

MONITORIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS FARO-OLHÃO



Componentes:

Monitorização dos Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água - massa de água e bivalves

Monitorização das Águas Subterrâneas

Monitorização da Biologia e Ecologia - Fauna bentónica

Relatório Semestral – Fase de Construção

UALG, SETEMBRO 2019

Preâmbulo geral

A empresa Águas do Algarve, S.A. (AdA) é gestora da nova instalação ETAR de Faro-Olhão, que está a operar desde outubro de 2018, cujo efluente é descarregado numa parcela incluída na zona lagunar da reserva natural da Ria Formosa a qual representa o maior produtor nacional de bivalves.

Neste contexto de particular sensibilidade, decorre a execução dos seguintes Planos de Monitorização, em conformidade com o preconizado na DCAPE, no RECAPE e EIA da ETAR de Faro-Olhão: a) Plano de Monitorização dos Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves); b) Plano de Monitorização das Águas Subterrâneas; c) Plano de Monitorização da Biologia e Ecologia - Fauna bentónica.

O presente documento constitui o 1º Relatório Semestral da Monitorização da nova Instalação ETAR de Faro-Olhão, Fase de Construção, desenvolvido por equipas técnicas da Universidade do Algarve, e que decorre no âmbito do convite efetuado pela empresa Águas do Algarve, S.A., à Universidade do Algarve, tendo como base o Protocolo Geral de Cooperação em vigor entre estas duas partes, estabelecido em 25 de janeiro de 2007.

A organização deste relatório compreende, assim, três partes distintas relativas aos:

- a) Plano de Monitorização dos Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves);
- b) Plano de Monitorização das Águas Subterrâneas;
- c) Plano de Monitorização da Biologia e Ecologia - Fauna bentónica.



MONITORIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

FARO-OLHÃO - FASE DE CONSTRUÇÃO

Relatório Semestral da Componente Monitorização Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves)

Setembro 2019

Índice

Sumário executivo

Preâmbulo

1. Introdução	7
1.1. Enquadramento da área em estudo	8
1.2. ETAR Faro-Olhão	11
2. Métodos	11
2.1. Parâmetros monitorizados	11
2.2. Método de amostragem	13
2.3. Locais de amostragem	13
2.4. Frequência de amostragem	14
2.5. Métodos analíticos	15
2.6. Tratamento estatístico	17
2.7. Enquadramento legal	17
3. Resultados	17
3.1. Parâmetros registados "in situ"	17
3.1.1. Temperatura	17
3.1.2. Salinidade	19
3.1.3. pH	21
3.1.4. Oxigénio dissolvido	23
3.2. Cor, aparência, cheiro	25
3.3. Sólidos Suspensos Totais	26
3.4. Nutrientes	28
3.5. Azoto Total	35
3.6. Fósforo Total	36
3.7. CBOs	37
3.8. Contaminação microbiológica na água	38
3.9. Contaminação microbiológica nos bivalves	43
4. Conclusões	45

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I (Parâmetros Analisados)

Índice de Figuras

Figura 1: Representação da Ria Formosa, incluindo identificação das barras e das massas de água (WB) delimitadas por diferentes cores. Fonte: QGIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org . Em baixo mostra-se uma imagem aérea da ETAR Faro-Olhão	10
Figura 2: Localização dos Pontos de amostragem:MR1 a MR9 (triângulos verdes), com indicação do ponto de rejeição da ETAR Faro-Olhão (estrela vermelha)	14
Figura 3: Variação da Temperatura da água (°C) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	18
Figura 4: Variação da Salinidade nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	20
Figura 5: Variação do pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM) ..	22
Figura 6: Variação do oxigénio (em percentagem de saturação) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). A vermelho está indicado o VMR para águas conquícolas	24
Figura 7: Topo: Aspeto e cor da água no local 7 em Baixa-Mar, no período entre janeiro e junho, comparativamente com a situação de Preia-Mar, na estação 7 (canto inferior esquerdo) e com a estação 6 (canto inferior à direita)	26
Figura 8: Variação dos sólidos em suspensão (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	28
Figura 9: Variação de NH_4^+ (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	29
Figura 10: Variação de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	30
Figura 11: Variação de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	31
Figura 12: Variação de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	33
Figura 13: Variação de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)	34

<i>Figura 14: Variação de N total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15: Variação de P total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM)</i>	<i>37</i>
<i>Figura 16: Variação de bactérias coliformes (NMP/100ml) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). Os traços verde e vermelho indicam o VMR e o VMA para águas balneares (DL 236/98 de 1 de Agosto, Anexo XV)</i>	<i>39</i>
<i>Figura 17: Variação de Enterococos intestinais (NMP/100ml) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). Os traços verde e vermelho indicam os limites para Qualidade Excelente e para Qualidade Aceitável, respetivamente, para águas costeiras e de transição (DL 113/2012 de 23 de maio, Anexo I)</i>	<i>41</i>
<i>Figura 18: Variação de Escherichia coli (NMP/100ml) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). Os traços verde e vermelho indicam os limites para Qualidade Excelente e para Qualidade Aceitável, respetivamente, para águas costeira e de transição (DL 113/2012 de 23 de maio, Anexo I)</i>	<i>43</i>

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1: Parâmetros monitorizados nos recursos hídricos superficiais e bivalves</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 2: Parâmetros analisados e Métodos Analíticos específicos</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 3: Gama de valores (mínima, máxima e mediana) de Temperatura da água (°C), registada nas estações 1 a 9, durante as amostragens de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 4: Gama de valores (mínima, máxima e mediana) de Salinidade da água, registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 5: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de pH da água, registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 6: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de oxigénio dissolvido na água (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 7: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de oxigénio na água (% de saturação), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 8: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de sólidos em suspensão (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 9: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de NH_4^+ (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 10: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de NO_3^- (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 11: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de NO_2^- (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 12: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de PO_4^{3-} (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 13: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de SiO_4^{4-} (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 14: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de N total (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 15: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de P total (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 16: Valores de CBO_5 (mg/L O_2) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 17: Gama de valores (mínimo e máximo) de bactérias coliformes totais (NMP/100 ml), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 18: Valores de bactérias coliformes totais (NMP/100 ml) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 19: Gama de valores (mínimo e máximo) de Enterococos intestinais (NMP/100 ml), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>40</i>

<i>Tabela 20: Valores de Enterococos intestinais (NMP/100 ml) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 21: Gama de valores (mínimo e máximo) de Escherichia coli (NMP/100 ml), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 22: Valores de Escherichia coli (NMP/100 ml) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 23: Resultados de UFC E. coli/100 g bivalves na campanha de 22 março 2019</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 24: Resultados de UFC E. coli/100 g bivalves na campanha de 27 junho 2019</i>	<i>44</i>

Sumário Executivo

O presente documento constitui o 1º Relatório Semestral da Monitorização da nova Instalação ETAR de Faro-Olhão, Fase de Construção: Componente Monitorização Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves), desenvolvido por uma equipa técnica liderada pela Professora Doutora Alexandra Cravo (Universidade do Algarve).

As técnicas e métodos de amostragem, os métodos de análise e os equipamentos usados para as determinações analíticas, conforme o meio a analisar, são compatíveis ou equivalentes aos definidos na legislação aplicável. Os parâmetros monitorizados são os indicados no RECAPE, com algumas alterações. Os pontos de monitorização do meio recetor (8), tal com indicado no RECAPE, foram definidos na área de influência da rejeição e fora do limite da zona de mistura, tendo sido acrescentado mais um ponto de amostragem para deteção de alterações não associadas à rejeição do efluente desta ETAR, sob influência da Ribeira das Lavadeiras (ponto MR1). A amostragem teve início em janeiro de 2019 (situação ainda de pré-estabilização do efluente) e a frequência de amostragem realizou-se de acordo com a indicação do RECAPE, mensal para a salinidade e trimestral para os restantes parâmetros (Amónia; Azoto Total; CBO5; Coliformes totais; *Escherichia coli*; Enterococos intestinais, Fosfato; Fosfato Total; Nitrato; Nitrito; Oxigénio dissolvido (% saturação); Salinidade; Silicato; Sólidos Suspensos Totais (SST); Cor, aparência, cheiro; Temperatura e pH.

Os principais objetivos desta monitorização consistem, entre outros, em a) avaliar, *a posteriori*, a influência da rejeição da ETAR no meio envolvente; b) aferir e validar os dados previstos; c) servir como instrumento de apoio à tomada de decisões; d) verificar o cumprimento da legislação nacional sobre a qualidade da água; e) verificar a eficiência de medidas de minimização adotadas; f) verificar acerca da necessidade de adotar novas medidas de minimização; g) contribuir para a melhoria dos procedimentos de gestão ambiental.

Os resultados dos primeiros seis meses de funcionamento da nova ETAR, ainda em fase de construção e arranque, revelam que em Baixa-Mar há uma dispersão evidente do efluente a partir do ponto de rejeição, até à estação 7, a mais próxima deste local (cerca de 500 m), mais notória em Maré Viva, e que se reflete praticamente em todos os parâmetros, à exceção da temperatura, nitratos, P total e *E. coli* nos bivalves. Esta influência é extensível até estação 8, a cerca de 2000 m do ponto de rejeição.

A renovação da água durante o período enchente é suficiente para causar uma evidente melhoria da qualidade da água, mesmo no ponto mais próximo da descarga da ETAR particularmente em Maré Viva. Contudo, mesmo em Preia-Mar, ainda se denota o efeito da rejeição do efluente na estação 7.

Para alguns parâmetros (salinidade, oxigénio, coliformes totais e *E. coli* na água) e em particular para a estação 7 pontualmente não se atingiu o normativo para a legislação aplicável, o que indicia que ainda nesta fase de construção, até junho, o tratamento não está completamente estabilizado. Até junho, a diminuição da salinidade significativa até ao ponto 8, em baixa-mar, não parece problemática para os bivalves pois não foi superior a 10% relativamente à medida nas águas não afetadas pela descarga. Ocorreu baixa oxigenação da água até ao ponto 7 e pontualmente no ponto 8, até maio, durante a Baixa-Mar, o que é preocupante por ocorrerem valores abaixo do VMA para águas conquícolas (60%). Este facto pode conduzir a condições de hipoxia particularmente durante a noite e indicia que ainda persistem na água/sedimentos quantidades de matéria orgânica capazes de causar uma diminuição importante o oxigénio.

A cor, aparência e cheiro, particularmente no ponto 7, parecem terem vindo a melhorar de forma evidente de janeiro a maio. Para os nutrientes, à exceção dos locais 7 e 8, onde os valores foram substancialmente mais elevados, os restantes foram semelhantes a valores típicos da Ria Formosa, mas ligeiramente superiores aos valores encontrados na costa aberta do Algarve, obtidos em março 2010, pelo IPIMAR, no âmbito do Projeto EMMA, tal como registado em relação à Ria Formosa. A contaminação fecal parece ser importante na área de estudo apesar dos valores máximos terem sido encontrados nos bivalves da estação 9, enquadrada na zona de produção de bivalves OLH4. Esta zona parece estar a ser influenciada pela zona contígua de produção de bivalves OLH3, onde presentemente está proibida a apanha de ameijoas da espécie *Ruditapes decussatus*, por excesso de contaminação por *E. coli*.

Preâmbulo

No âmbito do convite efetuado pela empresa Águas do Algarve, S.A., à Universidade do Algarve, tendo como base o Protocolo Geral de Cooperação em vigor entre estas duas partes e, de acordo com o estipulado na Portaria n.º 395/2015 de 4 de novembro, o presente relatório consiste no **1º Relatório Parcial do Programa de Monitorização da Estação de Tratamento de águas residuais Faro-Olhão – Fase de Construção (2019)**, correspondente ao relatório semestral da componente ***Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves)*** sendo descrita a metodologia e condições de amostragem, incluindo locais de amostragem, e apresentada a discussão dos resultados obtidos.

1. Introdução

A empresa Águas do Algarve, S.A. (AdA), responsável pelo Sistema multimunicipal de saneamento de toda a região do Algarve, identificou que as infraestruturas de tratamento de águas residuais ETAR de Faro Nascente e ETAR de Olhão Poente se encontravam desadequadas face às condições de afluência (qualitativa e quantitativa) e assentavam em sistemas de lagunagem desadequados relativamente aos níveis de qualidade exigidos para o efluente tratado a descarregar.

Assim, foi construída uma nova instalação ETAR de Faro-Olhão, a cerca de 2,5 km a leste da cidade de Faro, numa parcela incluída na zona lagunar da ria Formosa, e que permite tratar uma população total equivalente a 113 200 habitantes, encontrando-se em funcionamento desde o final de outubro de 2018.

A atual ETAR de Faro-Olhão reveste-se de especial relevância, não só pelo significado social e o investimento que uma instalação deste tipo comporta, constituindo um dos grandes projetos infraestruturantes do Sistema Multimunicipal de Abastecimento e de Saneamento da região do Algarve, mas também pela sua integração numa paisagem e envolvente próxima sensível – a reserva natural da Ria Formosa.

Tendo em atenção as avaliações efetuadas nos vários estudos efetuados e o estipulado na Declaração de Impacte Ambiental, decorrem os seguintes Planos de Monitorização:

- a) Plano de Monitorização dos Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves)
- b) Plano de Monitorização das Águas Subterrâneas
- c) Plano de Monitorização da Biologia e Ecologia - Fauna bentónica.

Para este efeito, no âmbito do acordo específico de cooperação entre a Universidade do Algarve e Águas do Algarve, S.A, a primeira destacou a equipa técnica da UALG liderada pela Professora Doutora Alexandra Cravo para a Monitorização dos Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água, cujos principais objetivos consistem em:

- a) Avaliar, *a posteriori*, a influência da descarga da ETAR na qualidade de água do meio envolvente e nos bivalves, para despistagem de contaminação fecal;
- b) Aferir e validar os dados previstos nas simulações das plumas de água doce, microbiológica (de coliformes) e das zonas de mistura definidas pelos mapas de bioacumulação em bivalves, definidas no Relatório de Aditamento do Estudo de Impacte Ambiental do Sistema Intercetor e Tratamento de Águas Residuais de Faro e Olhão e constantes na resposta ao ponto definição/delimitação da zona de mistura incluída neste documento;
- c) Servir como instrumento de apoio à tomada de decisão sobre a necessidade de introdução de ajustes e melhoramentos no esquema de tratamento previsto;
- d) Verificar o cumprimento da legislação nacional sobre a qualidade da água, na envolvente da ETAR, e que se relacionem diretamente com a construção e respetiva exploração;
- e) Verificar a eficiência de medidas de minimização adotadas;
- f) Verificar a necessidade de adotar novas medidas de minimização dos impactes verificados;
- g) Contribuir para a melhoria dos procedimentos de gestão ambiental.

As metodologias utilizadas para avaliar a influência da descarga da ETAR na qualidade de água do meio envolvente e nos bivalves - sendo a Ria Formosa o maior produtor nacional destes organismos - e para acompanhar a evolução da descarga e seus impactes desde uma situação de pré-estabilização, foram as preconizadas na legislação aplicável.

Procedeu-se, assim a despistagem da contaminação fecal e acompanhamento dos parâmetros físico-químicos de suporte para a determinação do estado ecológico das massas de água costeiras como definido pela Diretiva Quadro da Água.

Este relatório diz respeito as campanhas de amostragem efetuadas entre janeiro e junho de 2019, para a componente Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves), consistindo em campanhas mensais para a salinidade e trimestrais para os restantes parâmetros realizadas em condições contrastantes: preia-mar (PM) e baixa-mar (BM) em situação de marés vivas (MV) e marés mortas (MM), alternadamente.

1.1. Enquadramento da área em estudo

A ETAR de Faro-Olhão insere-se no Parque Natural da Ria Formosa (Figura 1), assim classificado desde 1987. A Ria Formosa consiste num sistema lagunar costeiro com elevada produtividade biológica, representando um importante ecossistema ecológico, de grande riqueza económica e beleza paisagística.

Os diferentes habitats da Ria constituem uma excelente maternidade para peixes, crustáceos e moluscos, fornecendo ainda alimento e abrigo a um grande número de aves residentes e migratórias. As características da Ria Formosa fizeram com que, entre outros, fosse considerada para além de Parque Natural, também área de Reserva como Zona Húmida de Importância Internacional, e está integrada na Convenção de Ramsar, estatuto de Área Protegida, Zona de Proteção Especial (ZPE – Diretiva sobre a Conservação das Aves Selvagens - Diretiva Comunitária 79/409/CEE), Biótopo CORINE – Programa CORINE 85/338/CEE, Área Importante para as Aves Europeias (IBA).

A ETAR de Faro-Olhão é ainda abrangida pela servidão aeronáutica dos terrenos confinantes com o Aeroporto de Faro e, quer a própria instalação quer o emissário de rejeição localizam-se em domínio público marítimo. A ETAR localiza-se em zona marginal ao rio Seco sobre o qual existe uma faixa de proteção da margem de 10 m.

Na área de estudo, os pontos de amostragem, 1, 2, 3, 7, 8 e 9 enquadram-se na massa de água WB2 enquanto os pontos 4, 5 e 6 na massa de água WB3 (Figura 1), no âmbito da definição de massas de água na Ria Formosa, no contexto da atribuição da classificação do bom estado Ecológico, no âmbito da DQA.



Figura 1: Representação da Ria Formosa, incluindo identificação das barras e das massas de água (WB) delimitadas por diferentes cores. Fonte: QGIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. Em baixo mostra-se uma imagem aérea da ETAR Faro-Olhão

1.2. ETAR Faro-Olhão

A ETAR de Faro-Olhão recebe efluentes dos Municípios de Faro, Olhão e de São Brás de Alportel. O tratamento biológico é por lamas ativadas em regime de arejamento prolongado, a alimentação aos reatores é descontínua do tipo SBR, através tecnologia NEREDA (lama granular aeróbia), sendo o efluente secundário desinfetado por um sistema de raios ultravioleta antes de ser descarregado no meio recetor.

A ETAR está dimensionada para tratar um caudal de 28149 m³/dia e servir uma população de 113200 equivalentes-população e recebe os efluentes anteriormente encaminhados para as ETAR de Faro Nascente e de Olhão Poente, ambas com sistemas de tratamento por lagunagem.

2. Métodos

2.1. Parâmetros monitorizados

Os parâmetros monitorizados foram os indicados no RECAPE, com exceção da análise de CQO e determinação de coliformes fecais que foram eliminados, tendo, por sua vez, sido introduzidos os parâmetros coliformes totais e enterococos, pelos motivos a seguir explicados. Para águas conquícolas e recreativas salgadas, a tendência em todo o mundo é analisar coliformes totais (como medida da contaminação bacteriana alóctone ao meio), *E.coli* (como medida da contaminação fecal humana e animal) e enterococos (antes designados por estreptococos fecais), por estes últimos prevalecerem mais tempo em suspensão na água do que *E. coli*. Na Ria Formosa, os enterococos são também indicadores de contaminação fecal de aves, já que as aves inversamente aos mamíferos libertam mais enterococos nas fezes do que coliformes. Assim, por este motivo, para as amostras de água marinha sugere-se análise conjunta de *E. coli*, coliformes totais e enterococos como indicados na Tabela 1.

Os parâmetros analisados nos bivalves e na massa de água, tiveram em conta a despistagem da contaminação fecal, bem como os parâmetros físico-químicos de suporte para a determinação do estado ecológico das massas de água costeiras.

Tabela 1: Parâmetros monitorizados nos recursos hídricos superficiais e bivalves.

Parâmetro	Monitorização		Observação
	Água	Bivalves	
Temperatura	X		Parâmetro medido <i>in situ</i> .
Salinidade	X		Qualidade das águas do litoral ou salobras para fins aquícolas – águas conquícolas (DL 236/98). Medido <i>in situ</i>
pH	X		Parâmetro medido <i>in situ</i> .
Oxigénio dissolvido (% saturação)	X		Qualidade das águas do litoral ou salobras para fins aquícolas – águas conquícolas (DL 236/98). Medido <i>in situ</i>
Cor, aparência, cheiro	X		Descrição organolética da amostra de água, registado <i>in situ</i> .
Sólidos Suspensos Totais (SST)	X		Objetivos de tratamento e concentrações da água tratada (Projeto da ETAR); Requisitos de qualidade do efluente final da ETAR (DL 152/97); Qualidade das águas do litoral ou salobras para fins aquícolas – águas conquícolas (DL 236/98).
Amónia	X		Lista dos parâmetros físico químicos de suporte de referência para águas costeiras (costa aberta).
Nitrito	X		Lista dos parâmetros físico químicos de suporte de referência para águas costeiras (costa aberta).
Nitrato	X		Lista dos parâmetros físico químicos de suporte de referência para águas costeiras (costa aberta).
Fosfato	X		Lista dos parâmetros físico químicos de suporte de referência para águas costeiras (costa aberta).
Silicato	X		Lista dos parâmetros físico químicos de suporte de referência para águas costeiras (costa aberta).
Azoto Total	X		Objetivos de tratamento e concentrações da água tratada (Projeto da ETAR); Valores limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais (DL 236/98).
Fósforo Total	X		Objetivos de tratamento e concentrações da água tratada (Projeto da ETAR); Valores limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais (DL 236/98).
CBO ₅	X		Objetivos de tratamento e concentrações da água tratada (Projeto da ETAR); requisitos de qualidade do efluente final da ETAR (DL 152/97)
Coliformes Totais	X		
Enterococos fecais	X		
<i>Escherichia coli</i>	X	X	Classificação das zonas de produção de moluscos bivalves está baseada em critérios bacteriológicos (Despacho n.º 15264/2013).

Os registos foram efetuados numa ficha de campo onde se descreveram os dados e observações relativas ao local de recolha da amostra de água ou moluscos bivalves e à própria amostragem, incluindo a seguinte informação cujos valores são apresentados em anexo

- Localização do ponto de recolha de água, com indicação das coordenadas geográficas;
- Data e hora da recolha das amostras;
- Tipo de maré durante a recolha das amostras;
- Descrição organolética da amostra de água: cor, aparência, cheiro, entre outros;
- Caracterização local e da envolvente ao ponto de monitorização;
- Tipo e método de amostragem;
- Indicação de parâmetros físico-químicos medidos *in situ*: temperatura, salinidade, pH e oxigénio dissolvido (% saturação);

2.2. Método de amostragem

Os parâmetros medidos *in situ* (temperatura, salinidade, pH e oxigénio dissolvido/% de saturação) foram registados a partir do uso de sonda multiparamétrica (YSI modelo EXO2) em simultâneo com a recolha de amostras, tal como legislado (o método de recolha das amostras de água consistiu em amostragem discreta), realizada na camada sub-superficial da coluna de água (<30 cm), com recolha de amostras de água em frascos específicos, em função da tipologia dos parâmetros a determinar e com volume variável em função da determinação de cada parâmetro.

Para os bivalves, efetuou-se recolha com tubo de amostragem (intertidal), em triplicado (área mínima de 0,1 m²) em locais na proximidade dos locais de amostragem selecionados para a componente da qualidade da água.

2.3. Locais de amostragem

A estratégia de localização dos pontos de amostragem para os recursos hídricos superficiais assentou em incluir a medição na proximidade da rejeição nas diferentes zonas de mistura (como indicado no RECAPE) e perto da atividade de produção de bivalves ou outras.

Os pontos de amostragem foram os oito indicados pelo RECAPE, definidos na área de influência da rejeição e fora do limite da zona de mistura na área da zona de mistura, indicados no RECAPE para recursos hídricos superficiais, muito semelhantes aos da recolha dos moluscos bivalves. Estes pontos de amostragem foram validados pela APA, Algarve e adicionalmente, foi acrescentado, para a componente dos recursos hídricos superficiais, mais um ponto de amostragem para que esta se tornasse mais representativa e permitindo detetar alterações não associadas à rejeição do efluente desta ETAR identificando uma potencial fonte de contaminação externa, como é o caso da Ribeira das Lavadeiras (ponto MR1 na Figura 2).

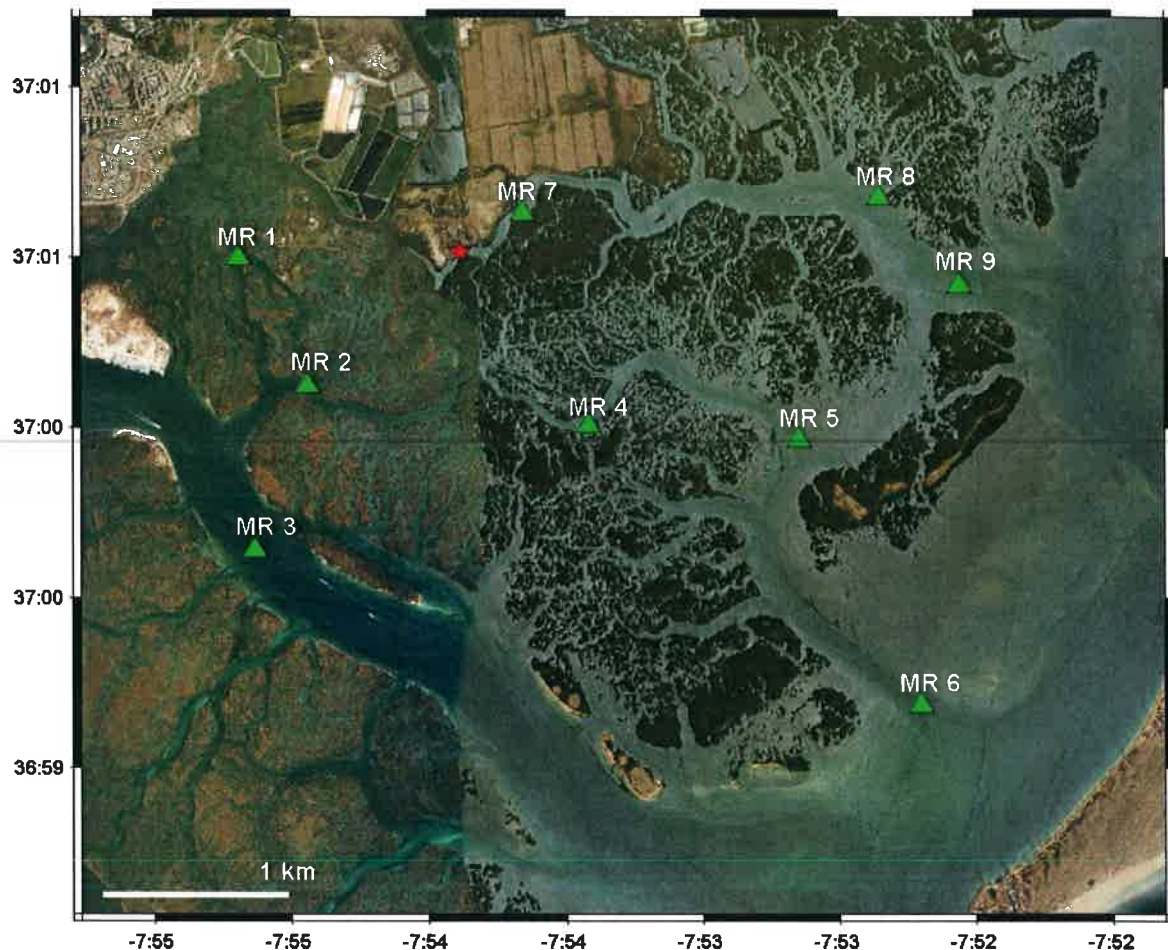


Figura 2: Localização dos Pontos de amostragem:MR1 a MR9 (triângulos verdes), com indicação do ponto de rejeição da ETAR Faro-Olhão (estrela vermelha)

2.4. Frequência de amostragem

Quanto à frequência de amostragem foi respeitada a indicação do RECAPE, isto é mensal para a salinidade e trimestral para os restantes parâmetros. Para algumas das variáveis medidas *in situ* esta frequência foi aumentada uma vez que a sonda multiparamétrica usada (YSI EXO2) para além da salinidade faz registo simultâneo de temperatura, pH e oxigénio dissolvido.

Para os bivalves efetuou-se recolha trimestral junto dos locais de amostragem (ou nas suas imediações) selecionados para a componente da qualidade da água.

2.5. Métodos Analíticos

As técnicas e métodos de amostragem, os métodos de análise e os equipamentos utilizados para as determinações analíticas foram compatíveis ou equivalentes aos definidos na legislação aplicável e recomendados a nível nacional e/ou internacional.

Os métodos usados para os distintos parâmetros analisados estão indicados na Tabela 1. Alguns dos parâmetros não foram analisados pela equipa da UALG, designadamente os determinados nos laboratórios da AdA e os que foram analisados externamente através de subcontratação como indicado na Tabela 2.

Métodos Analíticos para análise microbiológica na água e bivalves

A análise quantitativa de Coliformes Totais, Enterococos fecais e *Escherichia coli* na água foram determinados no Laboratório da AdA, SA, através dos métodos preconizados por este laboratório.

A análise quantitativa de *E. coli* em bivalves foi realizada através de subcontratação de um laboratório externo - Empresa AquaExam, sediada na UALG. Esta análise foi realizada segundo as normas ISO: BS EN ISO 6887-3:2003 e BS EN ISO 16649_2_2001. A primeira refere-se aos procedimentos para a preparação das amostras, a qual contém uma parte dedicada exclusivamente aos bivalves; e a segunda ao procedimento de análise o qual utiliza a técnica de deteção em meio de cultura cromogénico, contendo o substrato TBX o qual é utilizado pela enzima beta-glucoronidase presente na *E.coli*, resultando em colónias de cor azul-esverdeado, bastante conspícuas e de fácil contagem.

As espécies de bivalves recolhidas em março corresponderam a ostras da espécie *Crassostrea spp.* recolhidas junto dos locais 1, 5, 6, 8 e amêijoas *Ruditapes decussatus* junto do local 9, oferecidas por mariscadores a operar junto destes locais destas zonas. É de referir que muitas das amostras de ostra já se encontravam em estado de deterioração quando chegaram ao laboratório e foram eliminadas da análise. Em junho, foram compradas amêijoas *Ruditapes decussatus* no mercado que foram expostas em sacos de rede durante um mês junto dos 9 pontos de amostragem, devidamente identificados. Infelizmente no dia de recolha em alguns dos locais de amostragem não foram encontrados bivalves por terem sido ou perdidos ou roubados. Ou seja, só foram recolhidas amêijoas nos locais 2, 5, 6, 7 e 9.

O Método “Quanti Tray” (Colilert) é atualmente, em muitos países da Europa, EUA, Canadá entre outros, o método de eleição para o tipo de monitorização em causa, sendo reconhecido como o mais apropriado e eficaz.

O número mínimo de bivalves crus analisados em ambas as amostragens foi de 6 indivíduos com peso total por amostra sempre superior a 30 g.

Tabela 2: Parâmetros a analisados e Métodos Analíticos específicos

Parâmetro	Método analítico	Limite de Detecção	Responsabilidade da Análise
Temperatura (<i>in situ</i>)	Termometria	0.1	UALG
Salinidade (<i>in situ</i>)	Condutimetria	0.1	UALG
pH (<i>in situ</i>)	Potenciometria	0.01	UALG
Oxigénio dissolvido (e %saturação) (<i>in situ</i>)	Electrometria	1%	UALG
Cor (<i>in situ</i>)	Inspeção visual	-	UALG
Aparência (<i>in situ</i>)	Inspeção visual	-	UALG
Cheiro (<i>in situ</i>)	Inspeção olfativa	-	UALG
Sólidos suspensos totais (SST)	Gravimetria - Filtração através de membrana filtrante de 0.45 µm, secagem a 105°C e pesagem	0.1	UALG
CBO ₅ dias		*	AdA
Amónia	Espectrometria de absorção molecular (Métodos descritos em Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	0.09	UALG
Nitrito	Espectrometria de absorção molecular (Métodos descritos em Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	0.02	UALG
Nitratos	Espectrometria de absorção molecular (Métodos descritos em Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	0.07	UALG
Fosfatos	Espectrometria de absorção molecular (Métodos descritos em Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	0.03	UALG
Silicatos	Espectrometria de absorção molecular (Métodos descritos em Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	0.05	UALG
Azoto Total (N)	Espectrometria de absorção molecular após digestão ácida, SMEWW 22 edição 4500 Norg B	0.004	Contratação Externa –LAQ na UALG
Fósforo total (P)	Espectrometria de absorção molecular após digestão ácida; SMEWW 22 edição 4500-P B	0.009	Contratação Externa –LAQ da UALG
Coliformes Totais		10 NMP/100 ml	AdA
Enterococos		10 NMP/100 ml	AdA
<i>Escherichia coli</i> (água)		10 NMP/100 ml	AdA
<i>Escherichia coli</i> (bivalves)	Método “Quanti Tray” (Colilert) segundo as normas ISO: BS EN ISO 6887-3:2003 e BS EN ISO 16649_2_2001	10 UFC/100 g	Contratação Externa –AQUAEXAM na UALG

* Variável, em função do laboratório que analisou as amostras

2.6 Tratamento estatístico

Para se avaliar acerca das variações e diferenças estatísticas entre as estações de amostragem, entre as condições de maré (Baixa-Mar (BM) e Preia-Mar (PM), em Maré Viva (MV) e em Maré Morta (MM)) e entre os períodos de amostragem, recorreu-se sempre que possível ao uso de análise de variância (ANOVA) e teste Tukey para comparações múltiplas. Para os casos dos dados não paramétricos usaram testes não paramétricos equivalentes. As diferenças significativas foram estabelecidas para um nível de confiança de 95%.

2.7. Enquadramento legal

A legislação aplicável, utilizada ao longo deste trabalho, compreendeu nomeadamente:

- Decreto-lei nº 236/98, de 1 de agosto - estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos;
- Decreto-lei nº 152/97, de 19 de junho - define os requisitos de qualidade do efluente final das ETAR em zonas sensíveis;
- Decreto-lei nº 135/2009 de 3 de junho (alterado pelo Decreto-lei nº 113/2012 de 23 maio) - estabelece o regime de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares; e as normas de qualidade das águas costeiras e de transição;
- Decreto-Lei nº 83/2011, de 20 de junho – Estabelece especificações técnicas para a análise e monitorização dos parâmetros químicos e físico-químicos caracterizadores do estado das massas de água.

3. Resultados

3.1. Parâmetros registados *in situ*

Uma vez que a sonda multiparamétrica usada neste trabalho faz registo simultâneo da temperatura, salinidade, pH e oxigénio dissolvido, de seguida apresenta-se a variabilidade destes 4 parâmetros medidos *in situ*, em vez de apresentar somente a variabilidade da salinidade.

3.1.1 Temperatura

Na Tabela 3 sumariza-se a gama de temperaturas (máxima, mínima e mediana) encontrada em cada ponto de amostragem, durante as condições de Baixa-Mar (BM) e de Preia-Mar (PM). Nela é possível observar

que em situação de BM se verificaram maiores amplitudes térmicas do que em condições de PM. Também a temperatura mediana apresentou valores superiores em BM comparativamente a PM, a exceção do Ponto 4 no qual houve uma igualdade deste valor.

O valor mais baixo de temperatura da água ocorreu no Ponto 1 em janeiro e foi de 12,2 °C (em PM), enquanto que o valor mais alto, de 26,8 °C, foi registado no ponto mais perto da rejeição da ETAR (Ponto 7) em junho (em BM). Estes valores estão dentro da gama observada na Ria Formosa, entre janeiro e junho.

Tabela 3: Gama de valores (mínima, máxima e mediana) de Temperatura da água (°C), registada nas estações 1 a 9, durante as amostragens de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

Temperatura (°C)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	12,2 - 26,2	12,5 - 24,9	13,6 - 23,4	13,1 - 25,8	13,4 - 25,2	13,7 - 23,3	13,0 - 26,8	13,2 - 25,8	13,8 - 25,0
Mediana Baixa-Mar	19,5	19,2	18,5	18,7	18,9	19,0	19,5	19,5	18,9
Gama de valores Preia-Mar	14,5 - 21,6	15,0 - 20,2	15,1 - 20,0	15,2 - 23,2	15,2 - 20,4	15,3 - 19,7	14,3 - 23,9	15,2 - 21,7	15,2 - 20,0
Mediana Preia-Mar	17,9	17,5	17,0	18,7	18,0	16,9	18,7	17,5	17,1

Os valores de temperatura obtidos em cada amostragem encontram-se representados graficamente na Figura 3. A análise desta figura mostra aumento da temperatura da água de janeiro para junho, seguindo o ciclo sazonal da temperatura atmosférica.

Especialmente, em geral, os valores de temperatura da água aumentaram dos locais mais exteriores para os mais interiores, como é o caso da estação 7, a mais próxima do local de rejeição da ETAR, a 8 e a 1, a mais próxima da Ribeira das Lavadeiras.

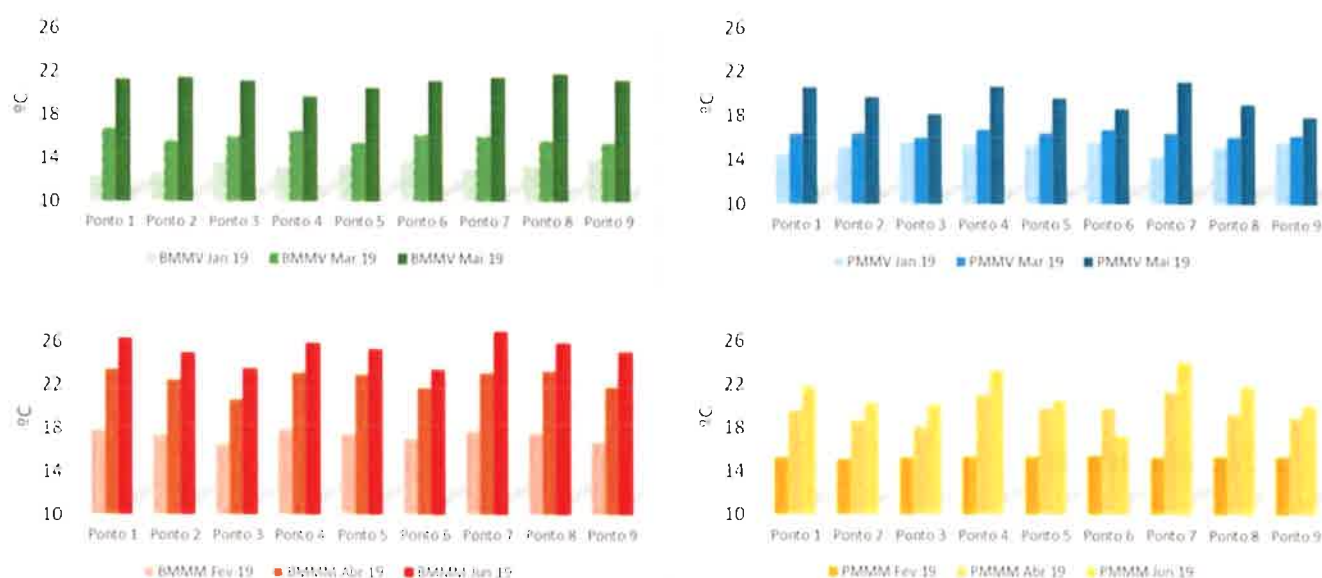


Figura 3. Variação da Temperatura da água (°C) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

De uma forma geral, em cada amostragem a diferença de temperatura entre pontos de amostragem foi pouco significativa ($p>0,05$). Registou-se, contudo, em situação de PM no mês de junho a maior diferença relativa aos outros pontos. Essa diferença foi máxima entre os pontos 7 e 6, em cerca de 6 °C, que pode dever-se não só ao potencial efeito de descarga, mas também à diferente localização destes locais. A estação 7 é a que se localiza mais próxima da ETAR, num canal relativamente estreito e pouco profundo em oposição à estação 6, localizada numa zona de canal principal, registando a maior profundidade, onde a renovação e troca com a água do oceano é fortemente promovida. Segundo o DL 236/98 e Diretiva 2006/113/CE, relativos à qualidade exigida das águas conquícolas, a diferença de temperatura provocada por uma descarga não deve, nas águas conquícolas afetadas por essa rejeição, ultrapassar em mais de 2 °C a temperatura medida nas águas não afetadas. Neste contexto, não é possível provar que descarga afetou a temperatura das águas circundantes, pois as estações 8 e 5, não apresentaram uma menor temperatura, em cerca de 2 °C.

Entre PM e BM, as diferenças para o período de janeiro a junho, para todos os locais não foram significativas ($p>0,05$), apesar dos valores terem sido mais elevados durante a BM. Tal pode dever-se ao facto de em PM ocorrer maior renovação e mistura com água do oceano adjacente, o que faz com que os valores diminuam. Por outro lado, uma coluna de água menos profunda em BM pode facilitar o seu aquecimento. Para o mesmo dia de amostragem, em cada ponto, a diferença de temperatura da água entre situação de BM e de PM foi mais acentuada no mês de junho, altura em que apenas não foi significativa ($p>0,05$) nos Pontos 3, 4 e 7.

Quanto à diferença entre Maré Viva (MV) e Maré Morta (MM), esta parece mais associada ao avanço temporal entre amostragens do que devido à amplitude da maré. No entanto, os valores mais elevados em MM podem dever-se a um aquecimento da água favorecido pelo maior tempo de residência da água no interior da Ria Formosa. Ainda assim e apesar de não se registarem diferenças entre as PM da MV e MM ($p>0,05$) entre as BM de ambas as condições de maré, os valores de MM foram significativamente superiores aos de MV ($p<0,05$).

Dados da campanha do IPIMAR na Ria Formosa no âmbito do projeto EEMA (APA, 2010), relativos a amostragem efetuada em março 2010 (dia 10) nas coordenadas 37 0.081' N, 7 55.148'W (incluído na massa WB2) e 36 59.929' N, 7 50.579'W (na massa WB3), encontraram uma gama de valores compreendida entre 15 e 16 °C, em ambos os locais, tendo a amostragem sido efetuada de manhã e de tarde, em condições de BM e PM. Estes valores estão, assim, concordantes com os encontrados no presente trabalho no mês de março, não havendo discrepâncias a assinalar e enquadram-se nos valores típicos da Ria Formosa (Rodrigues *et al.*, 2018).

3.1.2 Salinidade

Para este parâmetro a frequência de amostragem foi mensal para se avaliar o impacto e extensão do aumento de caudal do efluente da ETAR descarregado no meio recetor. Na tabela 4 apresentam-se os intervalos de salinidade registados (máxima, mínima e mediana) em cada ponto de amostragem, durante as condições de maré de Baixa-Mar e de Preia-Mar. Nela pode-se observar que, em situação de Baixa-Mar, o Ponto 7 destaca-se por apresentar uma gama de valores de salinidade inferior aos restantes, sendo o

valor máximo de salinidade no Ponto 7 inferior ao valor mínimo das outras estações de amostragem. O menor valor de salinidade registado (30,9) ocorreu no Ponto 7 durante a Baixa-Mar de Maré Viva de março, enquanto que o valor mais alto (37,7) foi registado no Ponto 1 durante a Baixa-Mar de Maré Viva de maio. Os valores registados entre janeiro e junho, à exceção da estação 7, estão dentro da gama observada na Ria Formosa, tendo variado entre 36,2 e 37,2.

Os valores de salinidade obtidos em cada amostragem encontram-se representados graficamente na Figura 4.

Temporalmente, a salinidade aumentou globalmente de janeiro para junho tendo seguido tal com a temperatura da água, o ciclo sazonal da temperatura atmosférica.

Tabela 4: Gama de valores (mínima, máxima e mediana) de Salinidade da água, registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

Salinidade	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	35,8 - 37,7	36,2 - 37,3	36,3 - 37,2	36,3 - 37,1	36,3 - 37,1	36,3 - 37,3	30,9 - 34,9	35,1 - 36,8	36,2 - 37,0
Mediana Baixa-Mar	37,0	36,7	36,8	36,8	36,8	36,6	32,7	36,2	36,6
Gama de valores Preia-Mar	36,3 - 37,0	36,3 - 36,9	36,1 - 36,7	36,3 - 37,0	36,1 - 36,7	36,1 - 36,7	35,2 - 36,9	36,1 - 36,8	35,9 - 36,7
Mediana Preia-Mar	36,7	36,6	36,5	36,7	36,5	36,4	36,3	36,5	36,4

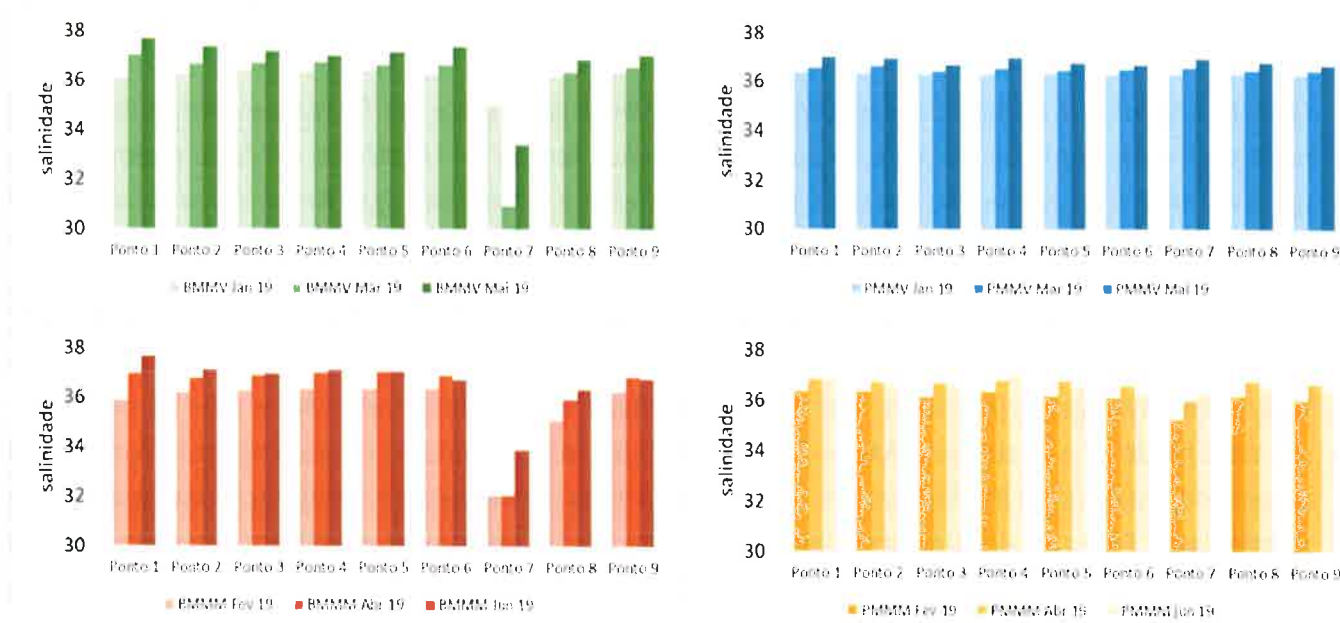


Figura 4: Variação da Salinidade nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

Espacialmente, não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$), entre as diferentes estações, exceto a estação 7, pela sua maior proximidade ao ponto de rejeição. Há ainda a salientar o facto da estação 8, tal como a 7, em MM (pelo maior tempo de residência), sofrer ainda influência da descarga provinda da ETAR,

registando valores, em geral, mais baixos do que nos restantes locais. Este facto sugere que a influência da descarga faz sentir-se ainda até cerca de 2000 m E do ponto de rejeição, no Esteiro da Garganta. No lado Oeste, para os pontos considerados, não se fez sentir a influência da descarga do efluente da ETAR. Relativamente à estação 1, escolhida para avaliar o efeito de uma potencial fonte externa de água doce, no caso a Ribeira das Lavadeiras, de facto, em algumas das amostragens os valores de salinidade foram inferiores a 36 (Tabela 4; Figura 4) apresentando um mínimo de 35,8 em fevereiro na situação de BM. Assim, espacialmente, parece confirmar que o padrão geral de circulação da água faz sentir-se preferencialmente nesta direção e sentido, em direção à barra da Armona.

Relativamente às diferenças entre BM-PM, várias estações apresentaram variações significativas, ex: 3, 4, 6, 7 e 9, o que prova que a renovação durante o período de enchente aumenta significativamente a salinidade. Em situação de BM, a estação 7 apresentou valores de salinidade significativamente mais baixos do que as restantes estações, com uma diferença superior a 10% como referido na legislação para as águas conquícolas (Diretiva 2006/113/CE; DL 236/98). Esta refere que a variação de salinidade provocada por uma rejeição não deve exceder em mais de 10 % a salinidade medida nas águas não afetadas. Assim, para estes cálculos usou-se como valor de referência a mediana do ponto mais afastado da ETAR, no canal principal da Ria Formosa, o ponto 6 (Figura 1), em PM, 36,4 (Tabela 4). Tal facto significa que a pluma de água doce associado ao efluente tem um impacto significativo até o ponto 7 a cerca de 500 m do ponto de rejeição), pois no Ponto 8, a estação a seguir mais afetada a nível de salinidade, esta influência já é inferior a 10% relativamente aos pontos fora da influência da ETAR. A questão da diminuição da salinidade até ao ponto 7 aparentemente não parece grave para os bivalves, uma vez que aqui não há viveiros. Estes existem, na área de estudo, neste lado do canal do Esteiro da Garganta junto dos pontos 8 e 9.

Quanto à influência do tipo de maré, MV e MM, a variabilidade em MV foi mais evidente do que em MM, devido ao maior volume de água trocado e ao menor tempo de residência da água e maior mistura da água durante a enchente. No entanto, não se verificaram diferenças significativas quer entre as BM quer entre as PM de MM e MV.

Comparando os valores encontrados no presente trabalho no mês de março, com os dados da campanha do IPIMAR, em março de 2010, no âmbito do projeto EEMA (APA, 2010) verifica-se que estes últimos foram, de forma geral, inferiores: em WB2 a salinidade foi de 34 na Preia-Mar e 30 – 35 em Baixa-Mar e em WB3 foi de 28 – 29 na Preia-Mar e 33 – 34 em Baixa-Mar. Os valores relativamente baixos encontrados no projeto EMMA pelo IPIMAR podem ter coincidido com uma época de precipitação que pode ter baixado a salinidade. É de referir que estes valores cerca de 36-37, são típicos da Ria Formosa em períodos sem precipitação ou sem influência relevante de outra fonte de água doce (Rodrigues *et al.*, 2018), tal como os encontrados pelo IPMA para estações na costa algarvia, consideradas costa aberta.

3.1.3 pH

Na tabela 5 encontra-se a gama de pH (máximo, mínimo e mediana) encontrada em cada ponto de amostragem, durante as condições de maré de Baixa-Mar e de Preia-Mar. Os valores de pH obtidos em cada uma das amostragens realizadas estão representados na Figura 5.

Tabela 5: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de pH da água, registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

pH	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	7,93 - 8,24	7,68 - 8,20	8,02 - 8,22	8,00 - 8,27	8,01 - 8,27	7,99 - 8,28	7,72 - 8,09	7,90 - 8,10	7,78 - 8,13
Mediana Baixa-Mar	8,09	8,05	8,06	8,13	8,11	8,14	7,85	8,06	8,07
Gama de valores Preia-Mar	8,03 - 8,15	8,03 - 8,14	8,03 - 8,15	8,00 - 8,16	8,12 - 8,18	8,09 - 8,18	7,87 - 8,10	8,00 - 8,13	7,87 - 8,14
Mediana Preia-Mar	8,08	8,08	8,11	8,12	8,16	8,16	8,01	8,07	8,05

O valor mais baixo de pH encontrado foi de 7,68 (Ponto 2, Baixa-Mar de janeiro), e o mais elevado foi de 8,28 (Ponto 6, Baixa-Mar de fevereiro), valores estes que estão em cumprimento com a legislação, com o limite normativo imperativo, 7-9 para águas conquícolas (Diretiva 2006/113/CE; DL 236/98). Contudo, a mediana mais baixa também se registou na estação 7 (Tabela 5), o que sugere que aí existe maior concentração de matéria orgânica, que se reflete na libertação de CO₂ por respiração bacteriana, responsável pela diminuição do pH da água. É ainda de referir que no canal a Este da rejeição, as estações 8, 9 apresentam medianas relativamente mais baixas, sugestivo que a dispersão da matéria orgânica se dá nessa direção.

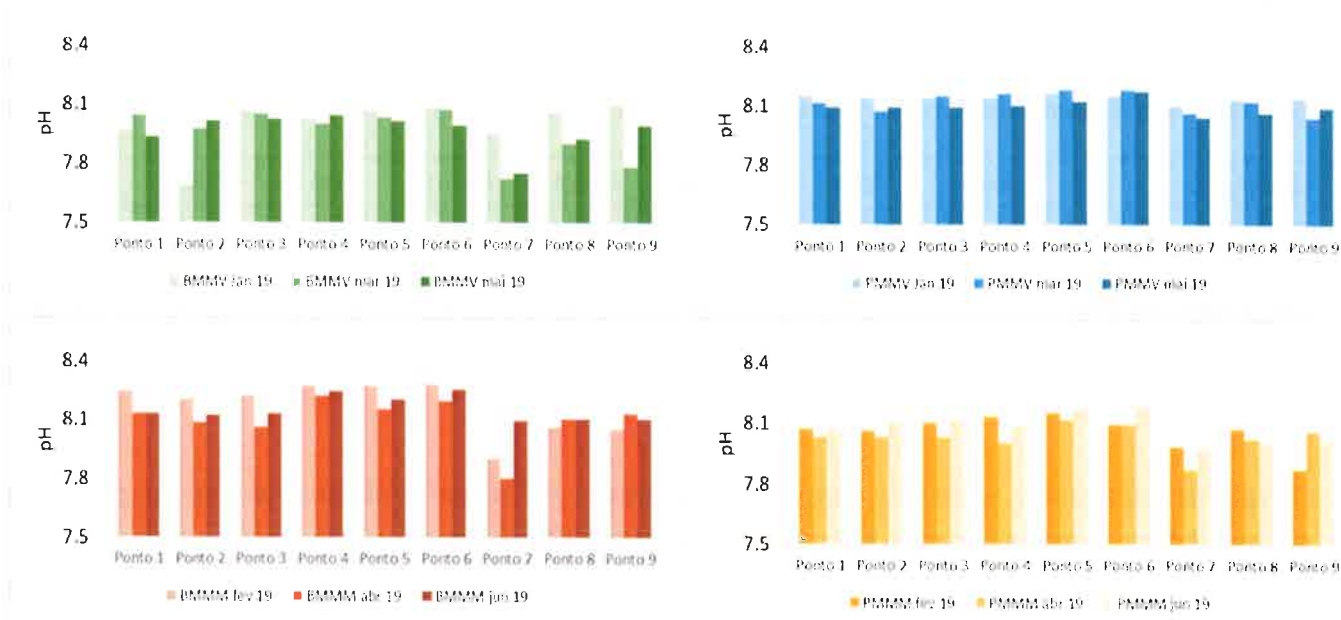


Figura 5: Variação do pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

A análise dos dados revela que, enquanto em situação de PM não ocorreram diferenças de pH entre os pontos de amostragem, em condições de BM constataram-se, em geral, valores mais baixos na estação 7 do que nos restantes locais.

Relativamente às diferentes marés, não se registaram diferenças entre BM e PM ($p>0,05$), para os 9 locais. Contudo, entre marés, os valores quer de BM quer de PM foram diferentes entre MM e MV ($p<0,05$). Neste caso, a maré influencia a variabilidade dos dados mas é preciso ter em conta que este parâmetro está intimamente associado à hora da amostragem e ao balanço entre os processos fotossíntese e respiração.

Estes dados, à volta de 8, são típicos da Ria Formosa (Rodrigues *et al.*, 2018). Estes resultados quando comparados com os da campanha IPIMAR, para março 2010 (APA, 2010), quer em WB2, quer em WB3 que variaram entre 8,1 e 8,2, estão na gama descrita no presente trabalho.

3.1.4. Oxigénio dissolvido

Nas tabelas 6 e 7 encontram-se os intervalos de teor de oxigénio dissolvido, em concentração e em percentagem de saturação, respetivamente, encontrados em cada ponto de amostragem.

Os dados de oxigénio dissolvido encontrados estão compreendidos entre 3,2 mg/L (Ponto 7, Baixa-Mar de maio) e 10,5 mg/L (Ponto 3, Baixa-Mar de fevereiro). À exceção dos valores mínimos, <4 mg/L, estes valores encontram-se dentro da gama dos valores de oxigénio obtidos no projeto EMMA pelo IPIMAR (APA, 2010), em março 2010, que variaram em WB2 entre 5,8 mg/L e 9,3 mg/L enquanto em WB3 entre 6,5 e 7,6 mg/L.

Tabela 6: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de oxigénio dissolvido na água (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

O ₂ (mg/L)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	5,7 - 10,3	6,6 - 9,6	7,0 - 10,5	7,0 - 10,4	6,3 - 9,8	6,6 - 9,4	3,2 - 7,4	4,9 - 9,6	7,1 - 9,0
Mediana Baixa-Mar	8,0	7,5	7,7	8,5	8,1	8,6	6,2	7,7	8,3
Gama de valores Preia-Mar	6,9 - 8,4	7,3 - 8,0	7,4 - 8,8	6,5 - 9,0	8,2 - 9,2	8,0 - 9,2	5,6 - 7,9	7,0 - 8,6	5,9 - 8,7
Mediana Preia-Mar	7,8	7,7	8,0	8,0	8,4	8,4	6,7	7,8	7,9

Os valores mais baixos, abaixo de 4 mg/L são indicativos de “stress” ambiental já que não garante o valor mínimo 4-5 mg/L requerido para suportar vida aquática (Davies *et al.*, 1975). Como o que está legislado é a percentagem de saturação e oxigénio, de seguida apresenta-se a tabela resumo e os gráficos referentes aos dados obtidos em cada estação de amostragem, no período de janeiro a junho, em Baixa e Preia Mar, em maré viva e maré morta alternadas.

Tabela 7: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de oxigénio na água (% de saturação), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens mensais de janeiro a junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

O ₂ (% de saturação)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	81 - 137	82 - 128	92 - 134	86 - 150	87 - 134	90 - 133	43 - 112	68 - 140	82 - 127
Mediana Baixa-Mar	114	106	104	116	110	108	79	96	101
Gama de valores Preia-Mar	96 - 109	94 - 106	98 - 111	94 - 116	103 - 119	99 - 118	77 - 101	96 - 109	99 - 111
Mediana Preia-Mar	101	101	102	105	114	109	89	98	103

Os valores de oxigénio dissolvido expressos em percentagem de saturação, como seria de esperar, seguem a mesma tendência descrita para a sua concentração. O valor mais baixo de percentagem de saturação de oxigénio ocorreu no Ponto 7 durante a Baixa-Mar de Maré Viva de maio, tendo sido de 43%. Valores abaixo dos 80% ou dos 70% (respetivamente Valor Guia e Valor Imperativo para Aguas Conquícolas - Diretiva 2006/113 CE; DL 236/98) foram também registados no ponto 7 em janeiro (75%), fevereiro (79%), março (63%) e abril (77%). Para além do ponto 7, apenas no ponto 8 se encontrou um valor abaixo dos valores apontados por esta Diretiva, tendo ocorrido em maio na Baixa-Mar (68%). Assim, mais uma vez confirma-se a influência da descarga da ETAR não apenas no ponto 7 (acerca de 500 m), mas também até o ponto 8 de amostragem (~2000 m E do ponto de rejeição). Estes valores mais baixos <70% são preocupantes pois no período noturno podem não ser suficientes para suportar a vida aquática, conduzindo a problemas de hipoxia, particularmente na área da rejeição dos efluentes, onde a concentração de matéria orgânica será máxima.

Na figura representam-se graficamente os valores de percentagem de saturação de oxigénio para cada ponto de amostragem, os quais se encontram legislados.

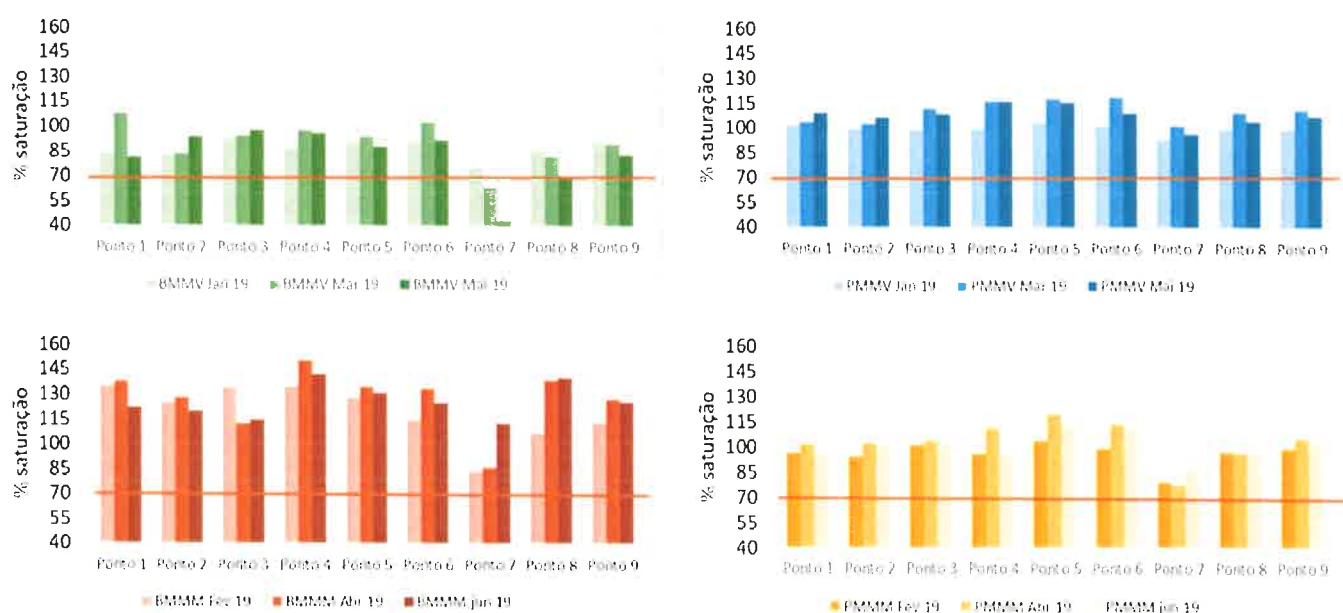


Figura 6: Variação do oxigénio (em percentagem de saturação) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro a junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). A vermelho está indicado o VMR para águas conquícolas

Da observação da figura é notória a diferença entre a percentagem de oxigénio dissolvido na estação de amostragem mais perto da ETAR (Ponto 7) e as restantes estações, em ambas as BM e PM para ambas as condições de MV e MM, onde foram menores do que nos restantes pontos. Em situação de PM, a única diferença significativa ($p < 0,05$) ocorreu em abril entre o Ponto 7 e o Ponto 5, este último com teores de oxigénio dissolvido muito superiores. É de ressaltar os valores nas estações 7, 8 e 9, localizados a E do ponto de rejeição da ETAR, em BM de MV, que diminuíram de forma clara de janeiro para maio, com valores abaixo do VMR (70%) para águas conquícolas, o que é preocupante, devido ao baixo teor em oxigénio suficiente para suportar a vida aquática.

Entre BM e PM, não se registram diferenças significativas ($p > 0,05$) para qualquer um dos pontos de amostragem tal como não houve entre as PM de MV e MM. Já entre as BM, ocorreram valores significativamente superiores em MM do que em MV. É de referir que isto não significa que não há renovação de água durante a enchente, oxigenando a água mas tão somente refletir a variabilidade intrínseca associada à hora da amostragem, de manhã, à tarde ou ao final do dia, e influência no balanço dos processos fotossíntese vs. respiração. De fato, em maré viva os valores de Preia-Mar foram superiores aos correspondentes de Baixa Mar, enquanto se verificou o inverso em maré morta (Figura 6).

Relativamente à comparação dos resultados com outros obtidos na Ria Formosa, valores entre 80% e 120 % são típicos deste ecossistema (Rodrigues *et al.*, 2017), em que os valores em locais próximos de canais principais como os locais 3 e 6 são, em geral, próximos da saturação (100%).

3.2. Cor, aparência, cheiro

A análise dos dados de cor, aparência, cheiro analisados por inspeção organolética, *in situ*, como indicado nas Tabelas em Anexo, revela que todos os pontos de amostragem à exceção do local 7 e pontualmente no local 8, apresentaram aparência normal, sem cheiro, com cor azul-esverdeada. No ponto 7, a cor variou entre castanho, caqui e o esverdeado, na maior das amostragens, como se pode constar na Figura 7. Este local apresentou cheiro e teve uma aparência em que se denotou a influência da rejeição da ETAR, não só pela diferente coloração devido à pluma de dispersão do efluente mas também pelo cheiro. Esta influência foi mais visível em BM de MV que se estendeu, por vezes, até ao ponto 8. Em PM, os vários locais apresentaram, globalmente, aparência normal, sem cheiro com cor azul –esverdeada, como se pode ver na Figura 7, como exemplo a estação 6 a mais próxima da barra do Farol.



Figura 7: Topo: Aspeto e cor da água no local 7 em Baixa-Mar, no período entre janeiro e junho, comparativamente com a situação de Preia-Mar, na estação 7 (canto inferior esquerdo) e com a estação 6 (canto inferior à direita)

No período de janeiro a maio, na estação 7, aquela com maior impacto da descarga do efluente da ETAR parece ter vindo a ocorrer uma melhoria da cor, aparência e cheiro.

3.3. Sólidos suspensos totais

Na Tabela 8 encontram-se os intervalos de valores (mínimo, máximo e mediana) de concentração de sólidos suspensos totais (SST, expressos em mg/L), para cada estação de amostragem em Baixa-Mar e em Preia-Mar. Na Figura 8 encontra-se representada a variação do teor de sólidos em suspensão, encontrada ao longo das amostragens de janeiro, março e junho de 2019. Os valores de sólidos suspensos refletem também a cor e aspeto como mencionado no ponto anterior, particularmente mais elevados junto do ponto 7, o mais afetado pela dispersão do efluente da ETAR.

Tabela 8: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de sólidos em suspensão (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

Sólidos em suspensão (mg/L)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	8,2 - 23,8	3,3 - 16,9	4,6 - 15,1	14,0 - 17,3	7,3 - 16,9	7,4 - 9,8	7,8 - 69,0	5,0 - 28,6	0,3 - 3,7
Mediana Baixa-Mar	17,6	15,6	8,9	17,3	7,4	8,5	54,9	13,5	1,8
Gama de valores Preia-Mar	6,4 - 38,6	6,2 - 8,6	4,3 - 6,0	5,3 - 11,3	6,3 - 12,1	3,4 - 6,0	8,3 - 27,1	8,2 - 11,9	0,3 - 5,8
Mediana Preia-Mar	14,0	6,2	5,7	7,4	7,3	5,5	11,8	9,2	1,6

O valor médio mais baixo encontrado deste parâmetro foi de 0,3 mg/L (Ponto 9, BM e PM de janeiro) e o mais elevado foi de 69,0 mg/L registado no Ponto 7 durante a BM de março. Se for tido em consideração que nas águas conquícolas, o aumento do teor em matérias em suspensão provocado pela rejeição não deve exceder em mais de 30 % o teor medido nas águas não afetadas (Diretiva 2001/67/CE, DL 236/98), esta percentagem foi claramente excedida no Ponto 7 relativamente aos pontos mais exteriores (3, 5 e 6), considerando as medianas (Tabela 8), cujos valores, em ambas as situações de maré, foram < 10 mg/L. Os valores medianos mais elevados no ponto 1, podem ter contribuição da Ribeira das Lavadeiras, uma fonte externa à ETAR. No entanto, o valor mediano do ponto 8, relativamente elevado reflete a dispersão da pluma do efluente na direção E, como anteriormente referido para os outros parâmetros. É também importante considerar, que estes valores máximos, encontrados em BM de MV, podem refletir também alguma ressuspensão de sedimento causado pela navegação da embarcação usada na amostragem, neste canal pouco profundo (<50 cm).

Especialmente, em termos estatísticos, verificou-se que durante a BM de março, a concentração de sólidos em suspensão foi superior ($p < 0,05$) no Ponto 7 em relação a todos os restantes pontos, exceto ao Ponto 8 ($p > 0,05$), o que novamente reforça a ideia da possível influência da ETAR nestes dois pontos. Também na BM de janeiro, os teores foram mais elevados no Ponto 7 do que nos Pontos 6 e 9 ($p < 0,05$).

Entre BM-PM, só ocorreram diferenças significativas ($p < 0,05$) para MV. Nesta condição de maré, ocorre um efeito de diluição acentuado, com os valores de PM significativamente mais baixos ($p < 0,05$) do que em BM. Relativamente à variabilidade entre MV e MM, só se registaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em BM, com os valores mais elevados em MV.

À exceção dos valores máximos da estação 7, os valores nos outros locais, em geral < 20 mg/L, enquadram-se na gama de variação de SS encontrada na Ria Formosa (Rodrigues *et al.*, 2017). Comparando com os valores encontrados durante o projeto EMMA (APA, 2010), em março 2010, pelo IPIMAR nas massas de água WB2 e WB3, na gama entre 4,4 e 12 mg/L, esta é semelhante à do presente trabalho se não forem considerados os valores do local 7, em BM de MV e o do ponto 1 em PM em MM. No entanto são um pouco superiores aos encontrados nesta altura pelo IPIMAR para a costa aberta (< 5 mg/L).

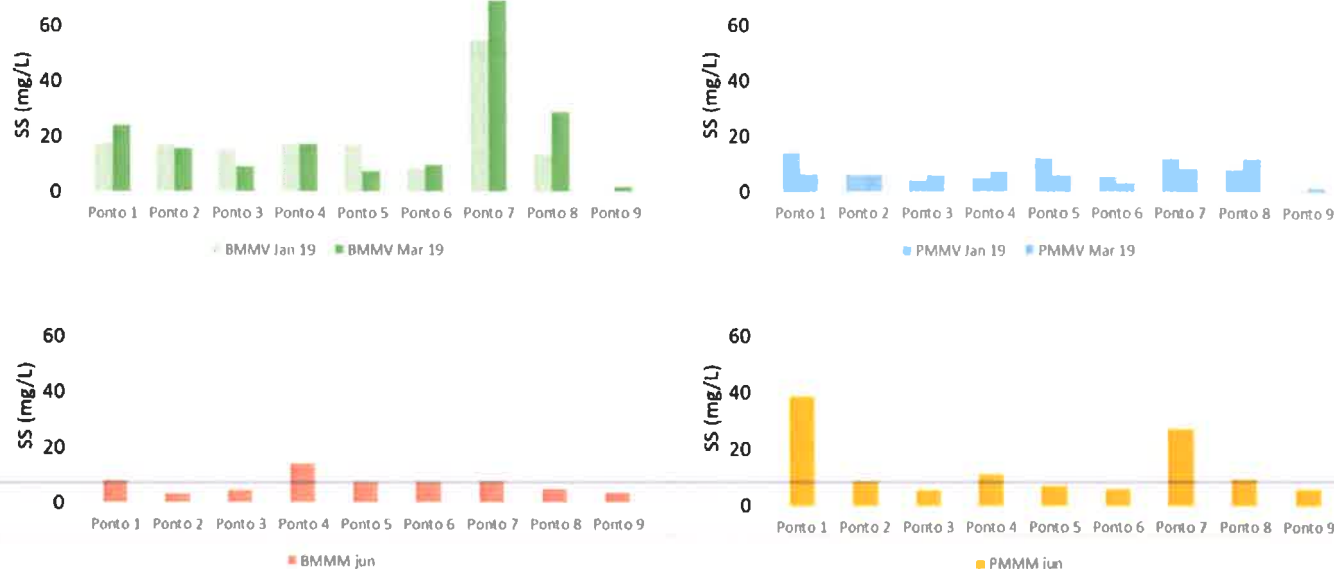


Figura 8: Variação dos sólidos em suspensão (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

3.4 Nutrientes

Amónia

A partir da tabela 9 pode-se observar que o valor de concentração mais elevado foi registado na estação 7, seguido da estação 8, em condição de Baixa-Mar. De facto, os limites inferiores dos locais 7 e 8 são superiores aos valores máximos das restantes estações.

Tabela 9: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de NH_4^+ (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

NH_4^+ μM	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	0,36 - 12,97	0,63 - 12,63	0,40 - 16,60	0,38 - 13,20	1,50 - 4,43	< 0,09 - 2,44	33,19 - 188,50	19,99 - 37,17	0,36 - 10,71
Mediana Baixa-Mar	3,57	2,54	0,70	7,37	1,69	0,43	139,0	29,25	5,02
Gama de valores Preia-Mar	1,11 - 1,88	0,44 - 1,75	0,40 - 2,09	0,41 - 2,11	0,31 - 0,65	0,23 - 0,38	2,11 - 6,69	0,30 - 1,83	0,17 - 0,99
Mediana Preia-Mar	1,11	0,44	0,65	0,67	0,54	0,23	4,27	1,30	0,74

Especialmente, o valor mais baixo encontrado foi de <0,09 μM , na estação 6, a mais próxima da Barra do Farol, em BM de março. Esta estação fica localizada numa zona de canal principal onde ocorre uma forte renovação de água a cada ciclo de maré e o mais elevado foi de 188,5 μM , no Ponto 7, também durante a BM de março.

Do ponto de vista estatístico, os locais 7 e 8, em geral, foram semelhantes ($p>0,05$), e significativamente superiores ($p<0,05$) a todos os restantes, durante a Baixa-Mar.

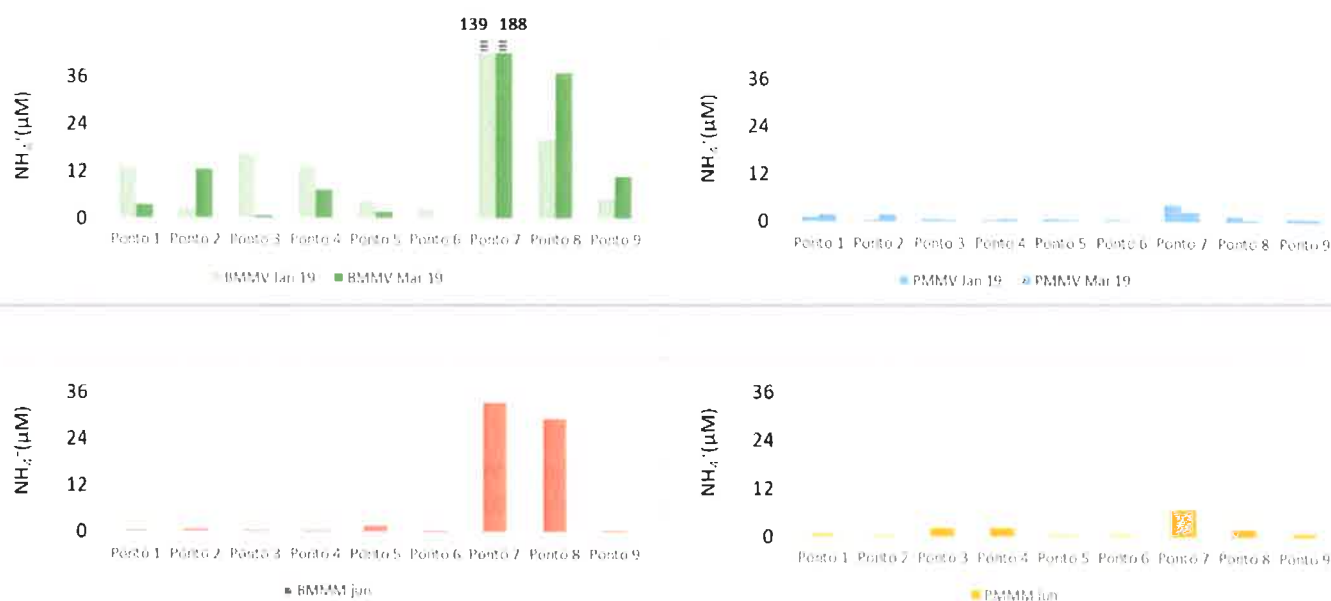


Figura 9: Variação de NH_4^+ (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

É claro o efeito de diluição ocorrido durante a PM, com valores substancialmente mais elevados em BM ($p<0,05$). Este comportamento é ilustrativo do efeito de concentração na altura com menor coluna de água onde os processos difusivos do sedimento para a água são promovidos. Já em PM essa diferença não foi observada ($p>0,05$), pois o efeito de diluição em PM é muito relevante.

Os valores medianos, em geral, $< 5 \mu\text{M}$, quer em PM quer em BM são típicos da Ria Formosa (Rodrigues *et al.*, 2017) tal como quando comparados com os valores obtidos no projeto EMMA, pelo IPIMAR, em março de 2010 (APA, 2010) para WB2 e WB3 ($0.5\text{-}4.9 \mu\text{M}$). Já para a zona de costa aberta do Algarve, os valores obtidos em março 2010 ($0.2\text{-}0.5 \mu\text{M}$), foram bastante inferiores aos obtidos neste trabalho para as estações 7 e 8, em algumas ordens de grandeza.

Nitrato

A tabela 10 mostra o menor valor de concentração de nitratos ($0,07 \mu\text{M}$), que ocorreu em junho durante a PM, no Ponto 5; por seu lado, a maior concentração foi determinada na BM de MV, de janeiro no Ponto 1 ($23,8 \mu\text{M}$), significativamente superior ($p<0,05$) a todos os restantes valores.

Tabela 10: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de NO_3^- (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

NO_3^- (μM)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	0,48 - 23,8	0,77 - 5,03	0,34 - 1,27	0,91 - 2,33	0,38 - 1,35	0,34 - 0,90	3,71 - 8,36	3,77 - 8,36	0,46 - 2,00
Mediana Baixa-Mar	14,12	3,50	1,18	2,17	1,19	0,56	5,69	5,69	1,22
Gama de valores Preia-Mar	0,30 - 0,68	0,39 - 0,92	0,32 - 1,12	0,29 - 1,04	0,07 - 0,98	0,41 - 1,14	0,52 - 1,15	0,52 - 1,15	0,32 - 1,32
Mediana Preia-Mar	0,65	0,64	0,35	0,45	0,42	0,57	0,54	0,54	0,41

Espacialmente, o Ponto 1 revela a maior concentração de nitrato, até superior aos registados no Ponto 7, o que pode sugerir uma fonte de contaminação externa à ETAR, associada à Ribeira das Lavadeiras. Globalmente, 2 pontos, foram significativamente superiores ($p < 0,05$) aos restantes locais em BM de MV. Em MM o local 8 teve maior concentração, do que o ponto 7 que pode explicar-se pela concentração de oxigénio e processo de nitrificação.

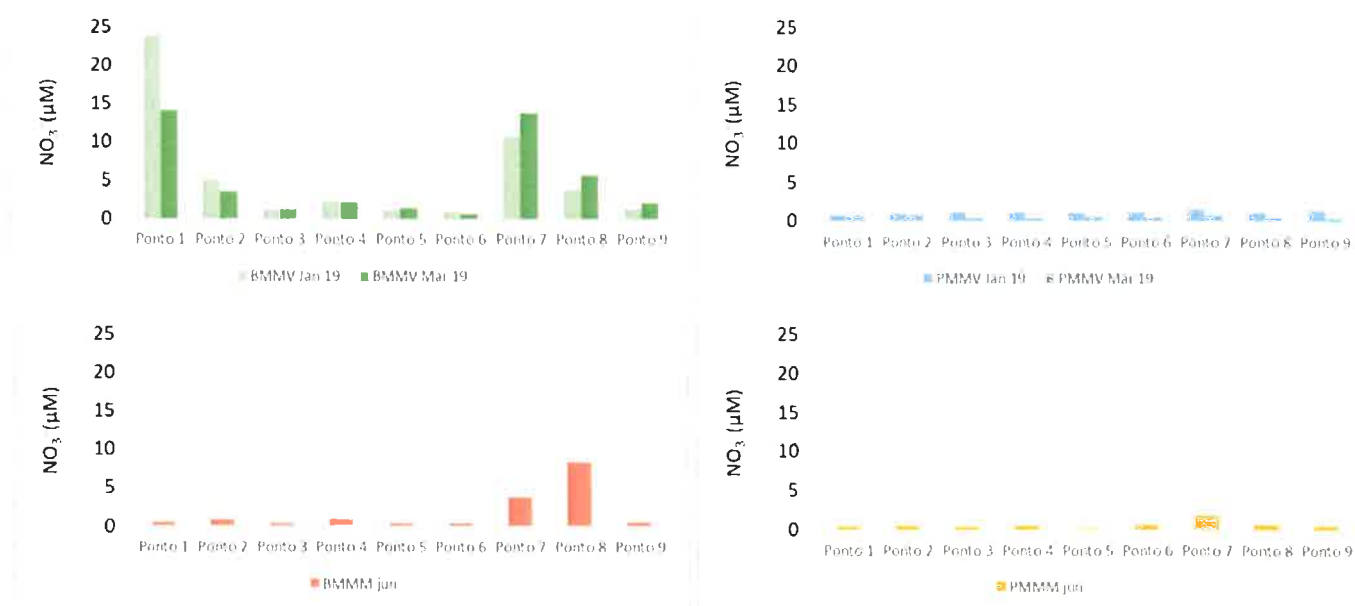


Figura 10: Variação de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

É claro também o efeito de diluição ocorrido durante a PM, com valores substancialmente mais baixos do que em BM ($p < 0,05$). Entre condições de maré, em BM, os valores em MV foram significativamente mais elevados ($p < 0,05$) do que os correspondentes de MM, pelas mesmas razões apontadas para a amónia.

Os valores medianos, em geral, até 5 μM , quer em PM quer em BM são típicos da Ria Formosa (Rodrigues *et al.*, 2017) tal como quando comparados com os valores obtidos no projeto EMMA, pelo IPIMAR, em março de 2010 (APA, 2010) para WB2 e WB3 (2.2-12 μM). Já para zona de costa aberta do Algarve, os valores obtidos em março 2010 (0.4-2.4 μM), foram bastante inferiores aos obtidos neste trabalho, em

cerca de uma ordem de grandeza quando comparados com os valores máximos encontrados nas estações de amostragem 1 e 7.

Nitrito

A tabela 11 mostra que os valores de concentração mais elevados foram registados na estação 7, seguidos da estação 8, em BM. De facto, os limites inferiores dos locais 7 e 8 são, globalmente, superiores aos valores máximos das restantes estações.

Tabela 11: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de NO_2^- (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

NO_2^- (μM)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	0,12 - 1,30	0,11 - 1,33	0,05 - 0,22	0,06 - 0,73	<0,02 - 0,34	<0,02 - 0,23	4,78 - 6,94	0,83 - 2,48	0,09 - 0,84
Mediana Baixa-Mar	0,73	0,99	0,16	0,49	0,29	0,12	6,16	1,73	0,39
Gama de valores Preia-Mar	0,04 - 0,15	<0,02 - 0,16	<0,02 - 0,17	0,02 - 0,17	<0,02 - 0,12	<0,02 - 0,14	0,16 - 1,05	<0,02 - 0,18	<0,02 - 0,15
Mediana Preia-Mar	0,10	0,09	0,02	0,06	0,04	0,02	0,35	0,05	0,09

O mais baixo valor de nitrito encontrado foi de $<0,02 \mu\text{M}$ e o mais elevado foi de $6,94 \mu\text{M}$, o qual ocorreu na BM de janeiro no Ponto 7.

Espacialmente, enquanto que durante a PM não ocorreram diferenças significativas ($p>0,05$) entre estações, em BM o Ponto 7 apresentou maiores ($p<0,05$) valores de nitritos do que as encontradas nos restantes locais de amostragem.

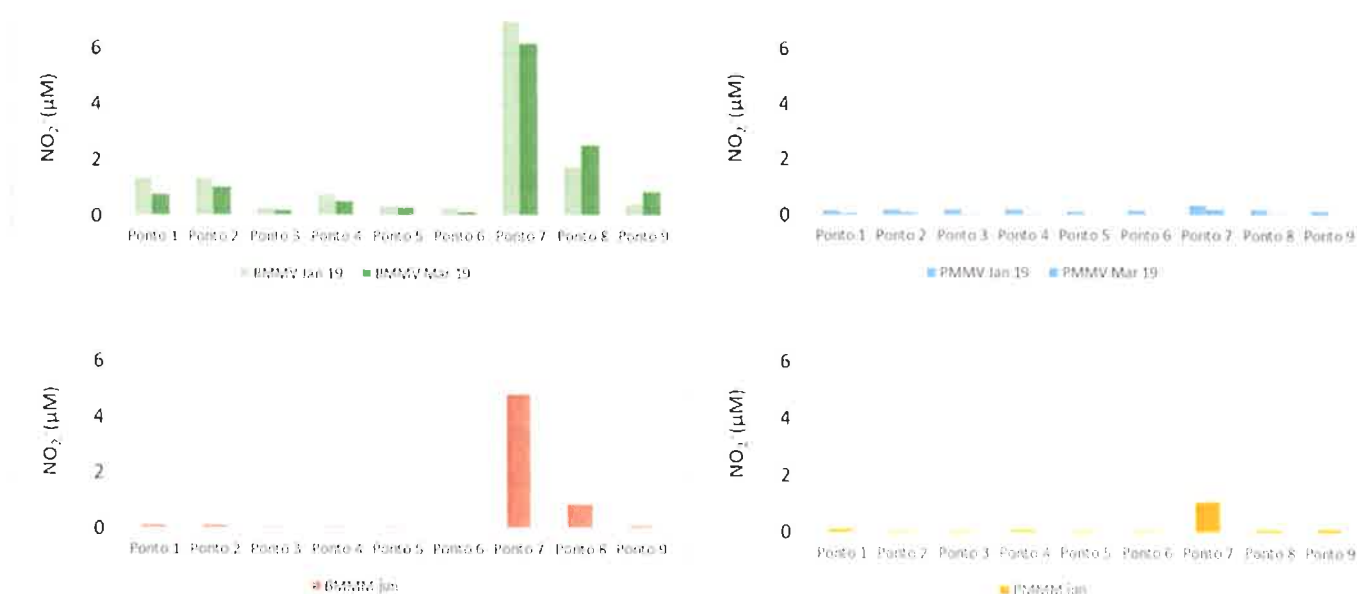


Figura 11: Variação de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

Relativamente às diferenças entre BM e PM e entre MV e MM, tal como para os nitratos, registam-se diferenças entre BM e PM em MV e para BM entre MV e MM, o que demonstra o forte efeito de diluição que se faz sentir durante a enchente e em particular em MV. Os valores mais elevados em BM de MV demonstram o efeito de concentração na altura com menor coluna de água onde os processos difusivos do sedimento para a água são promovidos.

Estes resultados, com medianas $< 1 \mu\text{M}$ são comparáveis com as gamas encontradas na Ria Formosa (Rodrigues *et al.*, 2017) e em particular se não forem considerados os valores de concentração do local 7. Quando comparados com os resultados obtidos no âmbito do projeto EMMA pelo IPIMAR em março de 2010 quer para costa aberta (0,3-0,7 μM) que para os locais amostrados em WB2 e WB3 na Ria Formosa (0,2-0,5 μM).

Fosfatos

A concentração mais baixa do fosfato ($<0,03 \mu\text{M}$; Tabela 12) foi encontrada no Ponto 9, em PM de março e a mais elevada de 21,66 μM foi no Ponto 7, em BM de junho.

Espacialmente, durante a PM a diferença de teor de fosfatos entre estações não foi significativa ($p>0,05$), mas em situação de BM, a estação 7 destacou-se por apresentar valores significativamente superiores ($p<0,05$) relativamente a todos os restantes pontos de amostragem.

Tabela 12: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de PO_4^{3-} (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

PO_4^{3-} (μM)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	0,18 - 0,71	0,24 - 3,27	0,10 - 0,37	0,20 - 0,68	0,18 - 0,31	0,08 - 0,31	9,49 - 21,66	1,28 - 3,61	0,51 - 1,15
Mediana Baixa-Mar	0,21	0,36	0,14	0,38	0,26	0,10	16,28	1,31	0,82
Gama de valores Preia-Mar	0,04 - 0,17	0,05 - 0,13	0,05 - 0,25	0,04 - 0,78	0,03 - 0,13	0,03 - 0,20	0,13 - 4,61	0,05 - 0,35	$<0,03$ - 0,46
Mediana Preia-Mar	0,14	0,12	0,14	0,13	0,06	0,06	0,30	0,28	0,05

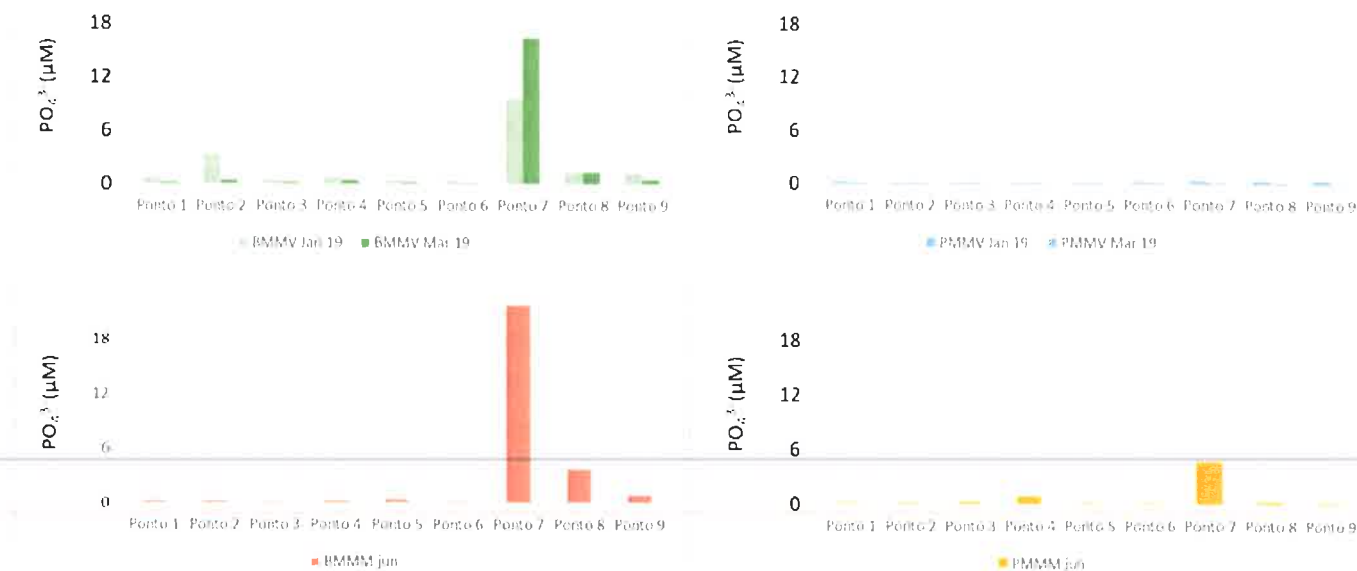


Figura 12: Variação de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

Relativamente às diferenças entre BM e PM e entre MV e MM (Figura 12), para este nutriente observaram-se valores significativamente superiores em BM quando comparados com PM, o que demonstra o efeito de diluição provocado durante o período de MV, e na situação de BM entre MM e MV, o que também revela que numa situação de maior tempo de residência e menor renovação as concentrações aumentaram. Contudo, parece ter havido um aumento temporal de janeiro para junho, que pode associar-se também ao aumento de temperatura que favorece a desorção do fosfato dos sedimentos para a água. Este é um nutriente que tem um comportamento químico diferente dos restantes.

À exceção dos valores máximos da estação 7, os valores nos outros locais, em geral $< 1 \mu M$ e mediana $< 0.5 \mu M$, enquadram-se na gama de variação de fosfatos encontrada na Ria Formosa (Rodrigues et al., 2017). Comparando com os valores encontrados durante o projeto EMMA (APA, 2010), em março 2010, pelo IPIMAR nas massas de água WB2 e WB3, na gama entre 0,1 e 0,4 μM , e na cota aberta (0,2-0,3 μM), esta é semelhante à do presente trabalho se não forem considerados os valores dos locais 7, 8 e 2.

Silicatos

A tabela 13 mostra que o teor de silicatos na água dos diferentes pontos de amostragem variou desde 0,58 μM , no ponto 5, na PM de março até ao máximo de 37,79 μM no Ponto 7 durante a BM de março.

Especialmente, a estação 7 registou valores significativamente diferentes ($p < 0,05$) dos níveis encontrados em todos os restantes locais, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$).

Tabela 13: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de SiO_4^{4-} (μM), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

SiO_4^{4-} (μM)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	7,15 - 10,30	5,04 - 5,77	2,53 - 3,71	5,59 - 8,23	3,21 - 5,50	2,39 - 3,74	17,46 - 37,79	4,81 - 6,28	2,85 - 5,44
Mediana Baixa-Mar	7,46	5,10	3,01	7,39	3,51	3,23	22,29	5,92	3,65
Gama de valores Preia-Mar	1,15 - 3,59	1,47 - 2,90	0,99 - 3,12	1,22 - 6,56	0,58 - 1,92	0,65 - 1,49	2,13 - 9,69	1,14 - 3,46	0,62 - 2,70
Mediana Preia-Mar	2,25	2,14	1,50	1,60	1,44	1,28	2,42	1,72	1,56

Entre BM e PM (Figura 13), tal como para os outros nutrientes, verificaram-se valores significativamente mais elevados em BM, demonstrando o forte efeito de diluição que ocorre durante a enchente de MV. Já em MM esse efeito não foi tão notório, registando-se valores semelhantes ($p>0,05$), pela menor troca de água e maior tempo de residência. Relativamente às diferenças entre condição de maré, para as BM os valores foram semelhantes ($p>0,05$) em MV, mas ocorreram diferenças para as PM, com valores significativamente mais elevados em MM, o que demonstra a diferente intensidade do efeito de diluição durante a enchente nos dois tipos de maré.

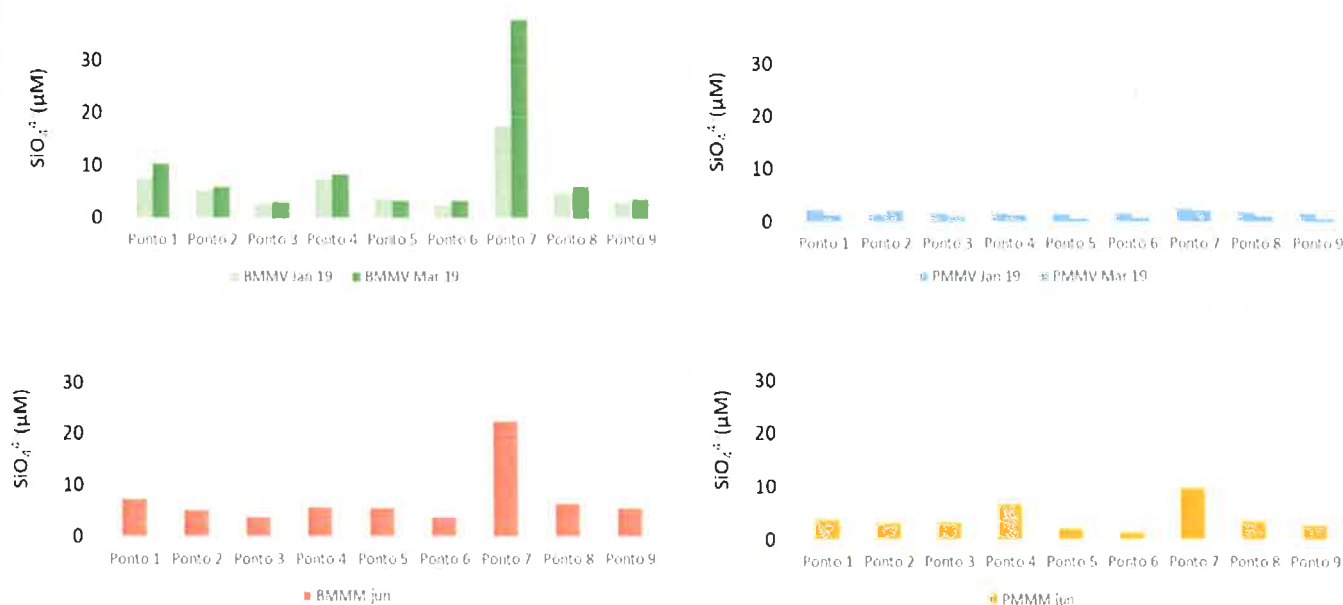


Figura 13: Variação de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

À exceção dos valores encontrados no ponto 7, em BM, os restantes valores são típicos da Ria Formosa, (Rodrigues *et al*, 2017) com mediana, em geral $\leq 5 \mu\text{M}$ e na gama encontrada no âmbito do projeto EMMA, pelo IPIMAR em março de 2010, quer na WB2 e WB3 (2-18 μM) como na costa aberta (0,4-9,8 μM).

3.5. Azoto Total

A concentração de azoto total inclui a fração dissolvida e particulada bem como a fração amoniacal, inorgânica e orgânica. Os valores variaram entre 0,009 e 5,080 mg/L (Tabela 14).

Temporalmente (Figura 14), a concentração de azoto total foi significativamente mais elevada ($p < 0,05$) na campanha de janeiro, em BM de MV, o que pode estar associado ao período inicial de arranque da ETAR, em que o tratamento biológico ainda não está estabilizado e a fração orgânica predomina ou porque no período de primavera parte do azoto pode ser assimilado.

Especialmente, as concentrações de azoto total foram mínimas nos Pontos 2 e 3 durante a PM de junho e máxima no Ponto 7 durante a BM de janeiro, onde foi significativamente ($p < 0,05$) superior aos valores encontrados nos restantes pontos.

Tabela 14: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de N total (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

N total (mg/L)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	0,040 - 0,793	0,048 - 0,377	0,029 - 0,165	0,035 - 0,323	0,158 - 0,239	0,033 - 0,293	0,420 - 5,080	0,030 - 0,963	0,049 - 0,301
Mediana Baixa-Mar	0,367	0,224	0,155	0,181	0,172	0,162	1,246	0,275	0,206
Gama de valores Preia-Mar	0,033 - 0,155	0,009 - 0,888	0,009 - 0,156	0,017 - 0,154	0,010 - 0,151	0,016 - 0,152	0,157 - 0,302	0,026 - 0,222	0,012 - 0,151
Mediana Preia-Mar	0,152	0,158	0,154	0,153	0,151	0,150	0,300	0,150	0,151

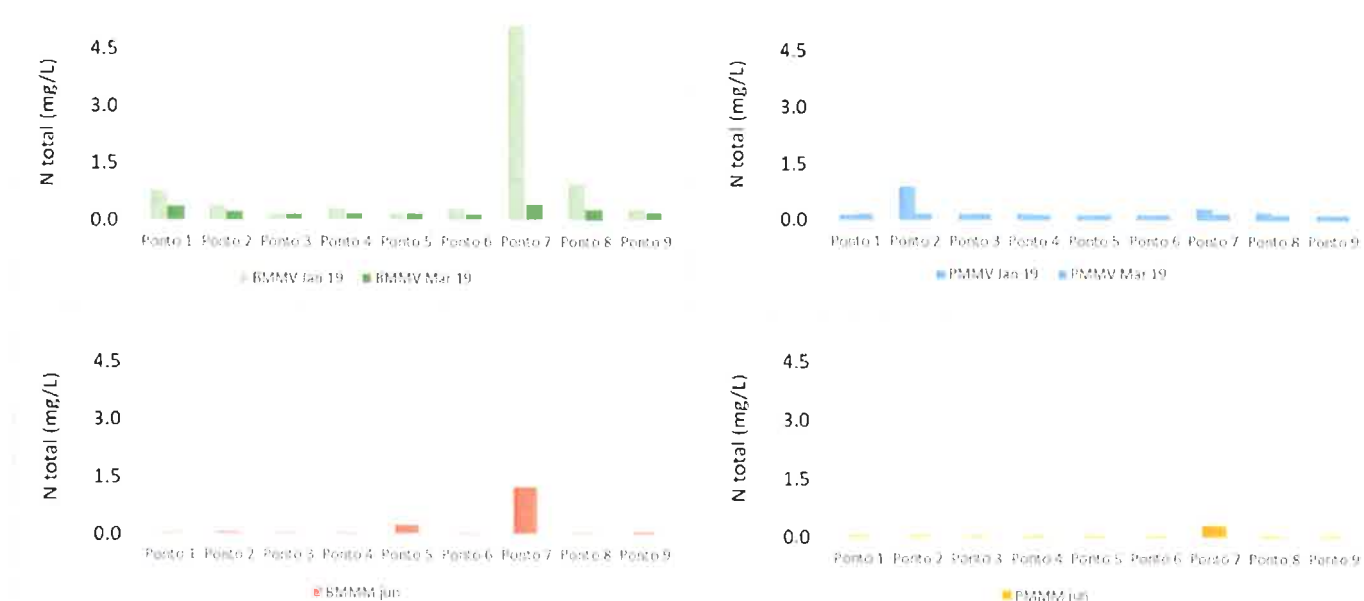


Figura 14: Variação de N total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

Em relação à diferença entre BM e PM e entre condições de maré MM e MV, só houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre MV e MM para ambas as situações BM e PM, com valores mais elevados em MV.

As concentrações encontradas são inferiores ao valor limite para a rejeição de efluentes, 15 mg/L N (D.L. 236/98), incluindo em meio sensível (DL152/97), o que é expectável pois o ponto mais próximo já se encontra a cerca de 2000 m a E do ponto de rejeição. Assim, nenhum dos pontos registou valores em não conformidade com a legislação.

Comparativamente com outros valores encontrados na Ria Formosa, particularmente na zona do Ludo próximo da pista de aproximação do Aeroporto de Faro, os valores ($< 0,001$ e 1,6 mg/L N), são semelhantes à exceção dos valores da estação 7.

3.6. Fósforo Total

A gama de valores de concentração de fósforo total obtida neste estudo encontra-se na Tabela 15. O valor mais baixo deste parâmetro foi de 0,015 mg/L no Ponto 4 durante PM de janeiro e o mais elevado foi de 1,206 mg/L no Ponto 7 durante a BM de março.

Especialmente, os valores do ponto 7, à semelhança do azoto total e da maioria dos parâmetros estudados, foram significativamente superiores ($p < 0,05$) aos de todos os outros pontos de amostragem. Para além do Ponto 7, destacam-se também as concentrações encontradas no Ponto 2 quer em PM quer em BM de MM, em junho (Figura 15).

Tal como para o azoto total, estes valores estão, no entanto, abaixo do valor limite para rejeição de águas residuais em meio sensível (DL 152/97 - 2 mg/L P; 10 000–100 000 e. p), mostrando todos os resultados em conformidade com a legislação.

Tabela 15: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de P total (mg/L), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

P total (mg/L)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	0,082 - 0,298	0,066 - 0,634	0,024 - 0,347	0,058 - 0,140	0,026 - 0,291	0,024 - 0,348	0,333 - 1,206	0,109 - 0,201	0,045 - 0,159
Mediana Baixa-Mar	0,089	0,091	0,039	0,130	0,056	0,047	0,840	0,117	0,115
Gama de valores Preia-Mar	0,017 - 0,438	0,040 - 0,772	0,024 - 0,334	0,015 - 0,222	0,020 - 0,199	0,026 - 0,185	0,041 - 0,403	0,029 - 0,148	0,017 - 0,260
Mediana Preia-Mar	0,069	0,044	0,033	0,037	0,030	0,040	0,066	0,040	0,044

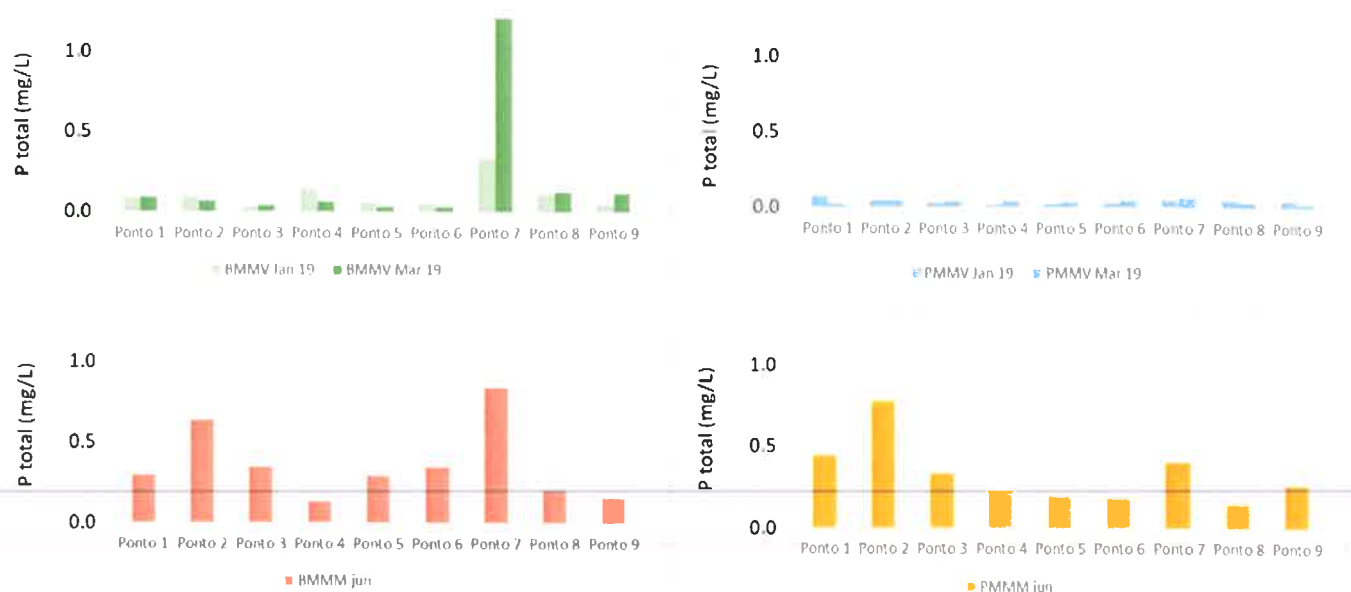


Figura 15: Variação de P total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM).

Em relação à diferença entre BM e PM e entre condições de maré MM e MV, só não houve diferença significativa ($p>0,05$) BM e PM em MM, em junho o que pode também estar relacionado com o efeito do aumento da temperatura da água como referido para os fosfatos.

Praticamente não há registo de dados de P total nas águas da Ria Formosa, dos poucos dados que se conhecem na área do Ludo junto da pista de Aproximação do Aeroporto de Faro, os dados encontrados neste estudo, se forem ignorados os resultados das estações 7 e 2, são da mesma ordem de grandeza (0,076 e 0,270 mg/L; Cravo, 2017.)

3.7. CBO₅

Este parâmetro representa a quantidade de oxigénio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável, por decomposição microbiana aeróbia durante 5 dias a 20 °C. É assim um indicador da quantidade de matéria orgânica lábil (associada a matéria morta ou viva) presente nas amostras.

Os dados obtidos para o conjunto das campanhas encontram-se na Tabela 16. As concentrações obtidas podem considerar-se relativamente baixas, uma vez que foram em geral < 5 mg/L O₂ ou abaixo do limite de deteção dos métodos usados pelos vários laboratórios, e como tal não se fez representação gráfica.

Tabela 16: Valores de CBO₅ (mg/L O₂) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

CBO ₅ (mg/L O ₂)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
BMMV Jan 19	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10
PMMV Jan 19	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
BMMV Mar 19	1	<1	<1	<1	<1	<1	10.4	<1	<1
PMMV Mar 19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
BMMM jun 19	≤ 2	<2	<2	<2	<2	<2	5	4	<2
PMMM jun 19	3	<2	2	<2	2	<2	<2	<2	<2

Espacialmente, os dados mostram ainda, que a quantidade de matéria orgânica presente nas amostras apesar de relativamente baixa, foi máxima na estação 7 (10,4 mg/L O₂), em BM de MV, em março, seguida pela estação 8 e 1. Na estação 1, em junho, o valor de CBO₅ pode revelar alguma influência externa da Ribeira das Lavadeiras. Como a maior parte dos dados estão abaixo do limite de deteção não foram aplicados testes estatísticos para testar a diferença entre marés e entre MV e MM.

Estes valores enquadram-se na gama de valores medidos na Ria Formosa, quer na zona do Ludo (≤ 5 mg/L), no período 2016 e 2017 (Cravo, 2017), como os disponíveis para o período entre 1976-1988 (0,7- 4,2 mg/L O₂), compilados por Barbosa (2010). Estes valores são inferiores ao limite para rejeição de água residuais em meio sensível (DL 152/97), 25 mg/L O₂.

3.8. Contaminação microbiológica na água

Coliformes Totais

Os coliformes totais representam não só a contaminação bacteriana fecal mas também contaminação bacteriana por coliformes de outra origem que não seja a fecal como aquela proveniente de fontes difusas terrestres, escorrência ou decomposição de matéria orgânica não fecal externa ao sistema aquático.

Os valores de concentração de coliformes totais encontram-se nas Tabelas 17 e 18, com o máximo de 104600 NMP/100 ml obtido em março, BM de MV e o mínimo < 10 NMP/100 ml em praticamente todas estações, exceto na 7.

Tabela 17: Gama de valores (mínimo e máximo) de bactérias coliformes totais (NMP/100 ml), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

Bactérias coliformes (NMP/100ml)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	40 - 2190	<10 - 1870	<10 - 320	10 - 160	10 - 60	<10 - 80	4610 - 104600	90 - 6130	10 - 1010
Gama de valores Preia-Mar	<10 - 40	<10 - 30	<10 - 10	<10	<10 - 10	<10	40 - 220	<10 - 10	10 - 30

Tabela 18: Valores de bactérias coliformes totais (NMP/100 ml) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

Bactérias coliformes (NMP/100ml)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
BMMV Jan 19	2190	1870	320	160	30	80	4610	340	200
PMMV Jan 19	20	30	<10	<10	10	<10	50	10	30
BMMV Mar 19	560	960	180	80	60	<10	104600	6130	1010
PMMV Mar 19	<10	10	10	<10	<10	<10	40	10	10
BMMM jun 19	40	<10	10	10	10	<10	9210	90	10
PMMM jun19	40	<10	<10	<10	10	<10	220	<10	10

Especialmente, como para a maioria dos parâmetros anteriores as maiores concentrações encontraram-se na estação 7, seguida da estação 8 e depois pela 1 e 2. Neste caso a contaminação por coliformes totais nas estações 1 e 2 podem refletir alguma contaminação microbiológica, difusa, proveniente da Ribeira das Lavadeiras. Já a gradiente de diminuição da estação 7 para a 9, parece refletir a dispersão da pluma e sua diluição no Esteiro da Garganta para E, em direção à Barra da Armona, como já se explicou anteriormente.



Figura 16: Variação de bactérias coliformes (NMP/100ml) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). Os traços verde e vermelho indicam o VMR e o VMA para águas balneares (DL 236/98 de 1 de Agosto, Anexo XV)

Quanto às diferentes situações de BM e PM (Figura 16), o efeito de diluição é evidente em PM, com a maior influência da descarga do efluente na situação de BM em que o volume de água da Ria diminui (efeito de concentração), particularmente em MV quando se registou o máximo de concentração (104600

NMP/100 ml), que excedeu largamente o VMA para águas balneares (10000 NMP/100 ml). Em PM, todos os valores estão abaixo de VMR para águas balneares (500 NMP/100 ml; DL 236/98).

Enterococos intestinais

Os enterococos intestinais, tal como os coliformes fecais, representam contaminação bacteriana de origem fecal, mas apresentam maior resistência na água do que os coliformes fecais, perdurando por mais tempo na água. Por outro lado, podem ser indicadores de contaminação fecal de aves.

Os valores de concentração de enterococos intestinais encontram-se nas Tabelas 19 e 20, com o máximo de 240 NMP/100 ml obtido em janeiro, BM de MV e o mínimo < 10 NMP/100 ml em todas as estações (Figura 17).

Tabela 19: Gama de valores (mínimo e máximo) de Enterococos intestinais (NMP/100 ml), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

Enterococos intestinais (NMP/100ml)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	<10 - 140	<10 - 240	<10 - 20	<10 - 10	<10 - 20	<10 - 40	30 - 40	<10	<10 - 10
Gama de valores Preia-Mar	<10 - 10	<10 - 10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabela 20: Valores de Enterococos intestinais (NMP/100 ml) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

Enterococos intestinais (NMP/100ml)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
BMMV Jan 19	140	240	20	10	20	40	40	<10	10
PMMV Jan 19	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
BMMV Mar 19	30	20	10	<10	10	<10	40	<10	<10
PMMV Mar 19	10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
BMMM jun 19	<10	<10	<10	<10	<10	<10	30	<10	<10
PMMM jun19	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Especialmente, ao contrário dos parâmetros anteriores, ocorreu um padrão de variação distinto, com as maiores concentrações encontradas nas estações 2 e 1, em BM de janeiro de MV, e só depois na estação 7. Neste caso a contaminação por enterococos terá origem numa contaminação externa ou por aves ou por influência difusa da Ribeira das Lavadeiras.

Em março os valores mais elevados (40 e 30 NMP/100 ml) foram registados nas estações 7 e 1. Em junho, em MM, os valores foram todos menores do que o limite de deteção (10 NMP/100 ml), exceto no Ponto 7.

Em relação ao efeito de diluição, também ocorreu uma notória diminuição em PM face aos valores máximos em BM de MV. Em MM, os valores foram todos baixos, exceto na estação 7 e muito inferiores aos encontrados na BM de MV.



Figura 17: Variação de *Enterococcus intestinalis* (NMP/100ml) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). Os traços verde e vermelho indicam os limites para Qualidade Excelente e para Qualidade Aceitável, respetivamente, para águas costeiras e de transição (DL 113/2012 de 23 de maio, Anexo I)

Relativamente aos critérios de qualidade para águas costeiras e de transição (DL 113/2012), para enterococos, a água parece ter uma qualidade excelente, exceto na estação 1 e 2 em janeiro, em BM, pelos motivos apontados anteriormente.

***Escherichia coli* (E. coli)**

As bactérias *E. coli* são também um indicador de contaminação fecal tal como os enterococos intestinais. Representam cerca de 90 % dos coliformes fecais, apesar de serem mais sensíveis e perdurarem menos no meio aquático.

Os valores de concentração de *E. coli* encontram-se nas Tabelas 21 e 22, com o máximo de 32600 NMP/100 ml obtido em março, BM de MV e o mínimo < 10 NMP/100 ml em todas as estações.

Tabela 21: Gama de valores (mínimo e máximo) de *Escherichia coli* (NMP/100 ml), registada nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Gama de valores Baixa-Mar	<10 - 220	<10 - 240	<10 - 50	<10 - 60	<10 - 20	<10 - 10	20 - 32600	<10 - 1020	<10 - 330
Gama de valores Preia-Mar	<10	<10 - 10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabela 22: Valores de *Escherichia coli* (NMP/100 ml) registados nas estações 1 a 9, durante amostragens de janeiro, março e junho de 2019, nas situações de Baixa-Mar e Preia-Mar

<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
BMMV Jan 19	220	220	50	60	<10	10	770	90	40
PMMV Jan 19	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
BMMV Mar 19	140	240	30	10	20	<10	32600	1020	330
PMMV Mar 19	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
BMMM jun 19	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	<10	<10
PMMM jun19	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Espacialmente, tal como para os coliformes totais e a maioria dos parâmetros, encontraram-se as maiores concentrações nas estações 7, 8 e 9, em BM de MV quer em janeiro, quer em março (Figura 18). Neste caso a contaminação por *E. coli* parece ter como principal fonte a descarga da ETAR. Estes dados também mostram a dispersão do efluente para E do ponto de rejeição, com diminuição clara da estação 7 para a 9. Em junho, em MM, os valores foram praticamente todos menores do que o limite de deteção (<10 NMP/100 ml), exceto no Ponto 7 que teve 20 NMP/100 ml. Tal diminuição pode dever-se a ação germicida da radiação solar que aumenta de janeiro para junho, particularmente em MM, altura em que o tempo de residência na água também aumenta.



Figura 18: Variação de *Escherichia coli* (NMP/100ml) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro, março e junho de 2019, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (BMMV), Preia-Mar de Maré Viva (PMMV), Baixa-Mar de Maré Morta (BMMM) e Preia-Mar de Maré Morta (PMMM). Os traços verde e vermelho indicam os limites para Qualidade Excelente e para Qualidade Aceitável, respetivamente, para águas costeiras e de transição (DL 113/2012 de 23 de maio, Anexo I)

Em relação ao efeito de diluição, também ocorreu uma evidente diminuição em PM face aos valores máximos em BM e em particular em MV.

Relativamente à conformidade normativa, a licença de descarga indica o valor de 300 UFC/100 ml, que segue o DL 236/98, para águas conquícolas. Este valor foi claramente ultrapassado na BM de março, nos locais 7 e 8 e na estação 7 em janeiro, ambas em MV. Relativamente às águas costeiras e de transição (DL 113/2012), observa-se o mesmo padrão, em que nestas 2 estações se ultrapassam amplamente o limite de qualidade excelente (250 UFC/100 ml) e aceitável (500 UFC/100 ml). Para as restantes estações, a qualidade da água relativamente à contaminação por *E. coli* pode considerar-se excelente.

3.9. Contaminação microbiológica nos bivalves

Escherichia coli

A contagem de bactérias *E. coli* nos bivalves permitem avaliar a sua acumulação no tecido, fornecendo uma ideia da contaminação fecal integrada no tempo e não somente o valor instantâneo encontrado na água no momento da amostragem. Uma vez que a Ria Formosa é o maior produtor de bivalves do país e na área de envolvente da rejeição da ETAR existem áreas de produção, como a zona OLH4, contigua com OLH3 e OLH5 faz todo o sentido avaliar o impacto da descarga no meio recetor, a nível de bivalves

Os valores de concentração de *E. coli* nos bivalves, para as campanhas de março e junho, em maré viva e morta, respetivamente encontram-se nas Tabelas 23 e 24.

Na campanha de março (Tabela 23), em MV, foram recolhidas ostras em viveiros próximos das estações 1, 5, 6 e 8 e amêijoas na estação 9. Os dados mostram que as ostras concentraram menos *E. coli* do que as amêijoas. De facto, foi na estação 9, onde a contaminação foi maior (850 UFC/100 ml). Tal pode advir do facto das ostras apresentarem uma taxa de acumulação diferente das amêijoas.

Relativamente à grandeza dos dados, nas estações 1, 5 e 8, os valores nas ostras foram inferiores ao limite de deteção (< 10 UFC/100 ml) enquanto o máximo na estação 9 (850 UFC/100ml) foi superior ao valor normativo de 230 NMP/100 ml para a classificação da zona de produção como A (bivalves apanhados e comercializados para consumo humano direto), podendo considerar-se as amêijoas contaminadas de uma zona de produção B (*E. coli* entre 230 e 4600 NMP/100 ml).

Tabela 23: Resultados de UFC *E. coli*/100 g bivalves na campanha de 22 março 2019

Local das amostras	Espécie de bivalves	Resultado UFC/100 g
E1	Ostras <i>Crassostrea spp</i>	<10
E5	Ostras <i>Crassostrea spp</i>	<10
E6	Ostras <i>Crassostrea spp</i>	50
E8	Ostras <i>Crassostrea spp</i>	<10
E9	Amêijoas <i>Ruditapes decussatus</i>	850

Tabela 24: Resultados de UFC *E. coli*/100 g bivalves na campanha de 27 junho 2019

Local das amostras	Espécie de bivalves	Resultado UFC/100 g
E2	Amêijoas <i>Ruditapes decussatus</i>	50
E5	Amêijoas <i>Ruditapes decussatus</i>	100
E6	Amêijoas <i>Ruditapes decussatus</i>	<10
E7	Amêijoas <i>Ruditapes decussatus</i>	750
E9	Amêijoas <i>Ruditapes decussatus</i>	3227

Na campanha de junho (Tabela 24), em MM, só foram analisadas amêijoas que foram expostas nos 9 locais, durante cerca de um mês. Infelizmente só foram recolhidas amostras nas estações 2, 5, 6, 7 e 9. Os dados revelaram a menor contaminação nas amêijoas recolhidas junto do local 6, o mais próximo da Barra do Farol, enquanto o valor máximo foi encontrado no local 9, sendo mesmo mais elevado do que no local 7 (750 UFC/100 ml), o mais próximo da rejeição do efluente da ETA. O valor máximo de 3227UFC/100 ml ultrapassa largamente o limite imposto para a classificação dos viveiros como Zona A, podendo considerar-se esta concentração típica de classificação B, em que os bivalves apanhados são destinados a depuração, transposição ou transformação em unidade industrial

É de salientar que esta contaminação máxima no ponto 9, foi consistente nos dois meses de amostragem. Há a referir que esta zona fica contígua com a zona de produção OLH3, em que a apanha está proibida/interdita desde o mês de março até à presente data. Os Resultados das determinações

microbiológicas pelo IPMA, em três campanhas decorridas em junho 2019 (<https://www.ipma.pt/pt/bivalves/index.jsp>), revelam contaminação microbiológica das amêijoas, com valores de *E. coli* na zona de produção OLH4- Esteiro da Garganta entre 920 e 17000 NMP/100 ml, muito superior ao valor de 230 NMP/100 mL legislado no Despacho 2227/2013 para viveiros de Zona A, e atualizado no Despacho 2102/2019. Esta zona também fica contígua à zona OLH 3 que está proibida a apanha desde março 2019, como referido anteriormente, pelas análises de *E. coli* nos bivalves com > 46000 NMP/100 mL.

4. Conclusões

Durante o decurso das campanhas realizadas entre janeiro e junho, em Baixa e Preia-Mar, alternadamente em Maré Viva e Maré Morta pode observar-se que há uma dispersão evidente do efluente a partir do ponto de rejeição, em Baixa-Mar, até à estação 7, a mais próxima deste local (cerca de 500 m), mais notória em Maré Viva (altura em que a coluna de água na Ria Formosa é mínima), e que se reflete praticamente em todos os parâmetros, à exceção da temperatura, nitratos, P total e *E. coli* nos bivalves.

A influência da descarga do efluente da ETAR Faro-Olhão foi ainda notória na estação 8, a cerca de 2000 m do ponto de rejeição, possivelmente por dispersão preferencial para Este devido aos padrões de circulação no Esteiro da Garganta em direção à Barra da Armona. Como não existem pontos de amostragem a distâncias equivalentes no canal a Oeste do ponto de rejeição, fica por demonstrar qual será a extensão da dispersão para Oeste.

A renovação da água durante o período enchente é suficiente para causar uma evidente melhoria da qualidade da água, mesmo no ponto mais próximo da descarta da ETAR particularmente em Maré Viva, altura em que o volume de água renovada é máximo. Contudo, mesmo em Preia-Mar, ainda se denota o efeito da rejeição do efluente na estação 7, a mais próxima deste local.

Para os nutrientes, parâmetros de suporte de referência para águas costeiras, à exceção dos locais 7 e 8, onde os valores foram substancialmente mais elevados, os restantes foram semelhantes a valores típicos da Ria Formosa, mas ligeiramente superiores aos valores encontrados na costa aberta do Algarve, obtidos em março 2010, pelo IPIMAR, no âmbito do Projeto EMMA, tal como registado em relação à Ria Formosa.

Para alguns parâmetros (salinidade, oxigénio, coliformes totais e *E. coli* na água), durante o período de estudo, no ponto 7 não ocorreu sempre conformidade com os normativos da legislação aplicável, o que indicia que a nesta fase de construção, pelo menos até junho, o tratamento não está completamente estabilizado e que se refletiu também, neste local numa alteração de cor, aparência e cheiro. Até junho, a diminuição da salinidade significativa até ao ponto 8 em Baixa-Mar, não parece problemática para os bivalves pois não foi superior a 10% relativamente à medida nas águas não afetadas pela descarga.

A questão da baixa oxigenação da água até ao ponto 7 e pontualmente no ponto 8, até maio, durante a Baixa-Mar é preocupante por ocorrerem valores abaixo do VMR para águas conquícolas (70%). Este facto pode conduzir a condições de hipoxia particularmente durante a noite e indicia que ainda persistem na água/sedimentos quantidades de matéria orgânica capazes de causar uma diminuição importante o

oxigénio. O aumento em junho deve-se também não só à hora da amostragem, que em Baixa-Mar foi realizada ao final da tarde, mas também ao facto de se amostrar em condição de Maré-Morta (maior tempo de residência e maior impacto do processo de fotossíntese).

A cor, aparência e cheiro, particularmente no ponto 7, parecem terem vindo a melhorar de forma evidente de janeiro a maio.

A contaminação fecal parece ser importante na área de estudo apesar dos valores máximos terem sido encontrados nos bivalves da estação 9, enquadrada na zona de produção de bivalves OLH4. Esta zona parece estar a ser influenciada pela zona contígua de produção de bivalves OLH3, onde presentemente está proibida a apanha de ameijoas da espécie *Ruditapes decussatus*, por excesso de contaminação por *E. coli*. Na amostragem de junho os valores na estação 7 foram inclusivamente inferiores aos da estação 9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA - Agência Portuguesa do Ambiente, 2010. EEMA - Avaliação do Estado Ecológico das Massas de Água Costeiras e de Transição Adjacentes e do Potencial Ecológico das Massas de Água Fortemente Modificadas. INAG/APA, (POVT-12-0233-FCOES-000017).

Barbosa, A.B. (2010). Seasonal and interannual variability of planktonic microbes in a mesotidal coastal lagoon (Ria Formosa, SE Portugal): impact of climatic changes and local-human influences. In: Coastal Lagoons: critical habitats of environmental change, Eds.: H. Paerl and M. Kennish, CRC Press, Taylor & Francis Group, Marine Science Book Series, Boca Raton, 335-366 pp. ISBN: 978-1-4200-8830-4.

Davis, J. C. (1975). Minimal Dissolved Oxygen Requirements of Aquatic Life with Emphasis on Canadian Species: a Review. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 32(12), 2295–2332. doi:10.1139/f75-268

Rodrigues M., Rosa A., Cravo A., Fortunato A. B., Jacob J. (2017). Report 1 - Characterization of the study areas: Tagus estuary and Ria Formosa. Understanding the biogeochemical buffering capacity of estuaries relative to climate change and anthropogenic inputs. PTDC/AAG-MAA/6899/2014

Cravo, A. 2017. Programa de Monitorização do Aeroporto de Faro –Fase De Execução (2015-2018). 4º Relatório Parcial – PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DO AEROPORTO DE FARO. Relatório final da Componente Águas Superficiais e Fitoplâncton. Campanhas 2016 e 2017. Universidade do Algarve, FCT, Outubro 2017

Despacho 2227/2013. D. R., 2.ª série — N.º 27 de 7-02-2013. Aprova e publica em anexo o Programa de Ação e Medidas para a Melhoria e Controlo da Qualidade da Água na Ria Formosa.

Despacho 2102/2019. D. R., 2.ª série — N.º 43 de 1-03-2019. Relativo a nova classificação das zonas estuarino-lagunares de produção de moluscos bivalves.

Diretiva 2006/113/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12-12-2006. Relativa à qualidade exigida das águas conquícolas.

Decreto-Lei n.º 113/2012. D. R., 1.ª série — N.º 100 de 23-05-2012. Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de junho, procedendo nomeadamente à sua plena conformação com a Diretiva n.º 2006/7/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de fevereiro, relativa à gestão da qualidade das águas balneares, e ao seu ajustamento ao quadro institucional resultante da publicação do Decreto-Lei n.º 7/2012, de 17 de janeiro, que define a orgânica do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, e do Decreto-Lei n.º 56/2012, de 12 de março, que define a orgânica da Agência Portuguesa do Ambiente, I. P.

Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto. DR 176/98 SÉRIE I-A de 1998-08-01. Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n. 152/97 de 19 de Junho. D.R. 139 Serie I-A de 19-06-1997. Relativo à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático, procedendo à transposição para o direito interno da Diretiva n. 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio de 1991.

Decreto-lei nº 135/2009 de 3 de junho (alterado pelo Decreto-lei nº 113/2012 de 23 maio) - estabelece o regime de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares; e as normas de qualidade das águas costeiras e de transição;

Decreto-Lei nº 83/2011, de 20 de junho – Estabelece especificações técnicas para a análise e monitorização dos parâmetros químicos e físico-químicos caracterizadores do estado das massas de água.

ANEXO I

(Parâmetros Analisados)

Estação 1 (37°0'29,695"N; 7°54'41,490"W)												
Parâmetro analisado	BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun
Tipo maré	viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)
Hora	10:50	16:44	10:14	18:00	9:31	18:00	16:59	10:26	15:50	13:07	14:00	11:07
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cheiro	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	12,2	17,7	16,6	23,4	21,2	26,2	14,5	15,1	16,3	19,4	20,5	21,6
Salinidade	36,1	35,8	37,0	36,9	37,7	37,6	36,4	36,3	36,5	36,8	37,0	36,8
pH	7,96	8,24	8,04	8,13	7,93	8,13	8,15	8,07	8,11	8,03	8,09	8,06
O ₂ (mg/L)	7,12	10,31	8,01	9,47	5,74	7,94	8,22	7,71	8,44	7,49	7,86	6,86
O ₂ (% sat)	83	135	108	137	81	121	101	96	103	101	109	97
SS (mg/L)	17,60	-	23,80	-	-	8,19	14,04	-	6,40	-	-	38,61
NH ₄ ⁺ µM	12,97	-	3,57	-	-	0,36	1,11	-	1,88	-	-	0,46
NO ₃ ⁻ µM	23,84	-	14,12	-	-	0,48	0,65	-	0,68	-	-	0,30
NO ₂ ⁻ µM	1,30	-	0,73	-	-	0,12	0,15	-	0,04	-	-	0,10
PO ₄ ³⁻ µM	0,71	-	0,21	-	-	0,18	0,17	-	0,14	-	-	0,04
SiO ₄ ⁴⁻ µM	7,46	-	10,30	-	-	7,15	2,25	-	1,15	-	-	3,59
P total (mg/L)	0,082	-	0,089	-	-	0,298	0,069	-	0,017	-	-	0,438
N total (mg/L)	0,793	-	0,367	-	-	0,040	0,152	-	0,155	-	-	0,033
CBO5 (mg/L O ₂)	<10	-	1	-	-	≤2	<10	-	<1	-	-	3
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	2190	-	560	-	-	40	20	-	<10	-	-	40
Escherichia coli (NMP/100ml)	220	-	140	-	-	<10	10	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	140	-	30	-	-	<10	10	-	10	-	-	<10

Estação 2 (37°0'7,355"N; 7°54'26,56"W)												
Parâmetro analisado	BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun
Tipo maré	viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)
Hora	9:51	16:41	9:51	19:04	9:36	18:07	16:52	10:19	15:39	13:11	14:04	11:12
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cheiro	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	12.5	17.2	15.5	26.8	21.3	24.9	15.2	15.0	16.4	18.6	19.7	20.2
Salinidade	36.2	36.2	36.7	36.8	37.3	37.1	36.3	36.3	36.6	36.7	36.9	36.5
pH	7.68	8.20	7.97	8.08	8.01	8.12	8.14	8.06	8.07	8.03	8.09	8.10
O ₂ (mg/L)	6.99	9.64	6.65	8.96	6.64	7.98	7.96	7.57	8.01	7.66	7.78	7.31
O ₂ (% sat)	82	125	83	128	93	119	99	94	102	102	106	100
SS (mg/L)	16.9	-	15.63	-	-	3.3	6.2	-	6.2	-	-	8.6
NH ₄ ⁺ µM	2.54	-	12.63	-	-	0.63	0.44	-	1.75	-	-	0.305
NO ₃ ⁻ µM	5.03	-	3.50	-	-	0.77	0.92	-	0.64	-	-	0.387
NO ₂ ⁻ µM	1.33	-	0.99	-	-	0.11	0.16	-	0.09	-	-	<0.02
PO ₄ ³⁻ µM	3.27	-	0.36	-	-	0.24	0.12	-	0.13	-	-	0.052
SiO ₄ ⁴⁻ µM	5.10	-	5.77	-	-	5.04	1.47	-	2.14	-	-	2.905
P total (mg/L)	0.091	-	0.066	-	-	0.634	0.044	-	0.040	-	-	0.772
N total (mg/L)	0.377	-	0.224	-	-	0.048	0.888	-	0.158	-	-	0.009
CBOD ₅ (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	<10	-	<1	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	1870	-	960	-	-	<10	30	-	10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	220	-	240	-	-	<10	10	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	240	-	20	-	-	<10	<10	-	10	-	-	<10

		Estação 3 (36°59'38,353"N; 7°54'37,958"W)															
Parâmetro analisado	BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun					
Tipo maré	viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)					
Hora	10:09	16:53	10:34	19:14	9:43	18:12	16:46	10:33	16:04	13:19	14:13	11:19					
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada					
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal					
Cheiro	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem					
Temperatura °C	13.6	16.5	15.8	20.6	21.0	23.4	15.6	15.1	16.0	18.0	18.1	20.0					
Salinidade	36.4	36.3	36.7	36.9	37.2	36.9	36.3	36.1	36.4	36.7	36.7	36.6					
pH	8.06	8.22	8.05	8.06	8.02	8.13	8.14	8.10	8.15	8.03	8.09	8.12					
O ₂ (mg/L)	7.63	10.46	7.42	8.09	6.95	7.84	7.81	8.11	8.81	7.83	8.19	7.4					
O ₂ (% sat)	92	134	94	112	97	114	98	101	111	103	108	101					
SS (mg/L)	15.1	-	8.9	-	-	4.6	4.3	-	6.0	-	-	5.7					
NH ₄ ⁺ µM	16.63	-	0.70	-	-	0.40	0.65	-	0.40	-	-	2.09					
NO ₃ ⁻ µM	1.18	-	1.27	-	-	0.34	1.12	-	0.35	-	-	0.32					
NO ₂ ⁻ µM	0.22	-	0.16	-	-	0.05	0.17	-	0.02	-	-	<0.02					
PO ₄ ³⁻ µM	0.37	-	0.14	-	-	0.10	0.14	-	0.05	-	-	0.25					
SiO ₄ ⁴⁻ µM	2.534	-	3.014	-	-	3.706	1.503	-	0.989	-	-	3.122					
P total (mg/L)	0.024	-	0.039	-	-	0.347	0.024	-	0.033	-	-	0.334					
N total (mg/L)	0.15	-	0.17	-	-	0.03	0.16	-	0.15	-	-	0.01					
CBOD5 (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	<10	-	<1	-	-	2					
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	320	-	180	-	-	10	<10	-	10	-	-	<10					
Escherichia coli (NMP/100ml)	50	-	30	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10					
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	20	-	10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10					

		Estação 4 (37°0'0,373"N; 7°53'24,909"W)											
Parâmetro analisado		BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun
Tipo maré		viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)
Hora		11:00	17:22	11:10	19:35	9:55	18:44	16:16	10:55	16:45	13:42	14:38	11:46
Cor		Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada
Aparência		Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Chéiro		Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C		13.1	17.8	16.3	23.0	19.5	25.8	15.4	15.2	16.7	20.9	20.6	23.2
Salinidade		36.3	36.3	36.7	37.0	37.0	37.1	36.3	36.3	36.5	36.8	37.0	36.9
pH		8.02	8.27	8.00	8.22	8.04	8.24	8.14	8.13	8.16	8.00	8.10	8.09
O ₂ (mg/L)		7.23	10.27	7.64	10.40	7.03	9.32	7.92	7.67	9.04	8.00	8.34	6.51
O ₂ [% sat]		86	134	97	150	95	142	99	95	116	111	115	94
SS (mg/L)		17.3	-	17.3	-	-	14.0	5.3	-	7.4	-	-	11.3
NH ₄ ⁺ µM		13.16	-	7.38	-	-	0.38	0.41	-	0.67	-	-	2.11
NO ₃ ⁻ µM		2.33	-	2.17	-	-	0.91	1.04	-	0.29	-	-	0.45
NO ₂ ⁻ µM		0.73	-	0.49	-	-	0.06	0.17	-	0.02	-	-	0.06
PO ₄ ³⁻ µM		0.68	-	0.38	-	-	0.20	0.13	-	0.04	-	-	0.78
SiO ₄ ⁴⁻ µM		7.39	-	8.23	-	-	5.59	1.60	-	1.22	-	-	6.56
P total (mg/L)		0.140	-	0.058	-	-	0.130	0.015	-	0.037	-	-	0.222
N total (mg/L)		0.32	-	0.18	-	-	0.035	0.15	-	0.15	-	-	0.017
CBOS (mg/L O ₂)		<10	-	<1	-	-	<10	<10	-	<1	-	-	<10
Bactérias coliformes (NMP/100ml)		160	-	80	-	-	10	<10	-	<10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)		60	-	10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)		10	-	<10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10

Parâmetro analisado		Estação 5 (36°59'57,859"N; 7°52'38,793"W)											
		BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun
Tipo maré		viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)
Hora		11:29	17:12	10:59	19:30	10:01	18:36	16:11	10:50	16:33	13:36	14:32	11:40
Cor		Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada
Aparência		Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cheiro		Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C		13.4	17.4	15.2	22.8	20.4	25.2	15.4	15.2	16.4	19.7	19.6	20.4
Salinidade		36.4	36.3	36.6	37.0	37.1	37.0	36.3	36.1	36.4	36.7	36.7	36.5
pH		8.06	8.27	8.03	8.15	8.01	8.20	8.16	8.15	8.18	8.12	8.12	8.17
O ₂ (mg/L)		7.45	9.83	7.43	9.33	6.34	8.71	8.27	8.30	9.24	8.78	8.49	8.15
O ₂ (% sat)		90	128	93	134	87	131	103	103	117	119	115	112
SS (mg/L)		16.9	-	7.4	-	-	7.3	12.1	-	6.3	-	-	7.28
NH ₄ ⁺ µM		4.43	-	1.69	-	-	1.50	0.65	-	0.54	-	-	0.30
NO ₃ ⁻ µM		1.19	-	1.35	-	-	0.38	0.98	-	0.42	-	-	0.07
NO ₂ ⁻ µM		0.34	-	0.29	-	-	<0.02	0.12	-	<0.02	-	-	0.04
PO ₄ ³⁻ µM		0.31	-	0.18	-	-	0.26	0.13	-	0.03	-	-	0.06
SiO ₄ ⁴⁻ µM		3.51	-	3.21	-	-	5.50	1.44	-	0.58	-	-	1.92
P total (mg/L)		0.056	-	0.026	-	-	0.291	0.020	-	0.030	-	-	0.199
N total (mg/L)		0.158	-	0.172	-	-	0.239	0.151	-	0.151	-	-	0.010
CBOD ₅ (mg/L O ₂)		10.0	-	<1	-	-	<2	<10	-	<1	-	-	2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)		30	-	60	-	-	10	10	-	<10	-	-	10
Escherichia coli (NMP/100ml)		<10	-	20	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)		20	-	10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10

Estação 6 (36°59'11.019"N; 7°52'11.997"W)												
Parâmetro analisado	BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun
Tipo maré	viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)
Hora	11:16	17:05	10:50	19:25	10:06	18:28	16:30	10:46	16:18	13:30	14:25	11:33
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Transparente	Esverdeada	Transparente
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cheiro	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.7	17.0	16.0	21.7	21.0	23.3	15.6	15.3	16.7	19.7	18.6	17.2
Salinidade	36.3	36.3	36.6	36.9	37.3	36.6	36.3	36.1	36.5	36.6	36.7	36.2
pH	8.08	8.28	8.07	8.19	7.99	8.25	8.15	8.09	8.18	8.09	8.17	8.18
O ₂ (mg/L)	7.45	8.78	8.15	9.44	6.57	7.59	8.07	7.95	9.22	8.70	8.17	8.53
O ₂ (% sat)	90	114	103	133	91	124	101	99	118	113	109	110
SS (mg/L)	8.49	-	9.76	-	-	7.44	5.49	-	3.43	-	-	5.96
NH ₄ ⁺ µM	2.44	-	<0.09	-	-	0.43	0.38	-	0.23	-	-	0.17
NO ₃ ⁻ µM	0.90	-	0.56	-	-	0.34	1.14	-	0.41	-	-	0.57
NO ₂ ⁻ µM	0.23	-	0.12	-	-	<0.02	0.14	-	<0.02	-	-	0.02
PO ₄ ³⁻ µM	0.31	-	0.10	-	-	0.08	0.20	-	0.03	-	-	0.06
SiO ₄ ⁴⁻ µM	2.39	-	3.23	-	-	3.74	1.49	-	0.65	-	-	1.28
P total (mg/L)	0.047	-	0.024	-	-	0.348	0.026	-	0.040	-	-	0.185
N total (mg/L)	0.293	-	0.162	-	-	0.033	0.152	-	0.150	-	-	0.016
CBOD ₅ (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	<10	-	<1	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	80	-	<10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	10	-	<10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	40	-	<10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10

Estação (37°0'37.552"N; 75°33'38.351"W)													
Parâmetro analisado	BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun	
Tipo maré	viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)	
Hora	12:21	16:07	9:03	18:17	7:44	17:28	15:54	10:11	15:24	12:35	13:37	10:57	
Cor	Acastanhada	Acastanhada	castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	caqui	Esverdeada	Acastanhada	Acastanhada	Castanho esverdeado	Esverdeada	Caqui	
Apresenta	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Normal	Influência da ETAR	Alguma influência ETAR	Influência da ETAR	Normal	Alguma influência ETAR	
Cheiro	Com	Com	Com	Com	Com	Sem	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Sem	
Temperatura °C	13,0	17,7	15,9	23,0	21,3	26,8	14,3	15,1	16,4	21,2	21,1	23,9	
Salinidade	34,9	32,0	30,9	32,0	33,4	33,9	36,3	35,2	36,6	36,0	36,9	36,3	
pH	7,95	7,90	7,72	7,80	7,75	8,09	8,10	7,98	8,06	7,87	8,04	7,97	
O ₂ (mg/L)	6,40	6,51	5,18	6,05	3,16	7,43	7,64	6,40	7,93	5,58	6,90	5,86	
O ₂ (% sat)	75	83	63	85	43	112	93	79	101	77	96	86	
SS (mg/L)	54,9	-	69,0	-	-	7,8	11,8	-	8,3	-	-	27,1	
NH ₄ ⁺ µM	138,99	-	188,48	-	-	33,19	4,27	-	2,61	-	-	6,69	
NO ₃ ⁻ µM	10,71	-	13,69	-	-	3,71	1,46	-	0,67	-	-	1,78	
NO ₂ ⁻ µM	6,94	-	6,16	-	-	4,78	0,35	-	0,16	-	-	1,05	
PO ₄ ³⁻ µM	9,49	-	16,28	-	-	21,66	0,30	-	0,13	-	-	4,61	
SiO ₄ ⁴⁻ µM	17,46	-	37,79	-	-	22,29	2,42	-	2,13	-	-	9,69	
P total (mg/L)	0,333	-	1,206	-	-	0,840	0,041	-	0,066	-	-	0,403	
N total (mg/L)	5,080	-	0,420	-	-	1,246	0,300	-	0,157	-	-	0,302	
CBOD ₅ (mg/L O ₂)	<10	-	10	-	-	5,0	<10	-	<1	-	-	<2	
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	4610	-	104600	-	-	9210	50	-	40	-	-	220	
Escherichia coli (NMP/100ml)	770	-	32600	-	-	20	<10	-	<10	-	-	<10	
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	40	-	40	-	-	30	<10	-	<10	-	-	<10	

Estação 8 (37°0'40.562"N; 7°52'42.726"W)												
Parâmetro analisado	BM jan	BM fev	BM mar	BM abr	BM mai	BM jun	PM jan	PM fev	PM mar	PM abr	PM mai	PM jun
Tipo maré	viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)	viva (coef. 105)	morta (coef. 50)	viva (coef. 94)	morta (coef. 52)
Hora	12:11	16:00	8:46	18:01	7:26	17:16	15:45	10:06	15:15	12:22	13:26	10:50
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Caqui	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Alguma influência ETAR	Esverdeada	Esverdeada
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Alguma influência ETAR	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cheiro	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.2	17.4	15.4	23.2	21.6	25.8	15.2	15.2	16.1	19.1	19.0	21.7
Salinidade	36.1	35.1	36.3	35.9	36.8	36.3	36.3	36.1	36.4	36.7	36.8	36.5
pH	8.05	8.06	7.90	8.10	7.92	8.10	8.13	8.07	8.12	8.02	8.06	8.00
O ₂ (mg/L)	7.09	8.21	6.50	9.60	4.85	9.31	7.93	7.80	8.64	7.17	7.72	6.97
O ₂ (% sat)	85	106	81	138	68	140	99	97	109	96	104	97
SS (mg/L)	13.5	-	28.6	-	-	5.0	8.2	-	11.9	-	-	9.2
NH ₄ ⁺ µM	19.99	-	37.17	-	-	29.25	1.30	-	0.42	-	-	1.83
NO ₃ ⁻ µM	3.77	-	5.69	-	-	8.36	1.15	-	0.54	-	-	0.52
NO ₂ ⁻ µM	1.73	-	2.48	-	-	0.83	0.18	-	<0.02	-	-	0.05
PO ₄ ³⁻ µM	1.28	-	1.31	-	-	3.61	0.35	-	0.05	-	-	0.28
SiO ₄ ⁴⁻ µM	4.81	-	5.92	-	-	6.28	1.72	-	1.14	-	-	3.46
P total (mg/L)	0.109	-	0.117	-	-	0.201	0.040	-	0.029	-	-	0.148
N total (mg/L)	0.963	-	0.275	-	-	0.030	0.222	-	0.150	-	-	0.026
CEBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	4	<10	-	<1	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	340	-	6130	-	-	90	10	-	10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	90	-	1020	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	<10	-	<10	-	-	<10

Parâmetro analisado		Estação 9 (37°0'40,562"N; 7°52'3,448"W)											
Tipo maré	BM jan	BM fev		BM mar		BM abr		BM mai		BM jun		PM jan	
		viva (coef. 104)	morta (coef. 42)	viva (coef. 110)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 92)	morta (coef. 56)	viva (coef. 56)	morta (coef. 56)	viva (coef. 103)	morta (coef. 39)
Hora	11:59	15:53	15:53	8:36	17:55	7:19	15:07	15:07	15:07	15:07	15:07	15:37	10:01
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cor	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.8	16.7	16.7	15.3	21.7	21.1	25.0	25.0	16.2	18.9	17.9	15.5	15.2
Salinidade	36.3	36.2	36.2	36.5	36.8	37.0	36.7	36.7	36.4	36.6	36.7	36.3	35.9
pH	8.09	8.05	8.05	7.78	8.13	7.99	8.10	8.10	8.04	8.06	8.09	8.14	7.87
O ₂ (mg/L)	7.46	8.76	8.76	7.10	8.97	8.14	8.39	8.39	8.74	7.83	5.91	7.94	7.96
O ₂ (% sat)	90	112	112	89	127	82	125	125	111	105	107	99	99
SS (mg/L)	6.9	-	-	11.6	-	-	3.7	3.7	5.7	-	-	4.1	-
NH ₄ ⁺ µM	5.02	-	-	10.71	-	-	0.36	0.36	0.68	-	-	0.99	-
NO ₃ ⁻ µM	1.22	-	-	2.00	-	-	0.46	0.46	0.32	-	-	1.32	-
NO ₂ ⁻ µM	0.39	-	-	0.84	-	-	0.09	0.09	<0.02	-	-	0.15	-
PO ₄ ³⁻ µM	1.15	-	-	0.51	-	-	0.82	0.82	<0.03	-	-	0.46	-
SiO ₄ ⁴⁻ µM	2.85	-	-	3.65	-	-	5.44	5.44	0.62	-	-	1.56	-
P total (mg/L)	0.045	-	-	0.115	-	-	0.159	0.159	0.017	-	-	0.044	-
N total (mg/L)	0.301	-	-	0.206	-	-	0.049	0.049	0.151	-	-	0.151	-
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	-	<1	-	-	<2	<2	<1	-	-	<10	-
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	200	-	-	1010	-	-	10	10	10	-	-	30	-
Escherichia coli (NMP/100ml)	40	-	-	330	-	-	<10	<10	<10	-	-	<10	-
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	10	-	-	<10	-	-	<10	<10	<10	-	-	<10	-

1º RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA ENVOLVENTE DA ETAR DE FARO-OLHÃO (FASE DE CONSTRUÇÃO)



Equipa envolvida:
Amélia Carvalho Dill
Luís Costa
Cristele Santos
Pedro Abrantes

Monitorização das Águas Subterrâneas

1. Introdução e Enquadramento geográfico

No presente relatório são apresentados e discutidos os trabalhos efectuados referentes à Monitorização das Águas Subterrâneas - Fase de Construção no âmbito do Projecto de Execução da nova ETAR Faro – Olhão, com particular destaque para a análise de qualidade dos recursos hídricos subterrâneos durante a fase de construção da ETAR. Trata-se do primeiro relatório de monitorização no que respeita à monitorização das águas subterrâneas, a que se seguirão relatórios semestrais de acordo com as campanhas de monitorização da fase de exploração da ETAR, durante um período de 3 anos.

Os objectivos inerentes ao programa de monitorização proposto consistem em verificar a evolução das características das águas subterrâneas na área de intervenção, na área de influência da ETAR e no ponto de descarga. A caracterização dos impactes da ETAR nas águas subterrâneas é realizada através da observação dos pontos de amostragem, tanto na fase de construção como durante a sua exploração. O programa de monitorização visa a obtenção de dados periódicos, e incluem dados obtidos em campanhas realizadas antes do início do projecto, de forma a constituir um registo histórico de dados, e a identificar, acompanhar e avaliar eventuais alterações da qualidade das massas de água subterrâneas identificadas na área do projecto, em particular, do aquífero *PTM12 - Campina de Faro* (ou *PTM19 - Campina de Faro - subsistema Faro* de acordo com o II ciclo de Planeamento de Gestão dos Recursos hídricos) e do *PTOM0a - Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento*.

O objectivo principal do Programa de Monitorização, consiste em averiguar e quantificar, de forma mais precisa e exacta, os impactes associados à modernização da ETAR, tanto na fase de construção, como durante a sua exploração, nos recursos hídricos subterrâneos da área envolvente. Por outro lado, pretende-se com este programa, assegurar a verificação do cumprimento dos limites aceitáveis em termos de poluição hídrica (*Decreto-Lei n.º 236/98, de 01 de Agosto*, na sua redacção actual, *Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto* e as *Normas de Qualidade Ambiental* identificadas no 2º ciclo do *Plano de Gestão dos Recursos Hídricos da Região Hidrográfica 8 – Ribeiras do Algarve*).

É importante referir que a ETAR se situa no limite sul de uma importante massa de água subterrânea (Figura 1), o aquífero *PTM12 Campina de Faro* (ou *PTM19 - Campina de Faro - Subsistema Faro*, de acordo com o 2º Ciclo do *PGRH*), que é actualmente uma importante reserva de água utilizada para rega na região. Uma descrição detalhada do aquífero *PTM12 – Campina de Faro* pode ser consultada em Almeida, Mendonça, Jesus, & Gomes, 2000. No entanto, o ponto de descarga da ETAR situa-se fora dos limites do aquífero *Campina de Faro*, localizando-se numa secção da massa de água subterrânea *PTOM0a Orla Meridional Indiferenciado da Bacia das Ribeiras do Algarve*, pouco importante em termos de exploração.

O Sistema Aquífero da Campina de Faro pertence à *Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8)* sendo administrada pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), através do respectivo plano de gestão, assumindo a designação de Massa de Água Subterrânea da Campina de Faro (M12) durante o primeiro ciclo dos planos de Gestão da Região Hidrográfica.

1.1 Enquadramento Geral da Área em Estudo

A ETAR de Faro-Olhão juntamente com o emissário e o descarregador da ETAR, situam-se no concelho de Faro, a cerca de 2,5 km a Este do centro da cidade de Faro, junto à zona lagunar da Ria Formosa, conforme se pode verificar através da Figura 1. A descarga da ETAR ocorre directamente para a Ria Formosa.

De acordo com a delimitação dos *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental* e o *Plano de Gestão de Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve - RH8 (Agência Portuguesa do Ambiente)* e com a nova nomenclatura adoptada, a área de estudo localiza-se na *unidade hidrogeológica da Orla Meridional*, no extremo sul das *massas de água subterrânea Campina de Faro - Subsistema Faro PTM19_C2* (17,5% da área da ETAR) e *Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento - PTM03RH8_C2* (82,5% da área da ETAR). Estas são massas de água que são ainda exploradas para rega, o que acontece em particular e com maior relevo nas zonas mais a Norte do aquífero Campina de Faro.

Desta forma, foram inicialmente seleccionados para amostragem quatro pontos de observação, 3 dos quais correspondentes à zona de descarga (situada sobre a massa de água Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento) e um ponto a montante, junto à delimitação entre as duas massas de água referidas (como se apresenta adiante na Figura 3 do subcapítulo 3.2. Lamentavelmente, o piezómetro (PZ1), um dos pontos mais representativos do aquífero, por se tratar de um furo profundo, especialmente concebido para a monitorização em contínuo, foi inexplicavelmente e literalmente arrasado durante os trabalhos de terraplanagem efectuados no âmbito da renovação da ETAR, não tendo sido até ao momento recuperado/reconstruído, pelo que não serão apresentados dados de qualidade química referentes ao mesmo.

O Sistema Interceptor e de Tratamento de Águas Residuais de Faro e Olhão irá receber os efluentes produzidos nos três municípios (Faro, Olhão e S. Brás de Alportel).

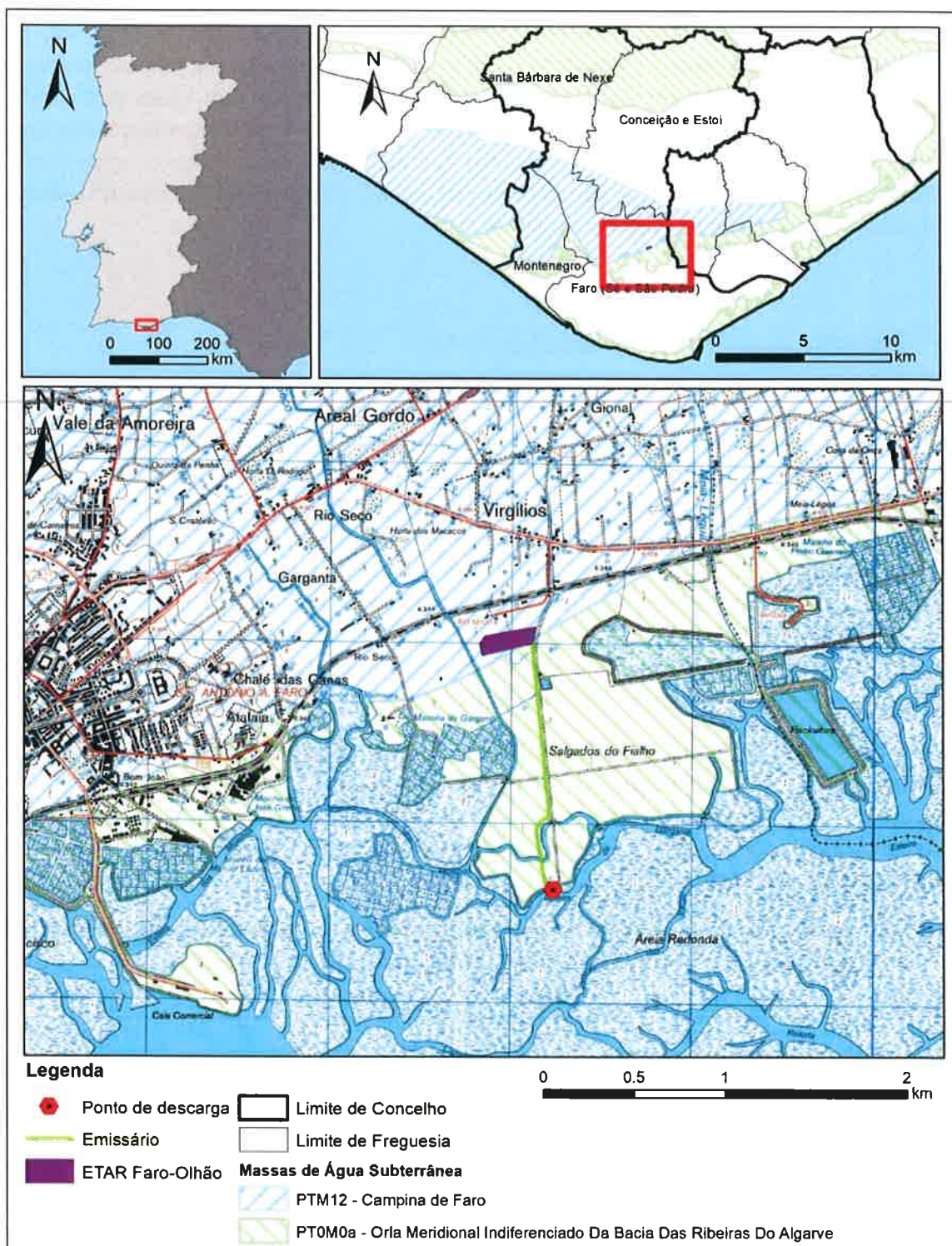


Figura 1 – Enquadramento cartográfico e administrativo da ETAR de Faro-Olhão e dos sistemas aquíferos de interesse na área de estudo, na cartografia militar (carta militar nº 611) de escala 1:25000 do IGeoE.

1.2 Equipa do Projecto

A componente de monitorização das águas subterrâneas do projecto está a cargo da Professora Amélia Carvalho Dill e do doutorando Luís Costa e tem a colaboração dos Engenheiros do Ambiente Cristele Santos e Pedro Abrantes.

Amélia Carvalho Dill, professora na Universidade do Algarve desde 1985 e doutorada em Ciências/Hidrogeologia pela Universidade de Neuchâtel, Suíça tem vasta experiência na área de Planos de Monitorização em águas subterrâneas, com participação em vários projectos de investigação nacionais e internacionais relacionados com problemas de contaminação das águas subterrâneas, por indústrias, aterros sanitários, minas abandonadas, resíduos radioactivos e ETAR, nomeadamente no campo da geofísica aplicada a problemas ambientais e no estudo e monitorização de sistemas aquíferos costeiros.

2. Programa de Monitorização

De forma a realizar os objectivos previstos no *RECAPE* e na *Proposta de Metodologia para Planos de Monitorização da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Faro-Olhão* foi definido um plano de amostragem que contempla os parâmetros preconizados no *AIA* e *DIA* do projecto, juntamente com as considerações relativas aos locais de amostragem e frequência de amostragem. O plano de monitorização divide-se em duas etapas, fase de construção e fase de exploração. Para cada uma destas fases, está prevista a elaboração de relatórios de monitorização que deverão ser entregues às *Águas do Algarve* – 1) um relatório final de monitorização no final da fase de construção (o presente relatório); 2) relatórios de monitorização periódicos que deverão acompanhar os resultados das campanhas de amostragem semestrais, durante a fase de exploração

Antes de se ter dado início ao período de monitorização, procedeu-se a uma caracterização hidrogeológica prévia de potenciais pontos de amostragem (poços e furos), de forma a identificar as principais direcções de escoamento subterrâneo local e parâmetros hidrogeológicos *in situ* (nível, condutividade eléctrica, pH, Nitritos, nitratos e perfis verticais de condutividade eléctrica).

Nos subcapítulos que se seguem descrevem-se em detalhe as metodologias implementadas no plano de monitorização dos recursos hídricos subterrâneos da ETAR Faro-Olhão.

2.1 Parâmetros a monitorizar

A listagem de parâmetros a monitorizar durante a fase de construção (Tabela 1) seguiu as indicações propostas no relatório *Planos de Monitorização da Estação de tratamento de Águas Residuais de Faro – Olhão*, juntamente com as recomendações das medidas de minimização identificadas no *EIA* e na *Declaração de Impacte Ambiental (DIA)*, não obstante os impactes identificados para alguns dos parâmetros terem sido considerados pouco significativos.

Tabela 1 – Parâmetros a monitorizar nas águas subterrâneas durante as fases de construção e exploração.

Fase de construção	Fase de exploração
Parâmetro	Parâmetro
Nível piezométrico	Nível piezométrico
pH	pH
Sólidos suspensos totais	Sólidos suspensos totais
Temperatura	Temperatura
Condutividade	Condutividade
Nitratos	Nitratos

Fase de construção	Fase de exploração
Parâmetro	Parâmetro
--	Nitritos
--	Azoto Kjeldahl
--	Azoto amoniacal
--	Ferro
--	Manganês
--	Cálcio
--	Magnésio
--	Sódio
Bicarbonatos	Bicarbonatos
--	Potássio
--	Zinco
--	Níquel
--	Arsénio
--	Cobre
--	Cádmio
--	Crómio Total
--	Chumbo
--	Selénio
--	Mercurio
--	Cianetos
Sulfatos	Sulfatos
Cloretos	Cloretos
Fosfatos	Fosfatos
Coliformes totais	Coliformes totais
<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>Enterococcus</i>
Esporos de clostrídios sulfitorredutores	Esporos de clostrídios sulfitorredutores
Óleos e gorduras	--
Hidrocarbonetos totais	--

Inicialmente e de acordo com as recomendações da *DIA* estavam previstas análises aos parâmetros microbiológicos, coliformes fecais, estreptococos fecais e salmonelas, mas estes foram substituídos por *E. coli*, enterococos e esporos de clostrídios sulfitorredutores.

Relativamente às águas, a tendência é de analisar coliformes totais (como medida da contaminação bacteriana alóctone), *E.coli* (como medida da contaminação fecal humana e animal) e *Enterococcus faecalis*, antigamente designados por estreptococos fecais e referidos como enterococos, por estes últimos prevalecerem mais tempo em suspensão na água do que a *E. coli*. De acordo com o D.L. 306/2007 de 27 de Agosto, verifica-se que os únicos indicadores de contaminação fecal requeridos para águas de consumo humano são *E. coli* e enterococos.

Na Ria Formosa, os enterococos são também indicadores de contaminação fecal de aves, já que as aves, ao invés dos mamíferos libertam mais enterococos nas fezes do que coliformes.

No que respeita às salmonelas, os quatro decretos-lei que regulam as descargas das águas residuais, nomeadamente D.L. 152/1997, D.L. 348/1998, D.L. 149/2004 e D.L. 198/2008, são omissos em relação às salmonelas. As salmonelas aparecem na água sempre em muito menor concentração do que a *E. Coli*, pelo que não faz sentido analisar esse parâmetro, além de que nem salmonelas nem coliformes fecais se multiplicam no ambiente. Mesmo que uma grande percentagem da população fosse portadora de salmonela, a proporção da *E. Coli* libertada nas fezes seria sempre muito maior. Assim, a detecção de salmonelas apenas indicaria a gravidade da contaminação fecal, gravidade que já seria indicada pelas concentrações de *E. coli*. De facto, só se encontram salmonelas sem o correspondente aumento da concentração de coliformes,

quando os próprios amostradores (humanos) são portadores passivos. Como se irá poder confirmar no subcapítulo 3.1, que diz respeito aos dados pré-existentes, de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente, nunca foi detectada a existência de salmonelas num total de 10 colheitas de amostras no ponto a de monitorização a montante da ETAR (*PJ1* – 611/175).

No final da fase de construção estava igualmente prevista uma amostragem de referência da fase de exploração com os parâmetros assinalados como fase de exploração na Tabela 1. Devido ao atraso que ocorreu da data de início do Projecto, simplificou-se este processo, tendo-se realizado uma única recolha na fase de construção e analisado os parâmetros referentes à fase de construção e exploração, acabando por ser esta a considerada como situação de referência.

2.2 Locais e técnicas de amostragem

No que respeita aos locais de amostragem foram seleccionados 2 pontos para recolha de amostras de água para análise, tanto para a fase de construção, como para a fase de exploração da ETAR, aos quais se atribui a nomenclatura de pontos de monitorização oficial. Um dos pontos é representativo do sector a jusante (*PJ1*) e o outro do sector a montante (*PM1*) da ETAR (Figura 2). No que respeita ao ponto de monitorização a montante, seleccionou-se para *PM1*, o piezómetro 611/75 após recomendação da APA, uma vez que faz parte da rede oficial de monitorização de qualidade de águas subterrâneas do mesmo organismo e já possui um histórico de informação.

O ponto originalmente previsto para jusante, era o piezómetro *PZ1* (Figura 3), com cerca de 22 metros de profundidade que havia sido construído no âmbito do projecto de investigação POCI/MAR/58427/2004. No entanto, esta hipótese teve de ser abandonada, uma vez que o piezómetro terá sido inadvertidamente destruído nos trabalhos de terraplanagem desenvolvidos na ETAR. Assim, como alternativa e até à sua substituição/reconstrução, optou-se por utilizar um poço de largo diâmetro junto ao descarregador como o ponto de amostragem a jusante (*PJ1* - Figura 2).

Foram considerados 2 pontos adicionais, apenas para registo de níveis e algumas medições *in situ*, aos quais se atribuiu a nomenclatura de pontos de monitorização complementar: considerou-se um ponto representativo do sistema a montante (*PM2*) e outro a jusante (*PJ2*). A inclusão destes pontos contribui para a definição de uma rede de piezometria mais ampla, o que permite definir com maior rigor as principais direcções de escoamento subterrâneo.

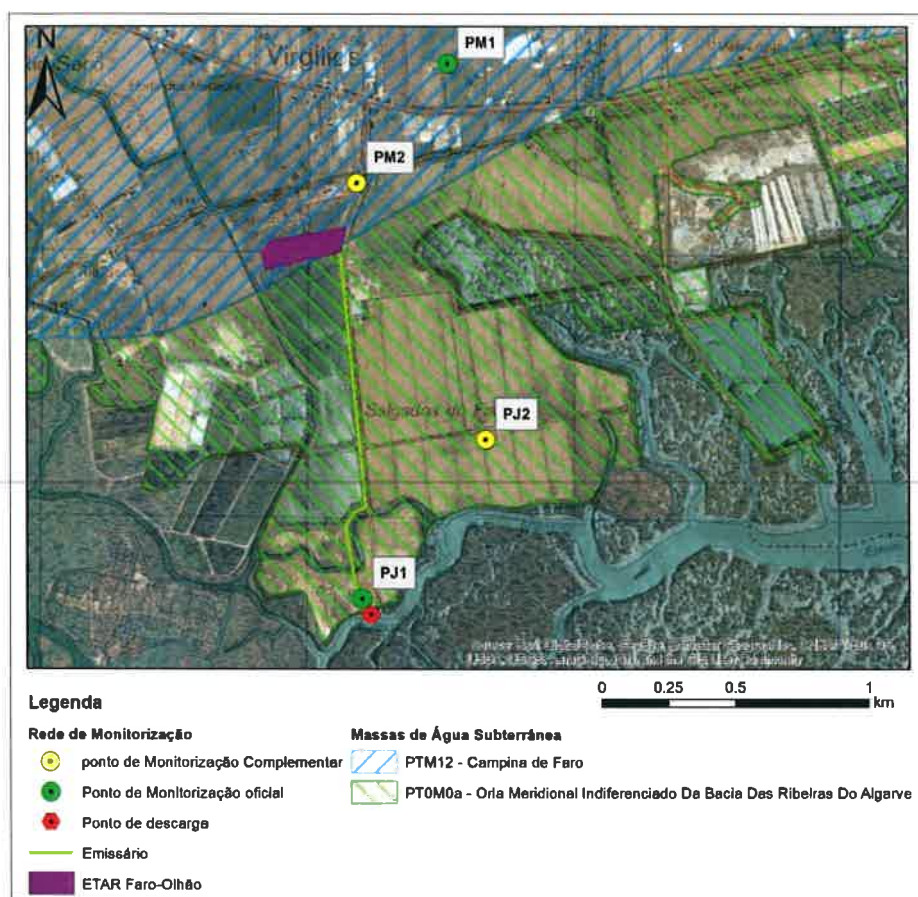


Figura 2 – Localização da rede de monitorização dos recursos hídricos subterrâneos (Oficial e complementar).

As coordenadas dos pontos identificados na rede de monitorização no sistema ETRS89 TM06 – Portugal apresentam-se na seguinte tabela:

Tabela 2 - Identificação dos pontos de monitorização de acordo com o tipo de monitorização e respectivas coordenadas em projectadas em sistema ETRS 89 TM06 - Portugal.

Nome completo	Tipo de monitorização	ID	X	Y
Poço Jusante 1	Oficial	PJ1	20964.1	-295120
Poço Montante 1 (611/175)	Oficial	PM1	21290.3	-293098
Poço Jusante 2	Complementar	PJ2	21428.66	-294519
Poço Montante 2	Complementar	PM2	20947.4	-293551

Refere-se ainda que, para o PM1, a recolha é feita através de uma torneira ligada à bomba instalada no poço, após deixar correr a água cerca de 2 minutos, para remover a água estagnada na canalização. Já no PJ1, a recolha é feita com recurso a um amostrador de águas subterrâneas, aos 3 metros de profundidade da coluna de água, de forma a evitar potenciais contaminações de origem superficial.

2.3 Calendário de Amostragem

Durante a fase de construção foi prevista uma primeira campanha de amostragem com análise dos parâmetros identificados na coluna “Fase de construção” da Tabela 1 e, no final da fase de construção, uma nova campanha de amostragem com os parâmetros identificados na coluna “fase de exploração” da mesma tabela, de forma a definir o estado de referência do arranque do projecto para a fase de exploração. Tendo em conta o atraso no início do projecto, optou-se por juntar as duas campanhas de amostragem da fase de construção numa única campanha, cujos resultados são apresentados no presente relatório. Assim, a campanha de amostragem referente à fase de construção/estado de referência da fase de exploração teve lugar a 14 de Fevereiro de 2019.

Na fase de exploração da ETAR os registos para o nível de água, a condutividade eléctrica e para o pH passarão a ser mensais. Nesta fase, a monitorização da qualidade da água subterrânea é efectuada com recurso a análises semestrais, correspondendo à época de águas altas (Março) e época de águas baixas (Setembro), durante um período de um ano, que se poderá estender por três anos. No final de cada ano de monitorização esta periodicidade irá ser revista em função dos resultados obtidos. Foi ainda recomendado o recurso a sonda de medição automática do nível, condutividade eléctrica e da temperatura *CTD*, nomeadamente no *PZ1*, durante o primeiro ano da fase de exploração da ETAR. Dificuldades de ordem logística já mencionadas, impediram até agora de levar a cabo essa tarefa.

As amostras são sempre colhidas na maré baixa, para que seja captada água de descarga do aquífero e não águas de mistura com a água do mar. No caso da amostragem semestral, as colheitas devem ser efectuadas em Setembro, no final da época de águas baixas e, em Março, no final da época de águas altas.

O cronograma de trabalho previsto para o desenvolvimento dos trabalhos de monitorização massas de água subterrânea da fase de exploração da ETAR de Faro-Olhão apresenta-se na Tabela 3. A periodicidade representada nesta tabela repete-se durante a fase de construção, no entanto deverão ser considerados os parâmetros indicados na primeira coluna da Tabela 1.

Tabela 3 – Calendarização do plano de amostragem das águas subterrâneas para o período de exploração.

Parâmetros	Pontos de amostragem	Frequência	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
Condutividade eléctrica, pH, nível e temperatura	Furos e poços na envolvente da ETAR	Mensal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Carência química e bioquímica de oxigénio, nitritos, nitratos, amónia, fosfatos, carbono orgânico total, cloretos e microbiológicos	2 pontos de monitorização referidos no subcapítulo 0	Semestral			x Março						x Setembro			
Análise completa de elementos maiores, elementos vestigiais (onde se incluem os metais pesados), microbiológicos e varrimento de compostos orgânicos	2 pontos de monitorização referidos no subcapítulo 0	Anual									x Setembro			

2.4 Métodos de amostragem

As análises dos parâmetros de qualidade foram realizadas em 3 laboratórios distintos, de acordo com as valências e capacidade de cada laboratório, nomeadamente, Laboratório da Agência Portuguesa do Ambiente, Laboratório da Águas do Algarve, S.A., e no Laboratório de Análises Químicas da Universidade do Algarve.

Os Métodos de recolha das amostras e interpretação dos resultados foram planeados de acordo com as principais referências bibliográficas na área da hidrogeologia e hidrogeoquímica (Freeze and Cherry, 1979; Domenico and Schwartz, 1990; Fetter, 2001; Appelo and Postma, 2005).

3. Antecedentes e resultados prévios ao projecto

No presente capítulo procede-se a uma análise prévia do estado dos recursos hídricos nas imediações da ETAR Faro-Olhão. Desta forma, pretende-se consolidar o conhecimento sobre a hidrogeologia na área de estudo, para permitir uma análise mais concisa dos resultados das campanhas de amostragem. Assim, a equipa de trabalho procedeu a uma pré-análise antes da entrada em vigor da monitorização oficial do projecto que consistiu em 3 etapas:

- Análise do estado de qualidade com base na rede oficial de monitorização da Agência Portuguesa do Ambiente, cujos dados estão disponíveis online na plataforma dos Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH);
- Realização de várias saídas de campo prévias à data de início do projecto, com o objectivo de identificar pontos de monitorização complementares à rede oficial de amostragem do projecto;
- Medição de vários parâmetros hidrogeológicos em vários períodos de tempo nos pontos identificados no parágrafo anterior, em particular medição de níveis, condutividade eléctrica (CE) e perfis verticais de CE, pH, Nitritos e Nitratos.

Nos subcapítulos seguintes apresentam-se as considerações relativas aos antecedentes do projecto.

3.1 Dados de qualidade SNIRH

Os dados de qualidade pré-existent na base de dados do SNIRH para o ponto *PJ1* (identificado pela mesma plataforma como 611/175) permitem consolidar o estado de referência a montante da ETAR. Estes dados são recolhidos e analisados pela APA, no âmbito do programa de monitorização de vigilância, neste caso particular, no aquífero Campina de Faro.

O resumo estatístico dos dados obtidos apresenta-se na tabela que se segue:

Tabela 4 – Resumo estatístico das análises de qualidade efectuadas pela APA no ponto PM1 (611/175).
Fonte: SNIRH.

Parâmetro	Número de valores	Mínimo	Média	Máximo
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃) (mg/L)	8	263	276.6	294
Alcalinidade total (mg/L CaCO ₃) (mg/L)	20	245	259.8	270
Arsénio dissolvido (mg/L) (mg/L)	3	0.0005	7E-04	0.001
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄) (mg/L)	38	0.013	0.036	0.38
Benzeno (ug/L) (ug/L)	2	<0.5	<0.5	<0.5
Bicarbonato (mg/L)	28	299	322.4	358
Chumbo dissolvido (ug/L) (ug/L)	3	<0.5	1.2	2.6
Cloreto (mg/L) (mg/L)	38	66	73.37	84
Cobre dissolvido (mg/L) (mg/L)	2	<0.01	0.012	0.013
Coliformes Fecais (MPN/100ml)	11	0	28.82	300
Coliformes Fecais UFC (UFC/100ml)	6	0	40.83	89
Coliformes Totais (MPN/100ml)	11	50	321.3	1100
Coliformes Totais UFC (UFC/100ml)	7	10	944.3	2800
Condutividade (μS/cm)	11	665	728.5	866
Condutividade de campo a 20°C (μS/cm)	3	700	744.3	801
Condutividade de laboratório a 20°C (μS/cm)	27	660	721.8	924
Cor (PtCo)	17	0	2.618	5
Cádmio dissolvido (ug/L) (ug/L)	3	<0.125	<0.125	<0.125
Cálcio (mg/L) (mg/L)	25	69	88.64	102
Desetilatrastina (ug/L) (ug/L)	3	<0.025	<0.025	<0.025
Desetilbutilastina (ug/L) (ug/L)	3	<0.025	<0.025	<0.025
Diurão (ug/L) (ug/L)	2	<0.025	<0.025	<0.025
Dureza (mg/L)	1	320	320	320
Dureza total (mg/L)	22	286	306.5	330
Dureza total (CaCO ₃) (mg/L)	11	300	312.1	335
<i>E. Coli</i> (/100ml) (MPN/100ml)	1	9	9	9
<i>E. Coli</i> (UFC/100 ml) (UFC/100ml)	8	0	11	65
Enterecocos Intestinais (NMP/100ml) (MPN/100ml)	4	0	10	25
Enterecocos intestinais (UFC/100 ml) (UFC/100ml)	11	2	74.36	500
Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	10	0	27.9	120
Etilbenzeno (ug/L) (ug/L)	2	<0.5	<0.5	<0.5
Ferro dissolvido (mg/L) (mg/L)	7	<0.05	<0.05	<0.05
Ferro total (mg/L) (mg/L)	18	<0.01	0.09	0.81
Fosfato Total (mg/L PO ₄) (mg/L)	10	<0.015	0.027	0.044
Fósforo total (mg/L) (mg/L)	2	0.029	0.03	0.031
Linurão (ug/L) (ug/L)	2	<0.025	<0.025	<0.025
Magnésio (mg/L) (mg/L)	25	16	21.13	28
Manganês dissolvido (mg/L) (mg/L)	4	0.01	0.014	0.026
Manganês total (mg/L) (mg/L)	14	0	0.007	0.01
Mercúrio dissolvido (ug/L) (ug/L)	3	<0.005	0.024	0.062
Nitrato Total (mg/L NO ₃) (mg/L)	38	3	12.34	26
Nitrito Total (mg/L NO ₂) (mg/L)	38	<0.004	0.012	0.015
Ortofosfato Total (mg/L P ₂ O ₅) (mg/L)	12	0	0.025	0.1
Oxidabilidade ao Permanganato (mg/L) (mg/L)	36	0.5	1.023	7.5
Oxigénio dissolvido - campo (%) ((%))	11	58	76.73	98
Oxigénio dissolvido - campo (mg/L) (mg/L)	10	5.2	13.97	78.7
Oxigénio dissolvido - Lab (%) ((%))	4	69	73.35	81.1
Potássio (mg/L) (mg/L)	5	1.5	1.86	2.5
Salmonela (pres./aus.) (pres.[>0]/aus.[0])	1	0	0	0
Salmonela 1 000 ml (pres./aus.) (pres.[>0]/aus.[0] /1L)	7	0	0	0
Salmonelas (UFC /1L) (UFC/1L)	2	0	0	0
Sulfato (mg/L) (mg/L)	36	25	30.99	41
Sódio (mg/L) (mg/L)	1	41	41	41
Temperatura Amostra (°C)	14	19.7	20.67	22.9

Parâmetro	Número de valores	Mínimo	Média	Máximo
Terbutilazina (ug/L) (µg/L)	3	<0.025	<0.025	<0.025
Tetracloroetileno ou Percloroetileno ou Tetracloroetano (ug/L) (µg/L)	1	<0.5	<0.5	<0.5
Tolueno (ug/L) (µg/L)	2	<0.5	<0.5	<0.5
Tricloroetileno ou Tricloroetano (ug/L) (µg/L)	1	<0.5	<0.5	<0.5
Xilenos - mistura de isómeros (ug/L) (µg/L)	2	<0.5	<0.5	<0.5
Zinco dissolvido (mg/L)	2	0.02	0.021	0.022
pH - campo (-)	1	7.13	7.13	7.13
pH - Lab. (-)	38	7	7.178	8.14

As análises disponíveis no SNIRH para o ponto 611/175 abrangem um período desde 28 de Abril de 1998 até 25 de Outubro de 2017. Estes valores serão comparados com os resultados das análises obtidas no decorrer do projecto, apresentadas no capítulo 3.3.

3.2 Identificação de Pontos de Monitorização

De forma a tornar o processo de monitorização mais célere, a equipa de águas subterrâneas optou por realizar uma inventariação de potenciais pontos de controlo, antes do início do projecto. Desta forma foram efectuadas campanhas de campo nos dias 02/02/2017, 25/02/2017 e 10/01/2019 que permitiram a identificação das características dos pontos de controlo seleccionados e a sua viabilidade para ser incluídos na rede de monitorização e amostragem. Numa fase pré-projecto, concebeu-se um plano de amostragem que originalmente incluía 4 pontos de controlo, conforme se apresenta na Figura 3.

Por motivos financeiros, este plano teve de ser reajustado para 2 pontos de controlo, um a montante (*PM1*) e outro a jusante (*PJ1*) da ETAR. O ponto de controlo *PZ1* era a escolha inicial para ser o ponto de monitorização a jusante. Corresponhia a um piezómetro pouco profundo (22 metros), mandado construir pela Universidade do Algarve, no âmbito do projecto *POCI/MAR/58427/2004 "FLORESCÊNCIAS DE ALGAS VERDES NA RIA FORMOSA E PRAIAS ADJACENTES"*. Estava localizado a cerca de 350 metros a Norte-Nordeste do ponto de descarga da ETAR e situado sobre a massa de água subterrânea Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento. Infelizmente, como já mencionado anteriormente, o piezómetro foi destruído e inviabilizado no decorrer das obras de terraplanagem na envolvente da ETAR. Optou-se subsequentemente por considerar o "Poço Jusante1" identificado na Figura 3 como o ponto de controlo a jusante (*PJ1*).

No que respeita ao ponto de controlo a montante, tinha sido inicialmente previsto ser o "Poço Montante" identificado na Figura 3 (ou *PM2*, segundo a rede de monitorização final, apresentada na Figura 2), situado a cerca de 1600 m a norte do ponto de descarga da ETAR, sobre o aquífero *PTM12 - Campina de Faro*. Por sugestão da APA, o ponto de controlo a montante foi reajustado, passando a ser o ponto de controlo da rede oficial de qualidade da APA com o ID 611/175 (identificado no actual projecto como *PM1*), uma vez que já existe um historial de dados de qualidade neste ponto desde 1998, conforme se apresentou no subcapítulo 3.1. O *PM1* localiza-se a cerca de 2085 m a norte do ponto de descarga da ETAR, numa moradia particular Figura 2.



Figura 3 Proposta original de pontos de monitorização pré-projecto com a localização para a monitorização dos recursos hídricos subterrâneos. Poço Jusante corresponde ao PJ1, Poço Montante corresponde ao PM2, Poço Este corresponde ao PJ2 e o Piezómetro "Profundo" ao PZ1.

3.3 Recolha de dados hidrogeológicos pré-projecto

Previamente ao início do projecto, à semelhança do descrito no ponto anterior, a equipa de águas subterrâneas procedeu a várias saídas de campo com o intuito de proceder a uma caracterização hidrogeológica da área de estudo.

Neste âmbito, foram realizadas medições de nível em vários pontos de monitorização, juntamente com medição de parâmetros hidrogeológicos *in situ*, em particular, condutividade eléctrica e perfis verticais de condutividade, temperatura, pH, nitratos e nitritos.

Para efeitos de recolha de dados hidrogeológicos antecedentes ao projecto, foram efectuadas campanhas de campo nos dias 02/02/2017, 25/02/2017, 04/01/2019, 10/01/2019 e 08/02/2019.

De seguida, apresentam-se os resultados relativos à recolha de dados hidrogeológicos prévios ao projecto efectuados pela equipa de águas subterrâneas.

3.3.1 Poço Montante 1 – PM1

O ponto de controlo *Poço Montante 1 – PM1* corresponde a um dos pontos de controlo da rede oficial de qualidade da APA no aquífero PTM12 – Campina de Faro.

Este foi o último ponto a ser incluído na rede de monitorização, pelo que apenas se apresenta um conjunto de dados referentes à data de 10/01/2019. Neste dia, o ponto de controlo apresentava o nível à cota de 3.36 metros sobre o nível médio do mar, com uma condutividade eléctrica de 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$, temperatura de 18.5 °C e um pH de 7.11. Adicionalmente, as tiras indicadores de nitratos e nitritos apresentavam valores de cerca de 10 e 0 mg/L respectivamente.

O perfil vertical de condutividade efectuado no PM1 (Figura 4) apresenta um decréscimo pouco significativo da condutividade com a profundidade, com valores situados entre os 747 e os 764 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dentro dos valores considerados típicos para este sector do aquífero, que variam entre os 600 e 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

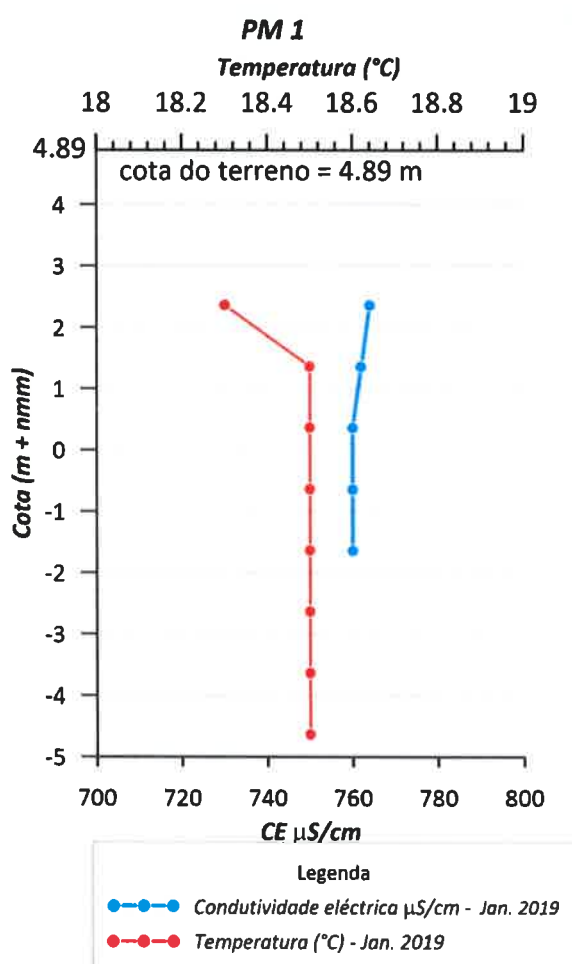


Figura 4 Perfil vertical de condutividade eléctrica e temperatura para o ponto PM1, realizado a 10 de Janeiro de 2019

3.3.2 Poço Montante 2 – PM2

O Poço Montante 2 – PM2, corresponde a um poço de largo diâmetro, coberto, de particulares, localizado a cerca de 1600 metros a Norte do descarregador da ETAR.

O PM2 tem como objectivo apenas a realização de medições *in situ* de modo a complementar o conhecimento acerca das variáveis hidrogeológicas a uma escala mais alargada da zona de estudo.

As medições efectuadas permitem verificar que o nível piezométrico no PM2 varia entre 1.5 e 2 metros sobre o nível médio do mar, com condutividades algo elevadas, a rondar os 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que indica que pode haver recirculação de nutrientes, como é bastante comum no sector central do aquífero da Campina de Faro.

Foram realizados dois perfis verticais de condutividade e temperatura, um a 25 de Fevereiro de 2017 e outro a 4 de Janeiro de 2019, mas em nenhuma das datas revelou estratificação vertical (Figura 5).

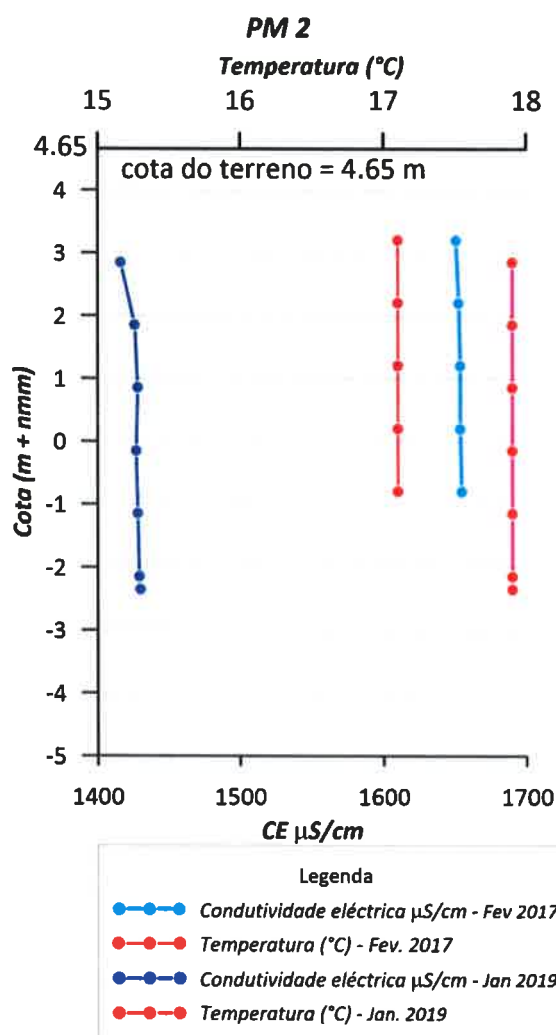


Figura 5 Perfis verticais de condutividade eléctrica e temperatura para o ponto PM2, realizados a 25 de Fevereiro de 2017 e 04 de Janeiro de 2019.

3.3.3 Piezómetro profundo – *PZ1*

O ponto *PZ1*, tinha sido inicialmente previsto como o ponto de monitorização a jusante da ETAR. Por ter sido destruído e inviabilizado no decorrer das obras de terraplanagem na envolvente da ETAR, não foi possível obter dados, após a data de início do projecto. No entanto adquiriram-se previamente alguns dados em 2017, sobre a variação da condutividade eléctrica e da temperatura com a profundidade. De relembrar que o piezómetro tinha cerca de 22 metros de profundidade e estava em perfeitas condições de funcionamento. São sobre esses dados que fazem as seguintes observações:

A água presente no piezómetro apresenta características de influência de domo salino, como é possível verificar pelo perfil vertical de condutividade apresentado na Figura 6. A condutividade à superfície é semelhante à da água que corre na ribeira ao lado do piezómetro (que apresenta uma condutividade de 52 mS/cm). No entanto, à medida que a profundidade aumenta, verificam-se dois grandes aumentos de condutividade, o primeiro cerca de 4-5 metros abaixo do nível médio do mar, de 52 mS/cm para 56 mS/cm e o segundo dos 60 para os 70 mS/cm, por volta dos 12 metros abaixo do nível médio do mar. No que respeita à temperatura, é possível verificar uma fase de mistura de água de superfície e do aquífero, logo no primeiro metro de coluna de água (-0.18 metros abaixo do nível do mar). Posteriormente verifica-se uma subida acentuada de temperatura dos 17.6 °C, à cota de -0.18 m, até aos 19.4 °C à cota de -4.18 m, a partir da qual se verifica uma estabilização. Note-se que o piezómetro tinha sido construído na altura, ao longo do alinhamento correspondente à anomalia eletromagnética detectada na Ria Formosa pela equipa da UAlg (Stigter, Carvalho Dill, Malta, Santos, 2013) e propositadamente próximo da ETAR, para estudar a sua influência nos blooms de algas verdes da Ria Projecto ALGAE –POCI/MAR/58427/2004.

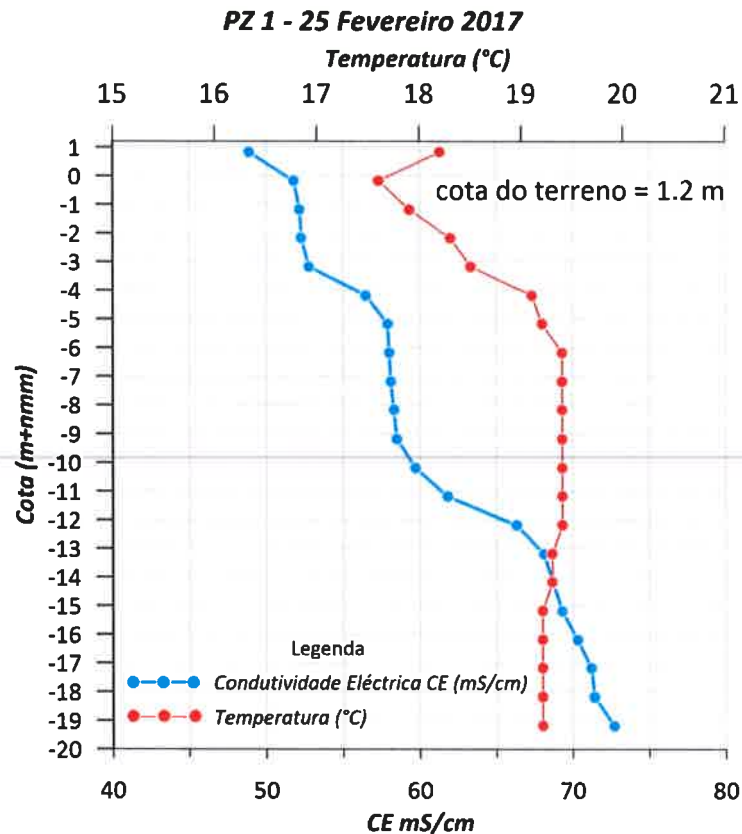


Figura 6 Perfil vertical de condutividade eléctrica e temperatura para o ponto PZ1 realizado a 25 de Fevereiro de 2017.

3.3.4 Poço Jusante 2 – PJ2

O Poço Jusante 2 – PJ2, corresponde a um poço de largo diâmetro, destapado, pertencente a particulares e situado a cerca de 750 metros a Nordeste do ponto de descarga. Este ponto está equipado com uma bomba e é explorado com alguma regularidade, para abeberamento animal.

À semelhança do PM2, o PJ2, tem como objectivo apenas a realização de medições *in situ* como forma de complementar o conhecimento sobre as variáveis hidrogeológicas na área alargada da zona de estudo.

Foram realizados dois perfis verticais no PJ2, cujos resultados se apresentam na Figura 7. Verificou-se que tanto a condutividade eléctrica, como a temperatura apresentavam valores mais altos na medição de Inverno (Janeiro de 2019), do que na medição efectuada na Primavera de 2017. Apesar da proximidade com a Ria Formosa, os dados sugerem que não há ocorrência de influência de água salgada neste ponto, a condutividade apresenta valores típicos de água subterrânea naturalmente doce.

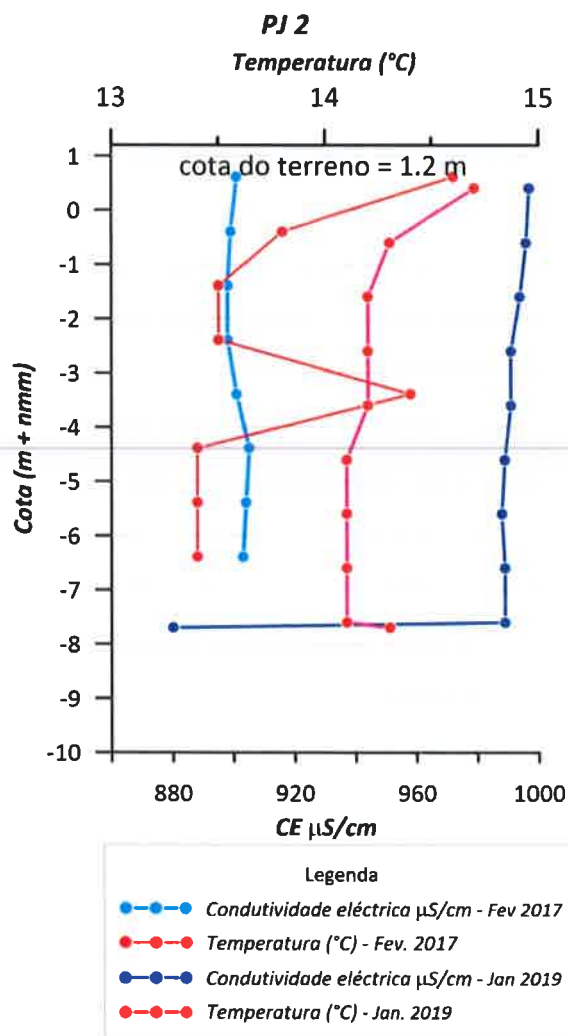


Figura 7 Perfis verticais de condutividade eléctrica e temperatura para o ponto PJ2, realizados a 25 de Fevereiro de 2017 e 04 de Janeiro de 2019.

3.3.5 Poço Jusante 1 – PJ1

O Poço Jusante 1 – PJ1, é um poço de largo diâmetro, a descoberto, situado no terreno da ETAR. Trata-se do ponto oficial de monitorização e amostragem a jusante da ETAR e situa-se cerca de 50 metros a Norte do descarregador da ETAR. Actualmente não é utilizado, nem está equipado com bomba, mas, segundo o antigo proprietário, este poço foi explorado com bomba no passado. Foi até feita uma tentativa de o aprofundar através de um furo no poço, o que o acabou por inutilizar: a interface água doce-água salgada foi ultrapassada, o isolamento da camada de água salina resultou deficiente, o que provocou o aumento da salinização da água do poço, que passou a ter água salobra.

Foram realizadas medições pré-projecto no PJ2 em 4 ocasiões diferentes, nomeadamente, a 02/02/2017, 25/02/2017, 04/01/2019, 08/01/2019. Em todas elas, o nível piezométrico variou muito pouco, situando-se cerca dos 0.79 e os 0.84 metros sobre o nível médio do mar. Já a condutividade apresentou valores que variavam entre os 15.75 ms/cm e os 23.8 ms/cm, o que sugere a influência do efeito de maré neste ponto, com valores mais altos de condutividade aquando da maré alta e valores mais baixos medidos durante marés baixas. O pH no poço

apresentou variações entre os 6.53 e os 6.81, enquanto que as tiras indicadores de nitritos e nitratos, em nenhuma ocasião apresentaram influência destes dois parâmetros.

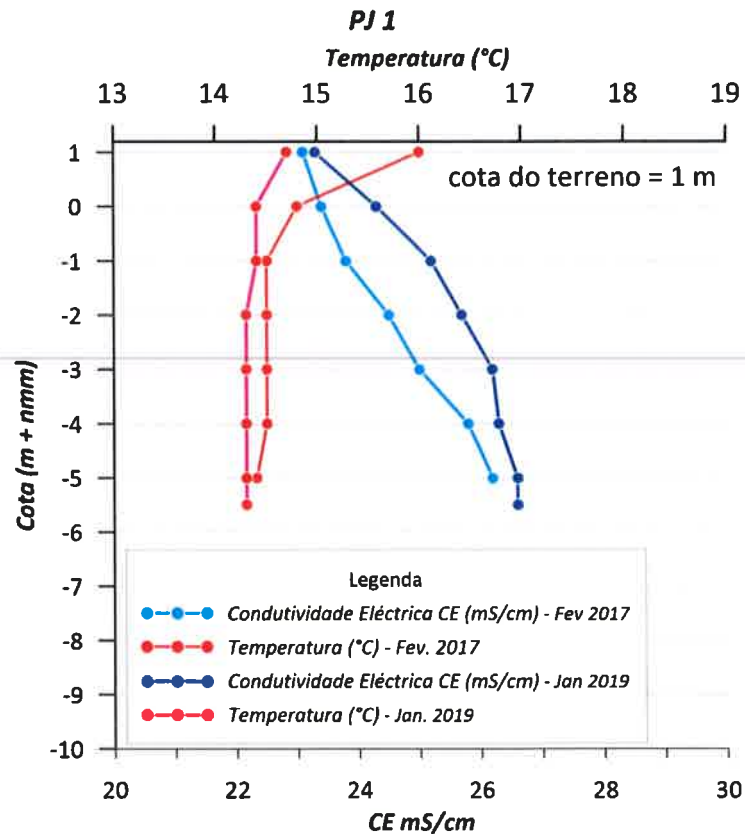


Figura 8 Perfis verticais de condutividade eléctrica e temperatura para o ponto PJ1, realizados a 2 de Fevereiro de 2017 e 04 de Janeiro de 2019.

Adicionalmente, foram realizados dois perfis verticais de condutividade e temperatura (Figura 8). Estes evidenciaram um aumento linear da condutividade com a profundidade, o que é indicativo do efeito de salinização por água do mar no poço já referido. Os valores máximos registados de condutividade são da ordem dos 25 ms/cm, indicativos de mistura de água doce e água do mar no poço, uma vez que a água do mar apresenta valores de condutividade na ordem dos 50 ms/cm.

4. Resultados

No presente capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados referentes ao programa de monitorização de águas subterrâneas na área de estudo. Os resultados obtidos nas campanhas de amostragem são posteriormente comparados com as ferramentas legais em vigor e as normas de qualidade ambiental para a *Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8)* e com resultados anteriores, quando disponíveis.

4.1 Resultados obtidos

Os resultados obtidos são apresentados de acordo com os parâmetros de monitorização apresentados no subcapítulo 2.1 e englobam a análise dos parâmetros referentes à fase de construção e ao estado de referência da fase de exploração. A campanha de amostragem decorreu a 14 de Fevereiro de 2019, às 16:35 para o *PJ1* e às 17:15 para o *PM1*, de forma a coincidir com a baixa-mar e, consequentemente, a altura de maior descarga do aquífero. Na Tabela 5 apresentam-se os resultados obtidos para os pontos de monitorização de montante (*PM1*) e de jusante (*PJ1*) respectivamente.

Tabela 5 – Resultados das análises de qualidade obtidos para os pontos de monitorização a montante (PM1) e jusante (PJ1) referente à fase de construção e o respectivo laboratório (Lab.) em que foi analisado cada parâmetro.

Parâmetro	Fase Construção - 14/02/2019			
	<i>PM1</i>	Lab.	<i>PJ1</i>	Lab.
Condutividade <i>in situ</i> (µs/cm)	769	In situ	16720	In situ
pH	7.15	In situ	6.9	In situ
Piezometria (m sobre nível médio do mar)	2.96	In situ	0.79	In situ
Profundidade ao nível (m)	2.62	In situ	0.9	In situ
Temperatura (°C)	17.6	In situ	15.4	In situ
Arsénio µg/L As	0.50	AdA	<10	LAQ
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	0.004	AdA	0.03	LAQ
Azoto Kjeldahl (mg/L N)	1.94	AdA	0.14	LAQ
Azoto total mg/L N	7.08	AdA		
Bicarbonatos (mg/L)	329	LAQ	275	LAQ
Cádmio (µg/L Cd)	0.32	AdA	<0.5	LAQ
Cálcio (mg/L)	92.83	AdA	112	LAQ
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	<1,0 (LQ)	ARH	<2,0 (LQ)	ARH
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L)	2	LAQ	1	LAQ
Carência Química de Oxigénio (mg/L)			3.3	LAQ
Chumbo (mg/L Pb)	0.00	AdA	0.025	LAQ
Cianetos µg/L CN	<2,0 (LQ)	ARH	2.2	ARH
Cloretos (mg/L Cl)	78.33	AdA	12188	AdA
Cobre (mg/L)	<0.005	LAQ	0.006	LAQ
Crómio Total (µg/L Cr)	0.49	AdA	40	LAQ
Ferro (µg/L Fe)	13.87	AdA	171	LAQ
Fosfatos (mg/L)	0.10	AdA	0.008	ACravo
Magnésio (mg/L Mg)	21.50	AdA	23.7	LAQ
Manganês (µg/L Mn)	0.55	AdA	15	LAQ
Mercurio (mg/L Hg)	<0.001	LAQ	<0.001	LAQ
Níquel (µg/L Ni)	0.47	AdA	8	LAQ
Nitratos (mg/L)	22.72	AdA	0.9	ACravo
Nitritos (mg/L)	0.004	AdA	0.002	ACravo
Potássio (mg/L K)	2.57	AdA	4.12	LAQ
Selénio µg/L Se	1.88	AdA	<10	LAQ
Sódio (mg/L Na)	50.19	AdA	5300	LAQ
Sólidos suspensos totais (mg/L)	1.62	LAQ	5.22	LAQ
Sulfatos mg/L SO ₄	35.18	AdA	1169	LAQ
Zinco (mg/L Zn)	0.01	AdA	0.023	LAQ
Coliformes totais (Número/100ml)	2420	AdA	1120	AdA
<i>E. coli</i> (Número/100ml)	56	AdA	0	AdA
<i>Enterococcus faecalis</i> (Número/100ml)	47	AdA	4	AdA
Esporos de clostrídios sulfitorredutores NMP/100mL	43	LAQ	<1	LAQ

É importante referir que a qualidade da análise química efectuada para o *PJ1* é deficiente, apresentando um erro de balanço na ordem dos - 22%, o que teoricamente será indicador de erros cometidos na análise química e de valores não muito fiáveis. O balanço hidroquímico parte do princípio que a água está em equilíbrio eléctrico. Desta forma, a fiabilidade de uma análise química pode ser averiguada através do cálculo do balanço eléctrico ou erro de balanço (E.B.). Este corresponde à soma das cargas positivas e negativas na água dos iões maiores (catiões: Na⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺; aniões: Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻) aos quais se adiciona, sempre que se justifique, os iões menores (K⁺, e NO₃⁻) e pode ser calculado de acordo com a seguinte equação (Appelo and Postma, 2005):

$$\text{Erro de Balanço (E.B., \%)} = \frac{(\text{Soma dos catiões} + \text{Soma dos aniões})}{(\text{Soma dos catiões} - \text{Soma dos aniões})} \times 100$$

[concentrações de catiões e aniões expressas em meq/L]

Por convenção, considera-se o erro do balanço aceitável até ±5% para uma amostra. A partir de ± 5% a análise química deverá ser repetida, pois os resultados não são de confiança.

A aplicação da equação do E.B. às amostras *PJ1* e *PM1* apresenta-se na tabela que se segue:

Tabela 6 – Concentração dos principais catiões e aniões em mg/L e meq/L das análises efectuadas no PM1 e PJ1 e o respectivo Erro de balanço calculado para cada ponto.

	<i>PM1</i>				<i>PJ1</i>			
	lão	[mg/L]	[meq/L]	Lab	lão	[mg/L]	[meq/L]	Lab
Catiões	Na ⁺	50.19	2.18	AdA	Na ⁺	5300	230.54	LAQ
	K ⁺	2.57	0.07	AdA	K ⁺	4.12	0.11	LAQ
	Ca ²⁺	92.83	4.63	AdA	Ca ²⁺	112	5.59	LAQ
	Mg ²⁺	21.5	1.77	AdA	Mg ²⁺	23.7	1.95	LAQ
	Σ catiões		8.65		Σ catiões		238.18	
Aniões	Cl ⁻	78.33	2.21	AdA	Cl ⁻	12188	343.78	AdA
	NO ₃ ⁻	22.72	0.37	AdA	NO ₃ ⁻	0.91	0.01	ACravo
	HCO ₃	329	5.39	LAQ	HCO ₃	275	4.51	LAQ
	SO ₄ ²⁺	35.18	0.73	AdA	SO ₄ ²⁺	1169	24.34	LAQ
	Σ aniões		8.70		Σ aniões		372.64	
	E.B. (%)		-0.3		E.B. (%)		-22.0	

De acordo com o erro de balanço apresentado na Tabela 6, verifica-se que a análise do *PM1* apresenta um erro de -0.3% o que é excelente. Já a análise do *PJ1* apresenta um erro de -22%, que é extremamente elevado. Causas prováveis do erro: 1) ter sido analisada em diversos laboratórios e em tempos diferentes e 2) tratar-se de uma água de grande salinidade, que é necessário diluir para ser analisada, processo esse que pode aumentar o erro. Como já foi referido, erros superiores a ±5% não são fiáveis, pelo que a interpretação dos resultados das análises referentes ao *PJ1* terá de ser encarada com alguma reserva.

Como já foi previamente referido, a água do *PJ1* é salobra e resulta da mistura de água doce com água do mar, resultando daí valores bastante elevados de condutividade eléctrica, de cloretos e de sódio.

Foram medidos ainda *in situ*, com recursos a tiras indicadoras, as concentrações de Nitratos e nitritos nos poços. No caso do *PM1*, detectaram-se valores de Nitratos e nitritos iguais a 10 mg/L e 0 mg/L respectivamente, enquanto que no *PJ1*, os valores foram nulos.

A identidade química da água subterrânea sofre modificações, ao longo do seu trajecto subterrâneo, que resultam da interacção química da água com a matriz rochosa. A sua composição depende, pois, da natureza litológica das rochas que atravessa, mas também da existência de fontes de contaminação. Com base nos resultados das análises dos iões maiores de uma amostra de água é possível caracterizar sua *fácies hidroquímica*, utilizada para descrever a massa de água subterrânea e para estudar a sua variação em diferentes locais (Fetter, 2001). Uma das formas mais frequentemente utilizadas para apresentar os resultados da fácies hidroquímicas é projectar os resultados no *diagrama de Piper*. A Figura 9, mostra os resultados para o PM1 e PJ1.

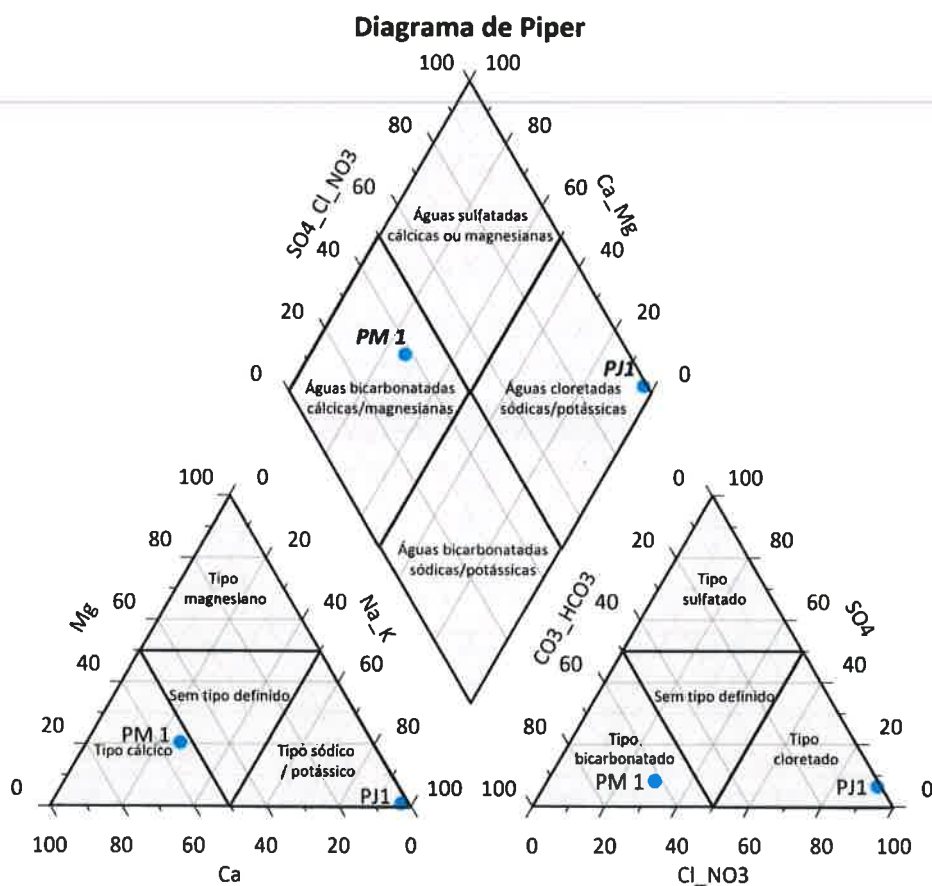


Figura 9 Diagrama de Piper com caracterização dos tipos de água do PM1 e PJ1 com base nos resultados obtidos das análises em meq/L e referentes à fase de construção.

Da observação do diagrama de Piper verifica-se que são quimicamente distintas: a fácies hidroquímica do PM1 é a de uma água bicarbonatada cálcica, enquanto a do PJ1 é nitidamente a de uma água cloretada sódica.

A elaboração dos diagramas de Stiff permite ainda relacionar, visualmente, a fácies química da água com a localização geográfica dos pontos e com a distribuição espacial da piezometria. A Figura 10 fá-lo para as duas amostras em questão.

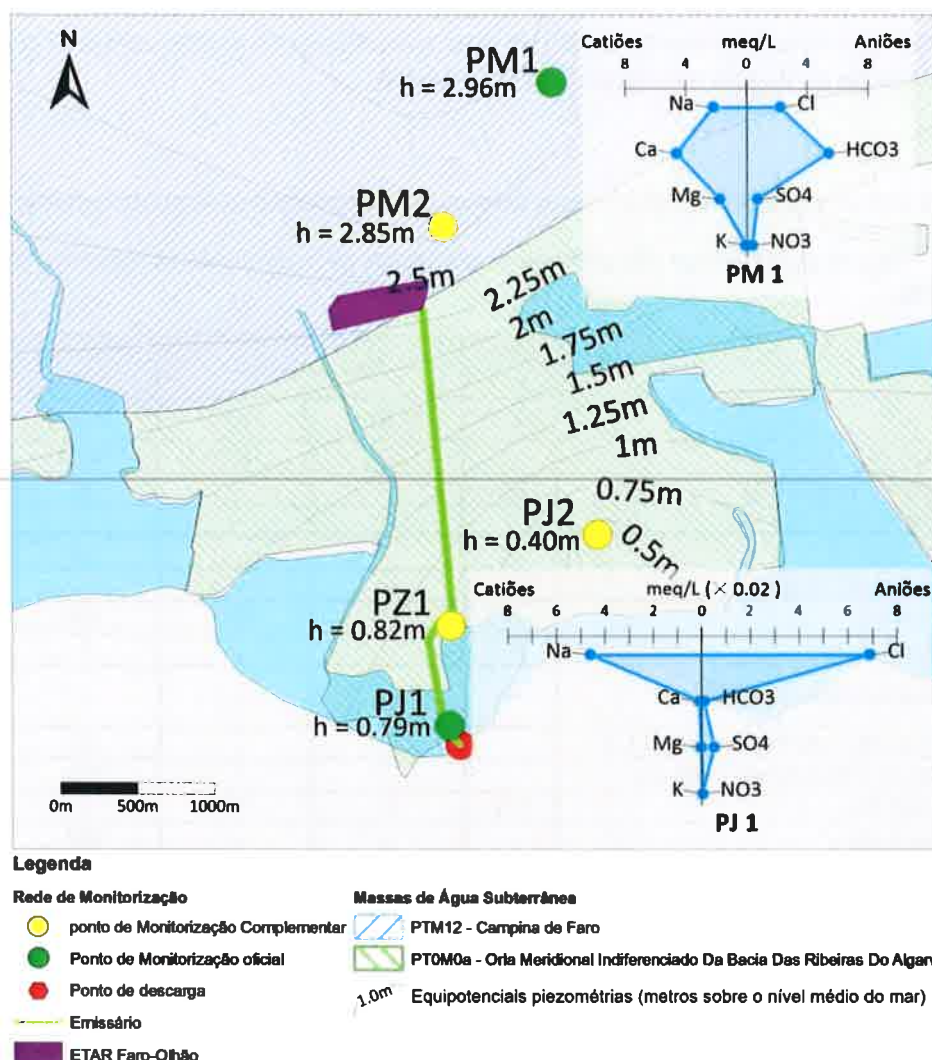


Figura 10 Distribuição pontual espacial da piezometria (Fevereiro de 2019) e dos diagramas de Stiff elaborados com base nos resultados das análises obtidas durante a fase de construção.

A observação das isopiezas (linhas equipotenciais representadas a traço cinzento fino) sugere que o escoamento subterrâneo se está a dar aproximadamente de Norte para Sul. O facto de *PJ1* apresentar um nível superior ao de *PJ2*, parece indicar a existência de “inversão” de fluxo. No entanto este a existir é pontual e deve ocorrer em função da maré, da localização do *PJ1* e do uso (bombagem) do *PJ2* (embora este último seja praticamente usado para o abeberamento dos animais): o 1º directamente em contacto com água do mar é directamente influenciado pela variação da maré enquanto o *PJ2*, mais afastado do mar, recebe a influência da maré em diferido.

4.2 Comparação com ferramentas legais

De acordo com a pesquisa realizada, os dados obtidos foram comparados com as seguintes ferramentas legais e normas de qualidade ambiental:

- D.L. 236/98 Anexo XVI – Qualidade de água para rega;
- D.L. 236/98 Anexo XVIII – Qualidade de água de descarga de ETAR;
- D.L. 306/2007 Anexo I – Qualidade da água para consumo humano;

- Normas de Qualidade Ambiental (NQA) de água subterrânea de acordo com o 2º ciclo do Plano de Gestão da Região Hidrográfica (PGRH) da RH8.

Na tabela que se segue apresentam-se os valores paramétricos previamente referidos:

Tabela 7 – Valores paramétricos dos parâmetros analisados de acordo com as diferentes ferramentas legais e NQA.

Parâmetro	PGRH RH8	Água para rega		Descarga ETAR	Ág. Cons. Humano
	NQA*	VMR* ¹	VMA* ²	VLE* ³	VP* ⁴
Arsénio (µg/L As)	10	100	10000	1000	10
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	0.5	--	--	10	--
Azoto Kjeldahl (mg/L N)	--	--	--	--	--
Azoto total (mg/L N)	--	--	--	15	--
Bicarbonatos (mg/L HCO ₃)	--	--	--	--	--
Cádmio (µg/L Cd)	5	10	50	200	5
Cálcio (mg/L Ca)	--	--	--	--	--
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	--	--	--	--	Sem alteração anormal
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	--	--	--	40	--
Carência Química de Oxigénio (mg/L O ₂)	--	--	--	150	--
Chumbo (mg/L Pb)	0.01	5	20	1	0.01
Cianetos (µg/L CN)	--	--	--	500	50
Cloretos (mg/L Cl)	250	70	--	--	250
Cobre (mg/L Cu)	--	0.2	5	1	2
Condutividade <i>in situ</i> (µs/cm)	2500	--	--	--	2500
Crómio Total (µg/L Cr)	--	100	20000	2000	50
Ferro (µg/L Fe)	--	5000	--	2000	200
Fosfatos (mg/L PO ₄)	--	--	--	0.5	--
Hidrocarbonetos totais (mg/L)	--	--	--	15	--
Magnésio (mg/L Mg)	--	--	--	--	--
Manganês (µg/L Mn)	--	200	10000	2000	50
Mercúrio (mg/L Hg)	0.001	--	--	0.05	0.001
Níquel (µg/L Ni)	--	500	2000	2000	20
Nitratos (mg/L NO ₃)	50	50	--	50	50
Nitritos (mg/L NO ₂)	--	--	--	--	0.5
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	--	15	--
pH <i>in situ</i>	5.5-9	--	--	43625	≥ 6,5 e ≤ 9
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--	--
Selénio (µg/L Se)	--	20	50	--	10
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	--	200
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	60	--	--	--
Sulfatos (mg/L SO ₄)	250	575	--	2000	250
Zinco (mg/L Zn)	--	2	10	--	--
Coliformes totais (Número/100mL)	--	--	--	--	--
<i>E. coli</i> (Número/100mL)	--	100	--	--	0
Enterococcus Enterococos (Número/100mL)	--	--	--	--	0
Esporos de clostrídios sulfitorredutores (NMP/100mL)	--	--	--	--	--

* - Norma de Qualidade Ambiental

*1 - Valor Máximo Recomendado (VMR) – Anexo XVI 236/98

*2 – Valor Máximo Admissível (VMA) – Anexo XVI 236/98

*3 – Valor Limite de Emissão (VLE) – Anexo XVIII 236/98

*4 – Valor Paramétrico (VP) – Anexo I 306/2007

De seguida, procede-se à comparação dos resultados obtidos com a os critérios identificados na Tabela 7, de forma individual para o PM1 (Tabela 8) e PJ1 (Tabela 9).

Tabela 8 – Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controlo a montante (PM1) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.

Parâmetro	PGRH	Rega	ETAR	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007
Arsénio (µg/L As)	OK	OK	OK	OK
Azoto amoniacal (mg/L NH4)	OK	--	OK	--
Azoto Kjedahl (mg/L N)	--	--	--	--
Azoto total (mg/L N)	--	--	OK	--
Bicarbonatos (mg/L)	--	--	--	--
Cádmio (µg/L Cd)	OK	OK	OK	OK
Cálcio (mg/L)	--	--	--	--
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	--	--	--	OK
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L)	--	--	OK	--
Carência Química de Oxigénio (mg/L)	--	--	OK	--
Chumbo (mg/L Pb)	OK	OK	OK	OK
Cianetos (µg/L CN)	--	--	OK	OK
Cloretos (mg/L Cl)	OK	X-VMR	--	OK
Cobre (mg/L Cu)	--	--	OK	OK
Condutividade <i>in situ</i> (µs/cm)	OK	--	--	OK
Crómio Total (µg/L Cr)	--	OK	OK	OK
Ferro (µg/L Fe)	--	OK	OK	OK
Fosfatos (mg/L(mg/L PO4))	--	--	OK	--
Hidrocarbonetos totais (mg/L)	--	--	OK	--
Magnésio (mg/L Mg)	--	--	--	--
Manganês (µg/L Mn)	--	OK	OK	OK
Mercurio (mg/L Hg)	--	--	OK	OK
Níquel (µg/L Ni)	--	OK	OK	OK
Nitratos (mg/L NO3)	OK	OK	OK	OK
Nitritos (mg/L NO2)	--	--	--	OK
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	OK	--
pH <i>in situ</i>	OK	--	OK	OK
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--
Selénio (µg/L Se)	--	OK	--	OK
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	OK
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	OK	--	--
Sulfatos (mg/L SO4)	OK	OK	OK	OK
Zinco (mg/L Zn)	--	OK	--	--
Coliformes totais (Número/100mL)	--	--	--	--
<i>E. coli</i> (Número/100mL)	--	OK	--	X
Enterococos (Número/100mL)	--	--	--	X
Esporos de clostrídios sulfitorredutores (NMP/100mL)	--	--	--	--

“--” - não há valor paramétrico para o respectivo parâmetro.

“OK” - valor em conformidade com os critérios de qualidade.

Fundo vermelho – valor não cumpre a norma em questão.

Fundo Amarelo - valor cumpre o VMA, mas não cumpre VMR (quando aplicável).

Tabela 9 - Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a jusante (PJ1) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007
Arsénio (µg/L As)	OK	OK	OK	OK
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	OK	--	OK	--
Azoto Kjeldahl (mg/L N)	--	--	--	--
Azoto total (mg/L N)	--	--	--	--
Bicarbonatos (mg/L)	--	--	--	--
Cádmio (µg/L Cd)	OK	OK	OK	OK
Cálcio (mg/L Ca)	--	--	--	--
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	--	--	--	OK
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L)	--	--	OK	--
Carência Química de Oxigénio (mg/L)	--	--	OK	--
Chumbo (mg/L Pb)	X	OK	OK	X
Cianetos (µg/L CN)	--	--	OK	OK
Cloretos (mg/L Cl)	X	X-VMR	--	X
Cobre (mg/L Cu)	--	OK	OK	OK
Condutividade in situ (µs/cm)	X	--	--	X
Crómio Total (µg/L Cr)	--	OK	OK	OK
Ferro (µg/L Fe)	--	OK	OK	OK
Fosfatos (mg/L PO ₄)	--	--	OK	--
Hidrocarbonetos totais (mg/L)	--	--	OK	--
Magnésio (mg/L Mg)	--	--	--	--
Manganês (µg/L Mn)	--	OK	OK	OK
Mercúrio (mg/L Hg)	OK	--	OK	OK
Níquel (µg/L Ni)	--	OK	OK	OK
Nitratos (mg/L NO ₃)	OK	OK	OK	OK
Nitritos (mg/L NO ₂)	--	--	--	OK
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	OK	--
pH in situ	OK	--	OK	OK
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--
Selénio (µg/L Se)	--	OK	--	OK
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	X
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	OK	--	--
Sulfatos (mg/L SO ₄)	X	X-VMR	OK	X
Zinco (mg/L Zn)	--	OK	--	--
Coliformes totais (Número/100ml/100mL)	--	--	--	--
<i>E. coli</i> (Número/100ml/100mL)	--	OK	--	OK
<i>Enterococcus</i> <i>Enterococos</i> (Número/100ml/100mL)	--	--	--	X
Esporos de clostrídios sulfitorredutores (NMP/100mL)	--	--	--	--
Nitratos (mg/L NO ₃)	OK	OK	OK	OK
Azoto Kjeldahl (mg/L N) Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	OK	--	--
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄) Nitratos (mg/L NO ₃)	OK	OK	OK	OK
Carência Química de Oxigénio (mg/L) Azoto Kjeldahl (mg/L N)	--	--	OK	--

-- - não há valor paramétrico para o respectivo parâmetro.

OK - valor em conformidade com os critérios de qualidade.

Fundo vermelho - valor não cumpre a norma em questão.

Fundo Amarelo - valor cumpre o VMA mas não cumpre VMR (quando aplicável).

4.3 Discussão dos resultados

De acordo com os resultados obtidos, e da comparação com as normas de qualidades apresentados no subcapítulo anterior (*PM1* – Tabela 8 e *PJ1* – Tabela 9) é possível verificar algumas inconformidades que, no entanto, têm de ser contextualizadas.

***PM1* - Ponto de monitorização Montante**

No que respeita ao ponto de controlo a montante, *PM1*, constata-se inconformidade de parâmetros microbiológicos associados a fezes de animais e/ou humanas, nomeadamente, *E. coli* e *Enterococcus faecalis*, quando comparado com o valor paramétrico para consumo humano. No entanto, chama-se a atenção que, de acordo com a norma de qualidade de água para a rega, o parâmetro *E. coli* já apresenta um valor em conformidade, e que não existe valor paramétrico para o parâmetro *Enterococcus faecalis* para a água de rega. De acordo com os resultados históricos obtidos a partir do SNIRH (Tabela 4) verifica-se que o parâmetro *E. coli* apresenta um valor médio de 11 UFC (num total de 8 análises) com um máximo registado de 65 UFC. Os resultados obtidos durante a fase de construção (56 UFC) ultrapassam o valor médio histórico, mas situam-se abaixo do máximo registado. No que respeita ao parâmetro *Enterococcus faecalis*, detectaram-se 47 UFC, um valor abaixo da média identificada no histórico de análises do SNIRH para este ponto, que se situa nos 74 UFC (para 11 análises).

O *PM1* está situado numa zona periurbana, na qual ainda é frequente o recurso a fossas sépticas. Para além de se situar numa moradia particular, está ainda localizado num galinheiro, o que influencia de certeza os resultados microbiológicos referidos. Não parece haver relação entre os valores elevados destes parâmetros com as obras de expansão e funcionamento da ETAR.

No que respeita ao parâmetro cloretos, verifica-se que este não cumpre com o VMR para Águas de Rega, apresentando um valor de 78.33 mg/L. Não existe, contudo, VMA para as Águas de Rega. De acordo com as Normas de Qualidade Ambiental e das Águas para Consumo Humano, o valor de Cl de 78.33 mg/L encontra-se dentro dos limites legais. Adicionalmente, os dados históricos obtidos no SNIRH mostram um valor médio de 73.37 mg/L, para um total de 38 análises realizadas entre 1998 e 2017, com desvio padrão de 3.8, pelo que se pode constatar que o valor medido se encontra dentro da tendência expectável para este ponto de acordo com o histórico de medições.

Os restantes parâmetros identificados apresentam resultados dentro dos limites em vigor, no entanto, recomenda-se a atenção ao parâmetro Coliformes totais, que apresenta um valor bastante elevado comparado com os registos históricos (SNIRH) registados para este ponto.

***PJ1* - Ponto de monitorização Jusante**

Como no o *PJ1* as águas subterrâneas são solução de mistura entre água doce e água salgada, alguns parâmetros mostram valores em inconformidade que facilmente se justificam devido a este fenómeno. Em particular, os parâmetros chumbo, sódio, cloretos e condutividade eléctrica (medida *in situ*), não cumprem com os critérios para águas consumo humano nem com as normas de qualidade NQA relativamente aos Cloretos, Sulfatos, Chumbo e Condutividade. Adicionalmente, também o VMR para rega dos cloretos é ultrapassado. À excepção do Chumbo e eventualmente dos sulfatos, a origem dos elevados valores obtidos para os restantes parâmetros está relacionada com a influência da água do mar que se identificou no *PJ1*.

A origem dos valores elevados dos sulfatos e do chumbo cuja origem é discutível. Estes parâmetros ultrapassam inclusive a *NQA* e o valor paramétrico da água para consumo humano (*VP*) Tabela 9.

No que respeita aos sulfatos, há que considerar que estes estão presentes na água do mar, mas geralmente, na proporção de cerca de 1 para 10 com o sódio e 1 para 19 com os cloretos. De acordo com os resultados obtidos, essa proporção é de 1 para 5 com o sódio e 1 para 10 com os cloretos, ou seja, detectaram-se concentrações de sulfatos duas vezes superiores ao que seria de esperar numa solução de mistura entre água doce e água salgada, o que indica que poderá ter origem na *ETAR* do *PJ1*, visto a sua utilização ser frequente nos tratamentos empregues para promover a coagulação/floculação das águas residuais. Recomenda-se por isso, que sejam realizadas análises ao efluente de descarga da *ETAR* no sentido de apurar se esta poderá ser a fonte de sulfatos referida.

Quanto ao parâmetro chumbo detectou-se um valor de 0.025 mg/L, que é superior à *NQA* e ao valor paramétrico (*VP*) das águas para consumo humano (0.01 mg/L para ambos). Ao contrário do que sucede com o parâmetro sulfatos, não é um dos principais iões presentes na água do mar, nem há indícios de ocorrência de chumbo de forma natural em águas subterrâneas. De facto, a ocorrência de chumbo em água subterrânea está vulgarmente associada a tintas com chumbo, à gasolina e aos sistemas de distribuição de água (condutas de chumbo) (*NAPE, 1993*). De acordo com os dados da qualidade do efluente da *ETAR* fornecidos em Março, a concentração de chumbo encontrava-se sempre abaixo do limite de detecção (< 1.0 µg/L Pb), pelo que se considera que, com base nesta análise, a *ETAR* actualmente não deverá ser responsável pelo aumento deste parâmetro. Por esse motivo, recomenda-se:

- 1) que se verifique o histórico de análises de chumbo do efluente de *ETAR*, de forma a verificar se no passado possam ter ocorrido descargas com elevado teor de chumbo,
- 2) e que se vigie com particular atenção este parâmetro no futuro.

Constatou-se a ocorrência de contaminação por Enterococos, embora se considere irrelevante, uma vez que o valor obtido foi de 4 UFC e pode estar associado a contaminação via aérea, com origem em aves, dado que este ponto de monitorização se trata de um poço aberto de largo diâmetro.

5. Conclusão

O presente documento refere-se à componente das águas subterrâneas da monitorização da fase de construção da *ETAR* de Faro-Olhão do Projecto de Execução da nova *ETAR* Faro – Olhão, realizado no âmbito do acordo específico de colaboração entre a Águas do Algarve, S.A., e a Universidade do Algarve.

Neste, que é o primeiro relatório de monitorização de águas subterrâneas num total de 7 (um de construção, 6 de exploração), que irão ser feitos ao longo de 3 anos, apresentou-se uma síntese da hidrogeologia regional e local, com recurso a dados pré-existentes, às campanhas de campo e ao programa de monitorização proposto. Adicionalmente, definiu-se o estado de referência para a fase de exploração da *ETAR*. Os resultados obtidos foram analisados de acordo com as ferramentas legais em vigor, nomeadamente, as Normas de Qualidade Ambiental identificadas no 2º ciclo do Plano de Gestão de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do

Algarve, os Anexos XVI (água de rega) e XVIII (efluente de ETAR) do Decreto-Lei 236/98 e o Anexo I do Decreto-Lei 306/2007. Adicionalmente, identificaram-se as inconformidades e os valores mais elevados e discutiram-se as suas potenciais origens.

Neste âmbito, foram feitas recomendações no que respeita à análise dos parâmetros chumbo e sulfatos no efluente da ETAR, de forma a identificar se o mesmo poderá ter uma influência directa nos valores elevados detectados nas amostras realizadas. Apesar de se terem detectado outros parâmetros com valores elevados e em não conformidade, de acordo com os critérios legais referidos, estes terão outra origem que não a da ETAR e têm a ver com a localização dos pontos identificados, como é o caso das elevadas concentrações de cloretos e sódio identificadas no poço de monitorização a jusante, afectado por água do mar. O mesmo se poderá dizer da origem do alto teor de contaminação microbiológica, identificada no poço a montante, que não só está situado numa zona onde ainda é frequente a existência de fossas sépticas, como também se encontra situado num galinheiro!

Em suma: não se pode concluir, por enquanto, que o funcionamento da ETAR esteja a prejudicar o estado das massas de água na sua vicissitude (Campina de Faro e Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento).

6. Bibliografia

Almeida C, Mendonça J L, Jesus M R, Gomes A J, 2000 *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental*. Lisbon: INAG.

Appelo T and Postma D, 2005 *Geochemistry, Ground Water and Pollution. Second Edition*, Second Edition. Second Edi. A.A. Balkema Publishers.

Domenico, P A and Schwartz F W, 1990 *Physical and chemical hydrogeology*. Second Ed. John Wiley & Sons, Ltd.

Fetter C W, 2001 *Applied Hydrogeology*. 4th ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall. Inc.

Freeze R A and Cherry J A, 1979 *Groundwater*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall. Inc.

National Association of Physicians for the Environment (NAPE). *Conference Summary*. <http://www.intr.net/napenet/airsum.html#Thron>, 1993.

Stigter T, Carvalho Dill A, Malta E-j, Santos R, 2013 *Nutrient sources for green microalgae in the Ria Formosa lagoon—assessing the role of groundwater*. Selected Papers on Hydrogeology - Groundwater and Ecosystems; Taylor & Francis, Abingdon, Oxford, UK. CRC press, Chapter 13. p 153-167.

2º Ciclo do Plano de Gestão de Região Hidrográfica – Região Hidrográfica 8 – Ribeiras do Algarve (2016).

Ferramentas Legais

Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho de 1997 - Transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas

Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto de 1998 - Estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Decreto-Lei 348/98 de 9 de Novembro de 1998 - Altera o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho (transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativo ao tratamento de águas residuais urbanas), transpondo para o direito interno a Directiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de Fevereiro

Decreto-Lei 149/2004 de 22 de Junho de 2004 - Altera o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas

Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto - Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, revendo o Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, que transpôs para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro

Decreto-Lei 198/2008 de 8 de Outubro - Terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas



MONITORIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS **FARO-OLHÃO**

*Relatório Semestral da Componente Componente : Monitorização da
Fauna Bentónica*

Responsáveis: Luís Chicharo, Alexandra Teodósio e Pedro Sousa

FASE DE CONSTRUÇÃO

Setembro 2019

1º RELATÓRIO DE

Monitorização da Fauna Bentónica

Equipa envolvida:

Luis Chicharo

Alexandra Teodosio

Pedro Sousa

Preambulo

O presente documento constitui o 1º Relatório Semestral da Monitorização da nova Instalação ETAR de Faro-Olhão, Fase de Construção: Componente Monitorização da Fauna Bentónica.

Responsáveis: Luís Chícharo, Alexandra Teodósio e Pedro Sousa

Introdução

As comunidades bentónicas, por serem sésseis, estão sujeitas à influência dos fatores naturais e antropogénicos que impactam os ecossistemas bentónicos. Nessa perspetiva, as comunidades bentónicas constituem-se como bons indicadores de impactos no ambiente.

Para a monitorização da macrofauna bentónica e para uma análise da descarga da ETAR de Faro, dando cumprimento ao estabelecido no Acordo específico entre as Águas do Algarve e a Universidade do Algarve, efetuou-se uma campanha de amostragem no dia 27 de Junho de 2019, nas quatro estações pré-estabelecidas no caderno de encargos (Fig 1).

As colheitas de macrofauna foram efectuadas na zona médio litoral inferior, com um tubo de amostragem de 15 cm de diâmetro e até à profundidade de 30 cm (aprox. 5,3 litros). Foram recolhidas três replicados em cada estação (aprox. 15 litros). As amostras foram previamente crivadas no local com recurso a saco de rede de malha de 500 µm, para redução do volume de sedimento a transportar. De cada estação foi retirada uma amostra de 100 g de sedimento para análise da percentagem de vasa e areia, bem como quantificação da matéria orgânica no sedimento.

No laboratório, as amostras foram colocadas em formol tamponizado a 4% para evitar a dissolução das estruturas de carbonato de cálcio, como valvas de bivalves. As amostras foram cuidadosamente crivadas por um crivo de 500 µm e o material resultante foi triado para identificação posterior. Os indivíduos encontrados foram contados, pesados (peso húmido escorrido) e identificados até ao menor nível taxonómico possível (Anexo I), para o que se utilizaram chaves de identificação, artigos científicos e informação de especialistas nalguns grupos.

As amostras de sedimento foram pesadas sendo que de seguida procedeu-se à sua lavagem, através de um crivo de 250 µm, de forma a remover a vasa presente. Após esta fase, as amostras de sedimento foram novamente pesadas. A redução de peso no processo de lavagem permitiu determinar a percentagem de vasa existente em cada amostra. Para determinar o teor de matéria orgânica, as amostras foram colocadas numa estufa a 100°C durante 24h de modo a eliminar toda a água presente nos resíduos, e pesadas após este processo (peso seco). As amostras foram então colocadas numa mufla e incineradas a 550°C durante 3h, e a diferença entre o peso obtido na estufa e após queima na mufla, indica sendo o peso da matéria orgânica no sedimento (peso seco livre de cinzas).

Para o tratamento dos dados utilizou-se o programa EXCEL da Microsoft, o PRIMER v.6 (Clarke, K.R. and Gorley, R.N., 2006) e o programa AMBI (Centro Tecnológico AZTI, 2012, 2019). Os valores da abundância são expressos em número de indivíduos por metro quadrado (ind/m²) e a biomassa em gramas por metro quadrado (g/m²).

a) Caracterização das estações de amostragem

As estações de amostragem foram as estações 7, 8, 9 e 5, ordenadas a distâncias crescentes da zona de descarga da ETAR (cerca de 500 m da estação 7). Para além da distância, os locais de amostragem também apresentavam outras diferenças significativas entre si. O ponto de amostragem 5 apresenta substrato vazoso e campos de *Zostera*. Os pontos 7 e 8 eram muito semelhantes, apresentando ambos os locais substrato muito vazoso (Fig. 2) e uma densidade de vegetação muito reduzida. Já o ponto 9 apresentava substrato maioritariamente arenoso, e encontra-se num local onde é realizada cultura extensiva de ostra.



Figura 1 – Mapa com a localização das estações de amostragem.

As estações estão sujeitas à circulação de água com as marés, o que determina as características físico químicas nos vários locais (ver componente de Qualidade da Água).

O sedimento é de composição vaso-arenosa, variando a composição em vasa entre 5,06% na estação 9 e 64,68 % na estação 8 (Fig. 2).

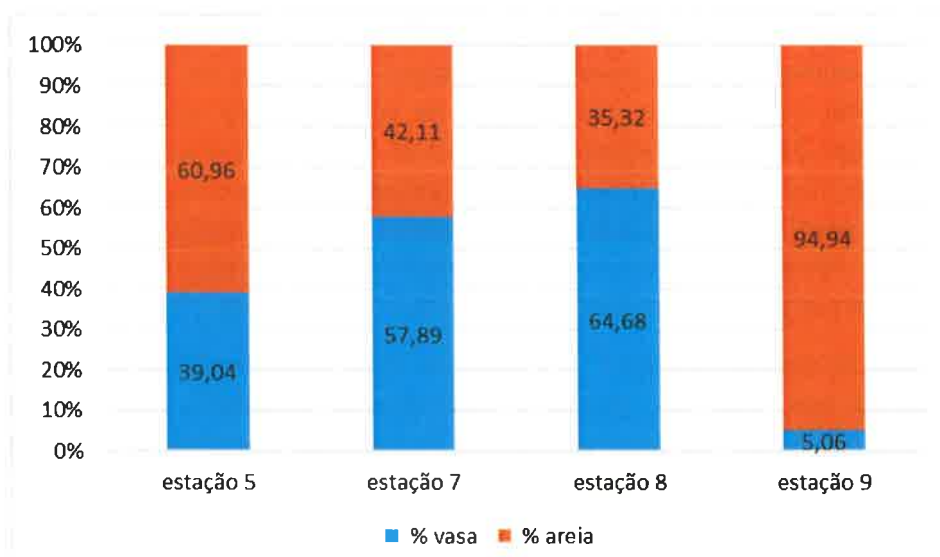


Figura 2 – Percentagens de areia e vasa, em cada uma das estações de amostragem.

O teor de matéria orgânica nos diversos pontos de amostragem variou entre 0,34% e 12,67% (Fig. 3). A estação 5 apresentou valores consideravelmente mais elevados que as restantes estações, sendo que se deveu à presença de vegetação (*Zostera*) no local.

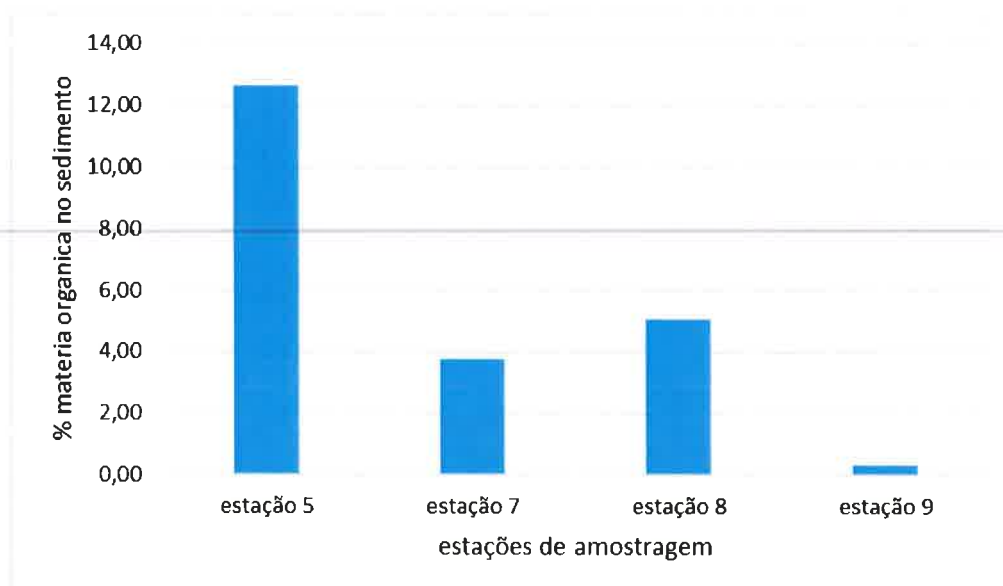


Figura 3 – Valores da fração orgânica no sedimento, nas varias estações amostradas.

b) Caracterização do efeito da descarga da ETAR nas comunidades macrobentónicas

Com recurso a Multidimensional scaling plot (MDS) analisaram-se os níveis de semelhança da composição taxonómica e abundância dos vários taxa nos diversos locais de amostragem (Fig. 4). Os resultados evidenciam diferenças entre a estação 7 (mais perto do ponto de descarga), e a estação 5 (mais afastada do ponto de descarga). As estações 8 e 9 surgem com maior semelhança na composição taxonómica e abundância dos vários taxa.

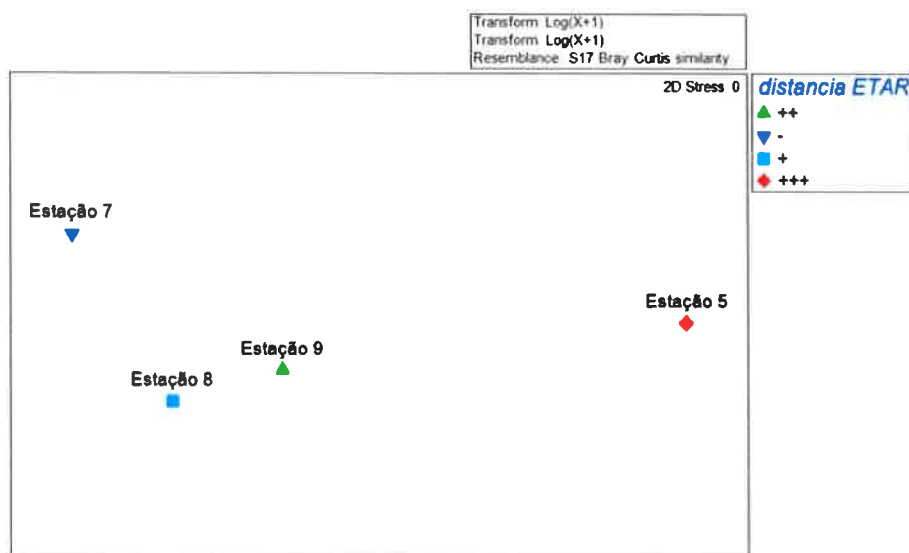


Figura 4 – Multidimensional scaling plot (MDS) da abundância de taxa pelas várias estações de amostragem.

O mesmo tipo de ordenação das estações de amostragem pode ser observado na análise por Clusters (fig. 5).

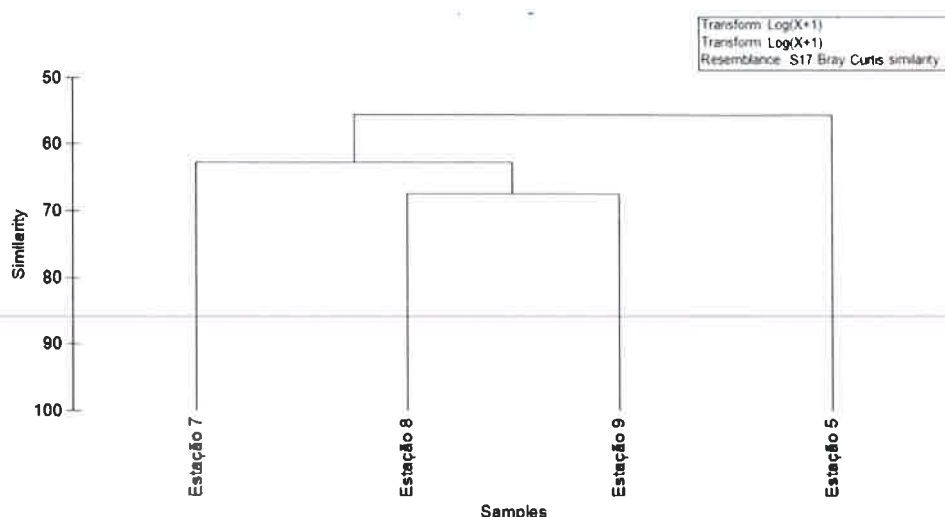


Figura 5 – Gráfico de clusters, evidenciando a maior similaridade entre as estações 8 e 9, e entre estas e a estação 7, sendo a menor similaridade entre este grupo e a estação 5, mais afastada do ponto de descarga.

Com efeito, não se encontraram diferenças significativas relativamente ao número de espécies e número de indivíduos, entre as várias estações (Fig. 6). Ou seja, não se observaram diferenças significativas entre as estações, nem um qualquer gradiente, com a distância ao ponto de descarga (estação 7).

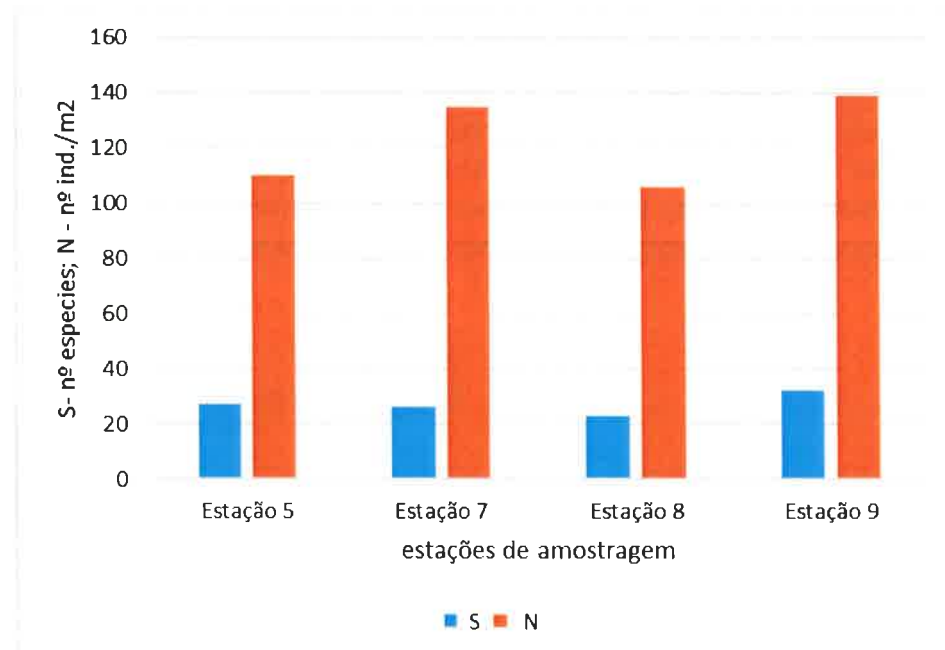


Figura 6 – Número total de espécies (s) e de indivíduos (N) recolhidos nas várias estações de amostragem.

O gráfico de MDS calculado para os taxa, não evidencia um agrupamento claro e distintivo, ou seja, de uma forma geral, a maior parte dos taxa coexiste nas várias estações amostradas (Fig.7).

Calcularam-se índices de diversidade para uma análise da estrutura da comunidade e de diferenças na distribuição do número de indivíduos pelos vários taxa, entre as várias estações de amostragem (Fig. 7). Os resultados mostram que a estação 8 apresentou o valor mais baixo de diversidade, e a maior diversidade foi encontrada na estação 9. Em termos da equitatividade, ou seja, da distribuição dos indivíduos pelas várias espécies, a estação 8 apresenta valores mais elevados e a estação 7, valores mais reduzidos. Isto evidencia a presença de menos espécies mas com número de indivíduos elevados na estação 7, possivelmente associada a perturbação antropogénica.

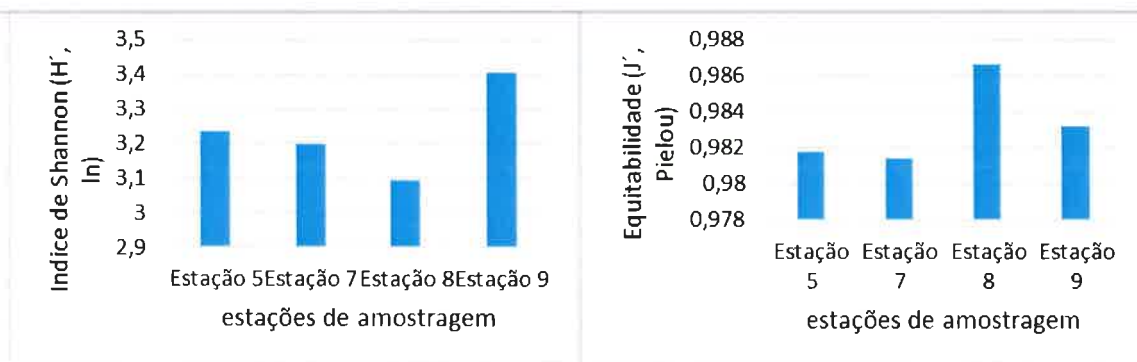


Figura 7 – Resultados dos índices de diversidade para as várias estações de amostragem.

Para avaliar quais os taxa que estão na base das diferenças encontradas na abundância entre as várias estações, efetuou-se uma análise SIMPER, no software PRIMER v.6, cujos resultados podem ser observados nas tabela seguintes (Tabela I), que comparam cada um dos possíveis pares de estações.

Tabela I – Resultados da rotina SIMPER (Primer v.6) indicando os taxa responsáveis pelas diferenças entre as estações 7 (-), 8 (+), 9 (++) e 5 (+++), da mais próxima (-) à mais afastada (+++) do ponto de descarga, bem com os valores da dissimilaridade encontrados. Considerou-se o limite de 50% para a contribuição cumulativa dos vários taxa.

I – a) Groups +++ & -
Average dissimilarity = 52,19

Species	Group +++ Av.Abund	Group - Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Corophium sextonae	0	7,64	3,13	6	6
Corophium acherusicum	0	7,5	3,07	5,89	11,89
Arthuriidae sp	0	7,02	2,87	5,51	17,39
Ptychoderidae sp	0	6,96	2,85	5,47	22,86
Pariambus typicus	6,55	0	2,68	5,14	28
Cirratulidae sp	0	5,58	2,29	4,38	32,38
Loripes orbiculatus	4,74	0	1,94	3,72	36,1
Lumbrineridae sp	4,74	0	1,94	3,72	39,82
Nemertea sp	0	4,34	1,78	3,4	43,23
Cerastoderma edule	0	3,66	1,5	2,87	46,1
Glycera sp	3,66	0	1,5	2,87	48,97
Mesalia Brevialis	3,66	0	1,5	2,87	51,84

I – b) Groups +++ & +
Average dissimilarity = 44,70

	Group +++	Group +			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Pariambus typicus	6,55	0	3,05	6,81	6,81
Cirratulidae sp	0	5,14	2,39	5,35	12,16
Loripes orbiculatus	4,74	0	2,2	4,93	17,09
Lumbrineridae sp	4,74	0	2,2	4,93	22,01
Arthuridae sp	0	4,34	2,02	4,51	26,53
Ostracoda	0	4,34	2,02	4,51	31,04
Hesionidae sp	4,05	0	1,88	4,22	35,25
Nassarius sp	0	4,05	1,88	4,22	39,47
Cerastoderma edule	0	3,66	1,7	3,8	43,27
Diogenidae sp	0	3,66	1,7	3,8	47,07
Glycera sp	3,66	0	1,7	3,8	50,88

I – c) Groups - & +
Average dissimilarity = 36,96

	Group -	Group +			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Corophium sextonae	7,64	0	3,18	8,61	8,61
Corophium acherusicum	7,5	0	3,13	8,46	17,07
Ptychoderidae sp	6,96	0	2,9	7,85	24,92
Corophium sp	6,63	0	2,76	7,47	32,39
Poliquetas 7	0	4,62	1,93	5,21	37,59
Ostracoda	0	4,34	1,81	4,89	42,48
Nassarius sp	0	4,05	1,69	4,57	47,05
Poliquetas 12	0	3,81	1,59	4,29	51,34

I – d) Groups +++ & ++
Average dissimilarity = 43,89

	Group +++	Group ++			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Pariambus typicus	6,55	0	2,63	5,99	5,99
Poliquetas 15	0	6,06	2,43	5,55	11,54
Cirratulidae sp	0	5,51	2,21	5,04	16,58
Ampharetidae sp	5,25	0	2,11	4,8	21,38
Arthuridae sp	0	5,14	2,06	4,7	26,08
Loripes orbiculatus	4,74	0	1,9	4,34	30,42
Cumacea spp	0	4,34	1,74	3,97	34,38
Hesionidae sp	4,05	0	1,63	3,71	38,09
Mesalia Brevialis	3,66	7,37	1,49	3,4	41,49
Diplodonta sp	0	3,66	1,47	3,35	44,84
Glycera sp	3,66	0	1,47	3,35	48,18
Corophium sp	2,99	6,34	1,35	3,07	51,25

I – e) Groups - & ++

Average dissimilarity = 40,72

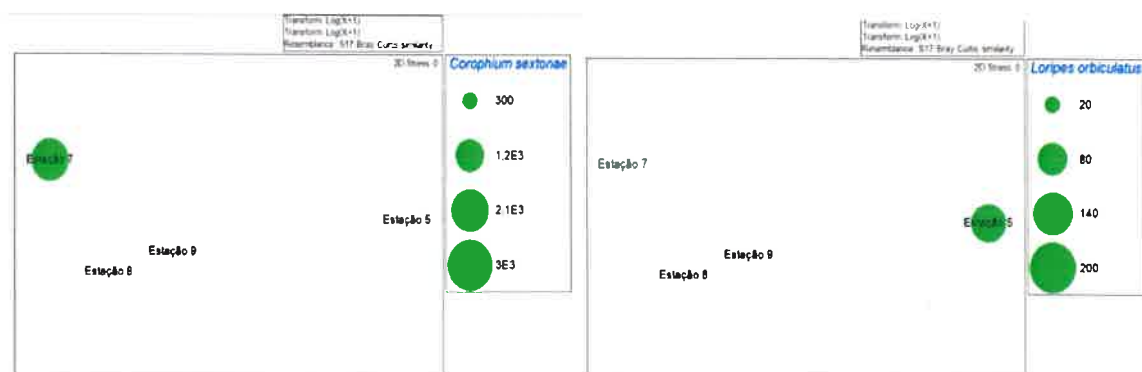
	Group -	Group ++			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Corophium sextonae	7,64	0	2,79	6,85	6,85
Corophium acherusicum	7,5	0	2,74	6,73	13,57
Mesalia Brevialis	0	7,37	2,69	6,61	20,18
Ptychoderidae sp	6,96	0	2,54	6,24	26,42
Poliquetas 15	0	6,06	2,21	5,43	31,86
Ampharetidae sp	4,34	0	1,58	3,89	35,74
Paphia spp	0	4,34	1,58	3,89	39,63
Cumacea spp	0	4,34	1,58	3,89	43,52
Diplodonta sp	0	3,66	1,33	3,28	46,8
Lumbrineridae sp	0	3,66	1,33	3,28	50,08

I – f) Groups + & ++

Average dissimilarity = 34,10

	Group +	Group ++			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Mesalia Brevialis	0	7,37	3,01	8,82	8,82
Corophium sp	0	6,34	2,59	7,59	16,42
Poliquetas 15	0	6,06	2,47	7,26	23,67
Ampharetidae sp	5,25	0	2,14	6,28	29,95
Cumacea spp	0	4,34	1,77	5,19	35,15
Ostracoda	4,34	0	1,77	5,19	40,34
Diogenidae sp	3,66	0	1,49	4,38	44,72
Diplodonta sp	0	3,66	1,49	4,38	49,1
Lumbrineridae sp	0	3,66	1,49	4,38	53,47

De forma a visualizar a diferença na distribuição da abundância por m² dos principais taxa responsáveis pelas diferenças entre a estação mais perto (estação 7) e mais longe do ponto de descarga (estação 5), efectuou-se uma análise de similaridade representada graficamente pelos graficos de MDS para alguns dos taxa indicados como mais responsáveis pela dissimilaridade entre as estações (Fig. 8), nomeadamente *Corophium sextonae*, *Loripes orbiculatus*, *Pariambus typicus*, *Ptychoderidae sp*, *Lumbrineridae sp*, e *Mesalia brevialis*.



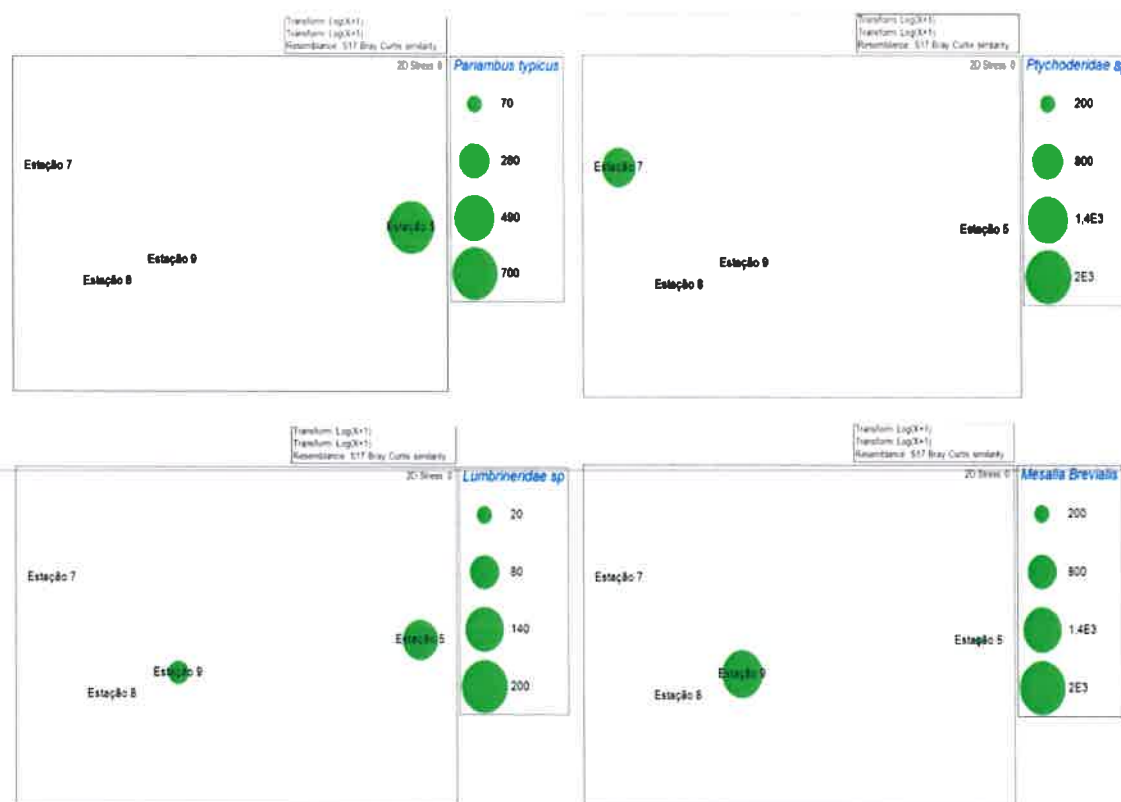


Figura 8 – Gráficos de MDS com “bubbles” evidenciando a diferença na distribuição das abundâncias de alguns taxa mais responsáveis pela dissimilaridade entre as várias estações.

Para avaliação do efeito das descargas da ETAR nas comunidades macrobentônicas calcularam-se curvas de Abundância-Biomassa. Esta representação gráfica evidencia a relação entre a presença de taxa de tipo r – de crescimento rápido e típicos de ambientes instáveis, caracterizadas por biomassa reduzida – e a presença de taxa de tipo K – de crescimento lento, típicas de ambientes estáveis, ocorrendo em menor abundância e com biomassa mais elevada. Os resultados evidenciam que todas as estações apresentam ambientes estáveis, sendo dominadas por taxas de tipo k (Fig. 9).

Na estação 7 (mais próxima da descarga), apesar de a biomassa ser mais dominante do que a abundância, o valor inicial da biomassa é menor, o que evidencia a presença de maior número de espécies de menor biomassa, comparativamente as outras estações. Por outro lado, a estação 5 é claramente dominada por taxa de maior biomassa, já que o valor cumulativo da curva da biomassa aumenta pouco até aos 100% dos taxa. Assim, na estação 5 com menor número de taxa atinge-se os 100 % da biomassa e abundância, enquanto que na estação 7, são necessárias mais taxa para que a biomassa seja 100%, o que evidencia a presença de espécies mais pequenas.

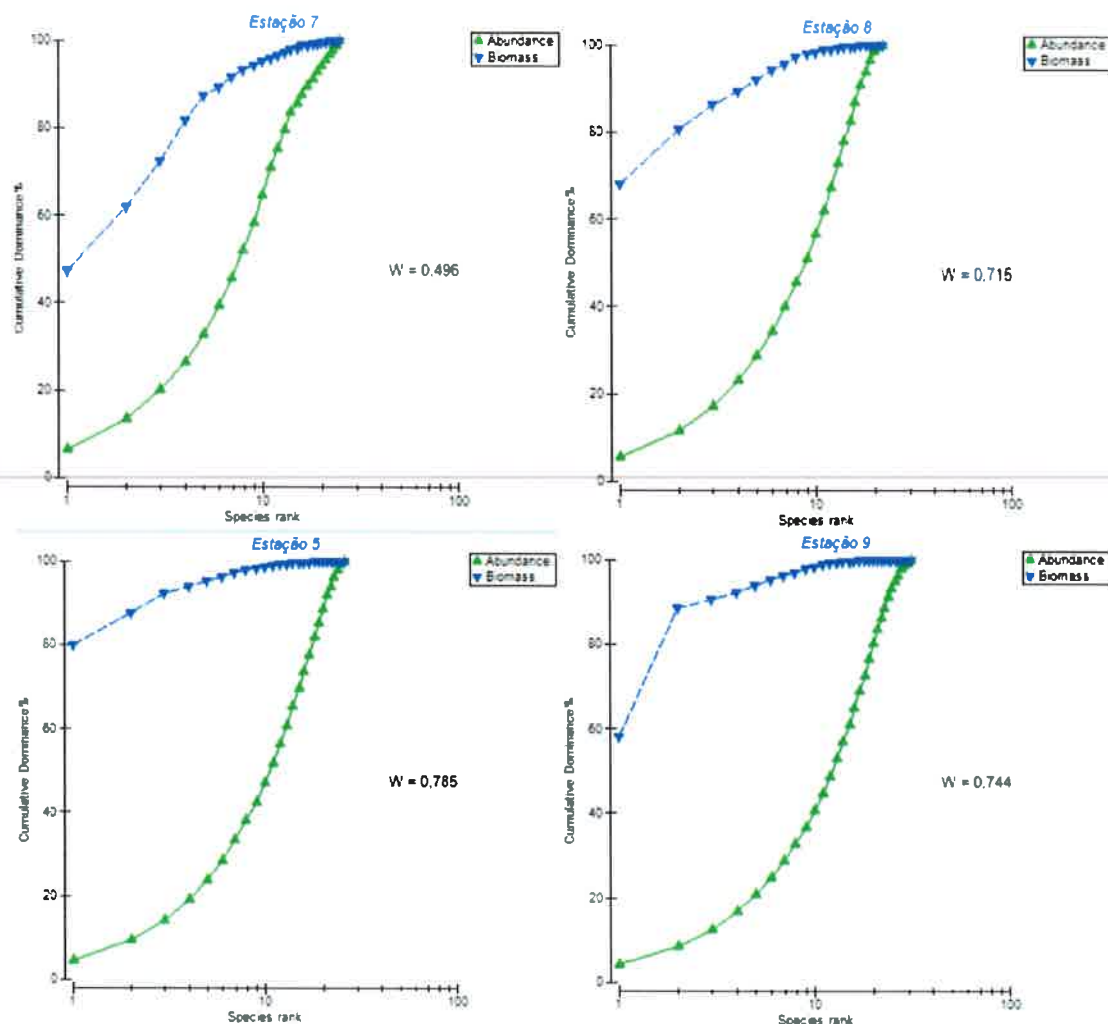


Figura 9 – Curvas de abundância e biomassa calculadas para as estações de amostragem.

c) Caracterização do estado ecológico nos locais de amostragem

A caracterização do estado ecológico foi efectuada com base na comunidade de macroinvertebrados presente em cada local. Para determinar o estado ecológico das diferentes estações de amostragem foi utilizado o Índice Biótico Marinho - AMBI (AZTI's Marine Biotic Index), que foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o estado ecológico das águas estuarinas e costeiras.

A aplicabilidade deste índice para medir as respostas das comunidades de macroinvertebrados a diversos tipos de pressão antropogénica e em diferentes tipos de habitat tem vindo a ser testada em todo o Mundo. É também um dos índices que integra grande parte das abordagens multivariadas utilizadas atualmente na avaliação do estado ecológico pelos diversos Estados Membros da UE, no âmbito da implementação da Diretiva-Quadro da Água.

O AMBI tem como base a classificação da macrofauna bentónica em cinco grupos, de acordo com a sua sensibilidade e/ou tolerâncias às pressões antropogénicas. Foi inicialmente desenvolvido com base na tolerância ao enriquecimento orgânico. Os cinco grupos resumem-se da seguinte forma: espécies muito sensíveis a enriquecimento orgânico e presentes em condições de baixa poluição (I), espécies indiferentes a enriquecimento orgânico e presentes em condições de baixa poluição (II), espécies tolerantes a enriquecimento orgânico excessivo

(III), espécies oportunistas de segunda ordem (IV) e espécies oportunistas de primeira ordem (V).

Na figura 10, pode-se observar os valores de AMBI obtidos em cada local. Segundo os dados obtidos, o local 8 apresenta-se como o local que sofreu maior perturbação devido a pressão antropogénica, sendo os locais 7 e 9 aqueles que apresentam valores mais baixos, e que se encontram apenas ligeiramente afetados. Em baixo encontra-se uma análise mais detalhada de cada local de amostragem.

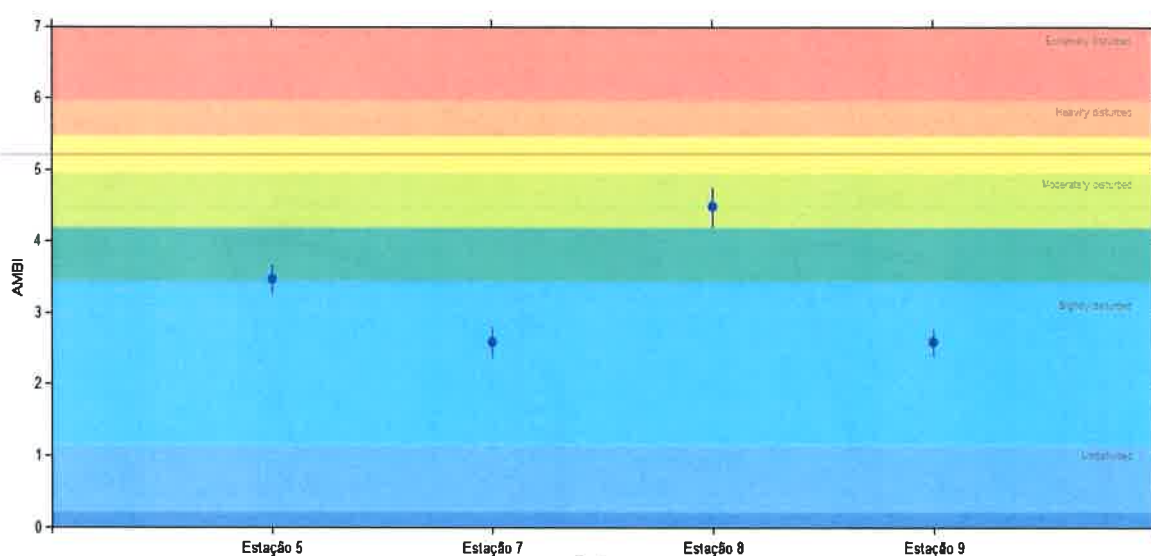


Figura 10 – Valores de AMBI obtidos para as várias estações de amostragem.

Estação 5

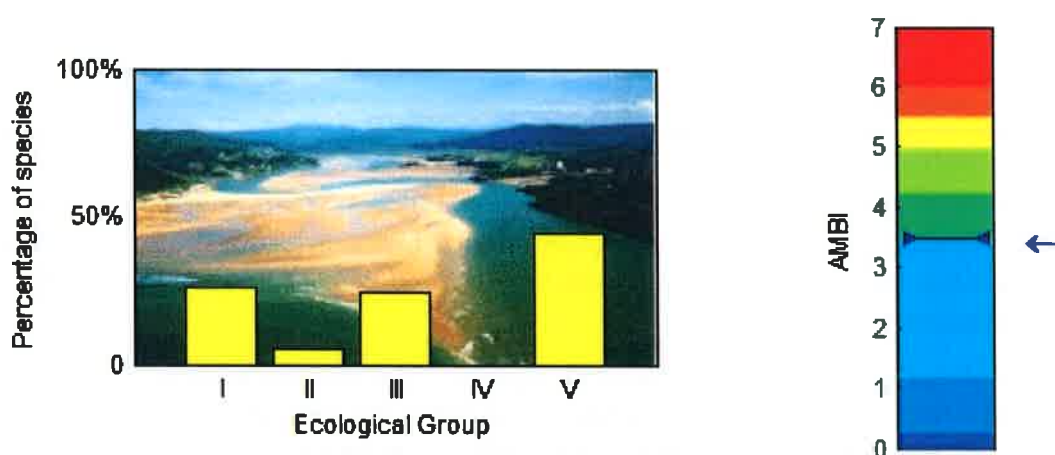


Figura 11 – Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 5.

O valor do índice AMBI evidencia, para a estação 5, a presença de uma elevada percentagem de indivíduos, quase 50% (Fig. 11), do grupo ecológico V (grupo de indivíduos mais tolerantes às pressões antropogénicas). Os grupos ecológicos I e III também se encontram bem representados, com percentagens de cerca de 25%. A família Capitellidae (grupo V), uma família de poliquetas bastante associada a ambientes muito perturbados devido a pressões antropogénicas, foi a mais representada nestas amostragens. Para esta estação, o valor de

AMBI obtido foi 3,474 (Fig. 13), o que coloca esta estação com índice biótico 3, ou seja, moderadamente perturbado.

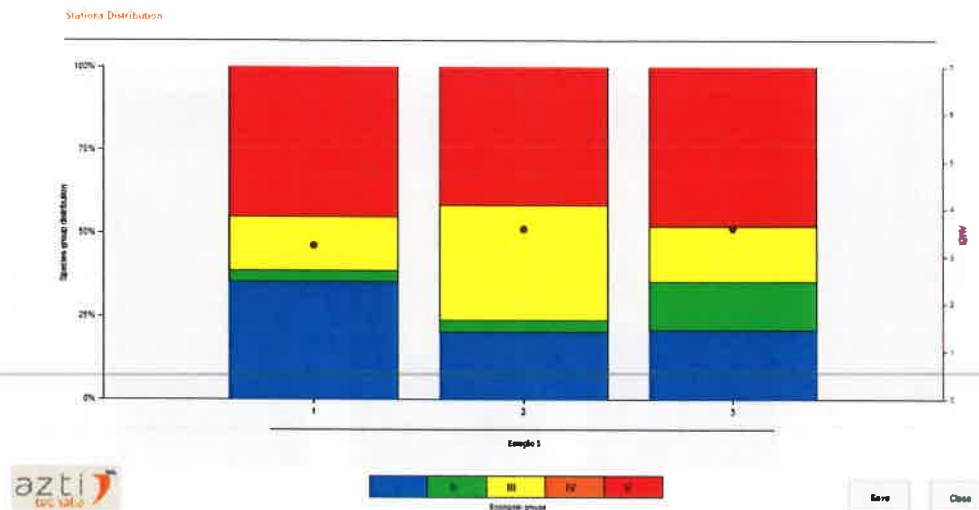


Figura 12 – Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado na estação 5.



Figura 13 – Valor final de AMBI e respetivo índice biótico na estação 5.

Estação 7

Station Results

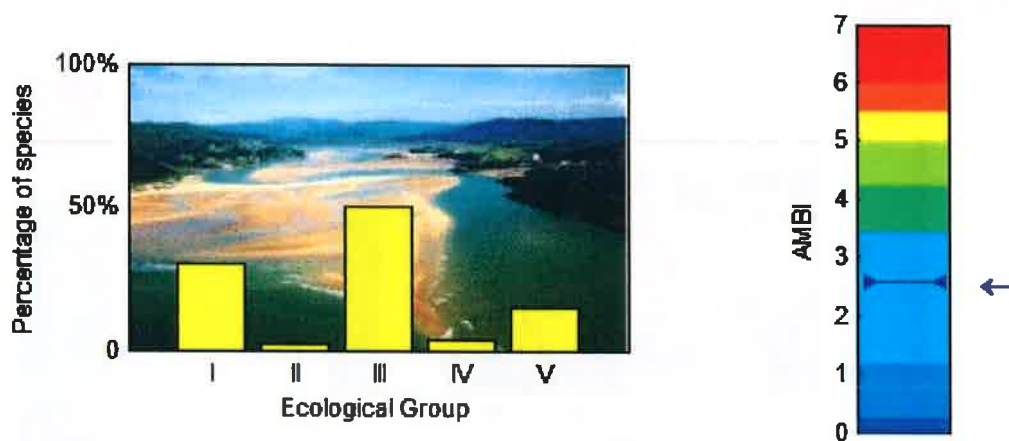


Figura 14 – Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 7.

A estação 7 foi sobretudo representada, com valores à volta dos 50%, por macrofauna pertencente ao grupo ecológico III (Fig. 14). Em termos de representação seguiram-se os grupos I (cerca de 30%) e V (cerca de 15%). Nesta estação, os indivíduos pertencentes ao género *Corophium* (Grupo III) foram os mais representados. Este taxa é típico de zonas salobras, característica que podera estar associada a descarga da ETAR. É talvez devido a este fator que, ao contrário do que seria de esperar, a estação 7 apresenta um valor de AMBI de 2,587 (Fig. 16). Isto coloca esta estação com o índice biótico 2, ou seja, trata-se de um local

ligeiramente perturbado. A estação 7 é também a estação que apresentou o menor valor no AMBI.

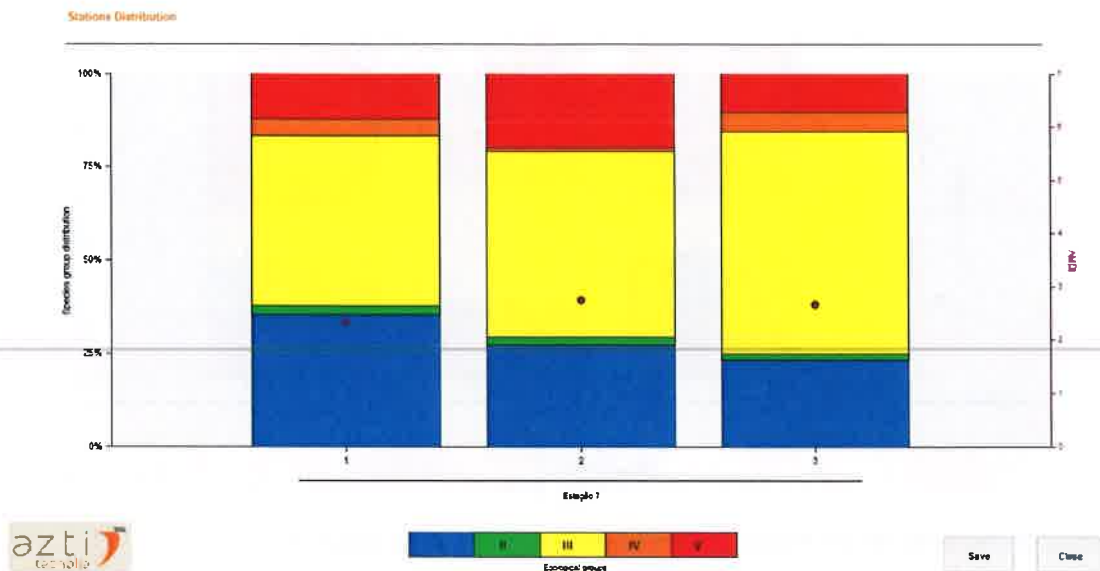


Figura 15 - Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado na estação 7.



Figura 16 - Valor final de AMBI e respetivo índice biótico na estação 7.

Estação 8

Station Results

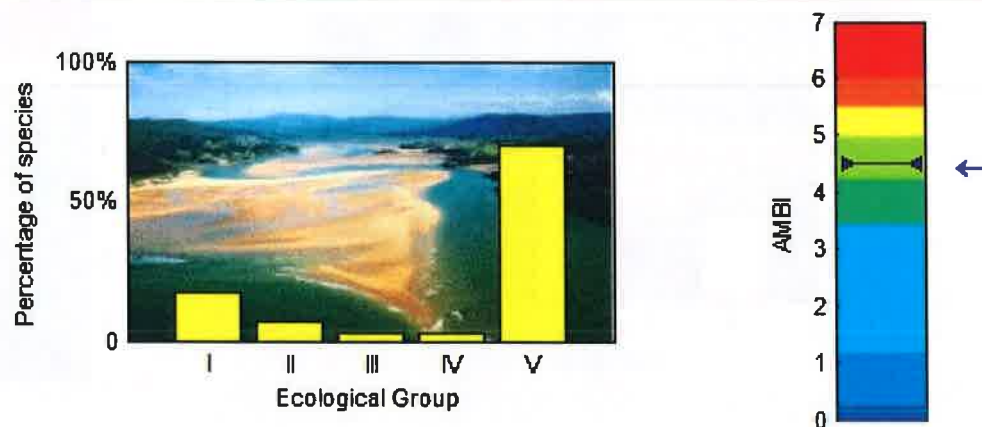


Figura 17 – Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 8.

Na estação 8 o grupo ecológico V foi o mais representado, sendo que os indivíduos pertencentes a este grupo constituem cerca de 70% da macrofauna recolhida neste local (Fig. 17). Os indivíduos do grupo I representaram cerca de 15% do total, sendo que os outros grupos apresentaram percentagens de representatividade inferior a 10%. A família Capitellidae (grupo V) foi novamente a família mais representada nestas amostragens, sendo que este grupo sozinho representou 50% do total de indivíduos. O valor de AMBI obtido para a estação

8 foi de 4,484, o que significa que a estação 8 é a estação com valores mais elevados de poluição neste estudo. Estes valores colocam esta estação com índice biótico 4 (Fig. 19), ou seja, moderadamente perturbado.

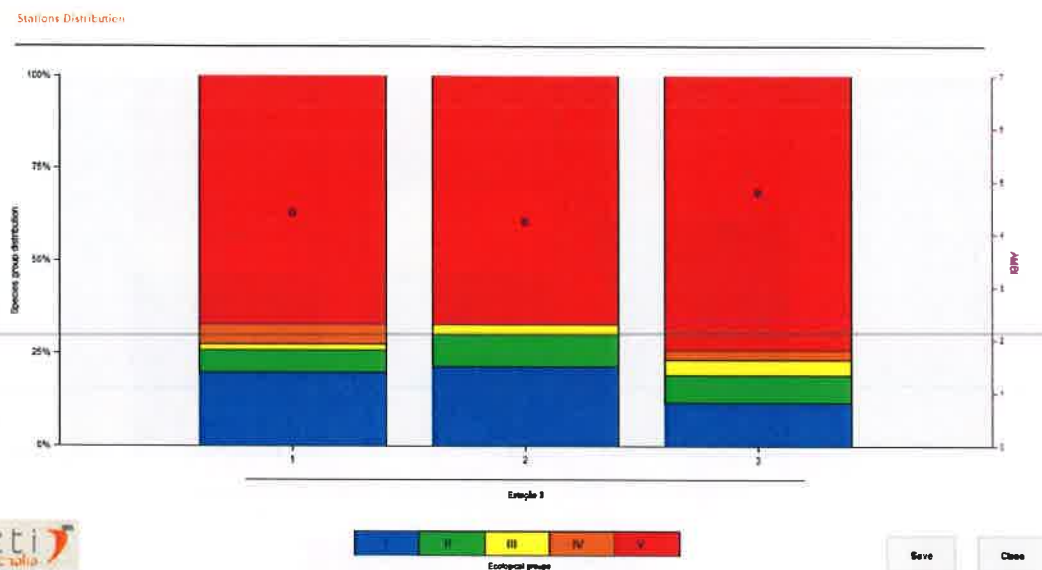


Figura 18 - Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado na estação 8.

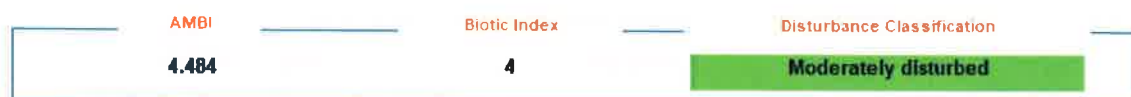


Figura 19 - Valor final de AMBI e respetivo índice biótico na estação 8.

Estação 9

Station Results

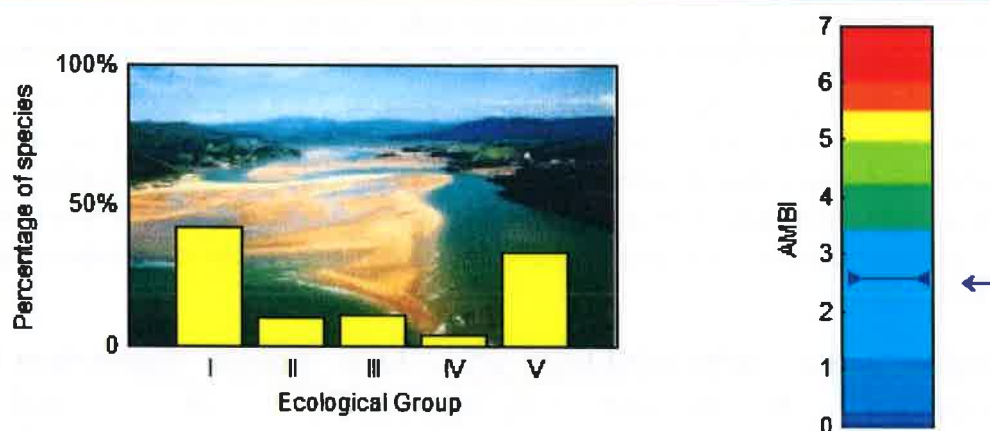


Figura 20 – Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 9.

Para a estação 9 o AMBI demonstrou que os grupos ecológicos mais representados são os grupos I (cerca de 40%) e V (cerca de 30%) (Fig. 20). Os grupos II e III encontram-se representados em percentagens à volta dos 10%, e o grupo IV em menos de 5%. Apesar do maior número de indivíduos pertencer ao grupo I, a família Capitellidae (grupo V) foi

novamente a família mais representada, sendo que este grupo representou cerca de 30% do total de indivíduos. Nesta estação o valor de AMBI obtido foi 2,592 (Fig. 22), o que coloca esta estação no índice biótico 2, ou seja, ligeiramente perturbado.

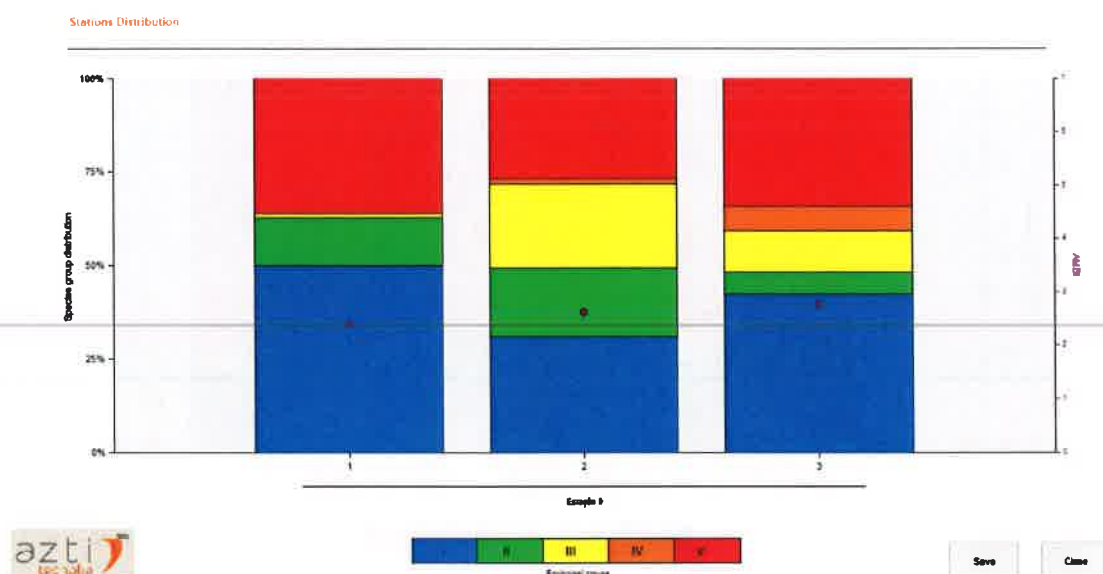


Figura 21 - Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado na estação 9.

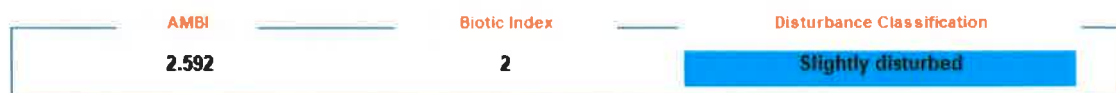


Figura 22 - Valor final de AMBI e respetivo índice biótico na estação 9.

Por fim, utilizou-se o índice M-AMBI de modo a obter os valores de riqueza e diversidade em cada estação. Riqueza é o termo utilizado para designar o número total de espécies numa determinada área geográfica (neste caso, em cada estação), enquanto que a diversidade é o termo associado à variedade de espécies dentro de uma comunidade. Os resultados obtidos para o M-AMBI (figura 23), demonstram que a estação 9 é a estação que apresenta o maior número de espécies, e a estação 5 aquela que apresenta menos. Já no que toca a diversidade, a estação 7 é aquela que apresenta um valor mais elevado, sendo que a estação 8 aquela que apresenta o menor valor. Estes dados corroboram os resultados obtidos na componente AMBI, nos quais as estações 7 e 9 apresentaram valores de AMBI inferiores quando comparadas às estações 5 e 8.

Estações	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	AMBI	Riqueza	Diversidade	M-AMBI
Estação 5	26	5,5	24,4	0	44,1	3,473	28	3,15	0.78506
Estação 7	30	2,1	49,9	3,2	14,7	2,587	30	3,79	0.94329
Estação 8	17	7,2	2,9	2,9	69,9	4,484	30	2,84	0.68295
Estação 9	41,9	10,2	11	3,8	33,1	2,592	36	3,48	0.97152

Figura 23 – Tabela de M-AMBI com a percentagem de cada grupo de indivíduos I a V, valor de AMBI, riqueza, diversidade, e M-AMBI para cada estação de amostragem.

Apesar das diferenças, todas as estações apresentaram valores bastante positivos no M-AMBI (figura 24). Em termos de qualidade ecológica, o M-AMBI classificou as estações 5, 7 e 9 como elevada, e a estação 8 como boa.

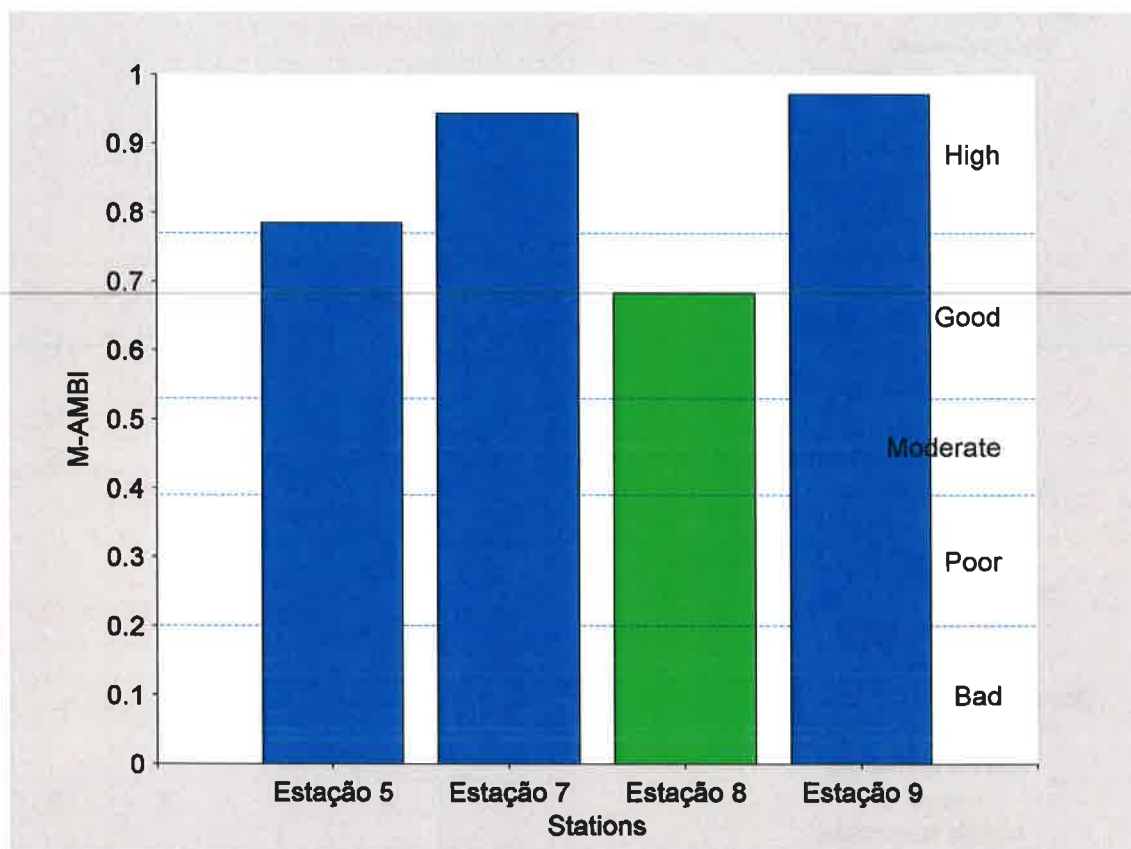


Figura 24 – Valores de M-AMBI obtidos para as diversas estações.

Conclusões

Os resultados da análise das comunidades macrobentónicas evidenciam que não há alterações qualitativas significativas nas condições ambientais nas estações amostradas, nas datas das recolhas, que possam ser atribuídas à descarga da ETAR. Apesar de ter apresentado o valor de AMBI mais baixo, na estação 7 encontraram-se muitos indivíduos do género *Corophium*, que são típicos de águas salobras, e que apesar de serem anfípodes, são indicadores de alguma perturbação, pelo que a sua presença poderá relacionar-se com a descarga de água da ETAR. Tal como demonstrado na tabela I, a estação 7 também apresentou uma percentagem considerável de Cirratulidea e Nemerta, grupos normalmente associados a zonas com pouco oxigénio. Assim, verifica-se uma **ligeira** alteração nas comunidades macrobentónicas, na estação mais próxima à zona de descarga, sem evidenciar degradação ambiental, cuja evolução será confirmada em recolhas futuras.

Anexo I - Lista de taxa

Filo Mollusca	AMBI	5	7	8	9
Classe Bivalvia					
Ordem Cardiida					
Família Semelidae					
Abrasp.	III	X	X	X	X
Família Cardidae					
Cerastoderma edule (Linnaeus, 1758)	III		X	X	X
Família Semelidae					
Scrobicularia plana (da Costa, 1778)	I		X		
Ordem Venerida					
Família Ungulinidae					
Diplodontasp.	II				X
Família Veneridae					
Paphiasp.	I	X		X	X
Ruditapes decussatus (Linnaeus, 1758)	I		X		X
Ordem Lucinida					
Família Lucinidae					
Loripes orbiculatus Poli, 1795	I	X			
Ordem Nuculida					
Família Nuculidae					
Nucula sp.	I	X			
Classe Gastropoda					
Ordem Caenogastropoda					
Família Cerithiidae					
Bittium sp.	I	X		X	X
Família Turritellidae					
Mesalia brevisalis (Lamarck, 1822)	I	X			X
Família Nassariidae					
Nassarius sp.	II			X	X
Família Patellidae					
Patella sp.	-				X

Filo Arthropoda	AMBI	5	7	8	9
Classe Malacostraca					
Ordem Amphipoda					
Família Ampeliscidae					
Ampelisca sp.	I	X	X	X	X
Família Corophiidae					
Monocorophium acherusicum (Costa, 1853)	III		X		
Monocorophium sextonae (Crawford, 1937)	III		X		
Corophium sp.	III	X	X		X
Família Dexaminidae					
Dexaminidae sp.	III		X		
Família Caprellidae					
Pariambus typicus (Krøyer, 1844)	III	X			
Ordem Isopoda					
Família Anthuridae					
Anthuridae sp.	I		X	X	X
Família Idoteidae					
Idotea sp.	II	X			
Ordem Decapoda					
Família Cardinidae					
Carcinus maenas (Linnaeus, 1758)	III				X
Família Diogenidae					
Diogenidae sp.	II			X	
Ordem Cumacea					
Cumacea sp.	I				X
Classe Ostracoda					
Ostracoda sp.	-			X	

Filo Annelida	AMBI	5	7	8	9
Classe Polychaeta					
Família Sabellariidae					
Sabellariidae sp.	I		X		X
Família Capitellidae					
Capitellidae sp.	V	X	X	X	X
Ordem Terebellida					
Família Ampharetidae					
Ampharetidae sp.	I	X	X	X	
Família Cirratulidae					
Cirratulidae sp.	IV		X	X	X
Família Terebellidae					
Terebellidae sp.	I		X		
Ordem Phyllodocida					
Família Glyceridae					
Glyceridae sp.	II	X			
Família Hesionidae					
Hesionidae sp.	II	X	X		
Família Nephtyidae					
Nephtyidae sp.	II	X	X	X	X
Família Pilargidae					
Pilargidae sp.	I	X	X	X	X
Família Phyllodocidae					
Phyllodocidae sp.	II				X
Família Nereididae					
Nereididae sp.	III				X
Ordem Eunicida					
Família Lumbrineridae					
Lumbrineridae sp.	II	X			X
Ordem Sabellida					
Família Serpulidae					
Serpulidae sp.	I	X			
Ordem Spionida					
Família Spionidae					
Spionidae sp.	III	X	X	X	X

	AMBI	5	7	8	9
Filo Nemertea					
Nemertea sp.	III		X	X	X
Filo Hemichordata					
Classe Enteropneusta					
Ordem Enteropneusta					
Família Ptychoderidae					
Ptychoderidae sp.				X	