77003	76781	76782	76783						
		63%	3%	3%	7%	7%	3%	7%	7%						
P4	--	77215	76781												
		20%	80%												
P5	--	76785	76563	76564	76568	76569									
		5%	10%	60%	5%	20%									
P6	P5: transita 20% da carga	75917	75918	75696											
		25%	10%	65%											
P7	P23: transita 5%; P5: transita 35% da carga	75918	75696	75697	75698										
		30%	10%	30%	30%										
P8	P9 e P10: transita 7% da carga	75697	75255	75256	75034	74813	74814	74593	74594	74372	73709	73489	73269	72826	
		3%	10%	3%	40%	7%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	7%	3%	
P9	--	75696	75476	75255	75034	73048	72826	72604							
		27%	7%	10%	7%	7%	20%	23%							
P10	--	74592	74371	74372	74150	74151	73929	73930	73708	73709	73710	73488	73489		
		2%	6%	2%	20%	2%	16%	6%	10%	18%	4%	10%	4%		
P11	--	72381	73048	73047	73269	73268									
		27%	7%	47%	13%	7%									
P12	P15: transita 17% da carga	75034	73489	73490	73491	73269	72826	72604	72381	72382	72383				
		10%	3%	3%	3%	7%	3%	47%	7%	13%	3%				
P13	--	76348	76137	75917	75696	75034									
		13%	10%	3%	33%	40%									
P15	P18: transita 10% da carga	72604													
		100%													
P18	--	75696	75475	75476	75477	75255	75256								
		25%	10%	25%	10%	15%	15%								

(Fonte: Novo *et al.*, 2013)



(Fonte: Novo *et al.*, 2013)

Figura 18 – Localização das zonas de descarga do aquífero

A utilização do particle-tracking permitiu ainda contabilizar as contribuições percentuais de cada fonte poluente para poluição nos pontos de monitorização, no caso de um poluente conservativo (Quadro 10). Em função destes dados foi possível definir valores mínimos de redução das cargas poluentes com vista a melhorar a qualidade dos meios hídricos da região de Melides (Quadro 11).

Quadro 10 – Contribuição percentual de cada fonte poluente para a poluição em diferentes regiões do aquífero e rede hidrográfica

Fonte poluente		Percentagem de poluição que alcança:	
		Pontos de monitorização subterrânea	Ribeira
Pomares	P10	Pluma poluente não intersetada	100%
	P11	Pluma poluente não intersetada	100%
	P1	Pluma poluente não intersetada	100%
	P2	Pluma poluente não intersetada	100%
	P3	Pluma poluente não intersetada	100%
	P4	Pluma poluente não intersetada	100%
	P5	Pluma poluente não intersetada	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	Pluma poluente não intersetada	100%
	P12	P15 = 17% (= 33,5 kgN/ano e 15,0 kgP/ano)	100%
	P13	Pluma poluente não intersetada	100%
	P14	Pluma poluente não intersetada	12%
	P15	P18 = 10% (= 8,6 kgN/ano e 3,9 kgP/ano)	100%
Vinha	P18	Pluma poluente não intersetada	100%
	V1A	Pluma poluente não intersetada	100%
	V1B	Pluma poluente não intersetada	100%
	V1C	Pluma poluente não intersetada	100%
	V2	Pluma poluente não intersetada	100%

Fonte poluente		Percentagem de poluição que alcança:	
		Pontos de monitorização subterrânea	Ribeira
Sistemas culturais mistos	SC1	Pluma poluente não intersetada	Lagoa = 78%
	SC2	Pluma poluente não intersetada	100%
	SC3	Pluma poluente não intersetada	100%
	SC4	P22 = 6% (= 26,1 kgN/ano e 11,7 kgP/ano)	100%
	SC5	Nenhum ponto atingido	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	Pluma poluente não intersetada	100%
	SC8	Pluma poluente não intersetada	100%
	SC9	Pluma poluente não intersetada	100%
	SC10	Pluma poluente não intersetada	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	Pluma poluente não intersetada	100%
	SC13	Pluma poluente não intersetada	100%
	SC14	Pluma poluente não intersetada	100%
Culturas temporárias	CT1	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	CT2	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	CT3	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 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)	Ribeira = 100%
Pomar + Vinha	PV1	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
Agropecuária	SUI1	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	SUI2	P17 = 20% (= 43,2 kgN/ano e 20,2 kgP/ano)	Ribeira = 100%
	BOV1	P5 = 20% (= 135,4 kgN/ano e 61,4 kgP/ano)	Ribeira = 100%
	BOV2	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	OVI	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
Urbana	Azenha da Lagoa	P21 = 30% (= 5,6 kgN/ano e 1,5 kgP/ano)	Lagoa = 30% Ribeira = 70%
	Valença	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	Vale Travesso	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	Moinho do Vau	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	Aderneira	P5 = 40% (= 9,8 kgN/ano e 2,4 kgP/ano)	Ribeira = 100%
	Sancha	P10 = 27% (= 9,5 kgN/ano e 2,4 kgP/ano)	Ribeira = 100%
	Salvada	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	Caveira	Pluma poluente não intersetada	Ribeira = 100%
	Sesmarias	Pluma poluente não intersetada	Lagoa = 90%
Parque Campismo	Pluma poluente não intersetada	Lagoa = 100%	

(Fonte: Novo et al., 2013)

Quadro 11 – 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%

Fonte Poluente	Contribuição atual face à carga total		Redução da carga poluente	
	N (%)	P (%)	Superficial	Subterrânea
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%
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%
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%
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%
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%

(Fonte: Novo *et al*, 2013)

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 escoamentos 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.

Uma súmula de toda esta informação, diretamente refletida na situação real no terreno, é apresentada nos Quadro 38 e Quadro 39 do Anexo I.

## 11. Impactos das Cargas Poluentes na Lagoa de Melides

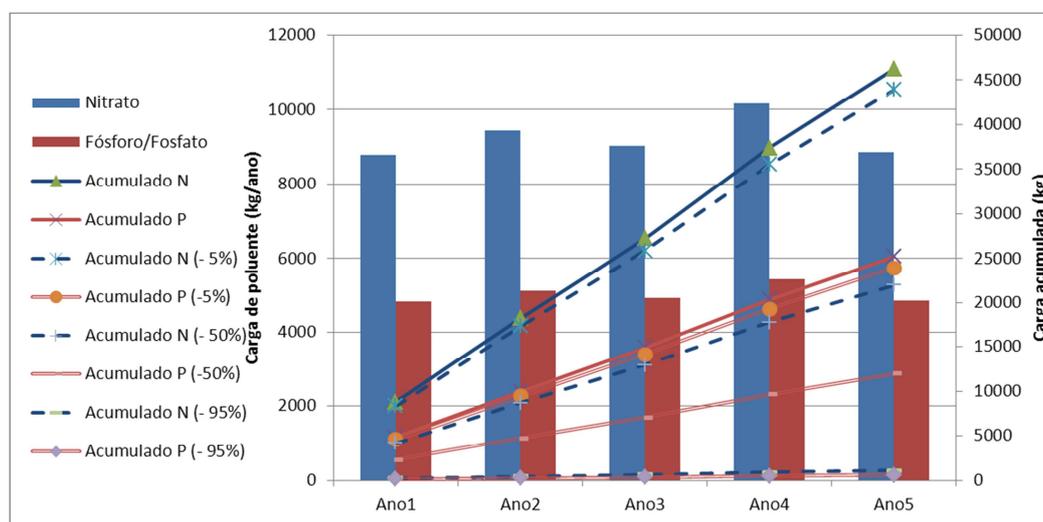
Considerando a componente de cargas poluentes que demoram até 1 ano a alcançar a lagoa e o volume médio de 1,5 hm<sup>3</sup> da lagoa, estas podem ser traduzidas em concentrações, as quais correspondem a um total de 5,3 mg/l de nitratos e 3,2 mg/l de fosfatos, valor este que se situa acima das normas no que se refere aos fosfatos (Oliveira *et al.*, 2012a). A contribuição de cada tipo de fonte poluente para esta concentração total é apresentada no Quadro 12.

Quadro 12 – Transformação das cargas poluentes das diferentes origens em concentrações na lagoa

Fonte poluente	Concentração (mg/l)	
	Nitratos	Fosfatos
Arrozais	1,9	1,8
<b>Total agricultura (incluindo arrozais)</b>	<b>3,0</b>	<b>2,4</b>
Pecuária	0,9	0,4
Fossas	1,4	0,4

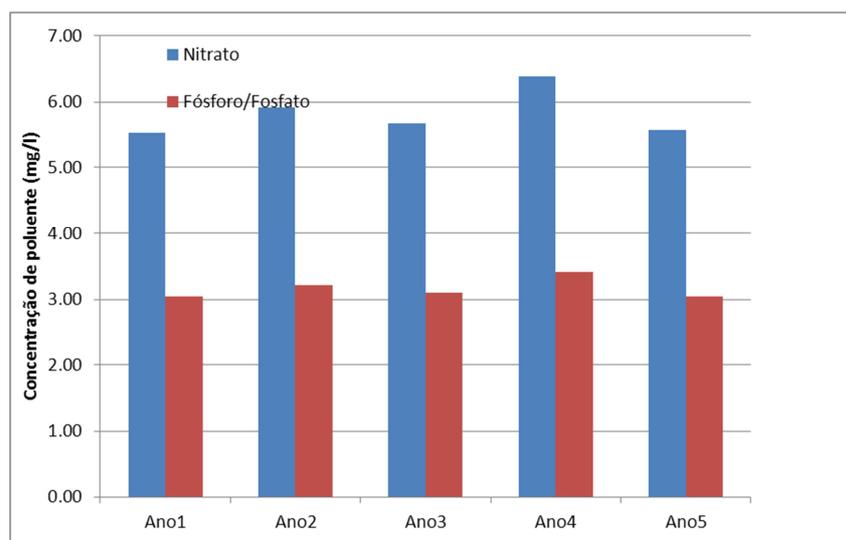
(Fonte: adaptado de Oliveira *et al.*, 2012a)

A evolução da carga poluente acumulada na lagoa segundo três cenários de renovação desta mesma lagoa – 5%, 50% e 95% – apresenta-se nas Figura 19 e Figura 20. Como se pode verificar 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, podendo quadruplicar em 5 anos. Esta situação corresponderia a uma sucessão de anos muito secos a extremamente secos, situação que tenderá a ser a norma em cenários de alteração climática, como os SRES A2 e SRES B2. Para as condições atuais e considerando a taxa de renovação da lagoa considera-se que o cenário de remoção de 95% de carga poluente será o mais provável, verificando-se neste caso que a acumulação de carga poluente de uns anos para os outros é praticamente inexistente, havendo uma manutenção aproximadamente constante da carga, se se considerar apenas as cargas com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano.



(Fonte: Oliveira *et al.*, 2012a)

Figura 19 – Evolução da carga poluente sob diferentes cenários de renovação da água da lagoa



(Fonte: Oliveira *et al.*, 2012a)

Figura 20 – Evolução da carga poluente que atinge a lagoa de Melides

As Figura 19 e Figura 20 demonstram que, se ocorrerem mudanças significativas na capacidade da lagoa entrar em contato com o mar (ex.: anos mais secos, alterações nos usos da lagoa e área envolvente, alterações climáticas), haverá alterações sensíveis na acumulação de poluentes, podendo nos casos mais desfavoráveis ser esta muito significativa, sendo necessário continuar a intervir para promover esta abertura.

## 12. Cenários Socioeconómicos

A recuperação da lagoa de Melides e do meio hídrico superficial associado deverá considerar não apenas as pressões atuais mas também as pressões futuras. Utilizando os cenários socioeconómicos desenvolvidos neste estudo pela equipa da Universidade Atlântica (Lourenço *et al.*, 2011, 2012) e pelo plano de gestão de bacia (NEMUS *et al.*, 2011) foi possível definir a evolução futura das pressões nos anos de 2015 e 2027, dado serem estes os horizontes temporais para trazer as massas de água ao estado Bom.

Apesar da redução na população residente – em larga medida compensada pelo aumento da população turística – e da redução da área agrícola expetável por estes cenários (Quadro 13) a evolução das cargas poluentes totais é um pouco distinta, sendo apresentada no Quadro 14.

Quadro 13 – Evolução da ocupação do solo no litoral alentejano a norte de Sines

Tipo de ocupação do solo	Taxas de variação relativas a 2006	
	2015	2027
Tecido urbano	8,06%	19,48%
Indústria, comércio e transportes	6,82%	18,48%
Espaços verdes urbanos, desportivos, lazer	0,00%	0,00%
Culturas temporárias ( <i>sequeiro, arrozais</i> )	-3,83%	-9,87%
Culturas permanentes ( <i>pomar, olival, vinha</i> )	-1,86%	-8,12%
Pastagens permanentes	0,00%	0,00%
Áreas agrícolas heterogéneas ( <i>hortas e sistemas culturais mistos</i> )	-0,94%	-1,95%
Florestas	0,10%	-1,72%
Florestas abertas, vegetação arbustiva e herbácea	4,91%	20,14%
Zonas descobertas e com pouca vegetação	0,00%	0,00%

(Fonte: adaptado de Lourenço *et al.*, 2011)

Quadro 14 – Evolução das cargas poluentes de nitratos em cenários socioeconómicos estritamente na área da bacia hidrográfica de Melides

Fonte poluente/atividade económica		Em 2015	Em 2027
Origem urbana	Fossas	+ 5,6%	+ 11,3%
	ETAR	+ 11,1%	- 7,4%
Origem pecuária		0%	0%
Origem agrícola	Arrozais	- 3,8%	- 9,9%
	Restante agricultura	- 4,5%	+ 6,5%
Origem industrial e outras atividades		0%	0%

Esta evolução, algo inversa da evolução da população e áreas agrícolas, deve-se, no caso da carga poluente de origem urbana à conjugação dos efeitos da redução da população residente, aumento da população turística e cargas com longo tempo de percurso (em especial no que se refere aos nitratos). Para as cargas poluentes de origem agrícola esta evolução deve-se essencialmente ao efeito das cargas poluentes de médio a longo tempo de percurso que já entraram no meio hídrico e se encontram em trânsito até à lagoa (especificamente nitratos). Refira-se que no Quadro 14 a evolução de 0% da pecuária indica a manutenção das cargas atuais e no caso das atividades industriais e outras, esta mesma evolução reflete a atual inexistência destas atividades e a previsão de que não ocorrerá a instalação de fontes poluentes deste tipo na bacia de Melides.

No caso das cargas poluentes com tempos de percurso para a lagoa de até 1 ano ocorrerá uma redução das cargas poluentes em conformidade com a evolução da população e das áreas agrícolas. As cargas pecuárias serão similares às atuais.

Globalmente, e considerando o conjunto de cargas poluentes, prevê-se para a lagoa um aumento da poluição em nitratos de origem subterrânea de 6,8% entre 2015 e 2027. Até 2027 espera-se uma diminuição significativa das cargas poluentes de vinhas e hortas, uma menor redução da carga associada a pomares e a manutenção da importância relativa das demais fontes poluentes subterrâneas. O projetado aumento sazonal do turismo deverá agravar os 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).

No que se refere aos aspetos quantitativos foram determinados em Novo *et al.* (2013) os consumos associados a cada tipo de atividade socioeconómica com base nos cenários desenvolvidos por Lourenço *et al.* (2011, 2012) para os horizontes temporais de 2015 e 2027 (Quadro 15) considerando o escoamento superficial e a recarga calculada em Oliveira *et al.* (2012b)

Quadro 15 – Consumos (m<sup>3</sup>/ano) e taxas de exploração anual atuais e em cenários para 2015 e 2027

Meio hídrico	Anos	Volumes de consumos (m <sup>3</sup> /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).

Prevê-se portanto, em termos globais, uma redução dos consumos e da pressão quantitativa sobre os meios hídricos superficiais e subterrâneos, registando-se apenas um leve incremento dos consumos domésticos devido à expansão projetada do turismo.

A evolução projetada por tipo de atividade económica individual é a seguinte para a agricultura, sem considerar os arrozais (Quadro 16):

Quadro 16 – Consumos agrícolas (m<sup>3</sup>/ano) e respetivas taxas de exploração por tipo de cultura para os recursos subterrâneos

Meio hídrico	Anos	Consumos (m <sup>3</sup> /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	

Para os arrozais, e considerando somente o período de abril a setembro – época das regas segundo Lourenço *et al.* (2012) – as taxas de exploração foram calculadas em função do escoamento superficial nesse período, sendo a sua evolução para os horizontes temporais de 2015 e 2027 apresentada no Quadro 17.

Quadro 17 – Volumes de consumos e taxas de exploração de verão atuais e em cenários para 2015 e 2027 para o meio hídrico superficial

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

A evolução média anual para os consumos domésticos é apresentada no Quadro 18.

Quadro 18 – Consumos domésticos (m<sup>3</sup>/ano) e respetivas taxas de exploração

Meio hídrico	Anos	Consumos (m <sup>3</sup> /ano)	Recargas (m <sup>3</sup> /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

### 13. Medidas de Recuperação da Lagoa

Para a recuperação da lagoa de Melides e considerando o funcionamento enunciado no Capítulo 9 e Capítulo 10 e o conjunto de pressões atuais e futuras (Capítulo 8 e Capítulo 12), e a tradução destas pressões em cargas poluentes (Capítulo 7, Capítulo 8 e Capítulo 11), será necessário considerar (Novo *et al.*, 2013): (1) a alimentação superficial e subterrânea da lagoa; (2) a variação sazonal das cargas poluentes, escoamentos superficiais e recargas/descargas do aquífero; (3) a importância da carga poluente de origem subterrânea; (4) a contribuição das cargas poluentes com tempos de percurso superiores a 15 anos e que, por este motivo, poderão causar dificuldades à manutenção do estado Bom da lagoa depois de 2027; (5) a vulnerabilidade à poluição nas diversas zonas da bacia hidrográfica; e (6) as alterações ao volume da Lagoa ao longo do ano e em condições de variabilidade climática, entre outros aspetos.

As medidas de recuperação devem ser focadas na redução das concentrações de nitratos e fosfatos na lagoa, o que implica uma redução destes compostos na rede hidrográfica e no aquífero.

Estas devem focar-se prioritariamente sobre a agricultura (campos de arroz e áreas agrícolas na envolvente da ribeira e lagoa) e sobre as fossas na envolvente da lagoa (Parque de Campismo). Secundariamente deverá atuar-se sobre a pecuária.

As medidas de atuação são de três tipos: (1) código de boas práticas, desenvolvido no âmbito deste estudo para a gestão das fontes poluentes na bacia hidrográfica de Melides (Novo *et al.*, 2013), (2) medidas de prevenção e (3) medidas de intervenção. Uma sistematização destas medidas em função do tipo de poluente, meio hídrico sobre o qual atuar e tipologia das medidas, é apresentada no Quadro 19.

Quadro 19 – 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				
Aquífero	Preventivas	Áreas em estado bom			
		Áreas deterioradas em 2027			
	Impedir a poluição (subterrânea) de entrar no aquífero	Conexão hidráulica aquífero/superfície			
	Redução ativa das cargas poluentes	Áreas c/valores acima dos limiares			

As medidas de prevenção têm por objetivo a redução das futuras cargas poluentes, correspondendo sobretudo a alterações nos procedimentos atuais agrícolas e pecuários e de limpeza/manutenção das infraestruturas sanitárias. Aplicam-se a toda a área da bacia, com especial destaque na envolvente da lagoa e da ribeira de Melides e nos campos agrícolas da margem sul da ribeira de Melides. Diversas medidas de prevenção aplicáveis à bacia de Melides são apresentadas em Novo *et al.* (2013).

As medidas de intervenção destinam-se a reduzir as cargas poluentes, a conter os poluentes nas zonas de descarga para o meio superficial e a atuar sobre as áreas e/ou massas de água poluídas (ex.: lagoa). Um vasto conjunto de medidas com vista a alcançar estes objetivos é apresentado em Novo *et al.* (2013).

As medidas devem ser também aplicadas em função dos tempos de percurso dos poluentes e meio de descarga das fontes poluentes:

- **Fontes com descargas quase exclusivamente no meio hídrico superficial (ETAR)** – aplicam-se o código de boas práticas, medidas de prevenção e medidas de intervenção “controlo das cargas superficiais”.
- **Fontes com descargas significativas para o meio hídrico superficial e para o meio hídrico subterrâneo (arrozais)** – aplicam-se o código de boas práticas, medidas de prevenção e medidas de intervenção “controlo das cargas superficiais” e “controlo das cargas subterrâneas”.
- **Fontes com descargas quase exclusivamente no meio hídrico subterrâneo (campos agrícolas, fossas, pecuárias)** – 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. Dada a pouca expressão do problema e o custo de tais intervenções, não se consideram razoáveis intervenções de descontaminação do aquífero nos locais identificados como com parâmetros acima dos limiares.

- **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. Aconselham-se medidas preventivas e de controlo das escorrências nas proximidades imediatas da ribeira de Melides e seus afluentes principais.
- **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”, para impedir a chegada às águas superficiais dos poluentes já em trânsito.
- **Fontes associadas a tempos de percurso superiores a 70 anos** – aplicam-se o código de boas práticas e medidas de prevenção.

Refira-se neste contexto o caso especial das sucatas, responsáveis por alguma da contaminação em metais pesados (cf. Capítulo 7), 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.

De entre o vasto leque de medidas elencado em Novo *et al.* (2013), sublinham-se as seguintes, as quais parecem oferecer algum potencial para a resolução de diversos problemas em simultâneo:

- Construir zonas húmidas devidamente dimensionadas para tratamento dos efluentes dos arrozais e das fossas que atualmente descarregam diretamente para a lagoa.
- Encerrar os descarregadores das fossas para a lagoa e proibir as descargas dos arrozais diretamente para a ribeira.
- Implementar técnicas de recarga artificial, após estudo prévio das suas condicionantes, com vista a usar o solo como meio depurador das descargas dos arrozais (preferencialmente, recarga deverá ser realizada após a passagem dos efluentes pelas zona húmidas, com vista a sofrerem um tratamento prévio).
- Utilizar técnicas alternativas de cultivo – ex.: criação de peixes e/ou patos – com vista a diminuir as quantidades de fertilizantes e fitossanitários utilizados nos arrozais.
- Implementar os códigos de boas práticas agrícolas e processos de cultivo que exijam menores quantidades de fertilizantes nas restantes parcelas agrícolas para além dos arrozais.
- Estudar e implementar calendários de abertura da lagoa que melhor potenciem a limpeza desta e melhor se adequem aos ciclos da fauna piscícola que tradicionalmente utiliza a lagoa.

## 14. Áreas Prioritárias de Intervenção

Considerando os custos e a necessidade de otimização das intervenções com vista à recuperação da lagoa foi desenvolvido no âmbito deste projeto uma metodologia com vista à identificação das áreas prioritárias para atuação, a qual considera aspetos como a carga poluente, tempos de percurso, zonas de descarga, facilidade de infiltração, entre outros aspetos.

Esta metodologia foi concebida por Novo *et al.* (2013) considerando separadamente as contribuições para o meio hídrico superficial e para o meio hídrico subterrâneo, dado que as formas de entrada dos poluentes, funcionamentos dinâmicos e capacidades de depuração são distintas para os dois meios. Esta opção foi adotada também com vista a que a metodologia possa ser aplicada no futuro ao mais vasto número possível de situações. Na fase atual do seu desenvolvimento concebe-se a aplicação desta metodologia às seguintes situações: (a) recuperação de massas de águas superficiais, (b) recuperação de massas de água subterrânea, (c) recuperação de massas de água superficial e/ou subterrânea com ligações hidráulicas entre si. Pormenorizando, as situações específicas que podem ser abordadas por esta metodologia são:

- Recuperação de massas de água superficial sofrendo descargas poluentes exclusivamente por via superficial e sem quaisquer ligações hidráulicas com quaisquer massas de águas subterrâneas.
- Recuperação de massas de água subterrânea sofrendo descargas de poluentes diretamente sobre a sua superfície e sem receberem quaisquer contribuições de corpos de água superficial.
- Recuperação de massas de águas 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.
- Recuperação de massas subterrâneas que recebem contribuições poluentes a partir de corpos de água superficial.
- Aquíferos em ligação hidráulica por via apenas de escoamentos subterrâneos (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 corpos de água superficial (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).
- Aquíferos que recebem 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 portanto dividida em duas componentes independentes: (1) **Componente superficial**; (2) **Componente subterrânea**. No caso da massa de águas 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 águas a recuperar é subterrânea sem ligações hidráulicas significativas aplica-se exclusivamente a componente subterrânea. No caso em que existe ligação hidráulica entre o meio superficial e o meio 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:

- (1) **Índice de prioridade de intervenção para a componente superficial** – classifica as áreas envolventes do corpo de água superficial a recuperar em distintos graus de prioridade para intervenção.
- (2) **Índice de prioridade de intervenção para a componente subterrânea** – classifica as áreas sitas acima e na envolvente imediata dos limites do aquífero a intervencionar 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).

Nesta fase do desenvolvimento da metodologia os parâmetros foram atribuídos por áreas que ou se referem à área da parcela agrícola (no caso das fontes poluentes agrícolas) ou a uma área envolvente em torno da fonte poluente (ex.: fossas) em que a fonte poluente se situa no seu centro. Esta opção foi tomada porque, sobretudo no que se refere às fontes poluentes domésticas, seria de grande dificuldade assinalar cada fossa individual – os dados de carga poluente referem-se ao conjunto do agregado populacional – pelo que se atribuiu uma área por fonte poluente. Sucede que, como é típico destes pequenos agregados rurais, numa mesma área podem coexistir mais do que uma fonte

poluente (ex.: hortas junto a casas e/ou estábulos de gado) pelo que, ao atribuir-se os valores dos parâmetros, se verificou com frequência para uma mesma área uma sobreposição de fontes poluentes e portanto de valores para o parâmetro. Considerando que uma área com maior número de fontes poluentes deverá ser mais prioritária para intervenção, optou-se por, nos casos em que numa mesma área mais do que 1 fonte poluente existe, se fazer uma atribuição do valor do parâmetro por fonte poluente, adicionando-se depois cada um dos valores, de modo a obter o valor final para a área, razão porque por vezes o valor do parâmetro é superior aos valores tabelados.

Esta metodologia está ainda em desenvolvimento, pretendendo-se em fases posteriores da tal aplicação e desenvolvimento a mais casos de estudo, melhorar este aspeto e outros que se venham a identificar, de modo a tornar esta metodologia ainda mais robusta, flexível e exata possível.

#### 14.1. Áreas Prioritárias de Intervenção no Meio Hídrico Superficial

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

- a) **Distância ao corpo de água** – esta distância é importante porque quanto maior a distância do foco de poluição ao corpo 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 nas linhas 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 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 20 e o respetivo zonamento na Figura 21. O índice é atribuído considerando a distância ao corpo de água superficial mais próximo (no caso da Figura 21, a faixa do buffer onde a linha de água mais próxima o atravessa).

Quadro 20 – Classes de distâncias ao corpo de água superficial

Corpo hídrico	Distância ao corpo 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

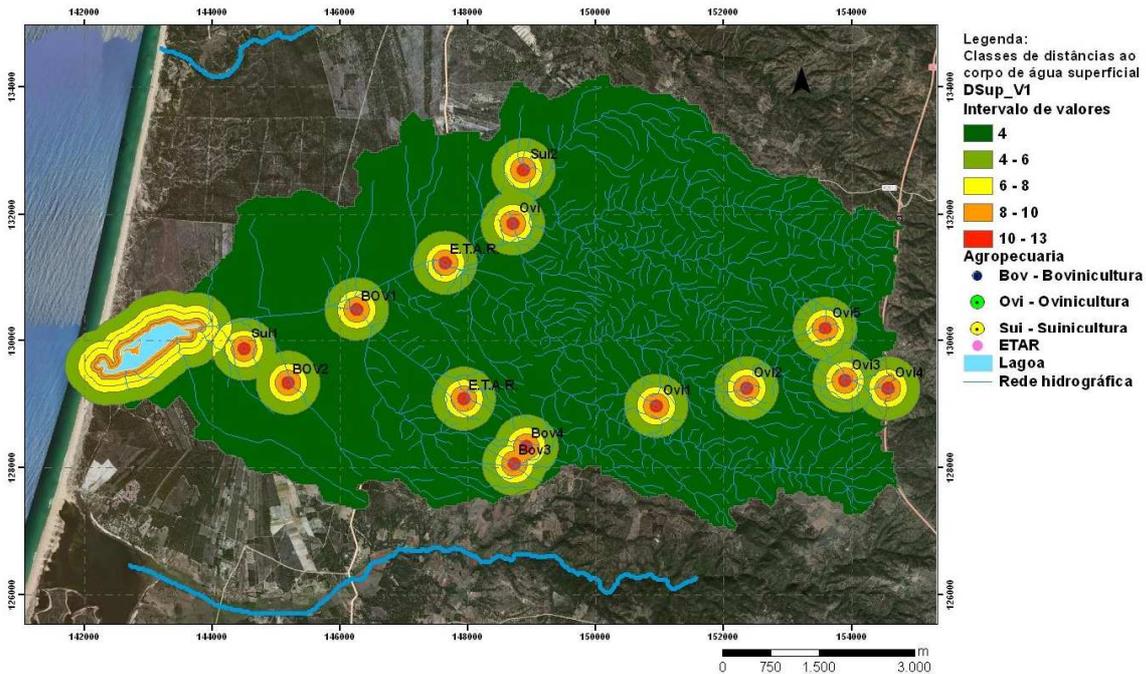


Figura 21 – Classificação do parâmetro distância ao corpo de água

- 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 21). 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 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 22.

Quadro 21 – 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 <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) e/ou coliformes	9
	Poluentes de baixo impacto no ecossistema	8
Entre 5 a 10 fontes	Pesticidas e metais pesados + fertilizantes	7
	Fertilizantes (NO <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) e/ou coliformes	6
	Poluentes de baixo impacto no ecossistema	5
Menos de 5 fontes	Pesticidas e metais pesados + fertilizantes	4
	Fertilizantes (NO <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) e/ou coliformes	3
	Poluentes de baixo impacto no ecossistema	2
Sem fontes poluentes	Sem poluentes	1

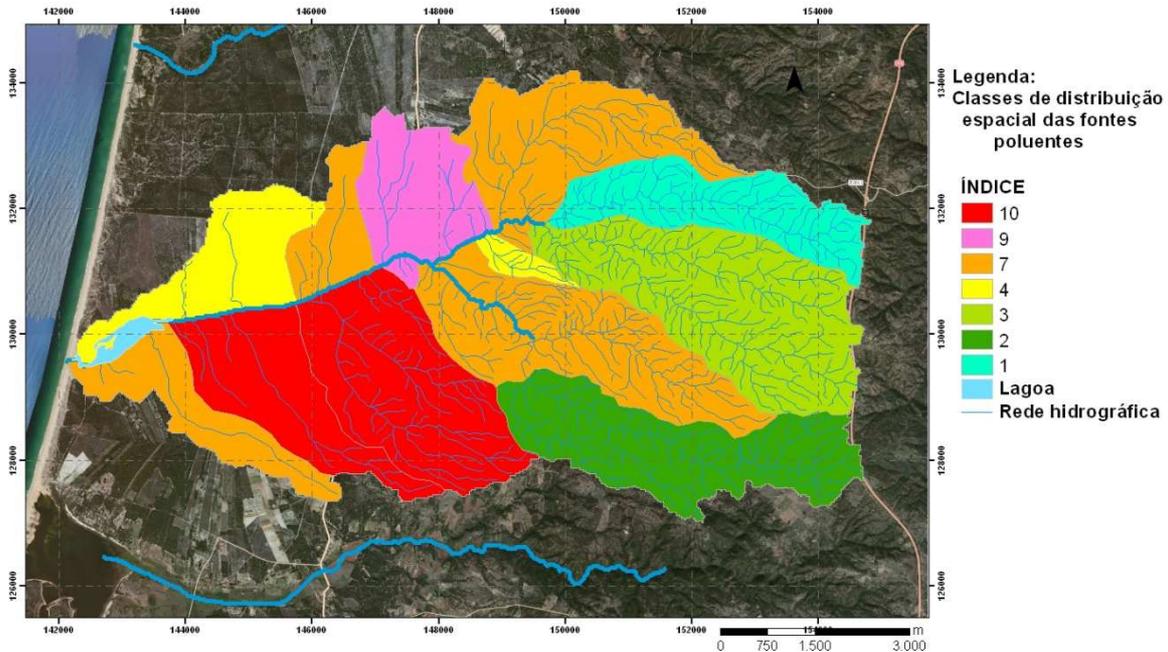


Figura 22 – Classificação do parâmetro distribuição espacial das fontes de poluição

- 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 e que sejam transportados por via superficial (ex.: escorrências dos campos), sendo portanto um valor inferior ao da carga total disponível para entrar no meio hídrico. Dado que a maior parte dos poluentes, no que se refere à componente agrícola, se infiltra no solo, considerou-se que as cargas poluentes dos campos agrícolas entrando diretamente no meio hídrico superficial são apenas 10% da carga total disponível. Atribuição semelhante foi realizada para as pecuárias dado que na área de estudo é usado o espalhamento no solo como forma de rejeição dos efluentes. As fossas foram consideradas contribuidoras para a poluição superficial apenas em situações de extravasamento por mau funcionamento (ex.: entupimento, subdimensionamento, sobrecargas pontuais no volume de efluentes, etc.); estes casos representarão uma fração mínima da carga poluente total disponível, pois a quase totalidade da carga entrará no meio subterrâneo, pelo que se considerou como carga poluente por fossa o equivalente a 5% da sua carga total. No Quadro 22 apresentam-se os índices deste parâmetro (considerando os nitratos como poluente), devendo os limiares das classes ser ajustados consoante o poluente em análise. No caso em que mais de uma fonte poluente partilhe uma mesma área de influência ou uma parte desta área (ex.: campo agrícola + área de espalhamento de efluentes de pecuária), somam-se os índices das fontes que fazem essa partilha; neste caso o somatório define o índice da área partilhada. Na Figura 23 apresenta-se o zonamento deste parâmetro para a área de estudo.

Quadro 22 – 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

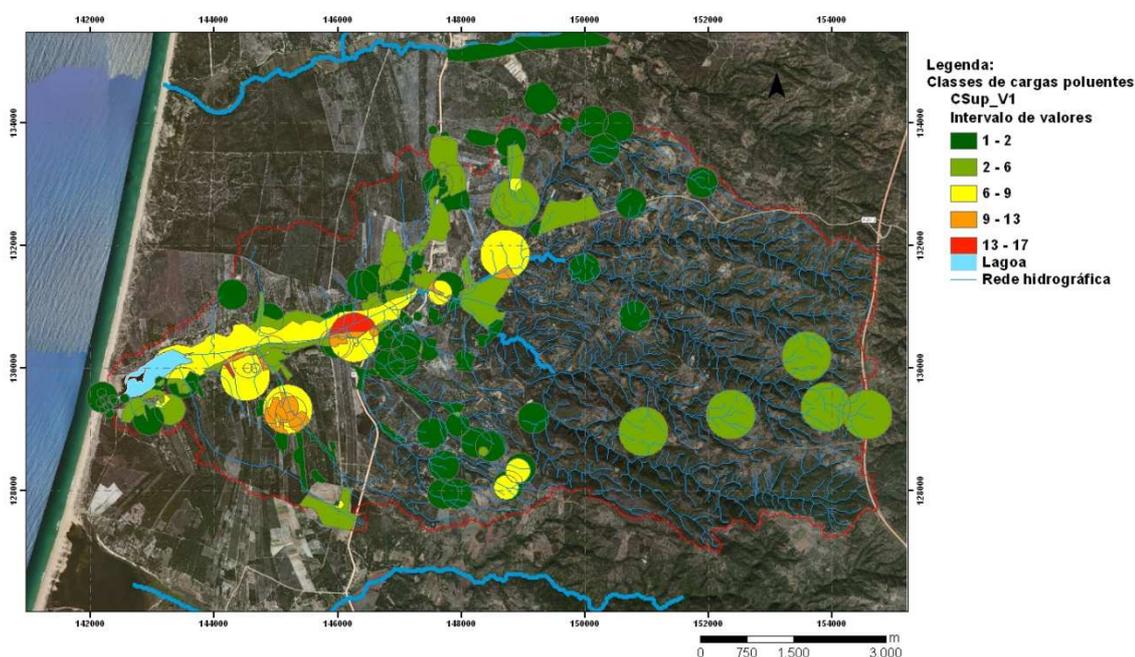


Figura 23 – Classificação do parâmetro cargas poluentes

- 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 de grande carga poluente; igualmente de prioridade elevada são as bombas de gasolina, oficinas auto e sucatas pois as suas cargas poluentes incluem

substâncias prioritárias. Algumas ressalvas devem ser realizadas quanto aos tempos de percurso. No caso de estudo os poluentes descarregados na rede hidrográfica demoram menos de 12 horas (de fato, apenas cerca de 7 horas se entrados na área de cabeceira da rede hidrográfica) a alcançar a lagoa pelo que, pretendendo estender a aplicação desta metodologia não apenas à área de estudo mas à generalidade das bacias de pequena dimensão, se considerou um tempo de percurso até à foz para os poluentes descarregados diretamente no meio hídrico superficial da ordem de 1 ano. Para bacias de maior dimensão este valor terá de ser modificado, podendo mesmo ser necessário criar mais do que uma classe de tempos de percurso. 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 sitas na proximidade imediata da lagoa e/ou ribeira de Melides. 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 é a das 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, pelo que é mais prioritário atuar nas zonas de descarga. As classes deste parâmetro apresentam-se no Quadro 23 e na Figura 24 apresenta-se o respetivo zonamento na área de estudo. 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 23 – 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 no meio hídrico superficial	< 1 ano	Margens de corpos 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.: setor 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.: setor 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.: setor 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 no meio hídrico superficial	< 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

Tipos de zonas de descarga	Tempos de percurso / Localização da fonte	Carga poluente	Índice
	3 – 15 anos	> 500 kg N	8
		100 – 500 kg N	7
		50 – 100 kg N	6
		20 – 50 kg N	5
		< 20 kg N	4
Zonas de descarga do meio hídrico subterrâneo para o meio hídrico superficial	15 – 25 anos	> 500 kg N	8
		200 – 500 kg N	7
		150 – 200 kg N	6
		50 – 150 kg N	5
	< 50 kg N	4	
	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

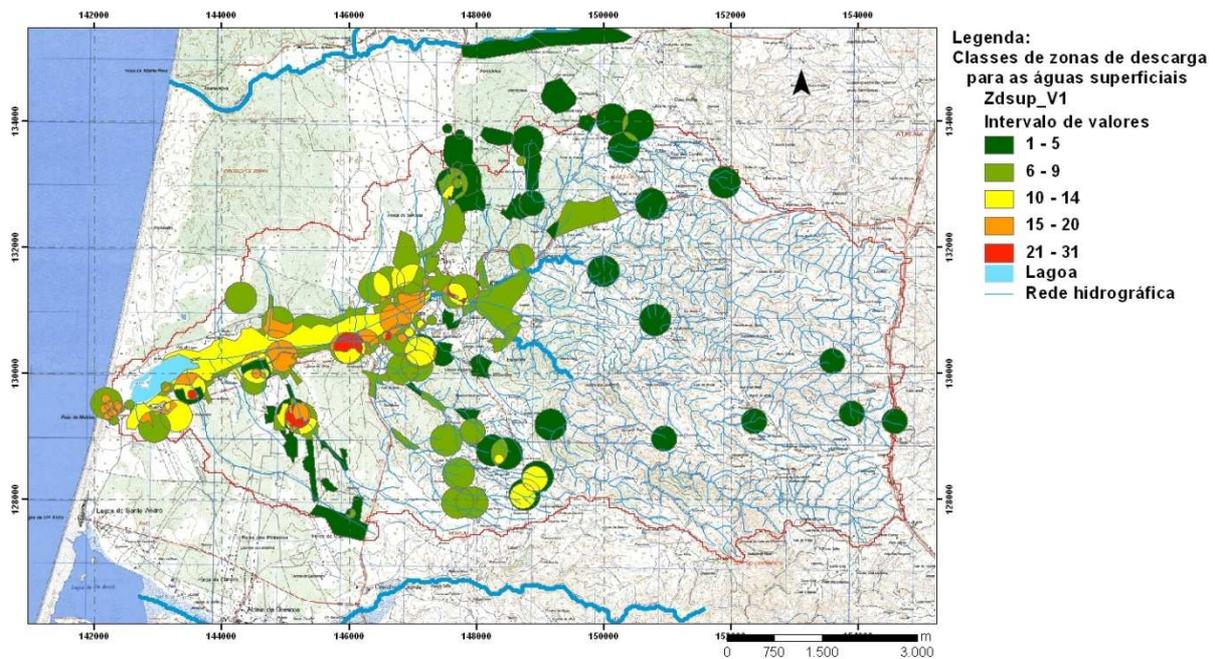


Figura 24 – Classificação do parâmetro zonas de descarga

- 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 águas. Assim, é necessário conhecer que fontes poluentes descarregam a montante imediato do ponto onde o estado ecológico foi referenciado, sejam estas de origem superficial ou subterrânea. A prioridade de atuação é definida pelo cruzamento da carga total poluente nos referidos pontos de descarga com os indicadores ecológicos 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), 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; (2) modelação matemática para o caso das fontes poluentes de contribuição subterrânea. As classes e respetivo valor do parâmetro estado ecológico, quando se possuem indicadores de macroinvertebrados, apresentam-se no Quadro 24.

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 (2009), de 1,6 e o valor divisor entre os estados de Excelente para Bom/Razoável um RQE = 0,16. Assim, a classificação das classes do parâmetro ecológico será a apresentada no Quadro 25. 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 24 – 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	9
		200 – 500 kg N	8
		150 – 200 kg N	7
		50 – 150 kg N	6
< 50 kg N	5		
Medíocre	Substâncias prioritárias	Acima da norma de qualidade ambiental	9
		Abaixo da norma de qualidade ambiental	7
	Nitratos	> 200 kg N	8
		150 – 200 kg N	7
		50 – 150 kg N	6
< 50 kg N	5		
Razoável	Substâncias prioritárias	Acima da norma de qualidade ambiental	8
		Abaixo da norma de qualidade ambiental	6
	Nitratos	> 150 kg N	5
		50 – 150 kg N	4
< 50 kg N	3		
Bom	Substâncias prioritárias	Abaixo da norma de qualidade ambiental	4
	Nitratos	> 50 kg N	3
		< 50 kg N	2
Excelente	Substâncias prioritárias	Abaixo da norma de qualidade ambiental	1
	Nitratos	< 50 kg N	

Quadro 25 – 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 a aplicação deste parâmetro e respetivo zonamento a toda a rede hidrográfica no atual estado dos conhecimentos. Espera-se que, em estudos futuros, esta aplicação venha a ser realizada.

- 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 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 as áreas extra-aquífero que têm maior impacto sobre o meio hídrico superficial, e portanto as que exigem intervenção mais imediata. Quando não existem fontes poluentes externas o parâmetro adquire valor nulo. Os valores deste parâmetro apresentam-se no Quadro 26. Na área de estudo de Melides estas fontes externas são as fontes poluentes localizadas nos terrenos xistentos da zona de montante da bacia de Melides (essencialmente fossas e pecuárias, dado a ocupação do solo ser aí dominada por floresta e matos) mas o parâmetro não foi aplicado por se desconhecerem os valores das cargas poluentes.

Quadro 26 – 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
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

Distância à fonte	Concentração no ponto de descarga	Índice
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 no Meio Hídrico Superficial (Figura 25). 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 ao corpo 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 as de índices mais elevados, sendo a classificação de prioridade de intervenção a indicada no Quadro 27. O zonamento do Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Superficial para a área de estudo de Melides apresenta-se na Figura 25.

Quadro 27 – 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

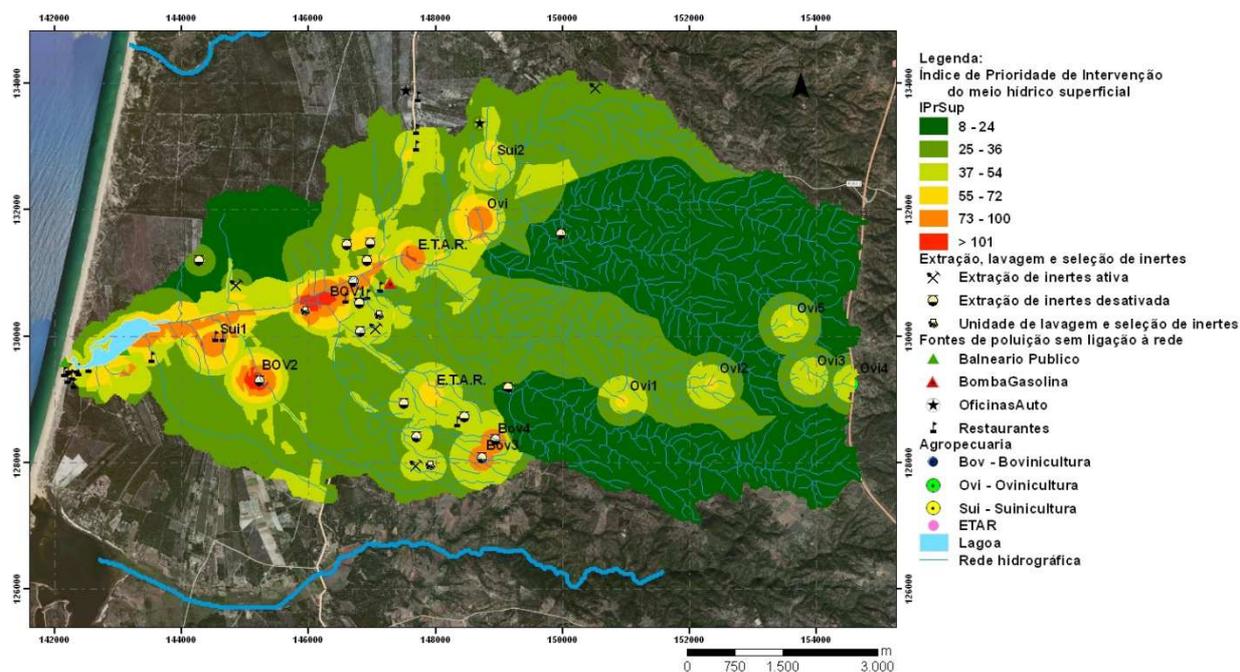


Figura 25 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Superficial

#### 14.2. Áreas Prioritárias de Intervenção no Meio Hídrico Subterrâneo

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

- a) **Profundidade ao nível de água** – este parâmetro representa a distância da fonte poluente ao corpo 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 28, adaptada do parâmetro Profundidade ao Nível de Água da metodologia DRASTIC de Aller *et al.* (1977), sendo apresentado na Figura 26 o zonamento obtido para a área de estudo.

Quadro 28 – 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

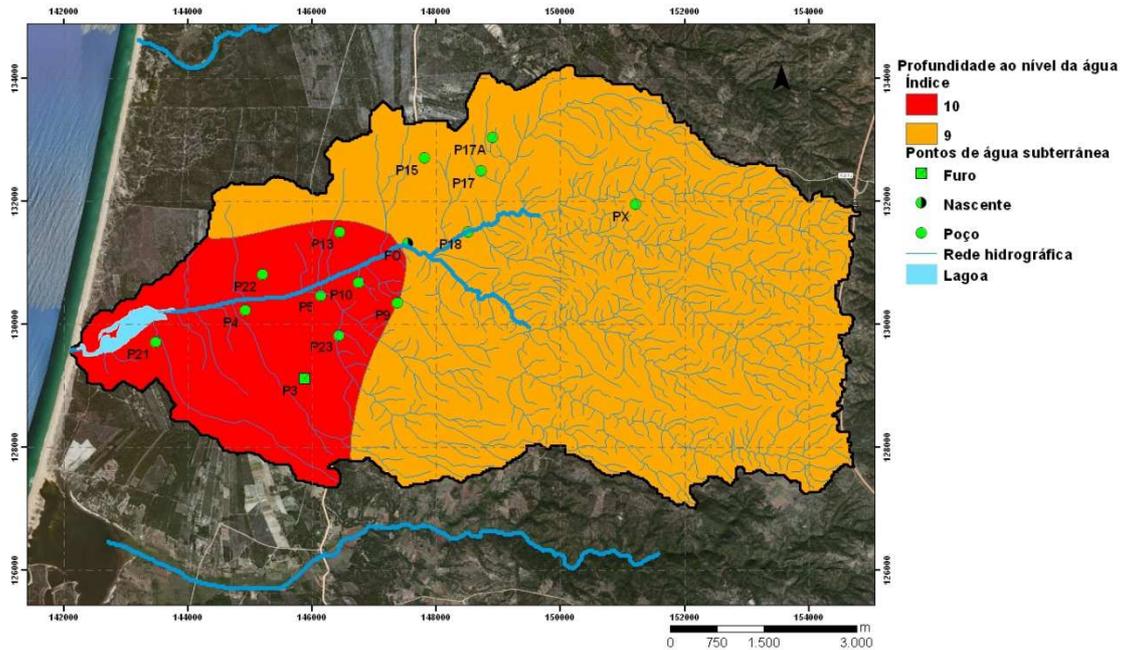


Figura 26 – Classificação do parâmetro profundidade ao nível de água

- b) **Distribuição espacial das fontes poluentes** – à semelhança das águas superficiais 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 21). 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 22. Sublinhe-se que, com a exceção da ETAR, se considerou que todas as demais fontes subterrâneas na área são geradoras de alguma descarga superficial por efeito de escorrências (ou de eventuais extravasamentos no caso das fossas), pelo que o seu número por área é sensivelmente semelhante ao das fontes de descarga superficial.
- 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 29 apresentam-se as classes do índice no caso do poluente dominante ser os nitratos; quando os poluentes dominantes forem diferentes, os limiares das classes deverão ser ajustados em conformidade. No caso em que mais de uma fonte poluente partilhe uma mesma área 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, sendo o somatório o índice relativo à área partilhada. O zonamento obtido para a área de estudo apresenta-se na Figura 27.

Quadro 29 – Classes 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
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
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	

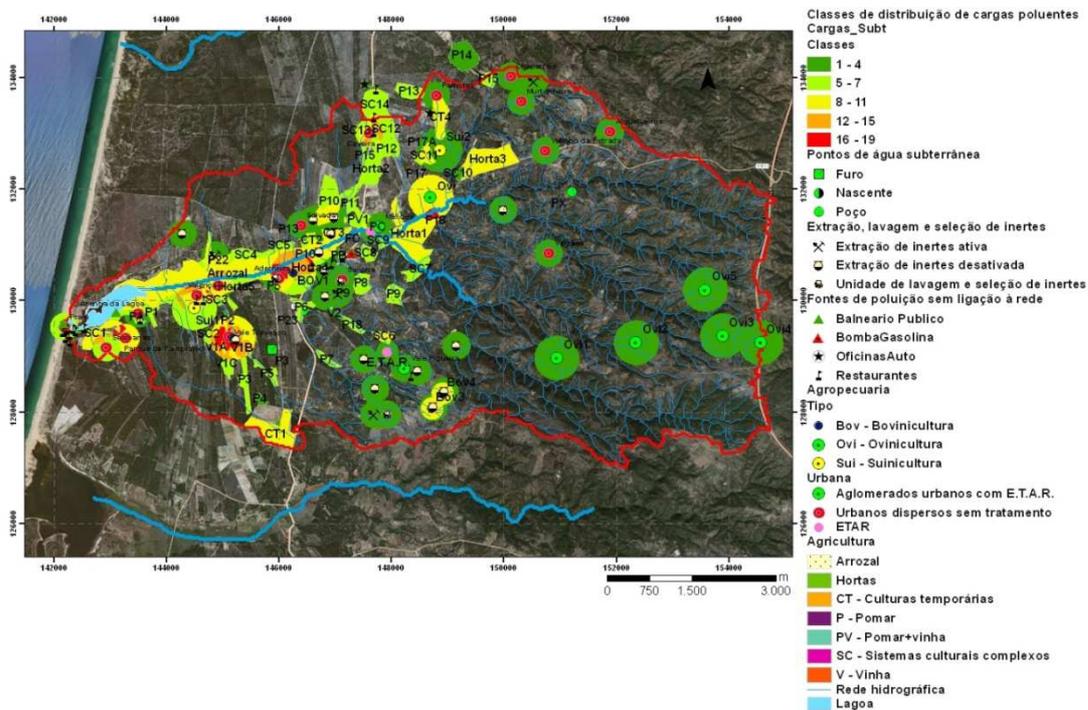


Figura 27 – Classificação do parâmetro cargas poluentes

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 30). 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 apresenta-se na Figura 28.

Quadro 30 – Classes de tempos de percurso

Tempo de percurso	Valor do Índice
< 1 ano	7
1 – 3 anos (horizonte temporal 2015)	6
3 – 15 anos (horizonte temporal 2027)	5
15 – 25 anos	3
25 – 70 anos	2
> 70 anos	1

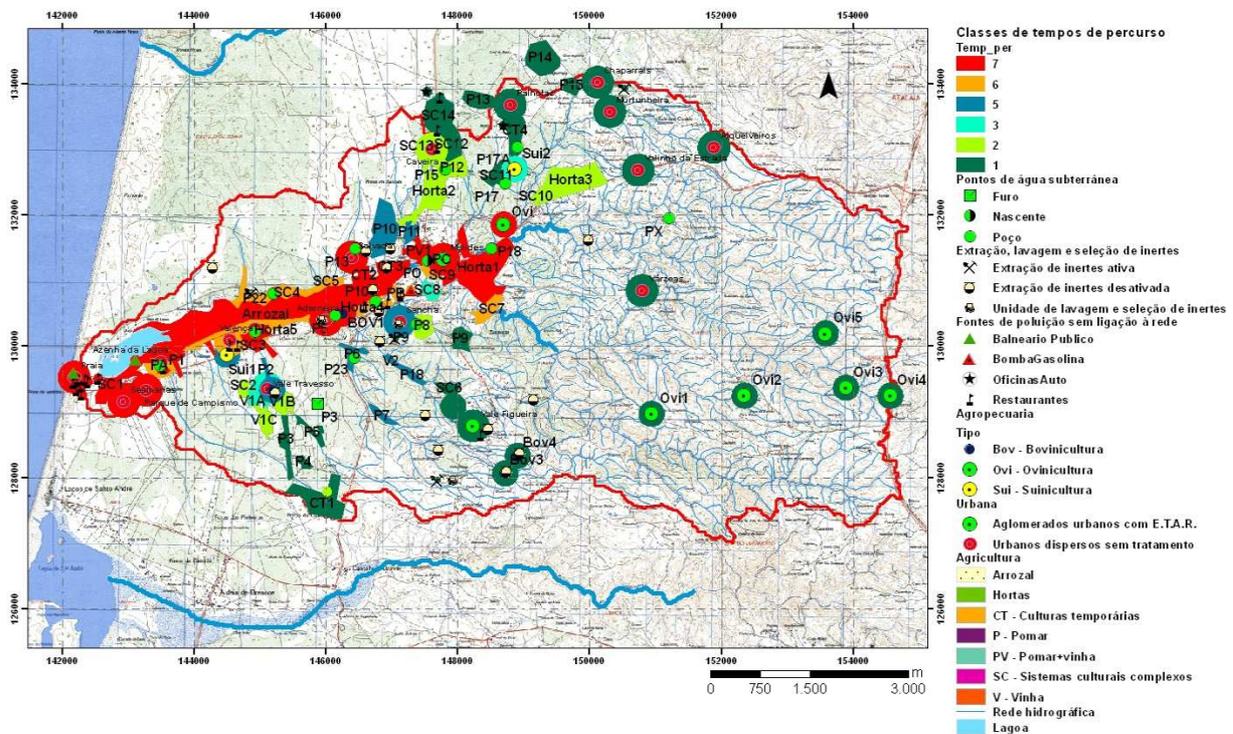


Figura 28 – Classificação do parâmetro tempos de percurso

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 31. 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 baseada 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 representa a maior ou menor facilidade para gerar escoamento direto, adota o parâmetro do mesmo nome da metodologia DRASTIC de vulnerabilidade dos aquíferos à poluição, desenvolvida por Aller *et al.* (1987), sendo as respectivas classes apresentadas no Quadro 31. 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 mas 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 ( $r_p$ ). Quanto maior o AGUT maior é a quantidade de água retida no solo 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 29.

Quadro 31 – 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	

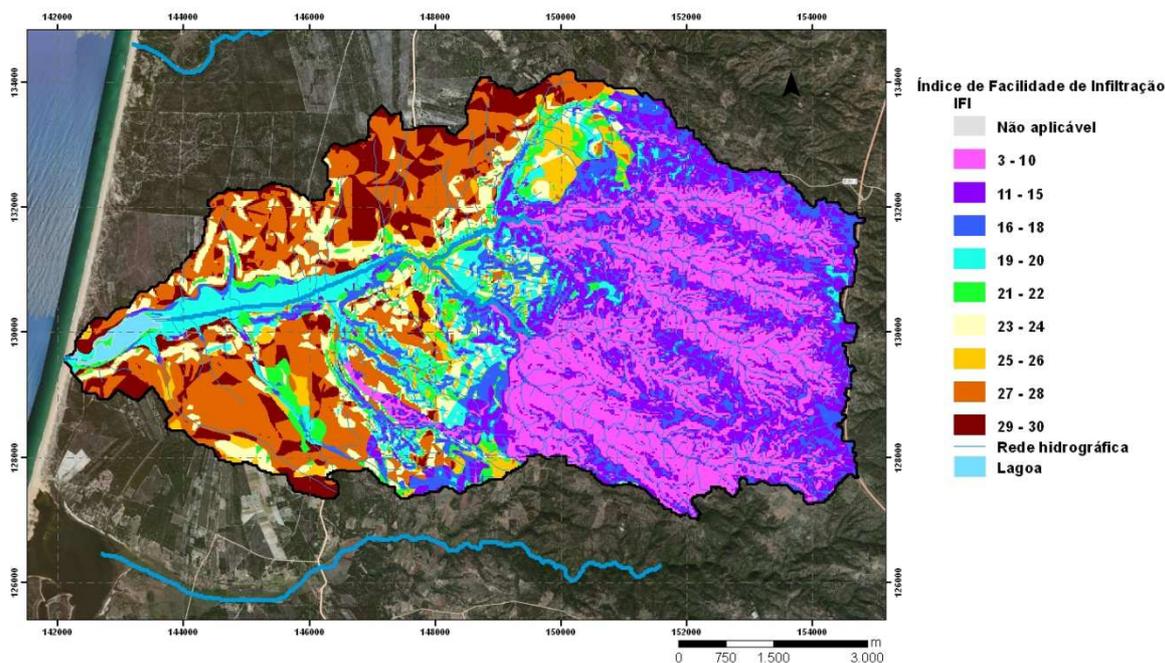


Figura 29 – Classificação do parâmetro IFI

- 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. A priorização das zonas de descarga foi realizada em função das cargas poluentes e dos tempos de percurso, sendo os valores deste parâmetro apresentados no Quadro 32. Os valores mais elevados foram atribuídos às zonas de descarga associadas a fontes com grande carga poluente e curtos tempos de percurso, dado constituírem 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 anos 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 logo 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 para a área de estudo é apresentado na Figura 30. No Anexo I apresentam-se as zonas dominantes de descarga (Figura 33, Figura 34, Figura 35 e Figura 36) e a respetiva associação com as fontes poluentes no Quadro 37 do mesmo Anexo.

Quadro 32 – 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
	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

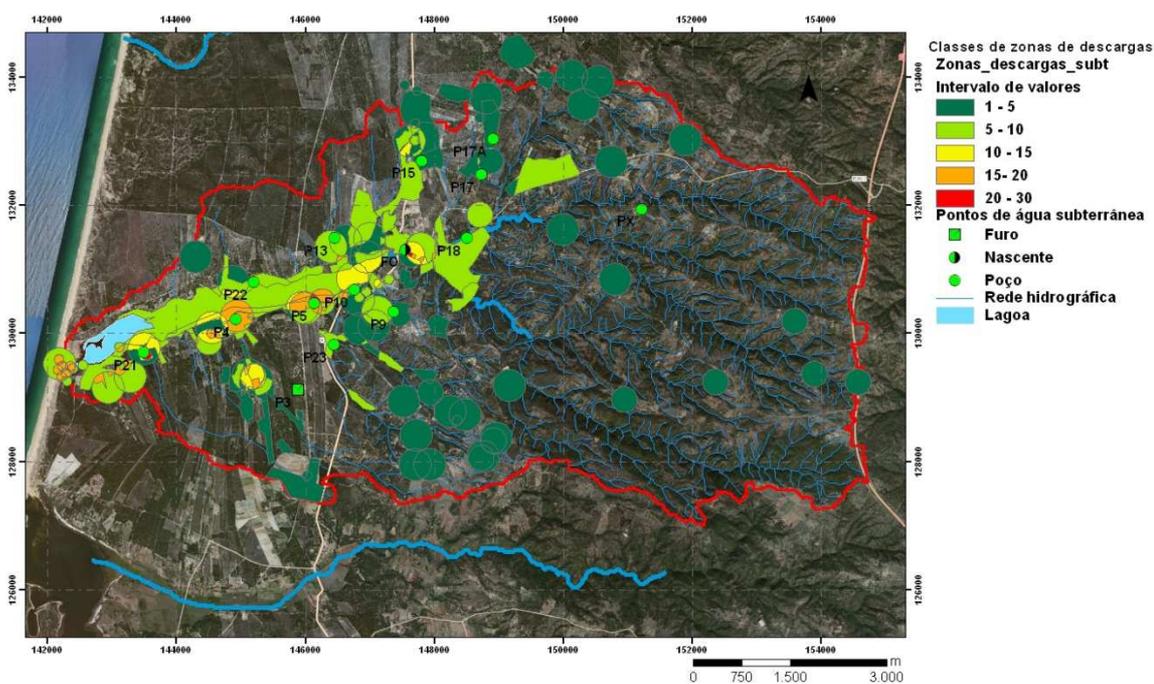


Figura 30 – Classificação do parâmetro zonas de descarga

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 interencionar se localizarão preferencialmente nos aquíferos que cedem poluição. As transferências podem ocorrer (1) lateralmente entre aquíferos (ou entre zonas adjacentes de um 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 sobre-exploração do aquífero superior). Para definir a prioridade das áreas a interencionar é necessário conhecer o impacto que estas causam no aquífero recetor. Os principais fatores que controlam este impacto são apresentados no Quadro 33. 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 expressão:

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

Quadro 33 – 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
Condutividade 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 ( $\Delta h$ )	> 10 m	10
	7 – 10 m	9
	5 – 7 m	7
	2 – 5 m	5
	1 – 2 m	3
	< 1 m	1
Zona confinante entre os dois aquíferos (M)	Sedimentos grosseiros pouco cimentados	10
	Areia grosseira 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	

No caso de estudo de Melides considerou-se que não havia transferência significativa de poluição entre aquíferos, pelo que este parâmetro é nulo; as eventuais transferências laterais a

partir de áreas do aquífero exteriores à bacia hidrográfica são muito mal conhecidas, pelo que na fase atual dos conhecimentos se optou por considerá-las nulas e em consequência este índice tomou também valor nulo.

- h) **Zonas de descarga do meio superficial para o meio subterrâneo** – esta situação adquire importância apenas quando a massa de águas a recuperar é um aquífero e este recebe água a partir de corpos de água superficial. Esta situação refere-se 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);
  - Corpos de água superficial que recebem carga poluente superficial originada a montante do aquífero e que posteriormente descarregam essa poluição no aquífero (ex.: lagoas com drenância para o aquífero e que são meio recetor de linhas de água que em áreas a montante e externas ao aquífero receberam cargas poluentes).

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 e 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 poluição para o aquífero. Quando não existem transferências do meio superficial para o aquífero este parâmetro adquire valor 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 – apresentam-se no Quadro 34. O valor do índice é obtido pela expressão:

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

No caso de estudo, os resultados dos modelos matemáticos sugerem não haver transferência de poluição da rede hidrográfica e lagoa para o aquífero, pelo que este parâmetro é nulo.

Quadro 34 – 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 do corpo de água (M <sub>L</sub> )	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	

Fatores influenciadores	Classe	Índice
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 <sub>ZV</sub> )	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 no Meio Hídrico Subterrâneo (Figura 31), o qual é calculado por:

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

Onde:

$IP_{Subt}$  = 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

$Zlh_{Subt}$  = 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 35. O zonamento do Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Subterrâneo para o caso de estudo de Melides é apresentado na Figura 31.

Quadro 35 – 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

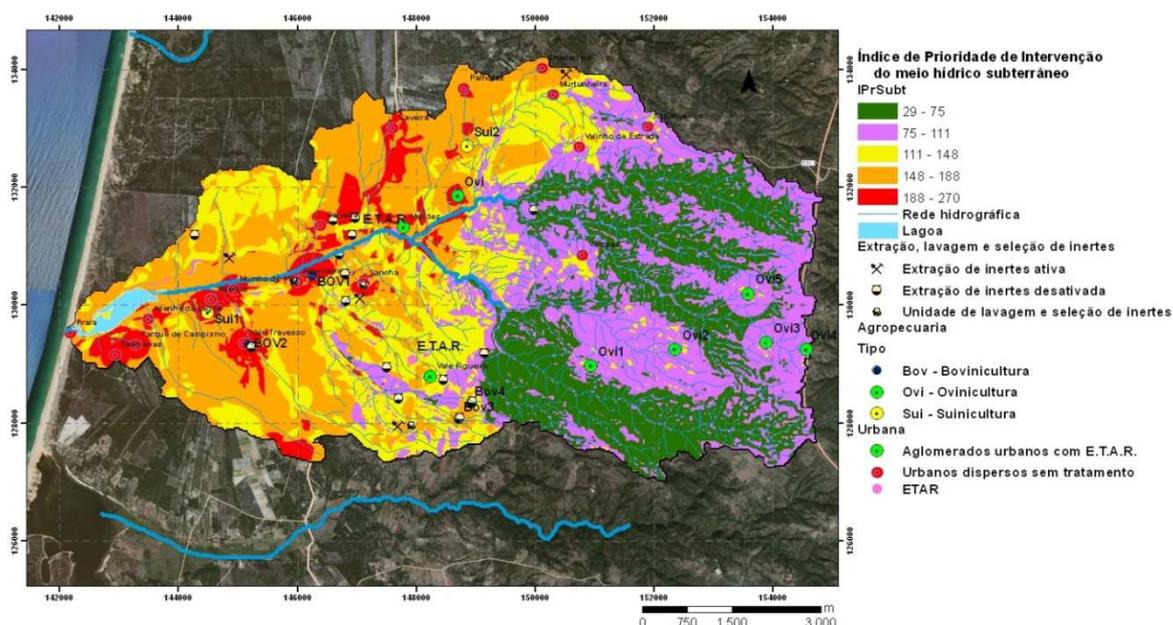


Figura 31 – Índice de Prioridade de Intervenção no Meio Hídrico Subterrâneo

Dos zonamentos de prioridades de intervenção para o meio hídrico superficial (Figura 25) e para o meio hídrico subterrâneo (Figura 31) foram identificadas as seguintes áreas de intervenção prioritárias: 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.

Nestas áreas identificaram-se as fontes poluentes que exigem intervenção prioritária:

- **Margem sul da Lagoa e ribeira de Melides** – 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.

No que se refere aos arrozais considera-se que numa 1.<sup>a</sup> 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 25 e Figura 31.

## 15. Matriz de Decisão

Dado o extenso leque de medidas de intervenção aplicável (Novo *et al.*, 2013) que, além das condicionantes técnicas, implica entrar em consideração com aspetos económicos e de aceitação social, para obter uma intervenção eficaz e de ampla aceitação das populações locais, foi ainda desenvolvida uma matriz de decisão, cuja metodologia de aplicação é apresentada na Figura 32 e cuja aplicação a um caso-exemplo da bacia de Melides se apresenta em Novo *et al.* (2013). Esta matriz de decisão estrutura-se em torno dos critérios apresentados no Quadro 36.

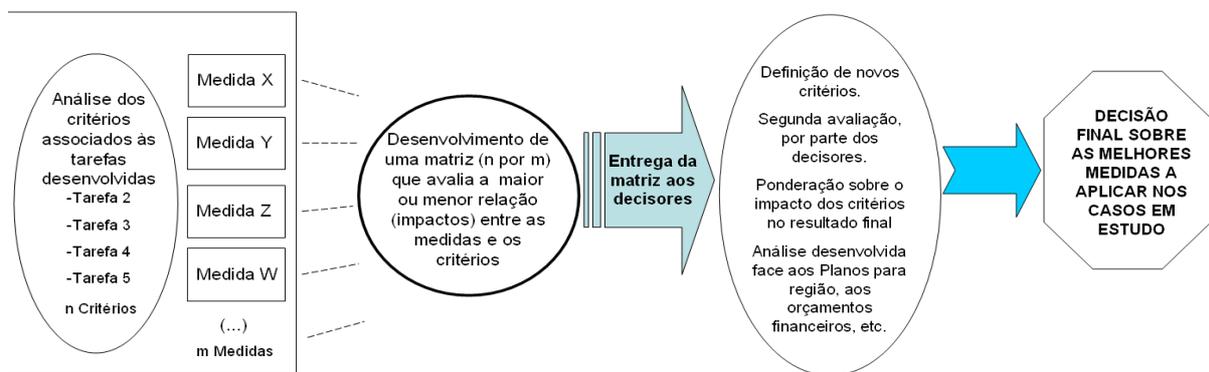


Figura 32 – Desenvolvimento da matriz de decisão

A aplicação da matriz de decisão, uma vez definidos os temas e critérios que a constituirão segue os 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.

Quadro 36 – Temas e critérios de base que estruturam a matriz de decisão

Tema	Critério
0. Natureza do meio (condicionante)	0.1. Tipo de aquífero (poroso, cársico, fissurado)
	0.2. Tipo de meio superficial (zona húmida, ribeiro temporário, rio, etc.)
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
	a) Tipo de estabelecimento b) Dimensão das unidades
7. Turismo	7.1 Alteração da procura
	7.2 Encargos acrescidos
	7.3 Alteração dos tipos de oferta
	7.4 Alteração dos tipos de lazer oferecidos
	7.5 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

Em Novo et al (2013) é apresentado um exemplo da aplicação desta metodologia para a seleção de medidas com vista à redução das cargas poluentes de fosfatos no meio hídrico superficial provenientes dos arrozais.

## 16. Conclusões

A lagoa de Melides é um ecossistema parcialmente dependente de águas subterrâneas recebendo cerca de 27% do seu volume a partir das descargas do aquífero freático subjacente e cerca de 56 a 60% do escoamento superficial da zona de montante da bacia e 13,5% do escoamento superficial da zona de jusante da bacia. O volume que a lagoa recebe anualmente é cerca de 13,3 vezes o seu valor médio, pelo que deverá existir uma significativa renovação da água da lagoa.

A recarga na bacia hidrográfica é de cerca 119 mm/ano (Figura 3) e o escoamento superficial direto de 199 mm/ano (Oliveira *et al.*, 2011). Na zona de jusante da bacia o escoamento direto é de 100 mm/ano e na zona do arrozal de 150 mm/ano e 200 mm/ano. A análise dos impactos das alterações climáticas indica que em todos os 3 cenários considerados ocorre uma redução da recarga e do escoamento superficial, que no cenário mais desfavorável (cenário de emissões SERES A2) as reduções são de 60% para a recarga e de 43% para o escoamento superficial direto. Isto implica que os volumes de água que se espera venham a alimentar a lagoa sofram uma forte redução, tanto por via superficial como subterrânea, tendo sido calculada uma redução da coluna de água dos atuais 3 m para 2 m, o que atualmente ocorre apenas em períodos de maior escassez hídrica e por vezes associados a eventos de eutrofização.

A monitorização realizada no âmbito deste projeto revelou que o nível freático no aquífero é bastante superficial e a superfície freática tem uma inclinação em direção a oeste e para a ribeira de Melides, pelo que os fluxos se deverão realizar em direção à ribeira e lagoa e em direção ao mar.

Esta mesma monitorização revelou que as águas subterrâneas apresentam 3 tipos de fácies: bicarbonatada cálcica (Fonte de Olhos e ponto P13), bicarbonatada sódica (poço PX, nos xistos) e cloretadas a sulfatadas sódicas e cálcicas (todas as restantes águas). Relativamente à poluição, a zona mais poluída ocorre na margem esquerda, sendo as concentrações em nitratos e fosfatos mais elevadas nos pontos P3, P9, P10, P5, P4 e P21. Nos pontos P15 e P17A detetaram-se metais pesados, sendo de referir a existência a montante de uma sucata e de uma oficina de automóveis.

Nas águas superficiais existe uma grande uniformidade da composição química, exceto na proximidade da foz da lagoa. Todas as águas revelaram a presença de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), em especial no ponto Sup7, tendo sido detetados nitratos apenas nos pontos Sup8 e Sup10 e fosfatos nos pontos Sup8, Sup9 e Sup10. Este fato indicia que a vasta maioria dos nutrientes na lagoa são de origem subterrânea.

As pressões responsáveis pela poluição na ribeira e lagoa de Melides, assim como no aquífero, resultam da atividade agrícola, pecuária e das fontes poluentes de origem doméstica (ETAR e fossas), sendo a ETAR um foco poluente exclusivamente superficial, os arrozais um foco poluente simultaneamente superficial e subterrâneo e as restantes fontes essencialmente focos subterrâneos. Estes focos ou fontes poluentes localizam-se sobretudo na zona de jusante da bacia, com especial incidência na margem sul da ribeira de Melides.

A poluição agrícola contribui com 65% dos nitratos e cerca de 76% dos fosfatos totais de origem subterrânea produzidos na bacia hidrográfica de Melides, de que se destacam os arrozais, que geram respetivamente 16% e cerca de 31% do total de nitratos e fosfatos de todas as fontes subterrâneas da bacia. A pecuária e fontes urbanas contribuem cada uma com 17% do total de nitratos de origem subterrânea gerados na bacia hidrográfica, sendo que nos fosfatos a pecuária contribui com 15% e as fontes urbanas com 9%.

A carga poluente que entra no meio hídrico 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, procedentes dos arrozais e da ETAR. Destas cargas superficiais 1132,8 kg nitratos/ano e 1096,4 kg fosfatos/ano provêm dos arrozais, o que equivale a cerca de 65% de nitratos e 76% de fosfatos da carga poluente total superficial.

De toda a carga poluente gerada na bacia hidrográfica de Melides a poluição subterrânea é a mais significativa, perfazendo 86,5% de fosfatos e 91% dos nitratos. Desta carga poluente considerou-se que apenas uma parte da carga total de fosfatos gerada na bacia atinge a lagoa através das descargas do aquífero uma vez que este poluente é facilmente retido no solo; para os nitratos considerou-se que, além das cargas com tempos de percurso até um ano, também atingirão a lagoa cargas com tempos de percurso superiores. O peso dos arrozais no conjunto de cargas poluentes subterrâneas + superficiais é de 14,7% para a carga poluente de nitratos e 26,7% de fosfatos para esta carga subterrânea.

A vulnerabilidade à poluição das águas superficiais da bacia de Melides é moderada, mas na zona de jusante (onde se concentram as cargas poluentes) esta vulnerabilidade é moderada a alta. Por seu lado o risco à poluição é baixo a intermédio na zona montante da bacia e elevado na de jusante.

A modelação matemática permitiu definir os tempos de percurso das cargas poluentes subterrâneas e os pontos onde estas entram no meio hídrico superficial. Os tempos de percurso são muito variados, indo desde alguns meses a mais de 200 anos. Considerando os tempos de percurso e os poluentes como conservativos (o que não é o caso dos fosfatos), as cargas poluentes até 1 ano a atingir a lagoa correspondem a 48,3% do total de nitratos e corresponderiam a 53,65% de fosfatos de origem subterrânea, as cargas que demoram entre 1 e 15 anos correspondem a 16 e 18% de nitratos e de fosfatos e as cargas que demoram mais de 30 anos a alcançar a lagoa perfazem 23 e 25% de nitratos e de fosfatos, sendo que 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. Destes considerou-se que, para o caso específico dos fosfatos, apenas as cargas poluentes com até 1 ano de tempo de percurso atingirão efetivamente a lagoa. Considerando então apenas as cargas poluentes com tempos de percurso iguais ou inferiores a 1 ano, a agricultura domina claramente este grupo, dominando também no grupo de cargas poluentes com tempos de percurso superiores a 30 anos, mas nas cargas de tempos de percurso entre 1 e 15 anos a contribuição pecuária e agrícola é similar.

A transformação das cargas poluentes em concentração em função do volume da lagoa dá concentrações na lagoa de 5,3 mg/l de nitratos e 3 mg/l de fosfatos, o que indicia alguns problemas de poluição no que se refere aos fosfatos. Desta carga, a agricultura contribui com 3 mg/l de nitratos e 2,4 mg/l de fosfatos, dos quais 1,9 mg/l de nitratos e 1,8 mg/l de fosfatos provêm dos arrozais. O segundo contribuidor mais importante são as fossas. Atendendo ao volume de água que anualmente atinge a lagoa, admite-se que esta tenha uma taxa de renovação muito elevada, situação que permite que as cargas poluentes tenham uma desprezável acumulação na lagoa de uns anos para os outros. A situação contudo torna-se muito distinta se ocorrerem vários anos de seca, o que, dos estudos neste projeto das alterações climáticas para a região, sugere venha a ser a norma num cenário de alterações climáticas.

Os cenários socioeconómicos preveem, até ao horizonte temporal de 2030, uma redução na população residente, um admissível aumento da população turística, uma redução da área agrícola e uma manutenção da atividade pecuária. Contudo, e apesar deste cenário evolutivo prevê-se um aumento da carga poluente na lagoa devido essencialmente às cargas com longos tempos de percurso.

Sendo a agricultura, seguida das fontes poluentes urbanas (fossas) as principais origens de poluição, e tendo a poluição de origem subterrânea um peso muito significativo na carga total da lagoa, as medidas de intervenção devem concentrar-se no controlo das cargas poluentes devidas à agricultura e às fossas

na envolvente da lagoa e proximidade imediata da ribeira de Melides. Dada a importância da contribuição dos arrozais, em particular no que concerne à poluição de origem superficial, as intervenções sobre os arrozais deverão prioritariamente atuar sobre as descargas na ribeira e posteriormente sobre as descargas subterrâneas. No que concerne à poluição subterrânea – e de peso muito significativo na lagoa – as intervenções deverão centrar-se sobre as parcelas agrícolas, em particular as situadas na margem sul da Lagoa e ribeira de Melides (Pomar P1, fossas do Parque de Campismo e Sesmarias), no 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 (Pomar P10, Hortas, bovinicultura BOV2, fossas de Aderneira e Sancha).

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

março 2013

**VISTOS**



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira  
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas

Rafaela de Saldanha Matos  
Diretora do Departamento de Hidráulica e  
Ambiente



**AUTORIAS**



Maria Emília Novo  
Doutora em Engenharia do Ambiente  
Investigadora Auxiliar  
Núcleo de Águas Subterrâneas

Luís G. S. Oliveira  
Mestre em Engenharia do Ambiente  
Bolseiro de Investigação  
Núcleo de Águas Subterrâneas



Maria José Henriques  
Maria José Henriques  
Geóloga  
Técnica Superior  
Núcleo de Águas Subterrâneas

## Bibliografia

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).

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.

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.

Leitão, T.E., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P., Vilhena, J., Almeida, A., Tomé, M. e Pires, A.M. (2012). *Análise Integrada da Qualidade da Água e dos Ecossistemas na Bacia Hidrográfica da Ribeira de Melides*. "11.º Congresso da Água – Valorizar a água num contexto de incerteza", organizado pela APRH, Porto, 6-8 de Fevereiro de 2012, 15 pp.

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 (versão draft).

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.

Monteiro, J. P.; Matos Silva, J.; Guerreiro, P.; Martins, J.; Reis, E. (2007). *Modelação de Relações entre Águas Superficiais e Subterrâneas nos Aquíferos do Algarve Central*. Actas do Seminário sobre Águas Subterrâneas. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH). Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Documento electrónico em CD-Rom. 8pp.

Novo, M.E. (2010). *Água, Ecossistemas Aquáticos e Actividade Humana – Projecto PROWATERMAN. Primeiro Relatório Temático – Caracterização Geológica e Hidrogeológica das áreas de Estudo do Alentejo e Algarve*. Lisboa, LNEC, Relatório 285/2010 – NAS, pp. 90.

Novo, M.E., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P. (2013). *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)*. Lisboa, LNEC, Relatório /2013-NAS, pp. 258 (in press).

Oliveira, M.M. (2006). *Recarga de Águas Subterrâneas: Métodos de Avaliação*. Teses e Programas de Investigação – TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.

Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P. (2002a, b). *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, 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, 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., 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 182/2012-NAS, pp. 35.

Oliveira, L., Martins, T., Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M. M., Novo, M. E., Leitão, T. E. (2012b). *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*. Lisboa, LNEC, Relatório 153/2012-NAS. pp. 44.

Santos, F.D. e Miranda, P. (2006). *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Projecto SIAM II. Lisboa, Editora Gradiva, pp. 505.

SGP (1992). *Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:500 000*. Folha Sul.



## **ANEXO I**



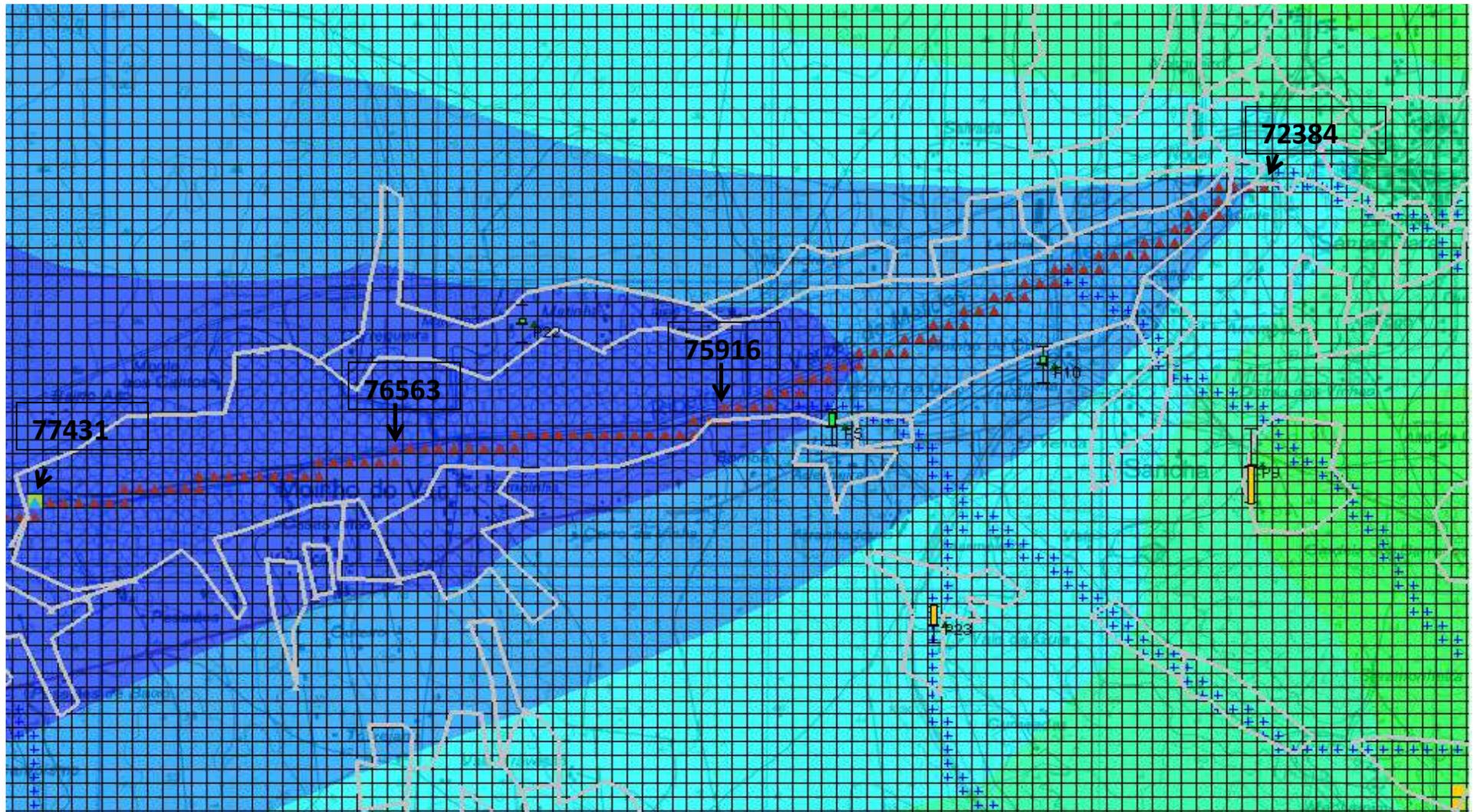


Figura 33 – Malha do modelo matemático, com indicação das células representantes da ribeira, ao longo das quais descarrega o aquífero

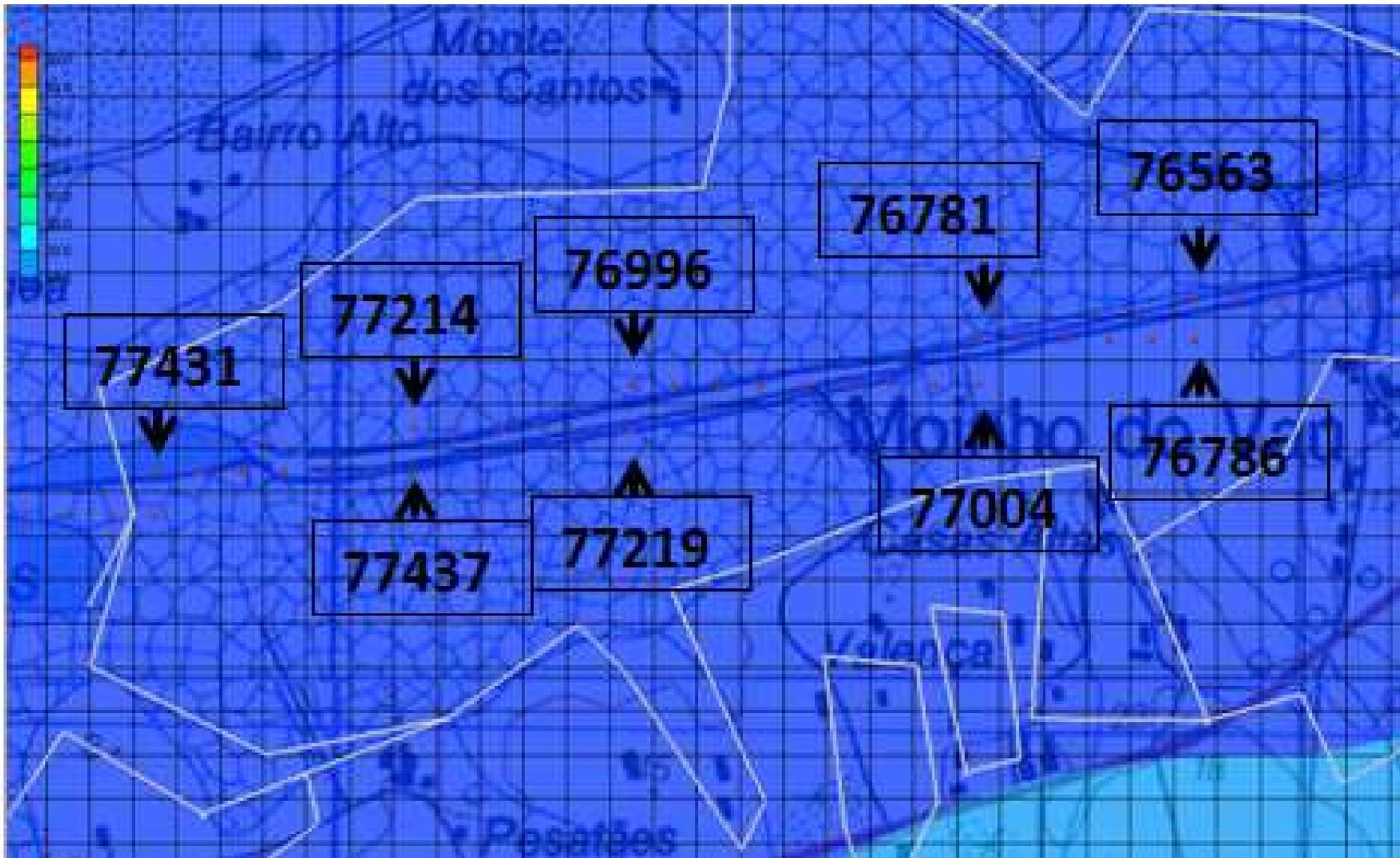


Figura 34 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (setor de jusante dos arrozais; zona vestibular da ribeira)

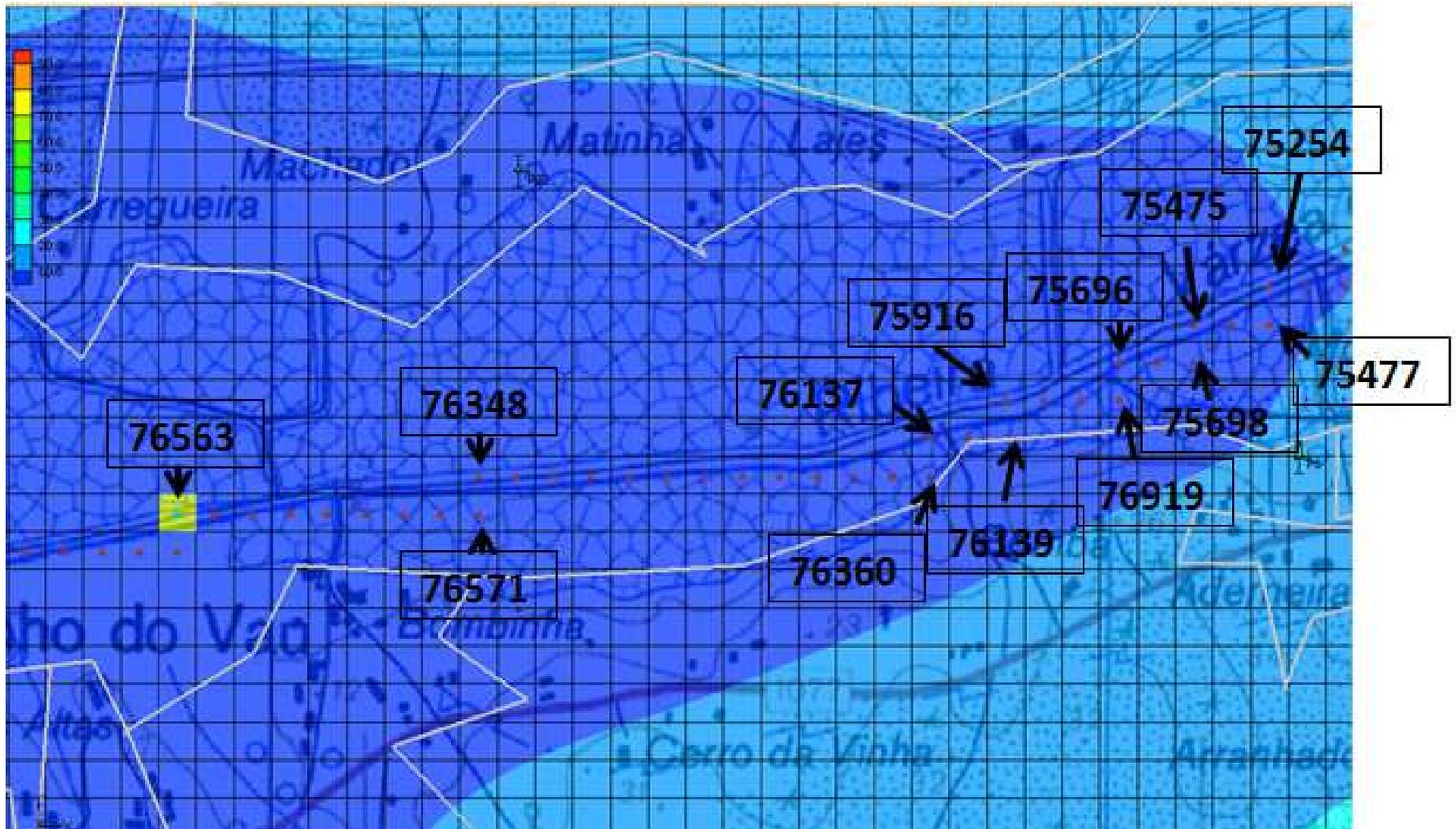


Figura 35 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (setor central dos arrozais)

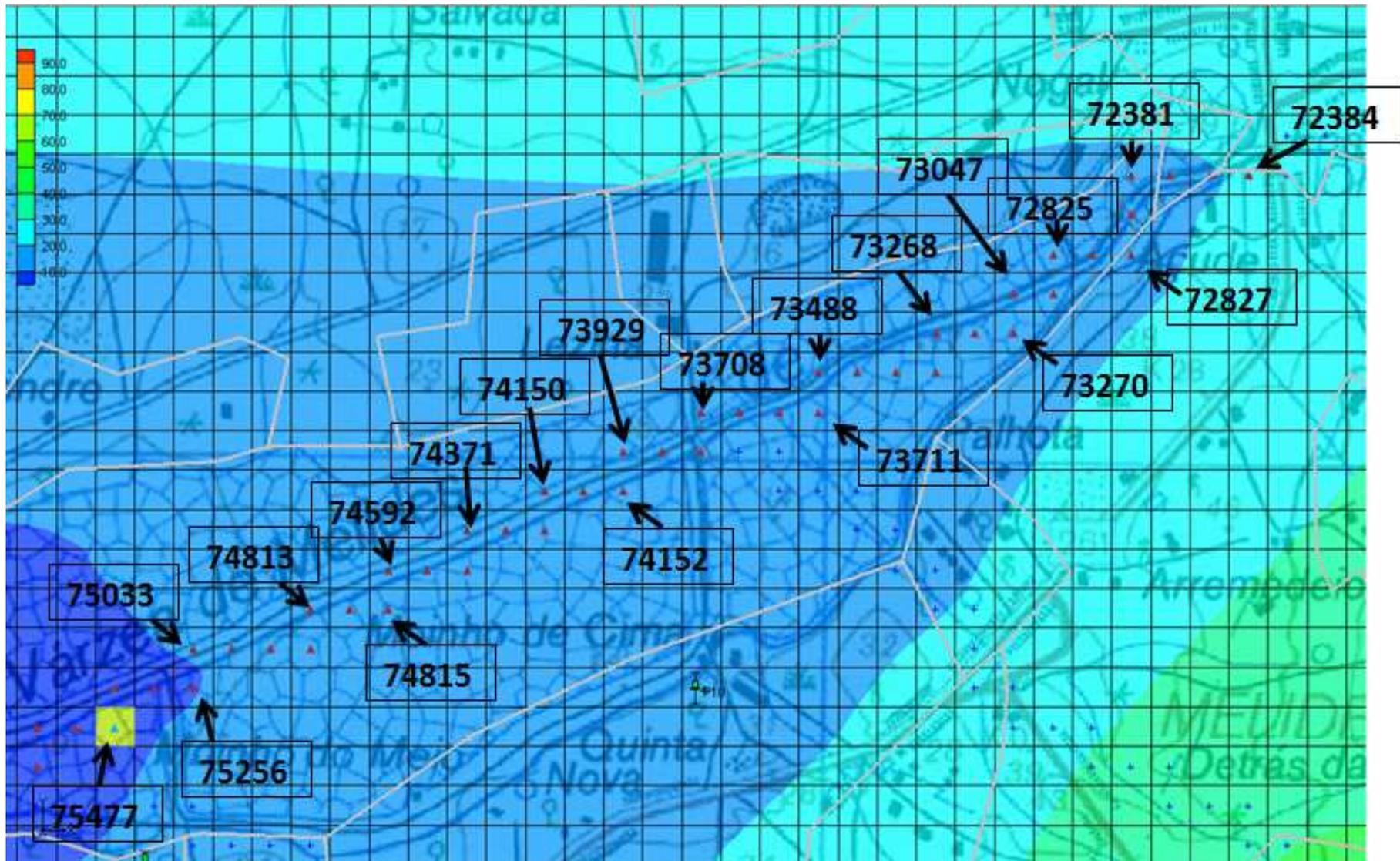


Figura 36 – Malha do modelo com indicação das células de descarga do aquífero para a rede hidrográfica (setor de montante dos arrozais)







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

Quadro 38 – 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	134 anos	<b>Algo atenuada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	134 anos	<b>Algo atenuada</b> poluição por esta fonte; CT4 contribui com 8% da sua carga total
	Jusante de suinicultura SUI2	216 kg N/ano; 101 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	22 anos	<b>Algo atenuada</b> poluição por esta fonte; SUI2 contribui com 20% da sua carga total
	Jusante do sistema cultural SC11	178 kg N/ano; 80 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	100 anos	<b>Algo atenuada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1 ano	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	100 anos	<b>Algo atenuada</b> poluição por esta fonte; SC11 contribui com 13% da sua carga total
	Jusante de horta CT4	802 kg N/ano; 361 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	134 anos	<b>Algo atenuada</b> poluição por esta fonte; CT4 contribui com 35% da sua carga total
	Jusante de pomar P15	86 kg N/ano; 39 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	218 anos	<b>Algo atenuada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	79 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	71 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	36 a 63 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	37 anos	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; P12 contribui com 17% da sua carga total
	Jusante da horta CT4	802 kg N/ano; 361 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	134 anos	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; CT4 contribui com 3% da sua carga total
FO	Jusante de Melides	--	--	<b>Pouco provável</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	½ ano ou inferior	
	Jusante de sistema cultural SC9	81 kg N/ano; 36 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	< 1 ano	
	Junto à estrada nacional 261-2	--	--	
P9	Jusante do pomar P9	142 kg N/ano; 64 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	77 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	22 anos	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte; P8 contribui com 7% da sua carga total
P13	Jusante do pomar P10	442 kg N/ano; 199 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	10 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	7 anos	
	Bordo montante de horta CT2	265 kg N/ano; 119 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	4 a 6 anos	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; P10 contribui com 27% da sua carga total
	Jusante do pomar P8	150 kg N/ano; 67 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	22 anos	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte; P8 contribui com 7% da sua carga total
	Jusante do pomar P9	142 kg N/ano; 64 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	77 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	11 anos	
	Jusante do sistema cultural SC6	118 kg N/ano; 43 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	88 anos	<b>Provável</b> por difusão da poluição
Bordo do arrozal sector B	1 768 kg N/ano; 1 711 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1,25 anos		
P23	Jusante do pomar P7	75 kg N/ano; 34 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	13 anos	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte; P7 contribui com 5% da sua carga total
	Jusante do pomar P18	75 kg N/ano; 34 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	11 anos	<b>Não identificada</b> 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	
	Jusante do sistema cultural SC6	118 kg N/ano; 53 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	88 anos	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; SC6 contribui com 15% da sua carga total
P5	Vizinhaça à vinha V2	50 kg N/ano; 34 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	9 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	≈ 37 dias	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; BOV1 contribui com 20% da sua carga total
	Jusante do pomar P6	116 kg N/ano; 52 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	8 anos	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; P6 contribui com 20% da sua carga total
	Jusante do pomar P7	75 kg N/ano; 34 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	13 anos	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; P7 contribui com 35% da sua carga total
	Jusante do pomar P18	75 kg N/ano; 34 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	11 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	9 anos	
	Jusante do sistema cultural SC6	118 kg N/ano; 53 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	88 anos	<b>Efetiva</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	< 1 até 2 anos	<b>Efetiva e significativa</b> poluição por esta fonte; Aderneira contribui com 40% da sua carga total	
Bordo do arrozal sector B	1 768 kg N/ano; 1 711 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1,25 anos	<b>Provável</b> por difusão da poluição	
P3	Jusante da horta CT1	1 415 kg N/ano; 637 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	209 anos	<b>Não identificada</b> poluição por estas fontes dada a sua localização, prováveis direções de fluxo e o fato 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	13 anos	
	Jusante do pomar P4	47 kg N/ano; 21 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	105 anos	
	Jusante do pomar P5	90 kg N/ano; 41 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	2 anos	<b>Algo atenuada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	2 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1,25 anos	<b>Provável mas pouco significativa</b> por difusão da poluição
P21	Jusante de vinha V1C	162 kg N/ano; 127 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	66 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	26 anos	
	Jusante de vinha V1A	190 kg N/ano; 121 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	22 anos	
	Jusante do sistema cultural SC2	74 kg N/ano; 33 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	26 anos	
	Bordo do arrozal sector A	934 kg N/ano; 904 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1,83 anos	
	Jusante de fossa Vale Travesso	46,7 kg N/ano; 12 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	25 a 39 anos	
P21	Jusante de fossa Azenha da Lagoa	18,7 kg N/ano; 5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	2 a 8 anos	<b>Efetiva mas algo atenuada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	209 anos	<b>Não identificada</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	105 anos	
	Jusante do pomar P5	90 kg N/ano; 41 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	73 anos	
	Jusante do pomar P3	161 kg N/ano; 73 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	77 anos	
	Jusante de vinha V1C	162 kg N/ano; 127 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	66 anos	
	Jusante de vinha V1B	180 kg N/ano; 108 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	26 anos	
	Jusante de vinha V1A	190 kg N/ano; 121 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	22 anos	
	Jusante do pomar P2	41 kg N/ano; 19 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	6 anos	
	Na zona do sistema cultural SC3	276 kg N/ano; 123 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	< 1 ano	
	Jusante de fossa Vale Travesso	45,7 kg N/ano; 12 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	25 a 39 anos	
Proximidade à fossa de Moinho do Vau	64,2 N/ano; 16 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	2 anos		

Quadro 39 – 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	--	--	<b>Pouco provável</b>
MSup_2	Vizinhança da EN 262_2	--	--	<b>Moderada possibilidade</b> de poluição pela estrada
MSup_3	Ovicultura (< 1 km distância)	720 kg kg N/ano; 270 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	--	<b>Provável</b> fonte poluente
MSup_4; MSup_5	Ovicultura (< 1 km distância)	720 kg kg N/ano; 270 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	--	<b>Provável</b> fonte poluente
	Bordadura da EN 262_2	--	--	<b>Muito provável</b> poluição pela estrada
MSup_6; MSup_7 MSup_8; MSup_9	Jusante de linha de água próxima de Suinicultura SUI2	216 kg N/ano; 101 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	4 anos	<b>Efetiva</b> fonte poluente mas <b>reduzido impacto</b> em MSup_7, MSup_8 e MSup_9; <b>não influenciará MSup_6</b> por este ponto de amostragem estar a montante
	Jusante de Canas de Baixo *	--	--	<b>Provável</b> em MSup_6; a sua influência será menor no MSup_9
MSup_10	Sem fontes poluentes	--	--	<b>Pouco provável</b>
MSup_11	Montante de ETAR de Melides	607 kg N/ano; 289 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	½ ano ou inferior	<b>Pouco provável</b> poluição por esta fonte
	Junto a estrada rural	--	--	<b>Provável</b> poluição pela estrada
MSup_12	Jusante da vila de Melides	--	--	<b>Provável</b> poluição de hidrocarbonetos pela povoação
	Área do sistema cultural SC9	81 N/ano; 36 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	<1 ano	<b>Provável</b> poluição por esta fonte
	Jusante da vila de Melides	--	--	<b>Provável</b> poluição de hidrocarbonetos pela povoação
MSup_13	Jusante da ETAR de Melides	6074 kg N/ano; 289 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	½ ano ou inferior	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
	Área do sistema cultural SC9	81 N/ano; 36 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	<1 ano	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
MSup_14	Jusante da vila de Melides	--	--	<b>Provável</b> poluição de hidrocarbonetos pela povoação
	Jusante da ETAR de Melides	607 kg N/ano; 289 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	½ ano ou inferior	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
	Área do sistema cultural SC9	81 N/ano; 36 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	<1 ano	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
MSup_15 MSup_16	Bordadura da EN 201	--	--	<b>Muito provável</b> poluição pela estrada
	Jusante da ETAR de Melides	607 kg N/ano; 289 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	½ ano ou inferior	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte mas com efeitos de diluição pela Fonte dos Olhos
	Jusante de Fonte dos Olhos	--	--	<b>Muito provável</b> efeito de diluição da poluição
MSup_17	Área de arrozais sector C	130 kg N/ano; 126 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	≈ 55 dias	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
	Jusante de sistema cultural SC8	111 kg N/ano; 50 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	16 anos	<b>Efetiva</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	½ ano ou inferior	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte mas com efeitos de diluição pela Fonte dos Olhos

Ponto de amostragem	Fontes poluentes na envolvente	Carga das fontes poluentes	Tempo percurso até à lagoa	Probabilidade de contaminação do ponto de amostragem	
M_sup_18	Área de arrozais sector B	1 768 kg N/ano; 1 711 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1,25 anos	<b>Efetiva e muito importante carga</b> de poluição por esta fonte	
	Jusante bovinicultura BOV1	677 kg N/ano; 307 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	≈ 37 dias	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte	
	Jusante pomares	P6	116 kg N/ano; 52 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	8	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
		P7	75 kg N/ano; 34 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	13	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
		P18	75 kg N/ano; 34 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	11	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte
	Jusante vinha V2	50 kg N/ano; 35 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	9 anos	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte	
	Jusante sistema cultural SC6	118 kg N/ano; 53 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	88 anos	<b>Provável</b> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	0,8 a 2 anos	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte		
Msup_19	Jusante arrozais	A	934 kg N/ano; 904 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1,83 anos	<b>Efetiva e muito importante carga</b> de poluição por esta fonte
		B	1 768 kg N/ano; 1 711 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1,25 anos	
		C	130 kg N/ano; 126 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	≈ 55 dias	
	Jusante pomar P1	92 kg N/ano; 41 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	1 ano	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte	
	Jusante fossa Azenha da Lagoa	18,7 kg N/ano; 5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ano	2 a 8 anos	<b>Efetiva</b> poluição por esta fonte	
Zona terminal da Lagoa	--	--	<b>Efetiva</b> poluição pela proximidade à lagoa (responsável pelo carácter salobro das águas)		

\*exceto para MSUp\_7 e MSUp\_8

