

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 do primeiro ano da fase de execução

UALG, SETEMBRO 2020

Preâmbulo geral

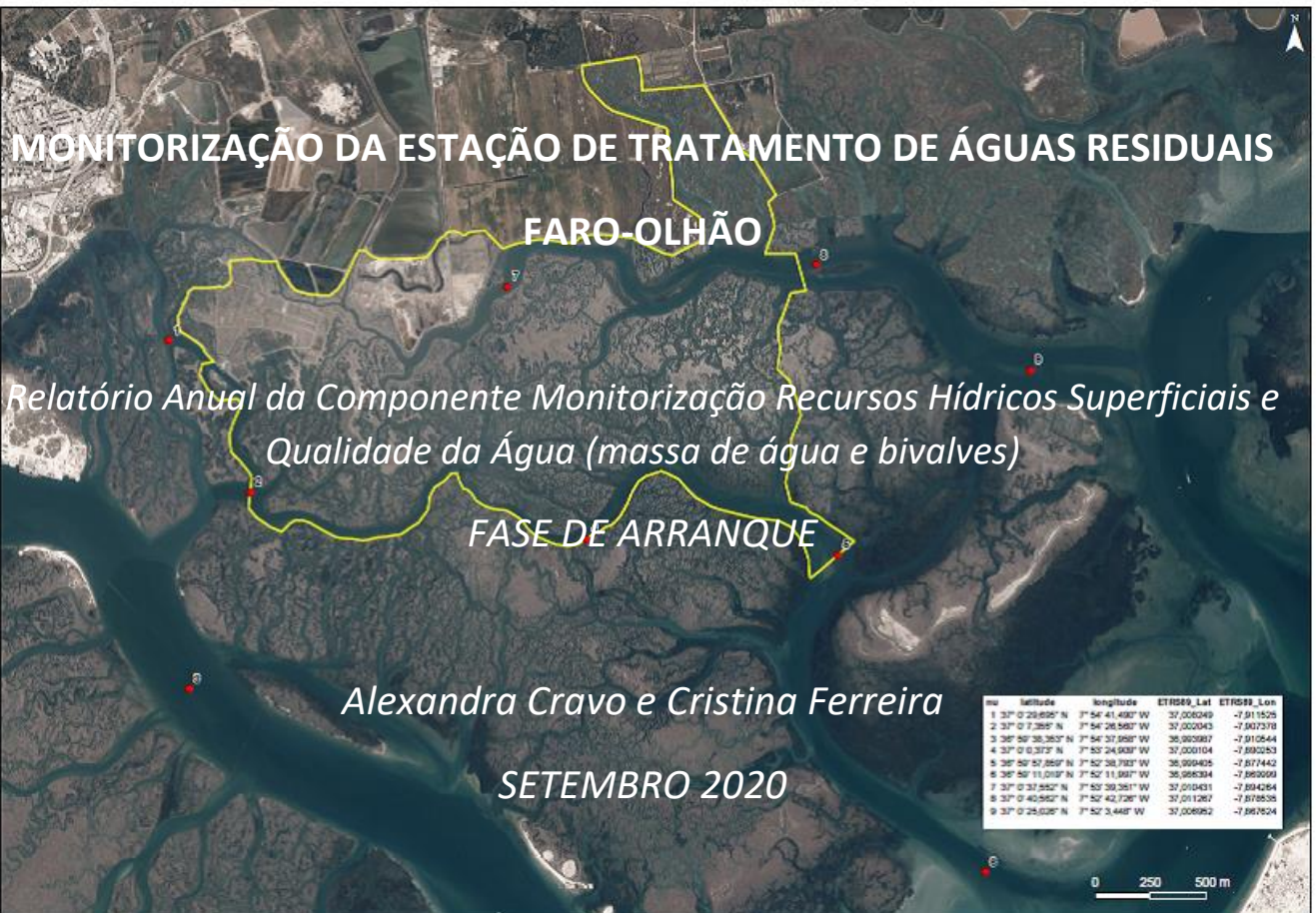
A empresa Águas do Algarve, S.A. (AdA) é gestora da nova instalação ETAR de Faro-Olhão, que está a operar desde outubro de 2018, cujo efluente é descarregado numa parcela incluída na zona lagunar da reserva natural da Ria Formosa a qual representa o maior produtor nacional de bivalves.

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 Relatório de monitorização do primeiro ano da fase de arranque da nova Instalação ETAR de Faro-Olhão, Fase de Execução, 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 ARRANQUE

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

Setembro 2020

Índice

Sumário executivo

Preâmbulo

1. Introdução.....	10
1.1. Enquadramento da área em estudo	12
1.2. ETAR Faro-Olhão	14
2. Métodos	14
2.1. Parâmetros monitorizados	14
2.2. Método de amostragem	16
2.3. Locais de amostragem	16
2.4. Frequência de amostragem	17
2.5. Métodos analíticos	18
2.6. Tratamento estatístico	20
2.7. Enquadramento legal	20
3. Resultados	21
3.1. Parâmetros registados “in situ”	21
3.1.1. Temperatura	21
3.1.2. Salinidade	25
3.1.3. pH	29
3.1.4. Oxigénio dissolvido	32
3.2. Cor, aparência, cheiro	37
3.3. Sólidos Suspensos Totais	39
3.4. Nutrientes	44
3.5. Azoto Total	59
3.6. Fósforo Total	63
3.7. CBO ₅	66
3.8. Contaminação microbiológica na água	70
3.9. Contaminação microbiológica nos bivalves	80
3.10. Análise integrada dos resultados	85
4. Conclusões	87

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I (Parâmetros Analisados)

Índice de Figuras

<i>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</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2: Localização dos Pontos de amostragem: AdA1 a AdA9 (círculos brancos), com indicação do ponto de rejeição da ETAR Faro-Olhão (estrela vermelha). Os polígonos marcados a vermelho indicam a localização dos viveiros de bivalves (fonte APA – ARH Algarve)</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3A: Variação da Temperatura da água (°C) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3B: Variação da Temperatura da água (°C) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4A: Variação da Salinidade nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa- Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4B: Variação da Salinidade da água nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5A: Variação do pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 5B: Variação do pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5C: Variação do pH à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5D: Variação do pH à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo</i>	<i>30</i>
<i>Figura 6A: Variação de O₂ (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6B: Variação de O₂ (%) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço contínuo indica o VMA para águas conquícolas</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6C: Variação de O₂ (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6D: Variação de O₂ (%) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço contínuo indica o VMA para águas conquícolas.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 7: Aspeto e cor da água registado em três diferentes situações de amostragem junto do ponto 7.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 8A: Variação de sólidos suspensos totais (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM).</i>	<i>39</i>
<i>Figura 8B: Variação de sólidos suspensos totais (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM).</i>	<i>39</i>
<i>Figura 8C: Variação de sólidos suspensos totais (mg/L) á saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020. O traço contínuo indica o valor de 150 mg/L indicado no DL 152/97 para efluentes provenientes de sistemas de lagunagem</i>	<i>41</i>

<i>Figura 8D: Variação de sólidos suspensos totais (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo. O traço contínuo indica o valor de 150 mg/L indicado no DL 152/97 para efluentes provenientes de sistemas de lagunagem</i>	<i>41</i>
<i>Figura 9A: Variação de NH_4^+ (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 9B: Variação de NH_4^+ (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 10A: Variação de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>47</i>
<i>Figura 10B: Variação de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>47</i>
<i>Figura 11A: Variação de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>50</i>
<i>Figura 11B: Variação de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>51</i>
<i>Figura 12A: Variação de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>53</i>
<i>Figura 12B: Variação de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>53</i>
<i>Figura 13A: Variação de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>56</i>
<i>Figura 13B: Variação de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>56</i>
<i>Figura 14A: Variação de Azoto total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>59</i>
<i>Figura 14B: Variação de Azoto total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>60</i>
<i>Figura 14C: Variação de Azoto total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020</i>	<i>61</i>
<i>Figura 14D: Variação de Azoto total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo</i>	<i>61</i>
<i>Figura 15A: Variação de Fosforo total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>63</i>
<i>Figura 15B: Variação de Fosforo total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>64</i>
<i>Figura 15C: Variação de Fósforo total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020</i>	<i>64</i>
<i>Figura 15D: Variação de Fosforo total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo</i>	<i>64</i>
<i>Figura 16A: Variação de CBO_5 (mg/L O_2) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>67</i>

<i>Figura 16B: Variação de CBO₅ (mg/L O₂) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)</i>	<i>67</i>
<i>Figura 16C: Variação de CBO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020</i>	<i>68</i>
<i>Figura 16D: Variação de CBO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo</i>	<i>68</i>
<i>Figura 16E: Variação de CQO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020</i>	<i>69</i>
<i>Figura 16F: Variação de CQO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo</i>	<i>70</i>
<i>Figura 17A: Variação de coliformes totais (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). 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>71</i>
<i>Figura 17B: Variação de coliformes totais (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). 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>71</i>
<i>Figura 18A: Variação de E. coli (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). 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>74</i>
<i>Figura 18B: Variação de E. coli (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). 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>74</i>
<i>Figura 19A: Variação de E. coli (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço vermelho indica o valor limite de emissão</i>	<i>77</i>
<i>Figura 19B: Variação de E. coli (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço vermelho indica o valor limite de emissão.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 19C: Variação de E. coli (ufc/100 mL) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020. O traço contínuo indica o valor de 300 ufc/100 mL.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 19D: Variação de E. coli (ufc/100 mL) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo. O traço contínuo indica o valor de 300 ufc/100 mL.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 20. Variação de E. coli em Ruditapes decussatus (UFC/100 g) nas estações 1 a 9, nas amostragens de março de 2019 a junho de 2020. Os traços verde e vermelho indicam valores normativos associados a zonas de produção de bivalves</i>	<i>82</i>
<i>Figura 21: Análise de Componentes Principais para os 9 pontos de amostragem, em situação de Baixa Mar. Parâmetros considerados: temperatura, salinidade, pH, oxigénio dissolvido, amónia, nitrato, fosfatos, silicatos, CBO₅, N e P total, Coliformes totais, E. coli e Enterococos. (a) Projecção das variáveis no PC1 vs PC2 (b) Projecção dos casos no no PC1 vs PC2 associados aos meses de amostragem (1_19 a 6_20) (c) Projecção das variáveis no PC1 vs PC3 e (d) Projecção dos casos no no PC1 vs PC3 associados aos meses de amostragem (1_19 a 6_20)</i>	<i>86</i>

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1: Parâmetros monitorizados nos recursos hídricos superficiais e bivalves</i>	15
<i>Tabela 2: Parâmetros analisados e Métodos Analíticos específicos</i>	19
<i>Tabela 3: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) da Temperatura da água (°C) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	23
<i>Tabela 4: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de temperatura (°C), entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	23
<i>Tabela 5: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de temperatura (°C), entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	24
<i>Tabela 6: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) da Salinidade nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	27
<i>Tabela 7: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de salinidade, entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	27
<i>Tabela 8: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Salinidade, entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	28
<i>Tabela 9: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	31
<i>Tabela 10. Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de pH, entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	31
<i>Tabela 11. Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de pH, entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	32
<i>Tabela 12: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de O₂ (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	34
<i>Tabela 13: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de O₂ (%) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	35
<i>Tabela 14: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de O₂ (%), entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	36
<i>Tabela 15: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de O₂ (%), entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	37
<i>Tabela 16: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de sólidos suspensos totais (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	42

<i>Tabela 17: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de sólidos suspensos totais (mg/L), entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 18: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de sólidos suspensos totais (mg/L), entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 19: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de NH_4^+ (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 20: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NH_4^+ (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 21: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NH_4^+ (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 22: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 23: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_3^- (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 24: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_3^- (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 25: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 26: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_2^- (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 27: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_2^- (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 28: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 29: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de PO_4^{3-} (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 30: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de PO_4^{3-} (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 31: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	<i>57</i>

<i>Tabela 32: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de SiO_4^{4-} (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 33: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de SiO_4^{4-} (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 34: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de Azoto total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 35: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Azoto total (mg/L) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 36: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Azoto total (mg/L) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 37: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de Fosforo total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 38: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Fosforo total (mg/L) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 39: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Fosforo total (mg/L) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 40: Gama de valores (mínimo e máximo) de CBO_5 (mg/L O_2) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 41: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de Coliformes Totais (NMP/100mL) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado (< 10 NMP/100 mL)</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 42: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Coliformes (NMP/100mL) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 43: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Coliformes (NMP/100mL) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 44: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de Enterococos (NMP/100mL) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado (< 10 NMP/100 mL)</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 45: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Enterococos (NMP/100mL) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 46: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Enterococos (NMP/100mL) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 47: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de E. coli (NMP/100mL) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado.....</i>	<i>79</i>

<i>Tabela 48: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de <i>E. coli</i> (NMP/100mL) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 49: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de <i>E. coli</i> (NMP/100mL) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 50: Gama de valores normativos de <i>E. coli</i> (NMP/100g) associados a zonas de produção de bivalves (fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera)</i>	<i>81</i>
<i>Tabela 51: Valores de <i>E. coli</i> em <i>Ruditapes decussatus</i> e <i>Crassostrea</i> spp. (UFC/100 g) nas estações 1 a 9, nas amostragens de março de 2019 a junho de 2020.</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 52: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de <i>E. coli</i> (UFC/100g) em amêijoas <i>Ruditapes decussatus</i> provenientes das estações 1 a 9, entre março de 2019 a junho de 2020; nd = não detetado (< 10 UFC/ 100 g)</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 53: Fatores de correlação entre os diferentes parâmetros monitorizados</i>	<i>85</i>

Sumário Executivo

O presente documento constitui o Relatório Final da Monitorização da nova Instalação ETAR de Faro-Olhão, Fase de Arranque: Componente Monitorização Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água (massa de água e bivalves).

As técnicas e métodos de amostragem, os métodos de análise e os equipamentos usados para as determinações analíticas, conforme o meio a analisar, foram compatíveis ou equivalentes aos definidos na legislação aplicável. Os parâmetros monitorizados foram 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 consistiram, 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 revelaram que em Baixa-Mar houve uma dispersão evidente do efluente a partir do ponto de rejeição, até à estação MR7, a mais próxima deste local (cerca de 500 m), mais notória em Maré Viva, e que se refletiu praticamente em todos os parâmetros, à exceção da temperatura, nitratos, P total e *E. coli* nos bivalves. Esta influência foi parcialmente extensível até à estação MR8, a cerca de 2000 m do ponto de rejeição, por influência dos padrões de circulação para o lado este. No período de amostragem subsequente (junho de 2019 até junho de 2020) a influência da ETAR até ao ponto MR7 e parcialmente até ao ponto MR8 continuou a fazer-se sentir para a maioria dos parâmetros (diminuição de oxigénio e aumento de nutrientes, sólidos em suspensão, N e P total, CBO₅, e parâmetros microbiológicos) ainda que de forma menos notória do que até junho de 2019. Ou seja, temporalmente, parece que após junho 2019 o sistema biológico de tratamento foi estabilizado, registando-se no último ano uma menor variabilidade dos resultados, à exceção de períodos de ocorrência de precipitação. Estes perturbam a variabilidade dos resultados, provocando diminuição da salinidade acompanhada de aumento de nutrientes, sólidos em suspensão e parâmetros microbiológicos associados a decomposição de matéria orgânica, como foi o caso do ponto 7 e por vezes do ponto 1, influenciado pela Ribeira das Lavadeiras. Em Baixa-Mar, particularmente na estação MR7, alguns parâmetros (salinidade, oxigénio, coliformes totais e *E. coli* na água) evidenciaram-se particularmente por apresentarem valores extremos, próximos de não cumprir o normativo aplicável ao tipo de água em causa. De facto, a salinidade no ponto MR7 chegou a ter uma diferença de mais de 17 unidades (março de 2020), ultrapassando largamente a diferença de 10% relativamente às águas não afetadas pela descarga, mas esta diferença também pode ser devida a aumento de precipitação. Contudo, a partir do ponto MR8, onde existem viveiros de bivalves, mesmo em Baixa-Mar, a salinidade não pareceu problemática para os bivalves pois não houve uma diferença superior a 10% relativamente à medida nas águas não afetadas pela descarga. Em setembro 2019, maio e junho de 2020 registaram-se valores individuais de oxigénio dissolvido no ponto MR7 inferiores a 70%, o que é preocupante, por poderem conduzir a condições de hipoxia particularmente durante a noite e indicia que persistem na água/sedimentos quantidades de matéria orgânica capazes de causar uma diminuição importante do oxigénio. Neste local, a cor, aparência e cheiro, continuaram com alterações no último ano, com origem na descarga da ETAR. Em situação de Preia-Mar, estas alterações foram fortemente atenuadas e menos frequentes, apesar de terem continuado a fazer-se sentir no último ano de amostragem até à estação MR8. Ou seja, a renovação da água durante o período enchente foi suficiente para causar uma evidente melhoria da qualidade da água, mesmo no ponto mais próximo da descarga da ETAR, particularmente em Maré Viva.

Em relação à evolução dos nutrientes, N e P total no último ano de amostragem, à exceção do local MR7, onde os valores foram, em geral, substancialmente mais elevados em Baixa-Mar (setembro e dezembro de 2019 e março e junho de 2020), os restantes foram semelhantes a valores típicos da Ria Formosa. Em dezembro de 2019, também se verificou um aumento generalizado de contaminação por *E. coli* nas amêijoas expostas nos 9 locais particularmente no local MR1, o que sugere uma contaminação externa à ETAR, como parece ser esporadicamente a Ribeira das Lavadeiras sob influência de precipitação intensa. A contaminação dos bivalves, apesar de não ser conclusiva, também sugere que esta foi mais elevada junto do ponto MR7 mas pontualmente também no ponto MR9, que pode dever-se a contaminação proveniente do lado nascente deste ponto e que pode justificar a interdição de apanha de bivalves na zona de produção Olhão 3 desde março 2019.

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 **Relatório Final do Programa de Monitorização da Estação de Tratamento de águas residuais Faro-Olhão – Fase de Arranque (2020)**, 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 de 2019 e Junho de 2020, 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. Começou a receber afluente bruto em 22 de outubro de 2018, tendo o Período de Arranque iniciado em 21 de janeiro de 2019.

O tratamento biológico é feito 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. O sistema de desinfecção por ultra-violeta iniciou o seu funcionamento em 30 de setembro de 2019. Ao longo de todo este período o efluente tratado tem sido direcionado para as lagoas da antiga ETAR, sendo a descarga para a Ria Formosa efetuada a partir destas lagoas.

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 (Anexo I).

- 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, uma vez que não foram encontrados bivalves suficientes para a sua análise nos locais de amostragem a partir de junho de 2019 optou-se se pela compra de amêijoas *Ruditapes decussatus* no mercado. Estas foram expostas cerca de um mês na proximidade dos locais de amostragem selecionados para a componente da qualidade da água e amostradas no dia ou nos dias anterior ou posterior à amostragem da água para que a avaliação de ambos os tipos de amostras monitorizadas (água e bivalves) fosse quase síncrona.

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 AdA1 na Figura 2).



Figura 2: Localização dos Pontos de amostragem: AdA1 a AdA9 (círculos brancos), com indicação do ponto de rejeição da ETAR Faro-Olhão (estrela vermelha). Os polígonos marcados a vermelho indicam a localização dos viveiros de bivalves (fonte APA – ARH Algarve)

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. A partir de junho de 2019, foram compradas amêijoas *Ruditapes decussatus* no mercado que foram expostas em sacos de rede durante cerca 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.

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 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 a tendência de variação 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-se testes não paramétricos equivalentes. As diferenças significativas foram estabelecidas para um nível de confiança de 95%.

2.7. Enquadramento legal

A legislação aplicável compreendeu:

- 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.

Recorreu-se ainda à informação fornecida pela AdA, relativa à Licença de Utilização dos Recursos Hídricos - Rejeição de Águas Residuais, e condições de descarga das águas residuais no ano de arranque, emitida pela APA, que refere os seguintes parâmetros e valores de remoção mínima (em %) :

- Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O₂) (70%): Condições definidas por Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho
- Carência Química de Oxigénio (mg/L O₂) (75%): Condições definidas por Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho
- Sólidos Suspensos Totais (mg/L) (90%): Condições definidas por Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho
- *Escherichia coli* (ufc/100 mL): VLE 300; Condições definidas por Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto

3. Resultados

Todas as amostragens decorreram de acordo com o planeado, exceto no mês de abril de 2020, em que face à situação COVID-19 foi necessário adiar a amostragem de Maré-Morta de abril para maio de 2020. Assim, para cobrir o número de amostragens planeadas, em maio de 2020 foram realizadas 2 amostragens (Maré-Viva e Maré-Morta).

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.

É de salientar que as amostragens foram realizadas alternativamente em maré viva e maré morta o que faz com que na representação gráfica haja flutuabilidade dos resultados.

3.1.1 Temperatura

A evolução da temperatura ao longo do ano e meio de estudo (desde janeiro de 2019 até junho de 2020) nos 9 pontos de amostragem encontra-se representada nas Figuras 3A (Baixa-Mar) e 3B (Preia-Mar).

Da análise destes gráficos é visível uma variação da temperatura da água que reflete a o ciclo sazonal da temperatura atmosférica, com valores mais elevados nos meses correspondentes ao Verão e os mais baixos no Inverno. Também é evidente que é em situação de Baixa-Mar que ocorrem as maiores amplitudes térmicas, sendo ainda nessa situação de maré que se encontra o maior contraste de temperatura entre marés vivas e marés mortas dos meses sucessivos. A variação entre campanhas está relacionada com a alternância entre maré viva e maré morta em que os valores mais elevados estão associados à Baixa-Mar de Maré Morta, altura em que com maior tempo de residência a água pode aquecer mais nos meses quentes. Já nos meses de inverno, a água esteve mais fria durante a Baixa-Mar de Maré Viva. Em Preia-Mar, a diferença entre amostragens foi também mais acentuada nos meses de junho a agosto de 2019, apesar da diferença entre meses ser menos acentuada do que em Baixa-Mar, pela maior profundidade dos locais de amostragem.

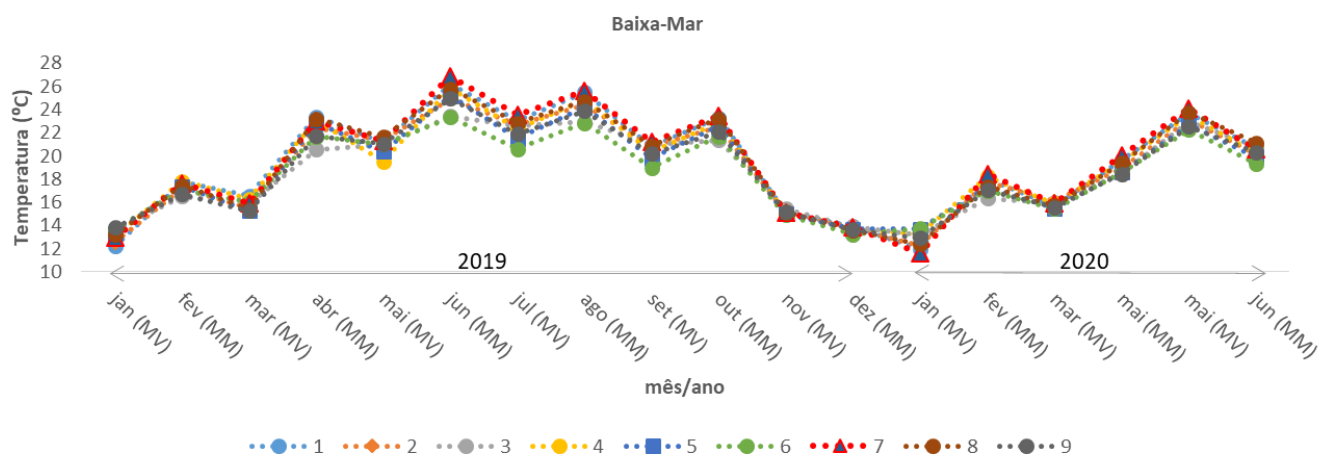


Figura 3A: Variação da Temperatura da água (°C) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

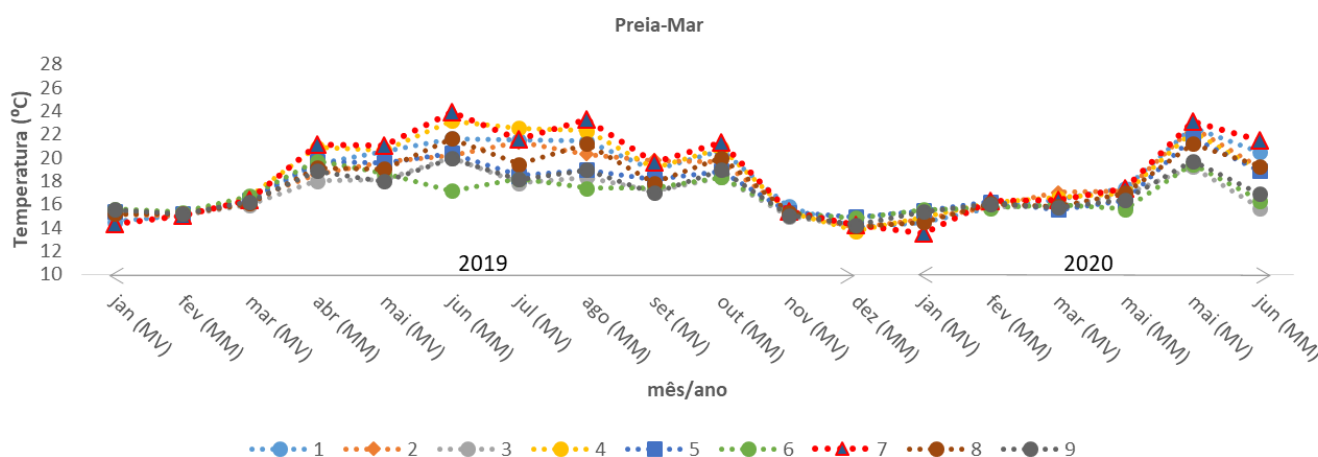


Figura 3B: Variação da Temperatura da água (°C) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

Na Tabela 3 apresentam-se as gamas de temperatura (máxima, mínima e média) encontradas em cada ponto de amostragem, durante as condições de Baixa-Mar e de Preia-Mar. Comprova-se novamente que em situação de Baixa-Mar ocorreram maiores amplitudes térmicas do que em condições de Preia-Mar. O valor mais baixo ocorreu no ponto 7, o mais próximo da rejeição da ETAR, 11,6 °C em janeiro de 2020 durante a Baixa-Mar, tendo sido também nessa estação e mesma situação de maré que se registou o valor mais elevado de temperatura da água, 26,8 °C em junho de 2019. Para cada estação, a temperatura média apresentou valores superiores em Baixa-Mar relativamente a Preia-Mar. Salienta-se que no ponto 7 o desvio dos valores médios foi sempre superior ao de qualquer outro ponto amostrado, incluindo as restantes estações interiores como a Ribeira das Lavadeiras (ponto 1), por se tratar do ponto de amostragem menos profundo.

Tabela 3: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) da Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	12.0	26.2	19.4 $\pm$ 4.4	14.0	22.6	18.2 $\pm$ 2.9
2	12.3	24.9	19.0 $\pm$ 4.1	14.0	22.6	17.9 $\pm$ 2.6
3	13.2	23.4	18.7 $\pm$ 3.6	14.1	20.0	16.8 $\pm$ 1.7
4	13.1	25.8	19.2 $\pm$ 4.0	13.7	23.2	18.4 $\pm$ 3.1
5	13.4	25.2	18.8 $\pm$ 3.9	14.9	21.7	17.5 $\pm$ 2.1
6	13.3	23.3	18.4 $\pm$ 3.4	14.8	19.7	16.8 $\pm$ 1.5
7	11.6	26.8	19.5 $\pm$ 4.5	13.5	23.9	18.6 $\pm$ 3.5
8	12.4	25.8	19.3 $\pm$ 4.3	14.1	21.7	17.7 $\pm$ 2.5
9	12.9	25.0	18.7 $\pm$ 3.8	14.2	20.0	17.0 $\pm$ 1.8

Do ponto de vista estatístico, o fator mês de amostragem foi o principal determinante da variação da temperatura da água em Baixa-Mar (justifica 97% da variação deste parâmetro). Nesta situação, apenas se encontraram diferenças significativas de temperatura entre estações nos meses de abril e de junho a agosto de 2019, conforme apresentado na Tabela 3. Assim, nestes meses nesta situação de maré destacaram-se, de forma geral, as estações 1, 7 e 8 (mais interiores) das 3 e 6 (mais exteriores). Para o mesmo mês de amostragem, as maiores diferenças de temperatura entre estações (superiores a 3 $^{\circ}\text{C}$) em Baixa-Mar ocorreram em junho de 2019 entre o ponto de amostragem mais próximo da ETAR (ponto 7) e os pontos 3 e 6.

Tabela 4: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre estações, em Baixa-Mar			
abril 2019	junho 2019	julho 2019	agosto 2019
est. 3 $\neq$ est. 1 (2.8 $^{\circ}\text{C}$)	est. 3 $\neq$ est. 1 (2.8 $^{\circ}\text{C}$)	est. 6 $\neq$ est 7 (3.0 $^{\circ}\text{C}$)	est. 1 $\neq$ est. 6 (2.6 $^{\circ}\text{C}$)
est. 3 $\neq$ est. 8 (2.6 $^{\circ}\text{C}$)	est. 3 $\neq$ est. 7 (3.4 $^{\circ}\text{C}$)		est. 6 $\neq$ est 7 (2.8 $^{\circ}\text{C}$)
	est. 1 $\neq$ est. 6 (2.9 $^{\circ}\text{C}$)		est. 3 $\neq$ est. 7 (2.7 $^{\circ}\text{C}$)
	est. 6 $\neq$ est 7 (3.5 $^{\circ}\text{C}$)		

Por seu lado, em situação de Preia-Mar o fator mês de amostragem justificou 81,6% da variação da temperatura da água. Nesta situação de maré ocorreram diferenças significativas entre estações nos meses de junho a agosto de 2019 e no mês de junho de 2020 (Tabela 3). Assim, no mês de junho de 2019, a estação 6 (estação exterior) destacou-se por apresentar temperatura significativamente mais baixa do que as estações 1, 4, 7 e 8, chegando a diferença a 6,7 $^{\circ}\text{C}$ quando comparada com a estação mais perto da

descarga da ETAR. Em julho de 2019 a estação 4 (estação interior) apresentou uma temperatura da água superior às estações 3, 6 e 9. Em agosto de 2019 a estação 7 (mais perto da descarga da ETAR) evidenciou uma temperatura muito superior às estações 3, 5, 6 e 9 (mais exteriores). Esta diferença que se encontrou em agosto de 2019 repetiu-se de forma quase idêntica em junho de 2020.

Tabela 5: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre estações, em Preia-Mar			
junho 2019	julho 2019	agosto 2019	junho 2020
est. 1 $\neq$ est. 6 (4.4 $^{\circ}\text{C}$)	est. 3 $\neq$ est. 4 (4.7 $^{\circ}\text{C}$)	est. 4 $\neq$ est. 6 (4.9 $^{\circ}\text{C}$)	est. 1 $\neq$ est. 3 (4.8 $^{\circ}\text{C}$)
est. 4 $\neq$ est. 6 (6.0 $^{\circ}\text{C}$)	est. 6 $\neq$ est. 4 (4.4 $^{\circ}\text{C}$)	est. 3 $\neq$ est. 7 (5.0 $^{\circ}\text{C}$)	est. 3 $\neq$ est. 7 (5.9 $^{\circ}\text{C}$)
est. 7 $\neq$ est. 6 (6.7 $^{\circ}\text{C}$)	est. 9 $\neq$ est. 4 (4.4 $^{\circ}\text{C}$)	est. 5 $\neq$ est. 7 (4.3 $^{\circ}\text{C}$)	est. 6 $\neq$ est. 7 (5.2 $^{\circ}\text{C}$)
est. 8 $\neq$ est. 6 (4.5 $^{\circ}\text{C}$)		est. 6 $\neq$ est. 7 (5.9 $^{\circ}\text{C}$)	est. 9 $\neq$ est. 7 (4.6 $^{\circ}\text{C}$)
		est. 9 $\neq$ est. 7 (4.4 $^{\circ}\text{C}$)	

No relatório anterior, onde foi considerado o período de janeiro a junho de 2019, não foram encontradas diferenças significativas deste parâmetro entre Preia-Mar (PM) e Baixa-Mar (BM) nas estações amostradas. Porém, no período de amostragem compreendido entre junho de 2019 e junho de 2020, a temperatura da água variou significativamente ($p < 0,05$) entre a PM e a BM em todas as estações, exceto no ponto 2, consistentemente com valores médios de temperatura mais elevados em situação de BM. Esta diferença média teve o valor máximo de 2,3 $^{\circ}\text{C}$, no ponto 3. 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. No ponto mais próximo da ETAR, esta diferença média foi de aproximadamente 1,0 $^{\circ}\text{C}$.

Não se encontraram diferenças significativas ($p > 0,05$) deste parâmetro entre Maré-Viva (MV) e Maré-Morta (MM) em nenhuma estação, tendo neste caso predominado sempre a influência do fator mês de amostragem ($p < 0,05$). Porém, quando se considera a globalidade das estações no último ano de amostragem, existiu uma diferença significativa ($p < 0,05$) de temperatura da água entre MV e MM, com valores mais elevados Baixa-Mar de Maré-Morta (BMMM), em cerca de 2,1 $^{\circ}\text{C}$.

Tal como mencionado no relatório anterior, estas diferenças entre MV e MM que ocorrem em condições específicas de BM parecem mais associadas ao avanço temporal entre amostragens do que devido à amplitude da maré, ou eventualmente a um aquecimento da água favorecido pelo maior tempo de residência da água no interior da Ria Formosa em MM.

Na 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), foi encontrada 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

A evolução temporal da salinidade ao longo do ano e meio de amostragem (desde janeiro de 2019 até junho de 2020) nos 9 pontos de amostragem encontra-se representada nas Figuras 4A (Baixa-Mar) e 4B (Preia-Mar). É possível observar uma menor salinidade e maior variação no ponto mais próximo da ETAR (ponto 7), pela sua maior proximidade ao ponto de rejeição do efluente da ETAR relativamente aos restantes pontos de amostragem, onde se registaram, de uma forma global, valores de salinidade ≥ 35 . Este efeito é mais marcado em situação de Baixa-Mar, em particular de Maré Viva de março de 2020 quando a salinidade no ponto 7 apresentou o valor mínimo de 18,8. Contudo, neste ponto, em geral, a salinidade em Baixa-Mar não é inferior a 30. Em Preia-Mar, as salinidades mais baixas registadas no ponto 7 ocorreram em dezembro de 2019 e maio de 2020, em situação de maré morta e foram de 30,1 e 32,0, respetivamente. Em dezembro de 2019, este abaixamento de salinidade em preia-mar pode revelar o impacto do maior caudal da descarga da ETAR nesta altura da amostragem, ou porque a mesma se realizou em início de vazante, já que a precipitação não justifica este facto.

Há ainda a salientar o facto da estação 8, no canal do esteiro da Garganta, sofrer ainda influência da rejeição proveniente 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, como foi o caso de dezembro de 2019 em Baixa-Mar (32,5; Tabela 4; Figura 4), mas que aparentemente não parecem estar associados à descarga do efluente da ETAR. Assim, espacialmente, parece confirmar-se que o padrão geral de circulação da água faz sentir-se preferencialmente do esteiro da Garganta em direção à barra da Armona.

Na Tabela 6 apresentam-se mais detalhadamente as gamas de salinidade (máxima, mínima e média $\pm$ desvio padrão) encontradas em cada ponto de amostragem, durante as condições de Baixa-Mar e de Preia-Mar. Também aí ressaltam os maiores valores de desvio padrão encontrados na estação 7, comparativamente com as outras estações.

Temporalmente, a salinidade aumentou globalmente nos meses de verão, sendo mais baixa nos meses de inverno, seguindo o ciclo sazonal da temperatura atmosférica e da precipitação.

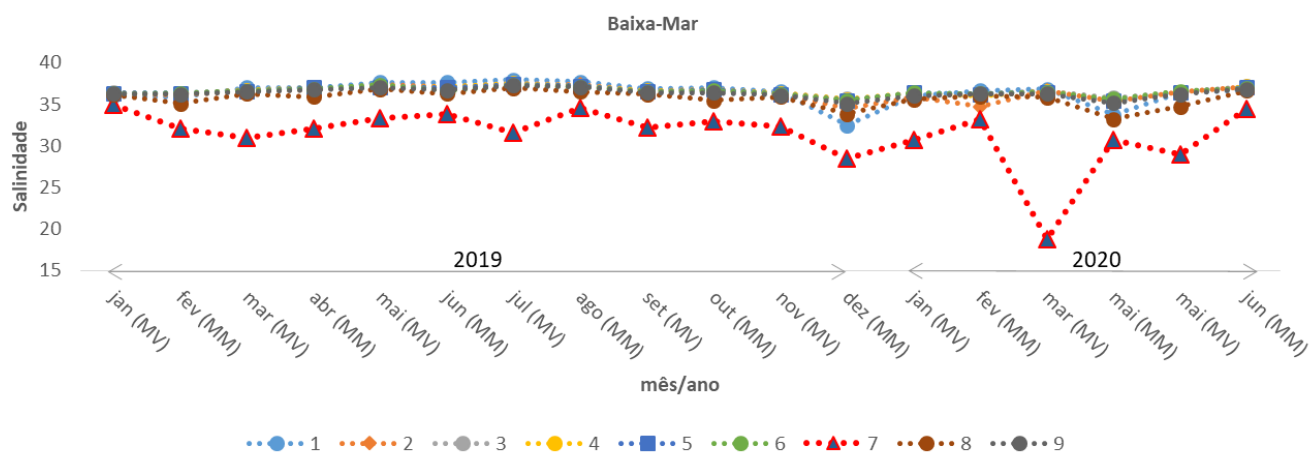


Figura 4A: Variação da Salinidade nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa- Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

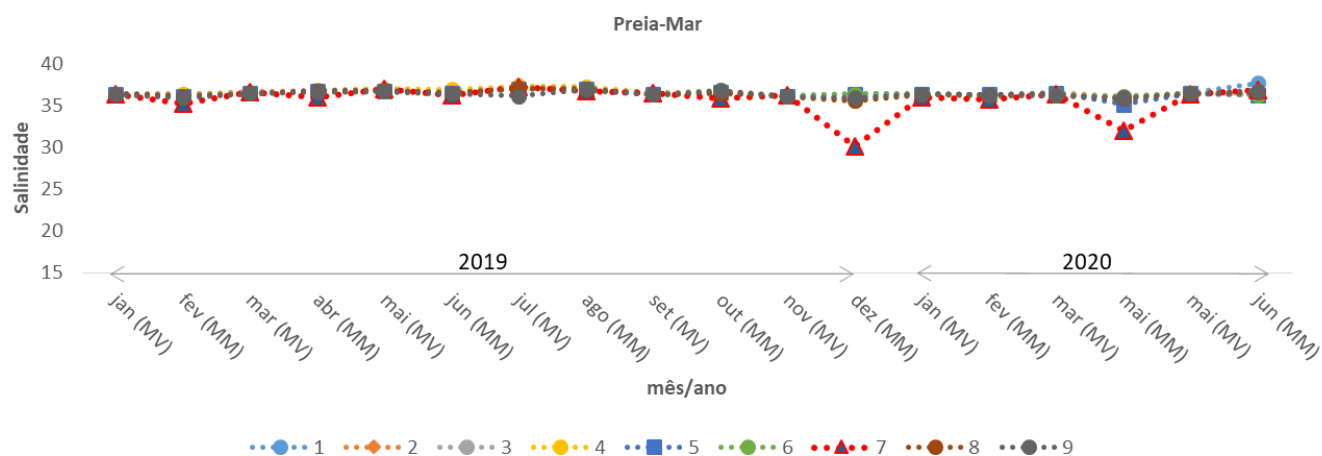


Figura 4B: Variação da Salinidade da água nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

Tabela 6: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) da Salinidade nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	Salinidade					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	32.5	38.0	36.45 $\pm$ 1.4	35.8	37.7	36.57 $\pm$ 0.5
2	34.6	37.5	36.41 $\pm$ 0.9	35.8	37.2	36.5 $\pm$ 0.4
3	35.7	37.6	36.6 $\pm$ 0.5	35.9	37.0	36.38 $\pm$ 0.3
4	35.3	37.5	36.56 $\pm$ 0.6	35.3	37.3	36.46 $\pm$ 0.5
5	35.4	37.4	36.55 $\pm$ 0.6	35.1	37.0	36.38 $\pm$ 0.4
6	35.4	37.3	36.51 $\pm$ 0.5	36.0	37.0	36.36 $\pm$ 0.3
7	18.8	34.9	31.45 $\pm$ 3.6	30.1	37.2	35.71 $\pm$ 1.8
8	33.2	36.9	35.73 $\pm$ 1.0	35.5	37.1	36.38 $\pm$ 0.4
9	35.1	37.3	36.37 $\pm$ 0.6	35.9	36.9	36.34 $\pm$ 0.3

A análise estatística dos valores de salinidade em Baixa-Mar mostrou existirem diferenças significativas deste parâmetro entre a estação mais perto da ETAR (ponto 7) e as restantes estações nos meses de março, julho e dezembro de 2019 e nos meses de janeiro, março e maio de 2020 (Tabela 7), tendo sido particularmente mais evidente em março de 2020, e maioritariamente em Maré Viva. A variação da salinidade dependeu sobretudo do ponto de amostragem (justifica aproximadamente 56% da variação), tendo o fator mês de amostragem tido apenas um peso de cerca de 15% (contudo significativo do ponto de vista estatístico).

Tabela 7: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de salinidade, entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de salinidade entre estações, em Baixa-Mar					
março 2019	julho 2019	dezembro 2019	janeiro 2020	março 2020	maio 2020
est. 1 $\neq$ est. 7 (6.1)	est. 1 $\neq$ est. 7 (6.3)	est. 2 $\neq$ est. 7 (6.1)	est. 3 $\neq$ est. 7 (7.2)	est. 1 $\neq$ est. 7 (18.0)	est. 1 $\neq$ est. 7 (7.4)
est. 2 $\neq$ est. 7 (5.8)	est. 2 $\neq$ est. 7 (5.9)	est. 3 $\neq$ est. 7 (7.2)	est. 4 $\neq$ est. 7 (7.1)	est. 2 $\neq$ est. 7 (17.9)	est. 2 $\neq$ est. 7 (7.4)
est. 3 $\neq$ est. 7 (5.8)	est. 3 $\neq$ est. 7 (5.9)	est. 4 $\neq$ est. 7 (7.1)	est. 5 $\neq$ est. 7 (7.0)	est. 3 $\neq$ est. 7 (17.8)	est. 3 $\neq$ est. 7 (7.5)
est. 4 $\neq$ est. 7 (5.8)	est. 4 $\neq$ est. 7 (5.9)	est. 5 $\neq$ est. 7 (7.0)	est. 6 $\neq$ est. 7 (7.0)	est. 4 $\neq$ est. 7 (17.8)	est. 4 $\neq$ est. 7 (7.4)
est. 5 $\neq$ est. 7 (5.7)	est. 5 $\neq$ est. 7 (5.8)	est. 6 $\neq$ est. 7 (7.0)		est. 5 $\neq$ est. 7 (17.7)	est. 5 $\neq$ est. 7 (7.5)
est. 6 $\neq$ est. 7 (5.7)	est. 6 $\neq$ est. 7 (5.7)	est. 9 $\neq$ est. 7 (6.7)		est. 6 $\neq$ est. 7 (17.6)	est. 6 $\neq$ est. 7 (7.6)
est. 9 $\neq$ est. 7 (5.6)	est. 9 $\neq$ est. 7 (5.7)			est. 8 $\neq$ est. 7 (17.1)	est. 8 $\neq$ est. 7 (5.7)
				est. 9 $\neq$ est. 7 (17.5)	est. 9 $\neq$ est. 7 (7.2)

Em situação de Preia-Mar, por seu lado, o fator mês de amostragem teve um peso superior na variação da salinidade face ao fator local (ponto de amostragem), aproximadamente 40% e 11% respetivamente. Nesta condição de maré apenas a estação 7 diferiu das restantes, o que ocorreu nos meses de dezembro de 2019 e maio de 2020, em Maré Morta (Tabela 8).

Tabela 8: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Salinidade, entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de salinidade entre estações, em Preia-Mar	
dezembro 2019	maio 2020
est. 1 ≠ est. 7 (5.7)	est. 1 ≠ est. 7 (3.9)
est. 2 ≠ est. 7 (5.8)	est. 2 ≠ est. 7 (4.0)
est. 3 ≠ est. 7 (5.8)	est. 3 ≠ est. 7 (4.1)
est. 4 ≠ est. 7 (5.5)	est. 4 ≠ est. 7 (3.3)
est. 5 ≠ est. 7 (6.3)	est. 5 ≠ est. 7 (3.1)
est. 6 ≠ est. 7 (6.3)	est. 6 ≠ est. 7 (4.1)
est. 8 ≠ est. 7 (5.5)	est. 8 ≠ est. 7 (3.8)
est. 9 ≠ est. 7 (5.8)	est. 9 ≠ est. 7 (3.9)

Em várias situações de maré, a estação 7 apresentou valores de salinidade significativamente mais baixos do que as restantes estações, com uma diferença superior a 10% como referido pela Diretiva 2006/113/CE e pelo DL 236/98 para as águas conquícolas (que indicam que a variação de salinidade provocada por uma rejeição não deve exceder em mais de 10 % a salinidade medida nas águas não afetadas). Para estes cálculos usou-se como valor de referência o valor médio do ponto mais afastado da ETAR, no canal principal da Ria Formosa, o ponto 6 (Figura 1), em PM, 36,34 (Tabela 6). 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. A questão da diminuição da salinidade até ao ponto 7 aparentemente não parece grave para os bivalves, uma vez que aqui não há viveiros, não sendo o local 7 considerado como água conquícola. Já na estação 8, a estação a seguir mais afetada a nível de salinidade, a cerca de 2000 m de distância, onde nas imediações ocorrem viveiros de bivalves, essa variação de salinidade não foi superior a 10%, relativamente aos pontos fora da influência da ETAR. Os viveiros, na área de estudo, neste lado do canal do Esteiro da Garganta encontram-se junto dos pontos 8 e 9 onde a salinidade não parece ser afetada significativamente pela descarga da ETAR.

A análise individual de cada estação, mostrou para o período de janeiro a junho de 2019, a ocorrência de diferenças significativas de salinidade entre a PM e a BM em várias estações, refletindo aumento de salinidade associado a enchente. No período de junho de 2019 a junho de 2020, manteve-se esta variação significativa da salinidade da água ($p < 0,05$) entre a PM e a BM, com valores mais elevados em PM nas estações 3, 7 e 8, com uma diferença média de 0.2, 4.7 e de 0.8, respetivamente. Contudo, para cada tipo de maré não se observaram variações temporais relevantes.

Não se encontraram diferenças significativas ($p > 0,05$) de salinidade entre MV e MM em nenhuma estação, tendo tido maior preponderância na variação deste parâmetro o fator mês de amostragem ($p < 0,05$).

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 os valores registados 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, considerada costa aberta.

3.1.3 pH

A variação do pH da água nos 9 locais ao longo do período de amostragem encontra-se representada nas Figuras 5A (Baixa-Mar) e 5B (Preia-Mar). Pode-se observar que este parâmetro oscilou dentro de uma gama relativamente estreita, com um mínimo de 7,68 no ponto 2 (janeiro de 2019, Baixa-Mar) e máximo de 8,38 no ponto 9 (novembro de 2019, Preia-Mar) (Tabela 9). Em geral, em Baixa-Mar os valores mais elevados foram registados em Maré Morta enquanto em Preia-Mar a tendência inverteu-se, com registo dos valores mais elevados em Maré Viva.

Estes valores estão dentro do limite 7-9 apontado para águas conquícolas (Diretiva 2006/113/CE; DL 236/98). Contudo, os valores mais baixos também se registaram na estação 7 (Tabela 9), 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 valores relativamente mais baixos, sugestivo que a dispersão da matéria orgânica se dá nessa direção, como referido para a salinidade.

A comparação dos valores de pH encontrados nas estações amostradas com os valores registados à saída da ETAR (Figura 5C) revela que nesta a gama de pH no efluente descarregado foi mais alargada, encontrando-se compreendida entre 6.8 e 8.8. Mesmo considerando apenas as datas mais próximas das amostragens realizadas no presente estudo (Figura 5D) verificou-se uma variação de pH à saída da ETAR de 6.8 a 8.7 e que não se correlacionou diretamente com a variação de pH na estação 7 em condições de Baixa-Mar ($p>0.05$), já que as amostras não foram recolhidas em períodos homólogos.

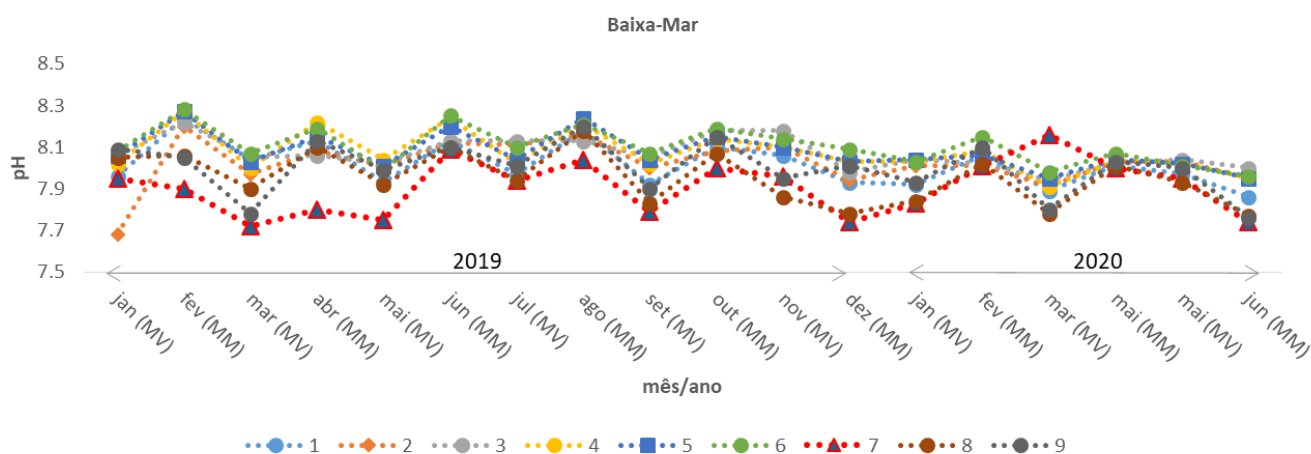


Figura 5A: Variação do pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

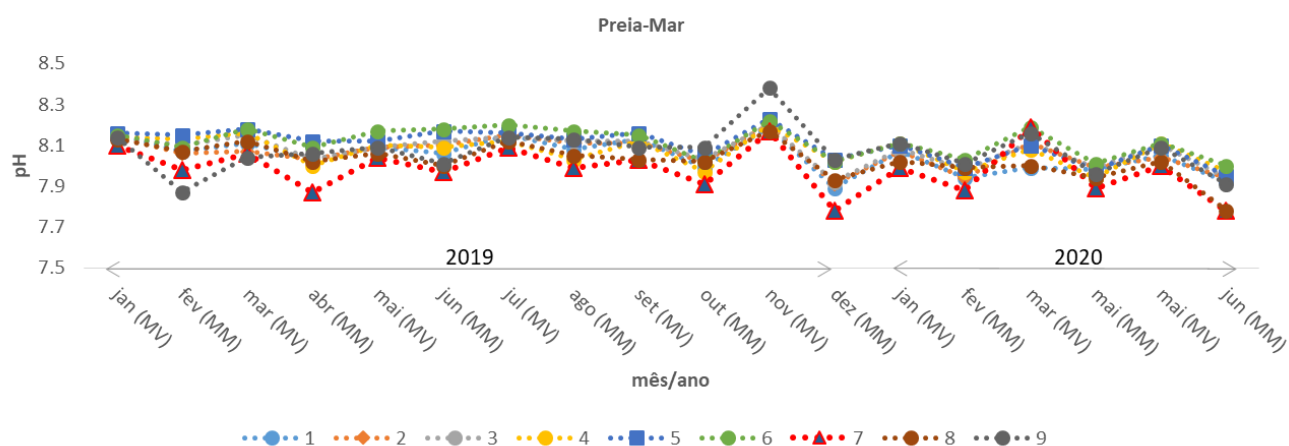


Figura 5B: Variação do pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

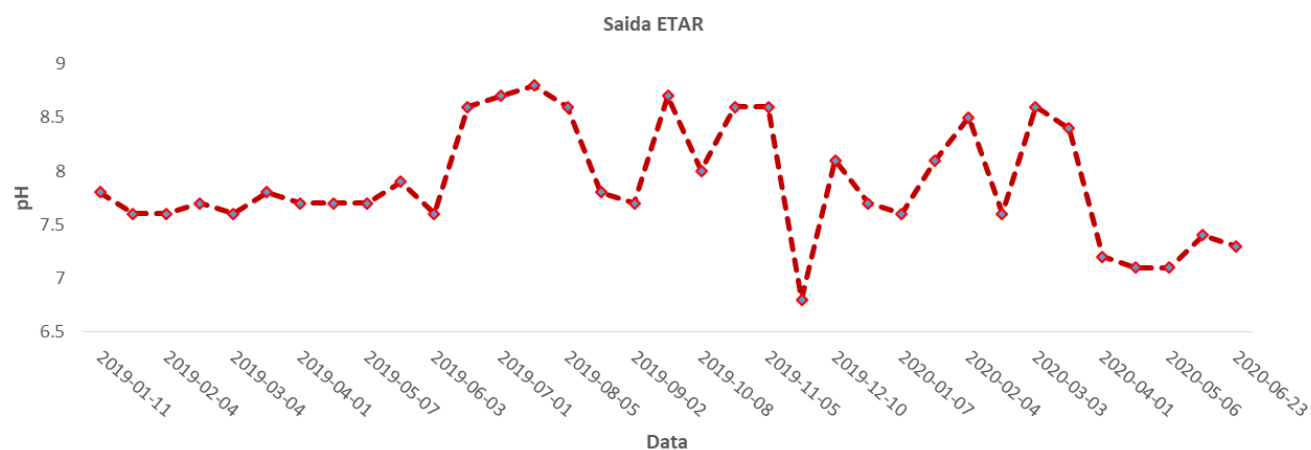


Figura 5C: Variação do pH à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020

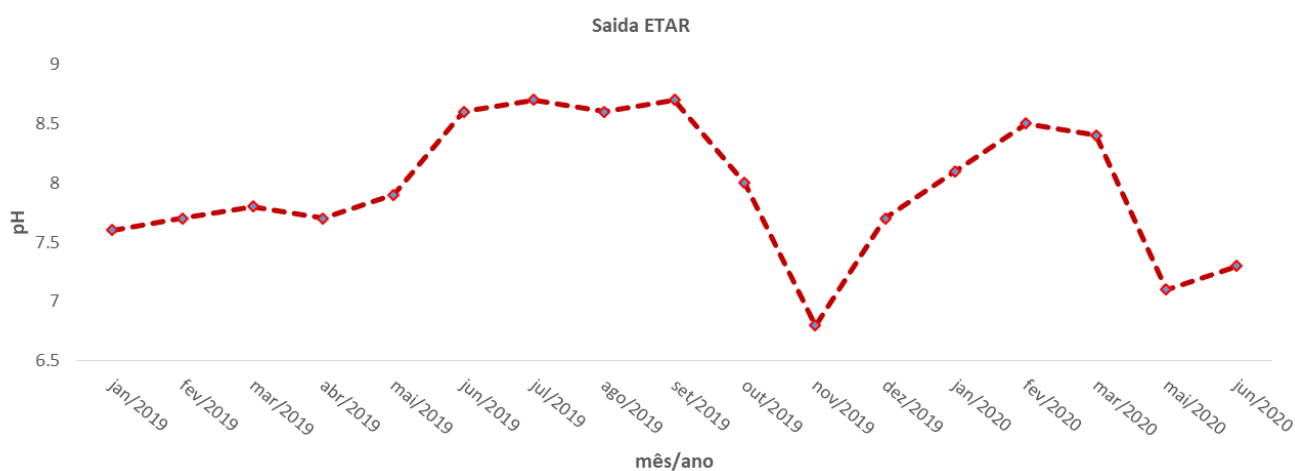


Figura 5D: Variação do pH à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo

Tabela 9: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de pH nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	pH					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	7.86	8.20	8.0 $\pm$ 0.10	7.89	8.20	8.1 $\pm$ 0.09
2	7.68	8.20	8.0 $\pm$ 0.12	7.91	8.20	8.1 $\pm$ 0.08
3	7.94	8.22	8.1 $\pm$ 0.08	7.92	8.20	8.1 $\pm$ 0.08
4	7.91	8.27	8.1 $\pm$ 0.10	7.94	8.20	8.1 $\pm$ 0.08
5	7.95	8.27	8.1 $\pm$ 0.09	7.95	8.23	8.1 $\pm$ 0.08
6	7.96	8.28	8.1 $\pm$ 0.09	8.00	8.22	8.1 $\pm$ 0.07
7	7.72	8.16	7.9 $\pm$ 0.13	7.78	8.19	8.0 $\pm$ 0.12
8	7.77	8.18	8.0 $\pm$ 0.13	7.78	8.17	8.0 $\pm$ 0.09
9	7.76	8.20	8.0 $\pm$ 0.13	7.87	8.38	8.1 $\pm$ 0.11

A análise estatística demonstra que, em Baixa-Mar, quer o fator mês de amostragem quer o fator ponto de amostragem tem muita relevância na variação do pH, com um peso de 48% e 25%, respetivamente. Nesta situação de maré ocorreram diferenças significativas entre estações nos meses de janeiro a abril e novembro a dezembro de 2019 e em março de 2020 (Tabela 10). Em janeiro de 2019 foi a estação 2 que mais se destacou das restantes, nos restantes meses com diferenças significativas foi, em geral, o ponto mais próximo da ETAR que apresentou valores de pH mais baixos do que os outros pontos (Figura 5A), podendo refletir, tal como já mencionado, maior presença de matéria orgânica, apesar dos valores não apresentarem o mesmo perfil de distribuição temporal do pH à saída da ETAR (Figuras 5C e 5D) já que as amostras do efluente e no meio recetor não foram recolhidas nem no mesmo dia nem à mesma hora, como referido anteriormente..

Tabela 10. Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de pH, entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de pH entre estações, em Baixa-Mar						
janeiro 2019	fevereiro 2019	março 2019	abril 2019	novembro 2019	dezembro 2019	março 2020
est. 2 $\neq$ est. 1 (0.28)	est. 7 $\neq$ est. 3 (0.32)	est. 7 $\neq$ est. 3 (0.33)	est. 7 $\neq$ est. 4 (0.42)	est. 3 $\neq$ est. 8 (0.32)	est. 7 $\neq$ est. 6 (0.40)	est. 7 $\neq$ est. 8 (0.4)
est. 2 $\neq$ est. 3 (0.38)	est. 7 $\neq$ est. 4 (0.37)	est. 7 $\neq$ est. 6 (0.35)	est. 7 $\neq$ est. 5 (0.35)			est. 7 $\neq$ est. 9 (0.4)
est. 2 $\neq$ est. 4 (0.34)	est. 7 $\neq$ est. 5 (0.37)		est. 7 $\neq$ est. 6 (0.39)			
est. 2 $\neq$ est. 5 (0.38)	est. 7 $\neq$ est. 6 (0.38)		est. 7 $\neq$ est. 9 (0.33)			
est. 2 $\neq$ est. 6 (0.40)						
est. 2 $\neq$ est. 8 (0.37)						
est. 2 $\neq$ est. 9 (0.41)						

Em Preia-Mar, o fator mês de amostragem teve um maior peso na variação do pH (aprox. 66%) do que na Baixa-Mar, acontecendo o oposto relativamente ao fator ponto de amostragem (aprox. 16%). Nesta condição de maré encontraram-se diferenças significativas entre estações ($p < 0,05$) nos meses de fevereiro, março, abril, junho, novembro e dezembro de 2019 e em março e junho de 2020 (Tabela 11).

Novamente, o ponto 7 destacou-se de forma mais frequente do que outros pontos, registando os valores mais baixos (Figura 5B). Em Preia-Mar de dezembro de 2019, esta estação registou um dos valores mais baixos, acompanhando a diminuição da salinidade.

Tabela 11. *Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de pH, entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.*

Diferenças significativas de pH entre estações, em Preia-Mar						
fevereiro 2019	abril 2019	junho 2019	novembro 2019	dezembro 2019	março 2020	junho 2020
est. 9 ≠ est. 1 (0.20)	est. 7 ≠ est. 5 (0.25)	est. 7 ≠ est. 5 (0.20)	est. 7 ≠ est. 9 (0.21)	est. 7 ≠ est. 4 (0.24)	est. 1 ≠ est. 6 (0.20)	est. 6 ≠ est. 7 (0.22)
est. 9 ≠ est. 3 (0.23)	est. 7 ≠ est. 6 (0.22)	est. 7 ≠ est. 6 (0.21)	est. 8 ≠ est. 9 (0.21)	est. 7 ≠ est. 5 (0.25)	est. 1 ≠ est. 7 (0.20)	est. 6 ≠ est. 8 (0.22)
est. 9 ≠ est. 4 (0.26)				est. 7 ≠ est. 6 (0.24)		
est. 9 ≠ est. 5 (0.28)				est. 7 ≠ est. 9 (0.25)		
est. 9 ≠ est. 6 (0.22)						
est. 9 ≠ est. 8 (0.20)						

Relativamente às diferentes marés, no período de amostragem compreendido entre janeiro e junho de 2019 e no último ano de amostragem não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$) de pH entre PM e BM em nenhuma estação. Contudo, considerando a globalidade dos dados, verificam-se valores mais baixos em BM ($p < 0,05$) no último ano de amostragem.

Entre MV e MM no período de janeiro a junho de 2019 e de junho de 2019 a junho de 2020 ocorreram globalmente diferenças significativas ($p < 0,05$), particularmente mais evidente na situação de BM.

Neste caso, a maré influencia os resultados de pH, mas é preciso ter em conta que a variabilidade deste parâmetro está intimamente associada à hora da amostragem e ao balanço entre os processos de fotossíntese e respiração, com resultados mais elevados durante a tarde e mais baixos durante o início do dia.

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 dentro na gama descrita no presente trabalho.

3.1.4. Oxigénio dissolvido

Os teores de oxigénio dissolvido encontrados em Baixa-Mar, expressos em mg/L e em percentagem de saturação, estão representados nas Figuras 6A e 6B, respetivamente. Naturalmente, ambas as expressões de O₂ dissolvido descrevem um padrão semelhante de variação e um padrão de distribuição semelhante ao pH (Fig 5A). O ponto 7 destaca-se frequentemente com menores teores de oxigénio, por vezes abaixo de 60%. Em Baixa-Mar, a gama de valores deste parâmetro (Tabela 12) esteve compreendida entre 3,16 mg/L (ponto 7, maio de 2019) e 10,46 mg/L (ponto 3, fevereiro, 2019).

Em percentagem de saturação (tabela 13) o mínimo obtido foi de 43% (ponto 7, maio de 2019) e o máximo foi de 150% (ponto 4, abril de 2019).

Para águas conquícolas pela Diretiva 2006/113 CE e transposto no DL 236/98 o valor médio mínimo admitido (VMA) não deve ser inferior a 70% . Em BM, foram registados maioritariamente na estação 7, e por vezes nas estações 8 e 1, valores inferiores a esse limite nos meses mais quentes, de maio a setembro 2019 e maio e junho de 2020. Os valores mais baixos na estação 7 refletem uma maior presença de matéria orgânica, também eventualmente associada à presença de algas provenientes do sistema de lagunagem. Valores individuais mais baixos <60% são preocupantes, com potenciais consequências nocivas para o desenvolvimento dos povoamentos dos moluscos (DL 236/98). No período noturno estes níveis 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.

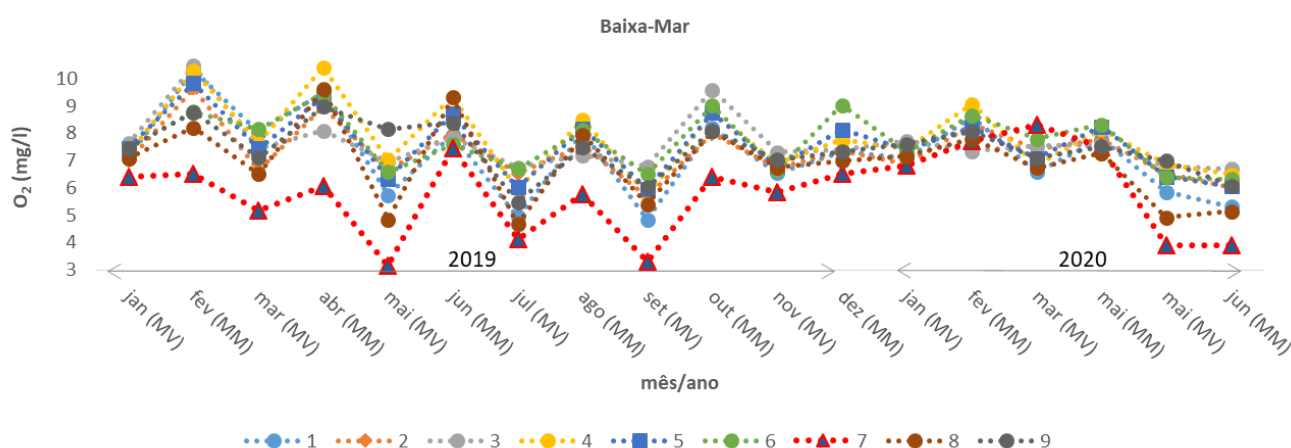


Figura 6A: Variação de O_2 (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

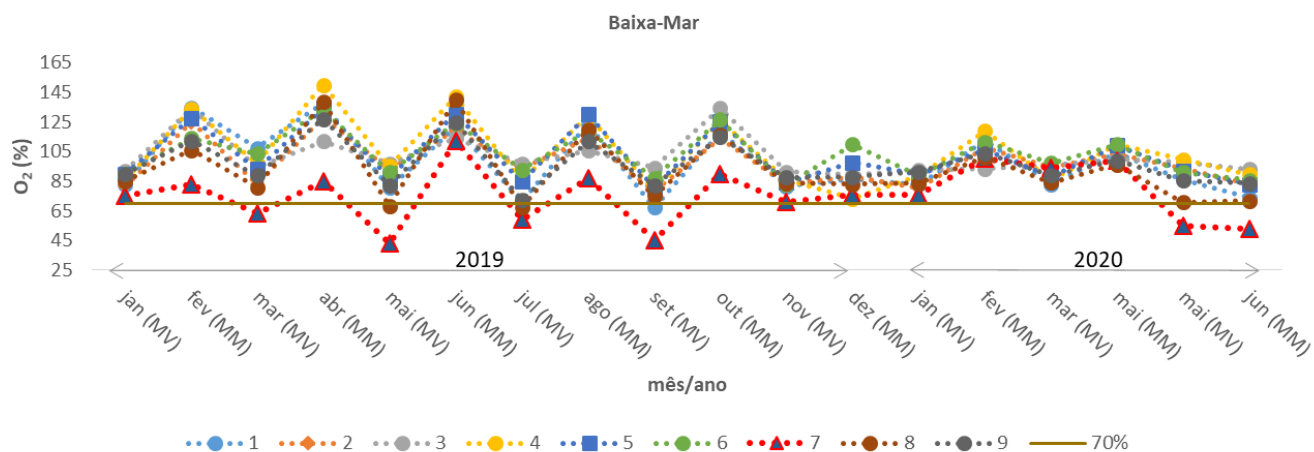


Figura 6B: Variação de O_2 (%) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço contínuo indica o VMA para águas conquícolas.

Tabela 12: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de O_2 (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	O_2 (mg/l)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	4.85	10.30	7.20 $\pm$ 1.52	6.49	8.40	7.47 $\pm$ 0.54
2	5.67	9.64	7.31 $\pm$ 1.02	6.71	8.01	7.55 $\pm$ 0.37
3	6.70	10.46	7.61 $\pm$ 0.97	6.89	8.81	7.69 $\pm$ 0.47
4	5.76	10.40	7.80 $\pm$ 1.36	5.75	9.04	7.54 $\pm$ 0.79
5	5.96	9.83	7.57 $\pm$ 1.18	6.63	9.24	8.04 $\pm$ 0.58
6	6.32	9.44	7.71 $\pm$ 1.03	6.82	9.22	7.98 $\pm$ 0.54
7	3.16	8.32	5.82 $\pm$ 1.57	4.59	7.99	6.70 $\pm$ 0.94
8	4.67	9.60	6.91 $\pm$ 1.47	5.90	8.64	7.40 $\pm$ 0.62
9	5.47	8.97	7.42 $\pm$ 0.93	5.91	8.74	7.51 $\pm$ 0.62

Tabela 13: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de O₂ (%) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	O ₂ (%)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Minimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Minimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	67.2	137	97.5 $\pm$ 22.5	87.9	113	98.1 $\pm$ 6.9
2	78.5	128	98.0 $\pm$ 16.2	90.5	111	98.6 $\pm$ 5.7
3	89.3	134	101 $\pm$ 13.6	91.2	111	98.8 $\pm$ 5.9
4	73.0	150	104 $\pm$ 23.4	83.4	116	99.7 $\pm$ 9.6
5	80.9	134	102 $\pm$ 19.1	88.6	119	104 $\pm$ 9.2
6	82.4	133	103 $\pm$ 15.8	90.6	118	102 $\pm$ 7.6
7	43.2	112	75.8 $\pm$ 19.8	67.5	101	88.1 $\pm$ 9.9
8	67.3	140	92.8 $\pm$ 22.8	84.0	109	96.5 $\pm$ 6.4
9	72.6	127	96.3 $\pm$ 15.7	88.5	111	98.1 $\pm$ 6.2

Em Preia-Mar, o teor de oxigénio teve o seu mínimo (4,59 mg/L e 67,5% de percentagem de saturação) no ponto 7, na amostragem de agosto de 2019, o enquanto o máximo (9,24 mg/L em março de 2019 e 119% em abril de 2019) ocorreu no ponto 5. Assim, a gama de variação deste parâmetro foi menor em Preia-Mar do que em Baixa-Mar, o que se evidencia também nas Figuras 6C e 6D. Nestas pode-se observar igualmente um destaque frequente por parte do ponto 7, com valores mais baixos mas onde raramente a percentagem de saturação foi inferior a 70%.

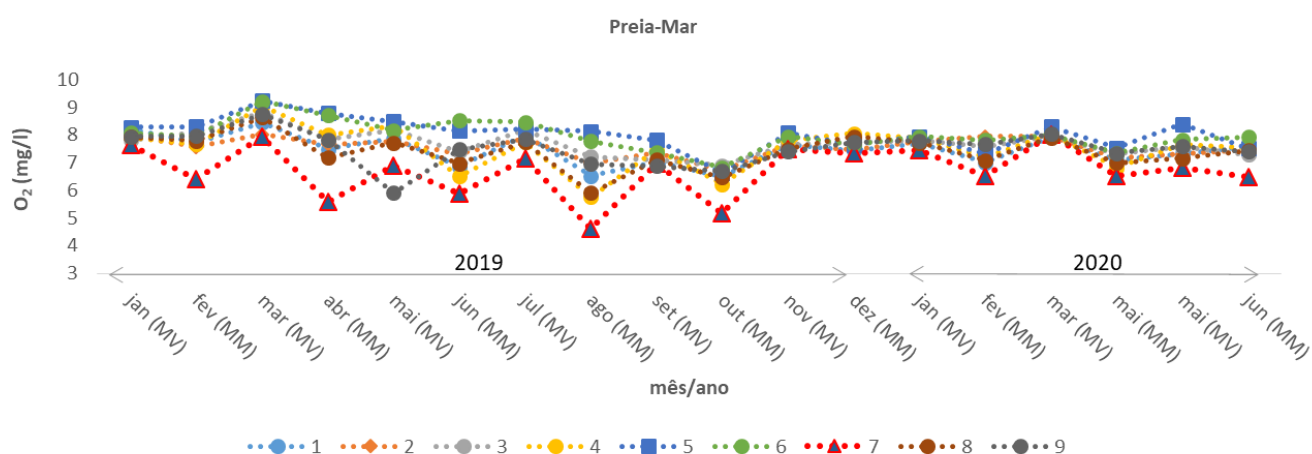


Figura 6C: Variação de O₂ (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

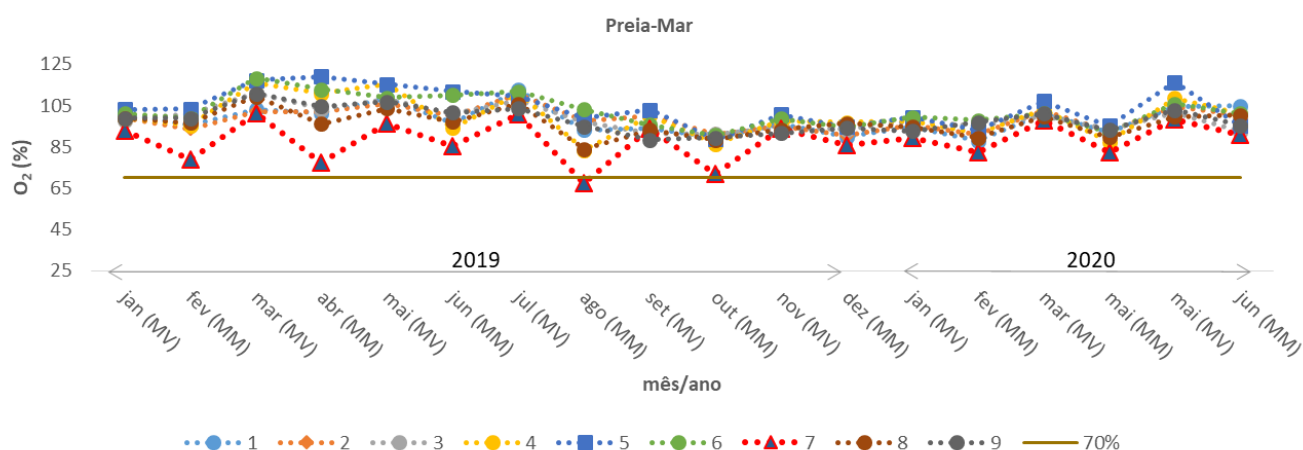


Figura 6D: Variação de O₂(%) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço contínuo indica o VMA para águas conquícolas.

Dada a semelhante evolução do oxigênio dissolvido, em termos de concentração e em termos de saturação, a análise estatística foi efetuada apenas para esta última. Assim, em situação de Baixa-Mar verificou-se que o fator mês de amostragem foi predominante em relação ao fator estação de amostragem, justificando 68,5% e 16,3% da variação respectivamente. Ocorreram diferenças significativas entre estações, no período de fevereiro a maio e de agosto a outubro de 2019 e também de maio a junho de 2020. Estas diferenças foram sempre entre a estação 7 e outras estações, alcançando diferenças até 65%, como se pode ver na Tabela 14. Também se pode observar que a variabilidade no período de janeiro a junho de 2020 foi inferior à homóloga do ano anterior, para ambas as situações de Baixa-Mar e Preia-Mar.

Tabela 14: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de O₂(%), entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de O ₂ (%) entre estações, em Baixa-Mar								
fevereiro 2019	março 2019	abril 2019	maio 2019	agosto 2019	setembro 2019	outubro 2019	maio 2020	junho 2020
est. 7 ≠ est. 1 (52)	est. 7 ≠ est. 1 (45)	est. 7 ≠ est. 1 (52)	est. 7 ≠ est. 2 (50)	est. 7 ≠ est. 4 (42)	est. 7 ≠ est. 3 (49)	est. 7 ≠ est. 3 (45)	est. 7 ≠ est. 2 (39)	est. 7 ≠ est. 3 (40)
est. 7 ≠ est. 2 (42)	est. 7 ≠ est. 6 (40)	est. 7 ≠ est. 2 (43)	est. 7 ≠ est. 3 (54)	est. 7 ≠ est. 5 (43)	est. 7 ≠ est. 6 (42)		est. 7 ≠ est. 3 (43)	
est. 7 ≠ est. 3 (51)		est. 7 ≠ est. 4 (65)	est. 7 ≠ est. 4 (52)				est. 7 ≠ est. 4 (45)	
est. 7 ≠ est. 4 (51)		est. 7 ≠ est. 5 (49)	est. 7 ≠ est. 5 (44)					
est. 7 ≠ est. 5 (45)		est. 7 ≠ est. 6 (48)	est. 7 ≠ est. 6 (48)					
		est. 7 ≠ est. 8 (53)	est. 7 ≠ est. 9 (39)					
		est. 7 ≠ est. 9 (42)						

Em Preia-Mar, o fator mês de amostragem justificou 55% da variação dos dados de saturação de oxigênio e o fator estação de amostragem 24%. Novamente, a estação 7 foi a que mais se destacou com menores níveis deste parâmetro, mas apenas durante o ano de 2019, como se pode observar na Tabela 15.

Tabela 15: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de O_2 (%), entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de O_2 (%) entre estações, em Preia-Mar					
fevereiro 2019	abril 2019	maio 2019	junho 2019	agosto 2019	outubro 2019
est. 7 ≠ est. 3 (22)	est. 7 ≠ est. 1 (24)	est. 7 ≠ est. 4 (19)	est. 7 ≠ est. 5 (26)	est. 6 ≠ est. 4 (20)	est. 7 ≠ est. 2 (19)
est. 7 ≠ est. 5 (25)	est. 7 ≠ est. 2 (24)	est. 7 ≠ est. 5 (19)	est. 7 ≠ est. 6 (25)	est. 6 ≠ est. 8 (19)	est. 7 ≠ est. 3 (19)
est. 7 ≠ est. 6 (20)	est. 7 ≠ est. 3 (26)			est. 7 ≠ est. 1 (26)	
est. 7 ≠ est. 9 (20)	est. 7 ≠ est. 4 (33)			est. 7 ≠ est. 2 (30)	
	est. 7 ≠ est. 5 (42)			est. 7 ≠ est. 3 (30)	
	est. 7 ≠ est. 6 (36)			est. 7 ≠ est. 5 (32)	
	est. 7 ≠ est. 9 (27)			est. 7 ≠ est. 6 (36)	
				est. 7 ≠ est. 9 (28)	

Similarmente ao descrito no relatório anterior, não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$) de oxigénio dissolvido (expresso em percentagem de saturação) entre PM e BM em nenhuma estação, tendo sido o fator mês de amostragem que predominantemente determinou a variação deste parâmetro ($p < 0,05$). É de referir que isto não significa que não há renovação de água durante a enchente, oxigenando a mesma, mas sim que existe uma variabilidade adicional intrínseca associada à hora da amostragem, de manhã, à tarde ou ao final do dia, o que vai influenciar o balanço dos processos fotossíntese vs. respiração.

Tal como se tinham já verificado diferenças de percentagem de saturação de oxigénio da água entre MV e MM no período anteriormente amostrado, também entre junho de 2019 e junho de 2020 foi registada uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre MV e MM, particularmente nas estações 6 e 9, com valores mais elevados em MM. Considerando as condições específicas de BM existiu diferença significativa ($p < 0,05$) entre MV e MM em todas as estações exceto no ponto 3.

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%). 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. 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; Vaquer-Sunyer and Duarte, 2008).

3.2. Cor, aparência, cheiro

O registo destes parâmetros apresenta-se nas tabelas anexadas (Anexo I – Parâmetros Analisados).

Na Figura 7 apresentam-se algumas das diferentes colorações registadas durante as amostragens no ponto 7.

No ponto mais próximo da ETAR foi registada influência da rejeição da ETAR no aspeto da água, a nível de cor, em todas as amostragens de Baixa-Mar e em 14 amostragens de Preia-Mar. A presença de cheiro foi denotada em 16 das 18 amostragens em Baixa-Mar e em 9 das 18 amostragens em Preia-Mar. Assim, neste ponto foi clara 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 estendendo-se, por vezes, até ao ponto 8.

No ponto 8 houve aspeto alterado, que se poderá dever a influência da ETAR e circulação predominante neste sentido, em 9 amostragens de Baixa-Mar e em 2 amostragens de Preia-Mar, mas apenas 3 ocorrências de presença de cheiro todas em Baixa-Mar (outubro e novembro de 2019 e fevereiro de 2020).

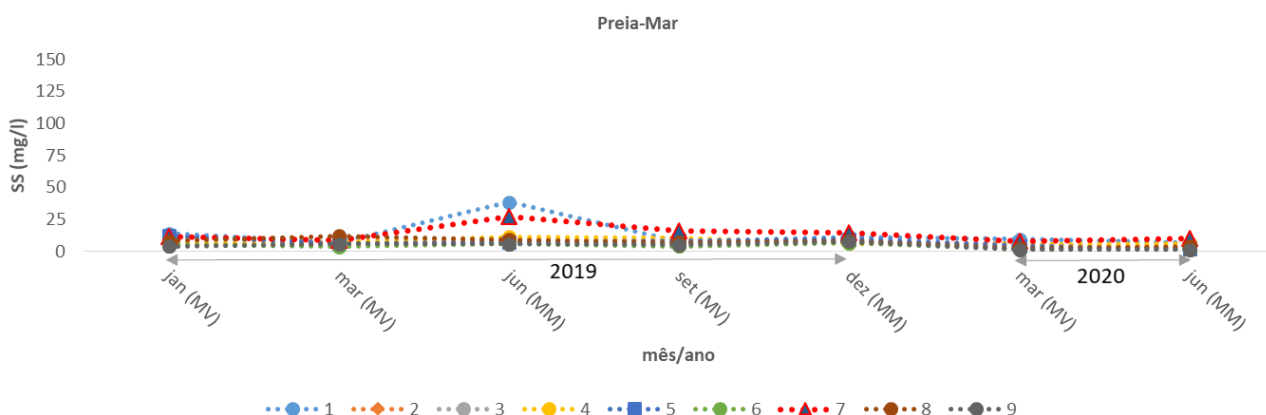
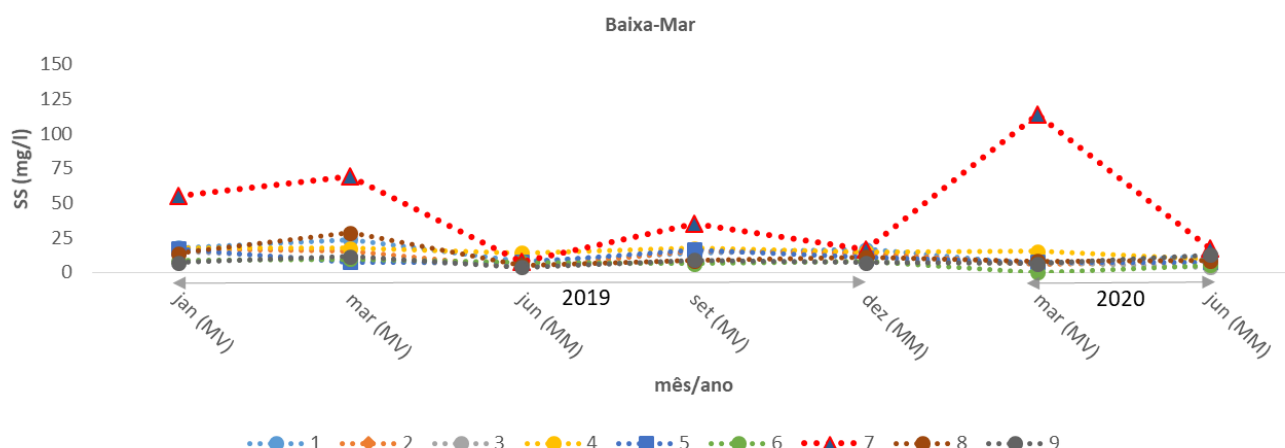
A aparência da água nos pontos de amostragem 1 a 6 foi sempre normal e sem cheiro. No ponto 9 não se registou presença de cheiro, mas existiu aparência alterada potencialmente por alguma influência da ETAR ou por outra fonte externa proveniente do lado de Olhão, nas amostragens maio e junho 2020 em Baixa-Mar.



Figura 7: Aspeto e cor da água registado em três diferentes situações de amostragem junto do ponto 7.

3.3. Sólidos suspensos totais

A variação dos sólidos suspensos totais (mg/L) ao longo do tempo nas estações amostradas encontra-se representada nas Figuras 8A e 8B, para as situações de Baixa-Mar e Preia-Mar, respetivamente. Observa-se que a gama de valores deste parâmetro é mais alargada em Baixa-Mar e que a estação 7 registou a concentração mais elevada nesta situação de maré, do que em Preia-Mar. 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.



Na Tabela 16 apresenta-se o intervalo de valores e o valor médio encontrado em cada ponto de amostragem. Verifica-se que o valor mais baixo encontrado foi de não detetável (ponto 6) e o mais elevado de 113,8 mg/L (ponto 7) ambos durante a Baixa-Mar de março 2020. Em termos médios, o ponto 7 destacou-se dos restantes, particularmente em Baixa-Mar de marés vivas. Contudo, em Preia-Mar foi no ponto 1, estação interior, que ocorreu o valor mais elevado de sólidos suspensos totais (38,6 mg/L).

No ponto 7, relativamente aos pontos mais exteriores (3 e 6), considerados sem influência direta da rejeição da ETAR, em condições de Baixa-Mar houve um aumento médio do teor em sólidos em suspensão superior a 30 %. Isto também ocorreu no ponto 8 (o que não deve acontecer para águas conquícolas como referido na Diretiva 2006/113/CE, DL 236/98), mas já não ocorreu no ponto 9 (também zona associada a cultivo). Esta diferença relativamente aos pontos exteriores em condições de Baixa-Mar deveu-se particularmente aos valores excessivos encontrados em março de 2019 e de 2020. Neste último caso, ocorreram concomitantemente valores elevados de pluviosidade (63 mm durante o mês de março de 2020, dados fornecidos pelo IPMA), que pode ter tido alguma influência no valor de sólidos em suspensão encontrado, ainda assim com valores de sólidos em suspensão a saída da ETAR na gama de 70 a 80 mg/L, bastante inferior a março de 2019 (Figuras 8C e 8D). Por outro lado pelo facto do efluente ser proveniente do sistema de lagunagem, os valores podem refletir o crescimento de fitoplâncton, normalmente mais acelerado nesta altura do ano (Primavera). De salientar, contudo, que o valor de 150 mg/L de sólidos em suspensão à saída da ETAR, quando proveniente de sistema de lagunagem (DL 152/97) foi frequentemente ultrapassado entre janeiro e abril de 2019 (Figuras 8C e 8D). De facto, o máximo teor de SST a saída da ETAR chegou a ser de 180 mg/L em março de 2019, ocorrendo posteriormente forte diminuição do teor de SST a saída da ETAR. Contudo, é necessário referir que no ano de arranque o que tem que ser cumprido é uma remoção de sólidos em suspensão de 90% como referido na licença de descarga emitida pela APA. Por seu lado, valores ocasionalmente elevados no ponto 1, em PM de junho de 2019 podem refletir contribuição da Ribeira das Lavadeiras, uma fonte externa à ETAR. Valores no ponto 8 semelhantes aos encontrados no ponto 1, refletem a dispersão da pluma do efluente na direção E, como anteriormente referido para os outros parâmetros. É também importante considerar que valores elevados encontrados em BM de MV, podem ainda refletir também alguma ressuspensão de sedimento causado pela navegação da embarcação usada na amostragem, neste canal pouco profundo (<50 cm).

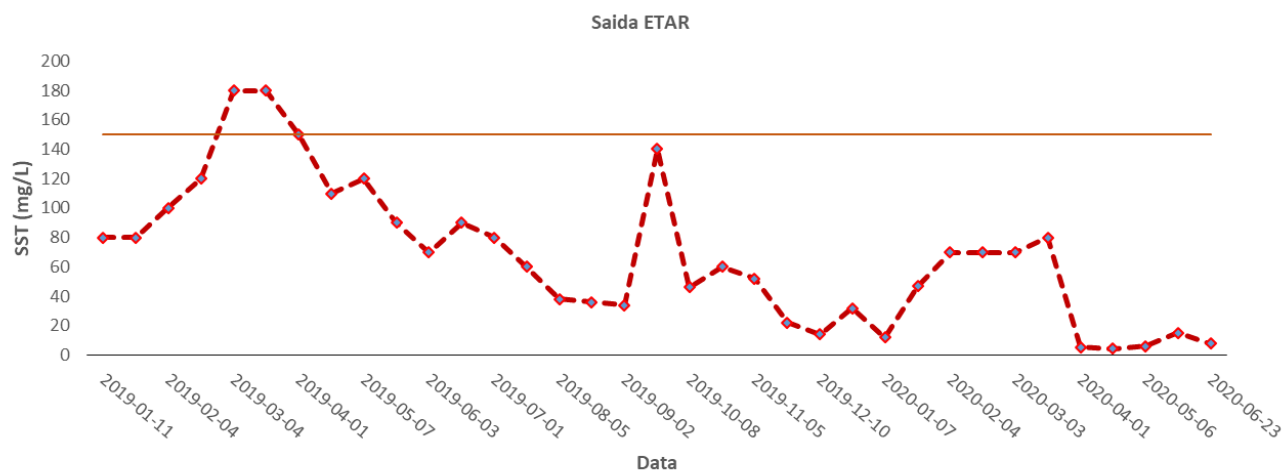


Figura 8C: Variação de sólidos suspensos totais (mg/L) á saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020. O traço contínuo indica o valor de 150 mg/L indicado no DL 152/97 para efluentes provenientes de sistemas de lagunagem.

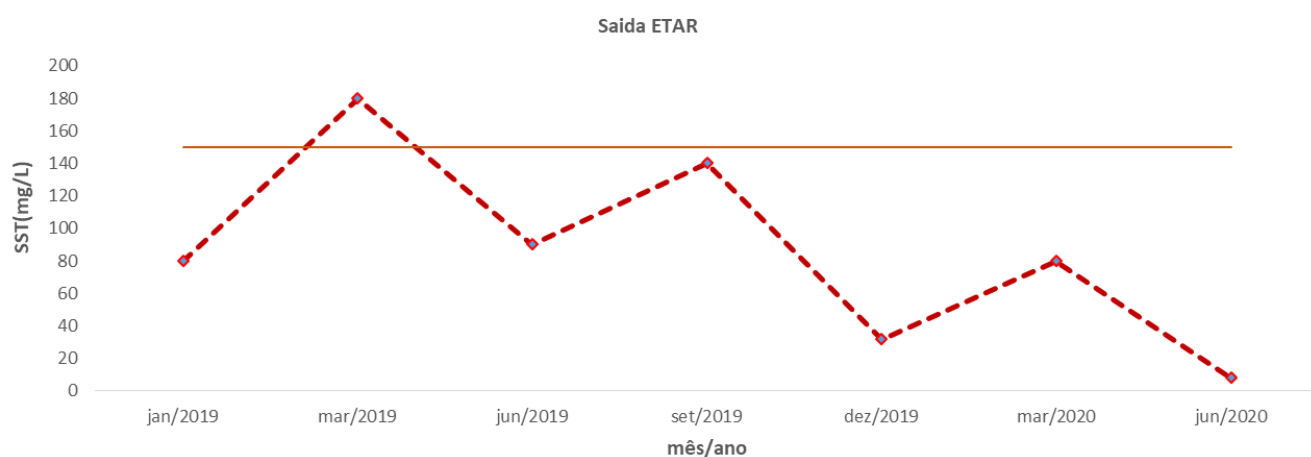


Figura 8D: Variação de sólidos suspensos totais (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo. O traço contínuo indica o valor de 150 mg/L indicado no DL 152/97 para efluentes provenientes de sistemas de lagunagem.

Tabela 16: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de sólidos suspensos totais (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	SS (mg/L)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	5.79	23.80	13.95 $\pm$ 6.1	6.40	38.60	13.34 $\pm$ 11.5
2	3.30	16.88	11.23 $\pm$ 5.5	3.25	9.06	6.74 $\pm$ 1.9
3	3.70	15.10	7.81 $\pm$ 3.7	1.94	8.13	4.99 $\pm$ 2.1
4	9.62	17.42	15.05 $\pm$ 2.8	5.25	11.34	7.47 $\pm$ 2.4
5	7.21	16.89	10.49 $\pm$ 4.4	1.66	12.07	7.05 $\pm$ 3.4
6	0.00	9.76	6.47 $\pm$ 3.2	1.49	6.66	4.11 $\pm$ 2.0
7	7.82	113.80	44.92 $\pm$ 38	7.59	27.10	13.62 $\pm$ 6.7
8	4.96	28.64	11.87 $\pm$ 7.9	2.55	11.94	7.28 $\pm$ 3.2
9	3.66	12.62	8.109 $\pm$ 3.1	1.44	7.49	4.41 $\pm$ 2.3

A análise estatística demonstrou para a Baixa-Mar, que enquanto o fator estação de amostragem justifica 45% da variação dos dados de SS, o fator mês de amostragem não tem um peso significativo ($p > 0,05$) nesta variação. Ocorreram diferenças significativas, unicamente entre o ponto 7 e outros pontos de amostragem nos meses de março de 2019 e de 2020 (Tabela 17).

Tabela 17: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de sólidos suspensos totais (mg/L), entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de SS (mg/L) entre estações, em Baixa-Mar	
março 2019	março 2020
est. 7 $\neq$ est. 3 (60)	est. 7 $\neq$ est. 1 (108)
est. 7 $\neq$ est. 5 (62)	est. 7 $\neq$ est. 2 (108)
	est. 7 $\neq$ est. 3 (107)
	est. 7 $\neq$ est. 4 (99)
	est. 7 $\neq$ est. 5 (107)
	est. 7 $\neq$ est. 6 (114)
	est. 7 $\neq$ est. 8 (106)
	est. 7 $\neq$ est. 9 (108)

Em contraste, em Preia-Mar tanto o fator mês de amostragem como o fator ponto de amostragem tiveram um papel significativo ($p < 0,05$) na variação dos SS na água, justificando-a em 25% e 34% respectivamente. A comparação entre estações demonstrou que apenas em junho de 2019 foram encontradas diferenças significativas, tendo-se destacado as estações 1 e 7, como apresentado na Tabela 18, onde se registraram os valores mais elevados.

Tabela 18: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de sólidos suspensos totais (mg/L), entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de SS (mg/L) entre estações, em Preia-Mar	
junho 2019	
est. 1 ≠ est. 2	(30.0)
est. 1 ≠ est. 3	(32.9)
est. 1 ≠ est. 4	(27.3)
est. 1 ≠ est. 5	(31.3)
est. 1 ≠ est. 6	(32.7)
est. 1 ≠ est. 8	(29.4)
est. 1 ≠ est. 9	(32.8)
est. 7 ≠ est. 3	(21.4)
est. 7 ≠ est. 5	(19.8)
est. 7 ≠ est. 6	(21.1)
est. 7 ≠ est. 9	(21.3)

Da comparação dos teores de sólidos suspensos totais entre PM e BM, conclui-se que, similarmente ao verificado nos primeiros seis meses de amostragem, não existiu diferença significativa em nenhuma estação ($p > 0,05$). Apenas considerando a MV, surge uma diferença significativa ($p < 0,05$) justificada pelo maior efeito de diluição em PM que baixou significativamente a concentração de sólidos em suspensão. É de referir ainda que temporalmente, em Baixa-Mar, na estação 7, a mais próxima da descarga da ETAR à exceção do valor de março de 2020 (associado a precipitação) os valores também pareceram diminuir no último ano (junho 2019 a junho de 2020).

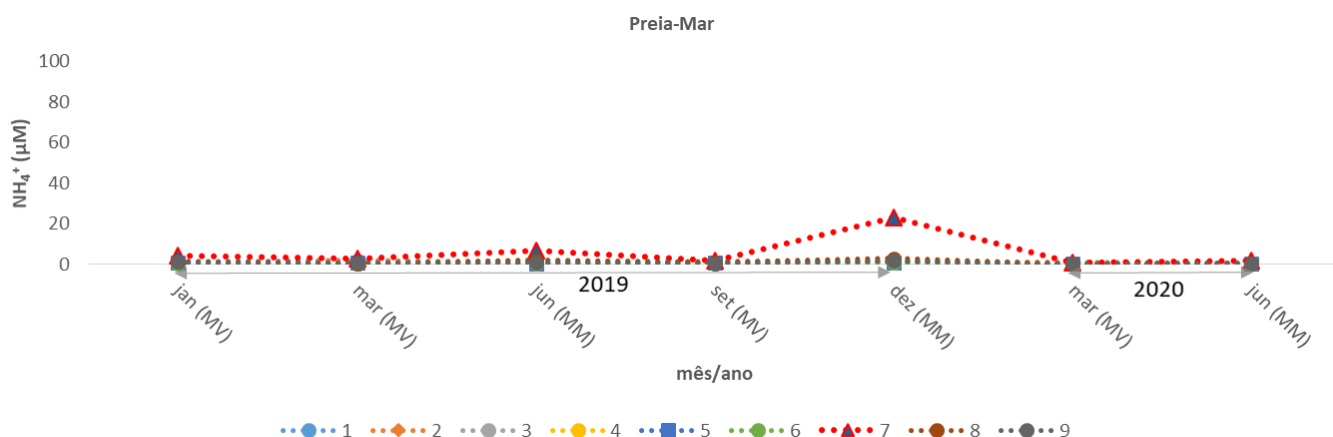
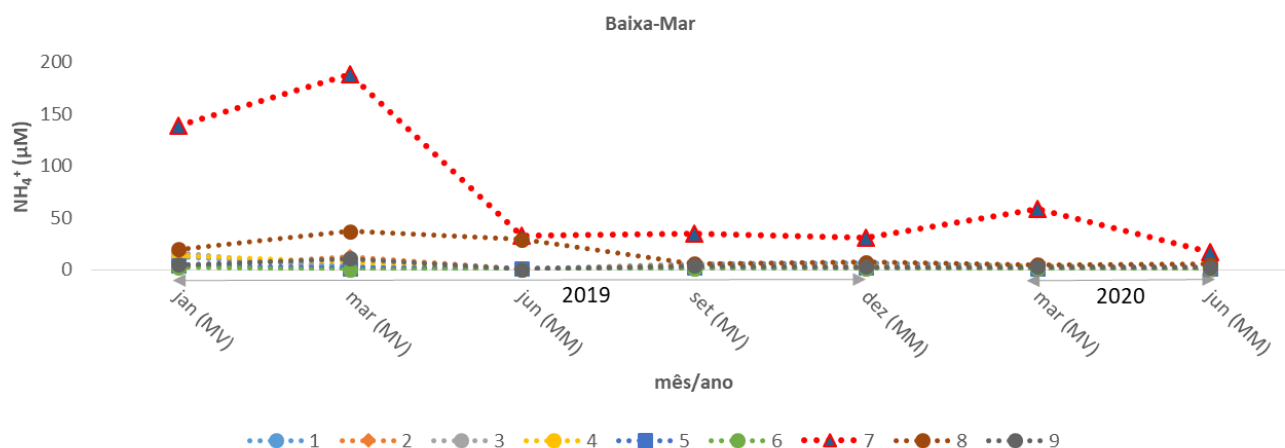
Relativamente à variabilidade entre MV e MM, no último ano de amostragem não foram registadas diferenças significativas ($p > 0,05$). Nos primeiros seis meses de amostragem, tinham-se registado diferenças deste parâmetro entre MV e MM em BM, o que não aconteceu no período de junho de 2019 a junho de 2020 ($p > 0,05$).

À exceção dos valores máximos das estações 1, 7 e 8, 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 maioria das estações do presente trabalho. No entanto são um pouco superiores aos encontrados nesta altura pelo IPIMAR para a costa aberta (< 5 mg/L).

3.4 Nutrientes

Amónia

Nas Figuras 9A e 9B encontra-se a representação da concentração de amónia na água, em Baixa e Preia-Mar, respetivamente. Observam-se valores mais elevados em Baixa-Mar, particularmente na estação mais próxima da ETAR. Salienta-se, no entanto, que a concentração de amónia nesta estação diminuiu acentuadamente dos primeiros 2 momentos de amostragem (janeiro e março de 2019) para os meses subsequentes, sugerindo que a partir de junho de 2019 houve uma remoção importante de azoto, que parece estar associado à estabilização do tratamento biológico por parte das bactérias do sistema NEREDA.



Tal como se verificou para os sólidos em suspensão, o valor mais baixo de amónia foi registado na estação 6 ($< 0,09 \mu\text{M}$), a qual fica localizada numa zona de canal principal onde ocorre uma forte renovação de água a cada ciclo de maré, e o mais alto na estação 7 ($189 \mu\text{M}$), ambos durante a Baixa-Mar de março de 2019. Como se pode ver na Tabela 19, mesmo em Preia-Mar ocorreu um máximo de $22,9 \mu\text{M}$ no ponto 7 (Dezembro de 2019).

Em termos estatísticos, confirma-se o indiciado pelos gráficos apresentados, com a estação 7 a registar concentrações significativamente superiores a todas as restantes estações na Baixa-Mar de janeiro e março de 2019 e na Preia-Mar de dezembro de 2019. Os valores absolutos destas diferenças encontram-se discriminados nas Tabelas seguintes (Tabelas 20 e 21).

Para este parâmetro também foi claro o efeito de diluição ocorrido durante o período de enchente a PM, com valores substancialmente mais elevados em BM ($p < 0,05$) nas estações 1, 2, 5, 6, 7 e 9. 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.

No último ano de amostragem, após junho de 2019 não foram registadas diferenças significativas ($p > 0,05$) de concentração de amónia na água entre MV e MM.

Tabela 19: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de NH_4^+ (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	NH_4^+ (μM)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	0.36	13.0	4.98 ± 4.1	0.19	1.88	0.91 ± 0.65
2	0.63	12.6	3.82 ± 4.1	0.31	1.75	0.90 ± 0.58
3	0.40	16.6	3.23 ± 5.9	0.10	2.09	0.75 ± 0.74
4	0.38	13.2	4.58 ± 4.5	0.30	2.11	0.90 ± 0.71
5	1.03	4.43	2.02 ± 1.1	0.27	0.78	0.49 ± 0.19
6	< 0.09	2.44	1.12 ± 0.8	0.10	0.65	0.31 ± 0.20
7	17.1	189	71.7 ± 66	0.80	22.9	5.76 ± 7.8
8	5.09	37.2	15.7 ± 13	0.15	2.88	1.11 ± 0.98
9	0.36	10.7	4.03 ± 3.3	0.16	1.52	0.68 ± 0.47

Tabela 20: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NH_4^+ (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de NH_4^+ (μM) entre estações, em Baixa-Mar	
janeiro 2019	março 2019
est. 7 $\neq$ est. 1 (126)	est. 7 $\neq$ est. 1 (185)
est. 7 $\neq$ est. 2 (137)	est. 7 $\neq$ est. 2 (176)
est. 7 $\neq$ est. 3 (122)	est. 7 $\neq$ est. 3 (188)
est. 7 $\neq$ est. 4 (126)	est. 7 $\neq$ est. 4 (181)
est. 7 $\neq$ est. 5 (135)	est. 7 $\neq$ est. 5 (187)
est. 7 $\neq$ est. 6 (137)	est. 7 $\neq$ est. 6 (188)
est. 7 $\neq$ est. 8 (119)	est. 7 $\neq$ est. 8 (151)
est. 7 $\neq$ est. 9 (134)	est. 7 $\neq$ est. 9 (178)

Tabela 21: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NH_4^+ (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de NH_4^+ (μM) entre estações, em Preia-Mar	
junho 2019	
est. 7 $\neq$ est. 1 (21)	
est. 7 $\neq$ est. 2 (21)	
est. 7 $\neq$ est. 3 (22)	
est. 7 $\neq$ est. 4 (22)	
est. 7 $\neq$ est. 5 (22)	
est. 7 $\neq$ est. 6 (22)	
est. 7 $\neq$ est. 8 (20)	
est. 7 $\neq$ est. 9 (21)	

Os valores medianos, em geral, foram $< 5 \mu\text{M}$, quer em PM quer em BM, 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 a estações 7 e 8, em algumas ordens de grandeza.

Nitrato

A variação do teor de nitrato na água ao longo dos meses amostrados (Figuras 10A e 10B) revelou 3 principais picos deste parâmetro, todos na estação 7; dois desses picos em Baixa-Mar (dezembro 2019 e

março 2020) e um pico em Preia-Mar (dezembro 2019). É de salientar também valores máximos elevados na estação 1, em Janeiro de 2019, em condições de BM (23.8 μM), podendo sugerir uma fonte de contaminação externa à ETAR, associada à drenagem pela Ribeira das Lavadeiras.

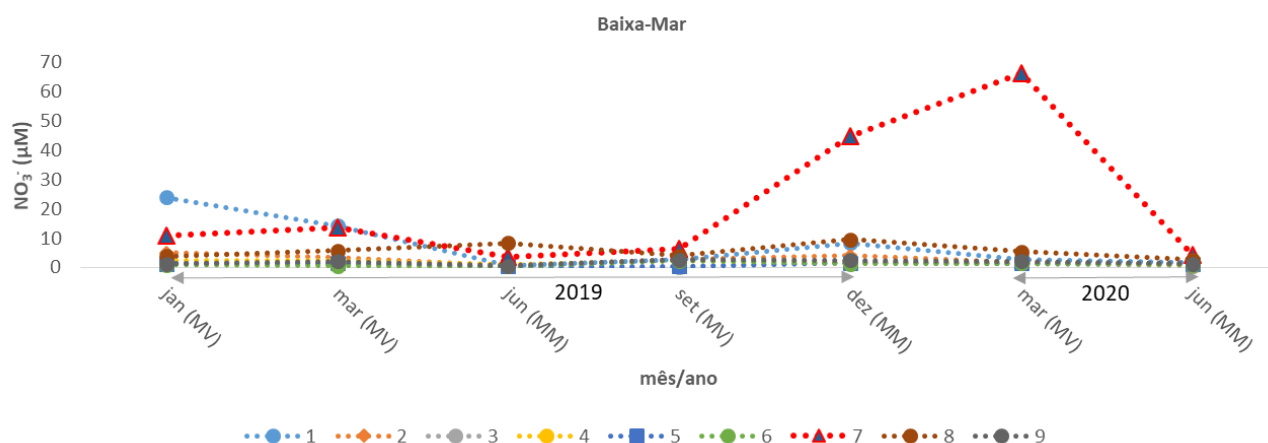


Figura 10A: Variação de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

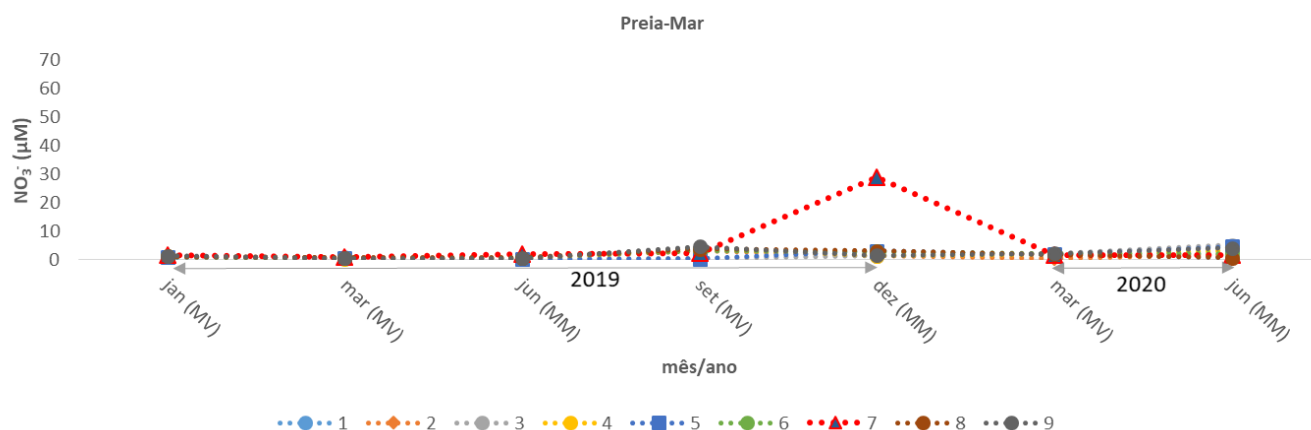


Figura 10B: Variação de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

Os valores mais baixos encontrados (Tabela 22) foram de 0,24 μM em Baixa-Mar (estação 3, setembro 2019) e de 0,07 μM em Preia-Mar (estação 5, junho de 2019). Os mais elevados foram registrados na estação 7, 66,3 μM em Baixa-Mar (março, 2020) e 28,8 μM em Preia-Mar (dezembro, 2019).

Tabela 22: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de NO_3^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	NO_3^- (μM)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	0.48	23.8	7.65 $\pm$ 8.6	0.30	3.63	1.32 $\pm$ 1.1
2	0.77	5.03	2.69 $\pm$ 1.6	0.28	3.14	1.22 $\pm$ 1.0
3	0.24	1.64	0.93 $\pm$ 0.6	0.14	5.13	1.47 $\pm$ 1.7
4	0.91	2.33	1.69 $\pm$ 0.6	0.29	3.71	1.68 $\pm$ 1.3
5	0.29	1.55	1.04 $\pm$ 0.5	0.07	4.62	1.57 $\pm$ 1.7
6	0.34	2.18	1.07 $\pm$ 0.6	0.41	3.24	1.76 $\pm$ 1.1
7	3.71	66.3	21.4 $\pm$ 24.4	0.67	28.8	5.45 $\pm$ 10
8	2.51	9.54	5.60 $\pm$ 2.5	0.51	3.69	1.59 $\pm$ 1.3
9	0.46	2.51	1.69 $\pm$ 0.8	0.32	4.61	2.06 $\pm$ 1.7

Em Baixa-Mar, o fator estação de amostragem justificou 38% da variação dos dados, enquanto o fator mês de amostragem não foi determinante para esta variação ($p > 0,05$). Em Preia-Mar nenhum destes fatores foi significativo ($p > 0,05$). Em relação a este parâmetro, o ponto 7 diferiu significativamente da maioria dos restantes em dezembro de 2019 (Baixa e Preia-Mar) e em março de 2020 (Baixa-Mar), como apresentado nas Tabelas seguintes.

Entre junho de 2019 e junho de 2020 verificou-se a existência de diferença significativa ($p < 0,05$) da concentração de nitrato entre PM e BM nos pontos 6 e 8.

A análise estatística não demonstrou a existência de diferenças significativas ($p > 0,05$) entre MV e MM em nenhuma estação no último ano de amostragem.

Tabela 23: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_3^- (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de NO_3^- (μM) entre estações, em Baixa-Mar	
dezembro 2019	março 2020
est. 7 $\neq$ est. 2 (41)	est. 7 $\neq$ est. 1 (64)
est. 7 $\neq$ est. 3 (43)	est. 7 $\neq$ est. 2 (65)
est. 7 $\neq$ est. 4 (43)	est. 7 $\neq$ est. 3 (65)
est. 7 $\neq$ est. 5 (43)	est. 7 $\neq$ est. 4 (65)
est. 7 $\neq$ est. 6 (43)	est. 7 $\neq$ est. 5 (65)
est. 7 $\neq$ est. 9 (42)	est. 7 $\neq$ est. 6 (65)
	est. 7 $\neq$ est. 8 (61)
	est. 7 $\neq$ est. 9 (64)

Tabela 24: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_3^- (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de NO_3^- (μM) entre estações, em Preia-Mar
dezembro 2019
est. 7 $\neq$ est. 1 (27)
est. 7 $\neq$ est. 2 (27)
est. 7 $\neq$ est. 3 (28)
est. 7 $\neq$ est. 4 (28)
est. 7 $\neq$ est. 5 (26)
est. 7 $\neq$ est. 6 (26)
est. 7 $\neq$ est. 8 (26)
est. 7 $\neq$ est. 9 (27)

Os valores medianos, em geral, até $5 \mu\text{M}$, 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 ($2,2\text{-}12 \mu\text{M}$). Já para zona de costa aberta do Algarve, os valores de março 2010 ($0,4\text{-}2,4 \mu\text{M}$), foram bastante inferiores aos obtidos neste trabalho, em cerca de uma ordem de grandeza, particularmente quando comparados com os valores máximos encontrados nas estações 7 e 1.

Nitrito

Os gráficos 11A e 11B evidenciam que a concentração de nitrito na água, à semelhança do nitrato, se destacou no ponto 7, particularmente durante a Baixa-Mar de março de 2020. Como se pode ver na Tabela 25 os valores mais baixos deste parâmetro foram inferiores ao limite de deteção do método ($0,02 \mu\text{M}$) tendo ocorrido em todas as estações, exceto na 1 e na 7. Os valores mais altos em Baixa-Mar ($72,7 \mu\text{M}$) e em Preia-Mar ($8,7 \mu\text{M}$) foram ambos registados no ponto 7, em março 2020 e dezembro 2019 respetivamente. De facto, a análise estatística confirmou a distinção deste ponto mais próximo da ETAR de todos os restantes (Tabelas 26 e 27).

Entre junho de 2019 e junho de 2020 ocorreu uma diferença significativa ($p < 0,05$) da concentração de nitrito na água, quando comparadas as situações de PM com BM, em particular nos pontos 1, 2, 4 e 8. Diferenças de concentração entre estas situações de maré já tinham sido descritas no relatório anterior e são atribuíveis ao efeito de diluição em PM.

Houve também uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre MV e MM, com valores mais elevados em BM de MV, o que demonstra o efeito de concentração na altura em que a profundidade da coluna de água é menor onde os processos difusivos do sedimento para a água são promovidos.

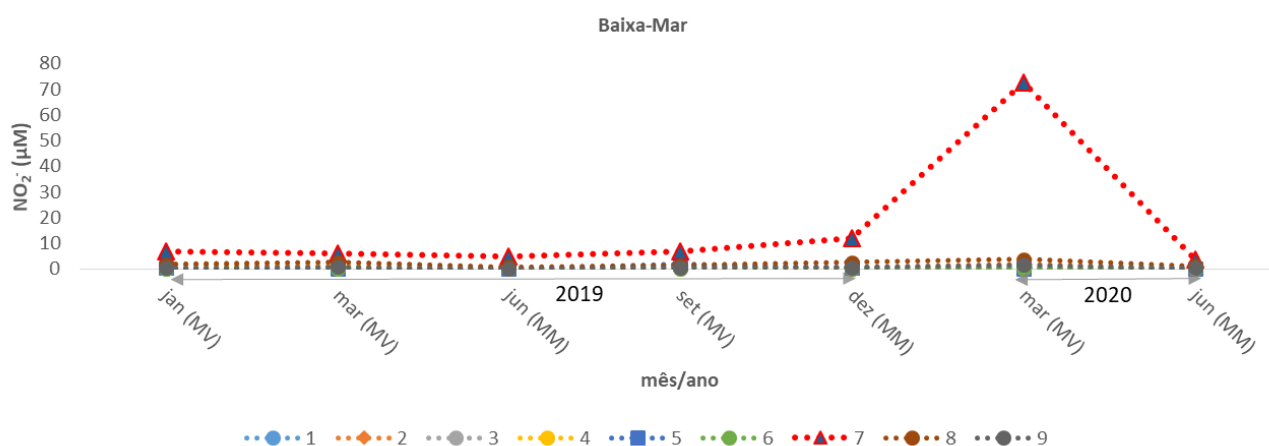


Figura 11A: Variação de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

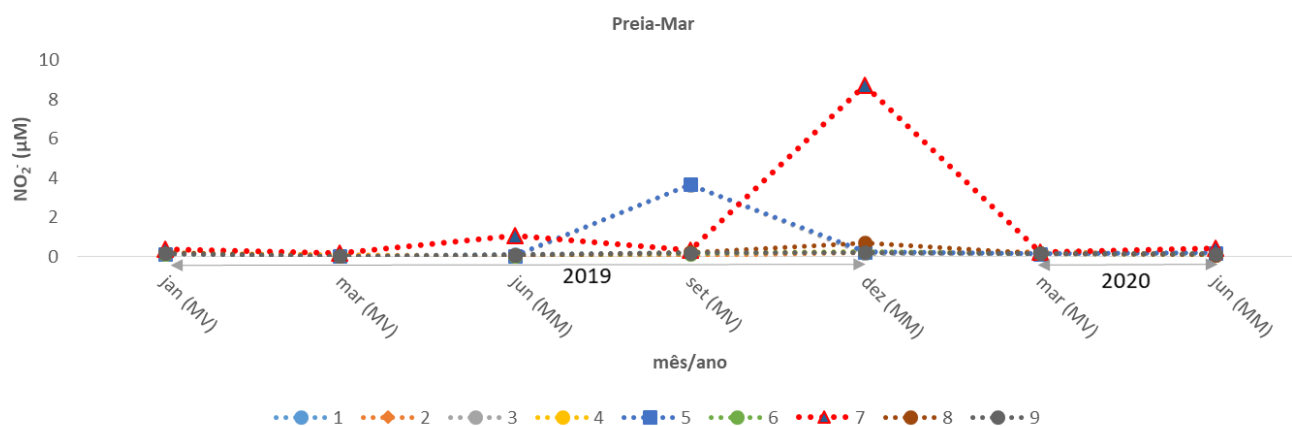


Figura 11B: Variação de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

Tabela 25: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de NO_2^- (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	NO_2^- (μM)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	0.12	1.30	0.62 ± 0.4	0.04	0.21	0.14 ± 0.1
2	0.11	1.77	0.82 ± 0.6	< 0.02	0.23	0.12 ± 0.1
3	0.05	2.07	0.42 ± 0.7	< 0.02	3.65	0.62 ± 1.3
4	0.06	0.73	0.34 ± 0.2	< 0.02	0.23	0.14 ± 0.1
5	< 0.02	2.00	0.47 ± 0.7	< 0.02	3.67	0.63 ± 1.3
6	< 0.02	0.23	0.15 ± 0.1	< 0.02	0.22	0.11 ± 0.1
7	3.54	72.7	16.2 ± 25	0.16	8.73	1.6 ± 3.2
8	0.83	3.80	2.00 ± 1.0	< 0.02	0.70	0.20 ± 0.2
9	0.09	1.54	0.62 ± 0.5	< 0.02	0.22	0.14 ± 0.1

Tabela 26: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_2^- (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de NO_2^- (μM) entre estações, em Baixa-Mar	
março 2020	
est. 7 $\neq$ est. 1	(72)
est. 7 $\neq$ est. 2	(71)
est. 7 $\neq$ est. 3	(72)
est. 7 $\neq$ est. 4	(72)
est. 7 $\neq$ est. 5	(72)
est. 7 $\neq$ est. 6	(73)
est. 7 $\neq$ est. 8	(69)
est. 7 $\neq$ est. 9	(71)

Tabela 27: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de NO_2^- (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de NO_2^- (μM) entre estações, em Preia-Mar	
dezembro 2019	
est. 7 $\neq$ est. 1	(8.5)
est. 7 $\neq$ est. 2	(8.6)
est. 7 $\neq$ est. 3	(8.6)
est. 7 $\neq$ est. 4	(8.5)
est. 7 $\neq$ est. 5	(8.5)
est. 7 $\neq$ est. 6	(8.5)
est. 7 $\neq$ est. 8	(8.0)
est. 7 $\neq$ est. 9	(8.5)

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. A maioria destes dados são ainda da mesma ordem de grandeza 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 variação da concentração de fosfatos na água nos 9 pontos de amostragem encontra-se representada nas Figuras 12A e 12B. Enquanto em Baixa-Mar a gama de valores se encontrou compreendida entre 0,08 μM (ponto 6, junho 2019) e 47,2 μM (ponto 7, março 2020), em Preia-Mar o valor mais baixo foi de < 0,03 μM (ponto 9, março 2020) e o mais elevado de 16,0 μM (ponto 7, dezembro 2019) (Tabela 28). O máximo registado em março em Baixa-Mar poderá justificar-se pelas razões indicadas para os nitratos.

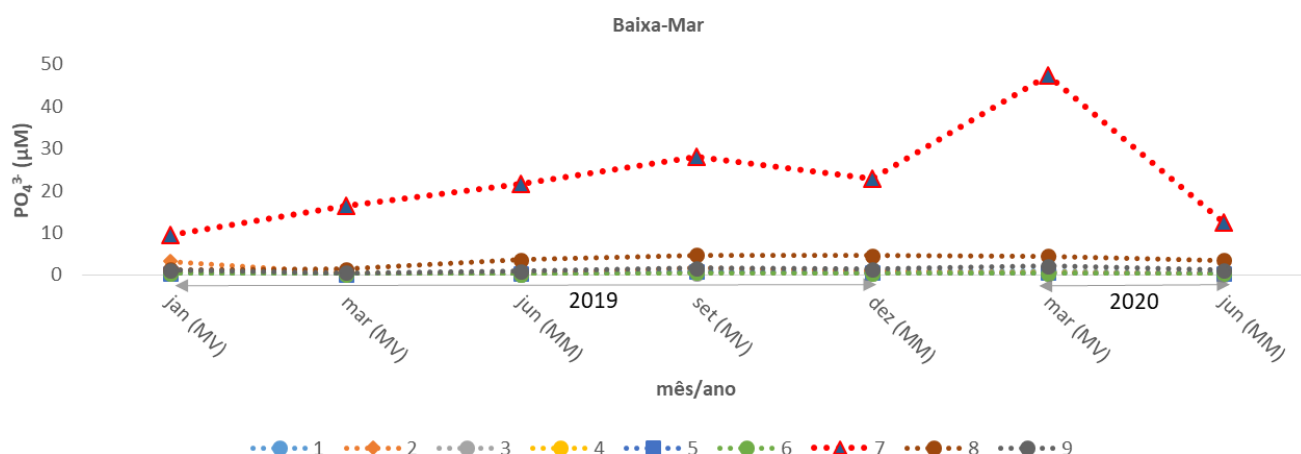


Figura 12A: Variação de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

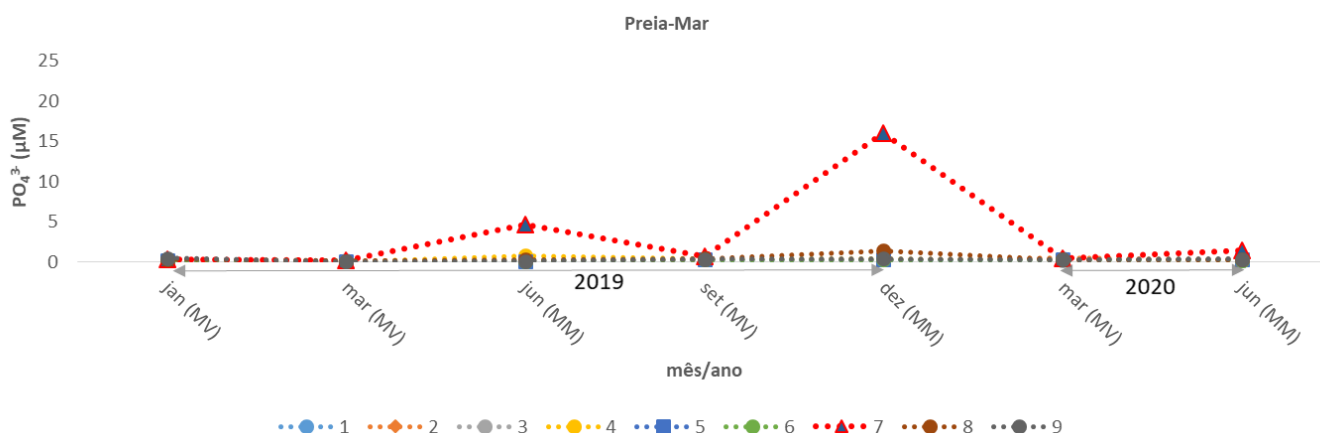


Figura 12B: Variação de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

No último ano de amostragem houve uma diferença significativa ($p < 0,05$) da concentração global de fosfatos entre PM e BM, particularmente nas estações 1, 5, 6, 7, 8 e 9, com valores mais elevados em BM, tal como no período anterior.

Houve também uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre MV e MM quando se consideram os valores globais de fosfatos obtidos entre junho de 2019 e junho de 2020, apesar de não haver para cada estação em particular ($p > 0,05$). Os valores de BM de MV foram mais baixos do que os correspondentes de MM ($p < 0,05$), o que confirma que numa situação de maior tempo de residência e menor renovação as concentrações de fosfato aumentaram.

Tabela 28: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de PO_4^{3-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	PO_4^{3-} (μM)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	0.18	1.00	0.61 ± 0.4	0.04	0.38	0.21 ± 0.1
2	0.24	3.27	1.04 ± 1.1	0.05	0.52	0.22 ± 0.2
3	0.10	0.38	0.24 ± 0.1	0.05	0.33	0.21 ± 0.1
4	0.20	0.77	0.51 ± 0.2	0.04	0.78	0.32 ± 0.2
5	0.18	0.70	0.40 ± 0.2	0.03	0.30	0.19 ± 0.1
6	0.08	0.45	0.26 ± 0.1	0.03	0.26	0.18 ± 0.1
7	9.49	47.2	22.6 ± 13	0.13	16.0	3.36 ± 5.8
8	1.28	4.67	3.33 ± 1.5	0.06	1.35	0.42 ± 0.4
9	0.51	2.06	1.25 ± 0.5	< 0.03	0.46	0.30 ± 0.1

A análise estatística dos dados (Tabelas 29 e 30) confirmou que, particularmente em Baixa-Mar, a estação 7 diferiu significativamente das restantes.

Tabela 29: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de PO_4^{3-} (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de PO_4^{3-} (μM) entre estações, em Baixa-Mar			
junho 2019	setembro 2019	dezembro 2019	março 2020
est. 7 $\neq$ est. 1 (21.5)	est. 7 $\neq$ est. 1 (27.2)	est. 7 $\neq$ est. 1 (21.9)	est. 7 $\neq$ est. 1 (46.3)
est. 7 $\neq$ est. 2 (21.4)	est. 7 $\neq$ est. 2 (26.5)	est. 7 $\neq$ est. 2 (21.9)	est. 7 $\neq$ est. 2 (46.8)
est. 7 $\neq$ est. 3 (21.6)	est. 7 $\neq$ est. 3 (27.7)	est. 7 $\neq$ est. 3 (22.6)	est. 7 $\neq$ est. 3 (46.9)
est. 7 $\neq$ est. 4 (21.5)	est. 7 $\neq$ est. 4 (27.3)	est. 7 $\neq$ est. 4 (22.5)	est. 7 $\neq$ est. 4 (46.5)
est. 7 $\neq$ est. 5 (21.4)	est. 7 $\neq$ est. 5 (27.4)	est. 7 $\neq$ est. 5 (22.4)	est. 7 $\neq$ est. 5 (46.8)
est. 7 $\neq$ est. 6 (21.6)	est. 7 $\neq$ est. 6 (27.6)	est. 7 $\neq$ est. 6 (22.6)	est. 7 $\neq$ est. 6 (46.9)
est. 7 $\neq$ est. 9 (20.8)	est. 7 $\neq$ est. 8 (23.4)	est. 7 $\neq$ est. 9 (21.5)	est. 7 $\neq$ est. 8 (42.8)
	est. 7 $\neq$ est. 9 (26.4)		est. 7 $\neq$ est. 9 (45.2)

Tabela 30: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de PO_4^{3-} (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de PO_4^{3-} (μM) entre estações, em Preia-Mar
dezembro 2019
est. 7 $\neq$ est. 1 (15.7)
est. 7 $\neq$ est. 2 (15.7)
est. 7 $\neq$ est. 3 (15.7)
est. 7 $\neq$ est. 4 (15.6)
est. 7 $\neq$ est. 5 (15.7)
est. 7 $\neq$ est. 6 (15.7)
est. 7 $\neq$ est. 8 (14.6)
est. 7 $\neq$ est. 9 (15.6)

À exceção dos valores máximos da estação 7, os valores nos outros locais, em geral $< 1 \mu\text{M}$, 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 costa aberta (0,2-0,3 μM), esta é semelhante à maioria dos do presente trabalho se não forem considerados os valores dos locais 7.

Silicatos

A evolução da concentração de silicatos ao longo do tempo nos 9 pontos de amostragem encontra-se representada nas Figuras 13A (Baixa-Mar) e 13B (Preia-Mar). Observa-se que, particularmente em Baixa-Mar, no ponto 7 de amostragem, as concentrações deste nutriente apresentam frequentemente valores mais elevados do que os restantes pontos. Nesta estação, em Baixa-Mar, a diminuição a partir de setembro de 2019 foi evidente. Tal como para a maioria dos parâmetros anteriores, as concentrações em Preia-Mar não alcançam valores tão elevados quanto os encontrados em Baixa-Mar.

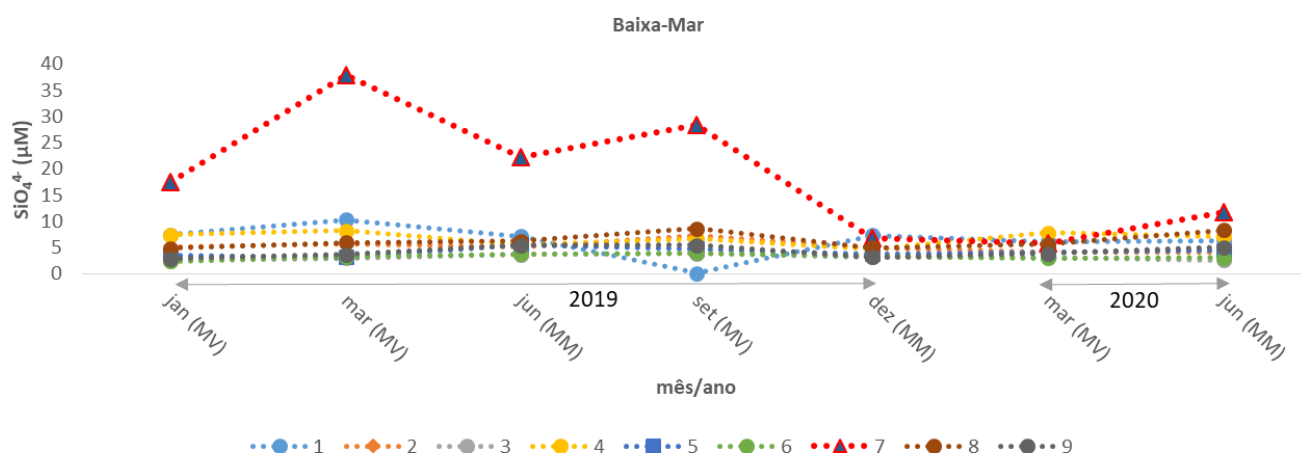


Figura 13A: Variação de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

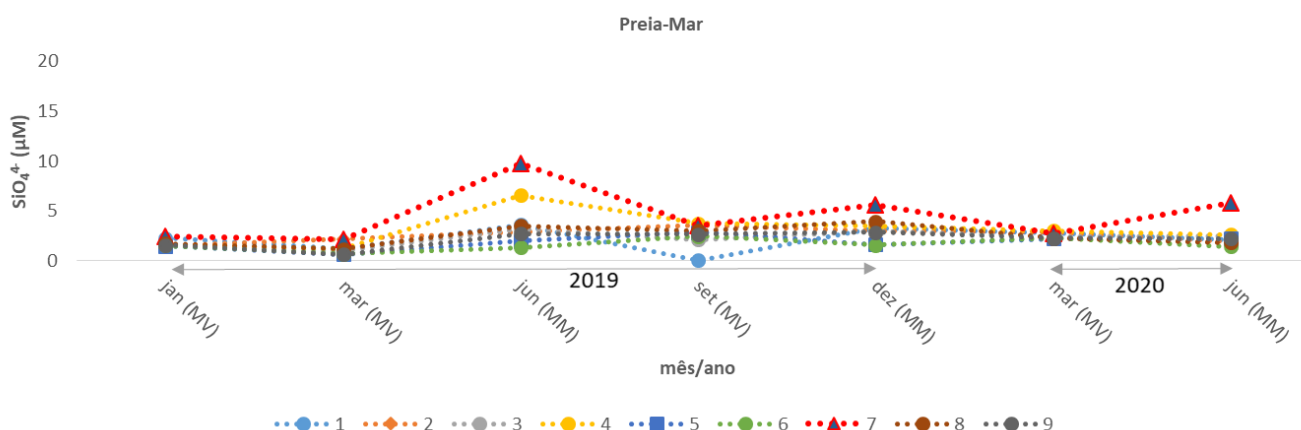


Figura 13B: Variação de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

A concentração de silicato mais baixa encontrada foi de 0,02 μM , no ponto 1 durante a Preia-Mar de setembro 2019. Nesse mês, a amostragem no ponto 1 durante a Baixa-Mar apresentou também um valor muito baixo de silicatos (0.07 μM) (Tabela 31). Por seu lado, o valor mais elevado, 37,8 μM , foi encontrado no ponto 7 em março de 2019 durante a Baixa-Mar de maré viva. Na Preia-Mar correspondente, a concentração obtida decresceu para 2,13 μM .

Tabela 31: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de SiO_4^{4-} (μM) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	SiO_4^{4-} (μM)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	0.07	10.3	6.40 $\pm$ 3.1	0.02	3.59	2.15 $\pm$ 1.2
2	4.02	7.19	5.17 $\pm$ 1.1	1.47	3.57	2.54 $\pm$ 0.7
3	2.53	3.81	3.14 $\pm$ 0.5	0.99	3.12	2.20 $\pm$ 0.8
4	4.61	8.23	6.78 $\pm$ 1.3	1.22	6.56	3.16 $\pm$ 1.8
5	3.21	5.50	4.16 $\pm$ 0.8	0.58	2.82	1.82 $\pm$ 0.7
6	2.39	3.94	3.23 $\pm$ 0.5	0.65	2.44	1.59 $\pm$ 0.6
7	5.71	37.8	18.6 $\pm$ 12	2.13	9.69	4.56 $\pm$ 2.7
8	4.81	8.59	6.36 $\pm$ 1.5	1.14	3.94	2.47 $\pm$ 1.0
9	2.85	5.48	4.22 $\pm$ 1.1	0.62	2.81	2.11 $\pm$ 0.8

A comparação dos pontos de amostragem ao longo do tempo mostrou que o fator ponto de amostragem foi determinante na variação dos silicatos (justifica 57% da variação em Baixa-Mar e 32% em Preia-Mar) enquanto o fator mês de amostragem não foi significativo nesta variação ($p > 0,05$) durante a Baixa-Mar, mas justifica 31% em Preia-Mar.

Como se pode observar nas Tabelas 32 e 33, a estação 7 diferiu praticamente de todas as restantes nos meses de março e setembro de 2019 (Baixa-Mar) e no mês de junho de 2019 (Preia-Mar) exceto da estação 4.

Tabela 32: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de SiO_4^{4-} (μM) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de SiO_4^{4-} (μM) entre estações, em Baixa-Mar	
março 2019	setembro 2019
est. 7 $\neq$ est. 1 (28)	est. 7 $\neq$ est. 1 (28)
est. 7 $\neq$ est. 2 (32)	est. 7 $\neq$ est. 2 (21)
est. 7 $\neq$ est. 3 (35)	est. 7 $\neq$ est. 3 (25)
est. 7 $\neq$ est. 4 (30)	est. 7 $\neq$ est. 4 (22)
est. 7 $\neq$ est. 5 (35)	est. 7 $\neq$ est. 5 (24)
est. 7 $\neq$ est. 6 (35)	est. 7 $\neq$ est. 6 (24)
est. 7 $\neq$ est. 8 (32)	est. 7 $\neq$ est. 8 (18)
est. 7 $\neq$ est. 9 (34)	est. 7 $\neq$ est. 9 (23)

Tabela 33: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de SiO_4^{4-} (μM) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de SiO_4^{4-} (μM) entre estações, em Preia-Mar
junho 2019
est. 4 $\neq$ est. 6 (5.3)
est. 7 $\neq$ est. 1 (6.1)
est. 7 $\neq$ est. 2 (6.8)
est. 7 $\neq$ est. 3 (6.6)
est. 7 $\neq$ est. 5 (7.8)
est. 7 $\neq$ est. 6 (8.4)
est. 7 $\neq$ est. 8 (6.2)
est. 7 $\neq$ est. 9 (7.0)

A diferença de concentração de silicatos presentes na água entre condições de PM e BM foi significativa ($p < 0,05$) em todas as estações amostradas no período de junho de 2019 a junho de 2020, tal como tinha sido observado no período anterior.

Para este parâmetro não foram encontradas diferenças significativas entre MV e MM ($p > 0,05$).

À exceção dos valores encontrados no ponto 7, em BM, os restantes valores são típicos da Ria Formosa, (Rodrigues *et al*, 2017), 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) quer 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.

A variação temporal deste parâmetro nos 9 pontos amostrados (Figuras 14A e 14B) apontou para valores mais elevados no ponto mais próximo da ETAR, particularmente em situação de Baixa-Mar, também relacionados com os sólidos em suspensão e os nutrientes, com o máximo na estação 7 em Baixa-Mar em março 2020, possivelmente pelas mesmas razões indicadas.

O intervalo de concentração do azoto total (Tabela 34) encontrou-se compreendido entre 0,029 mg/L (ponto 3, junho 2019) e 7,200 mg/L (ponto 7, março 2020) durante a Baixa-Mar. Em Preia-Mar o mínimo foi de 0,009 mg/L (pontos 2 e 3, junho 2019) e o máximo de 2,200 mg/L (ponto 7, dezembro, 2019).

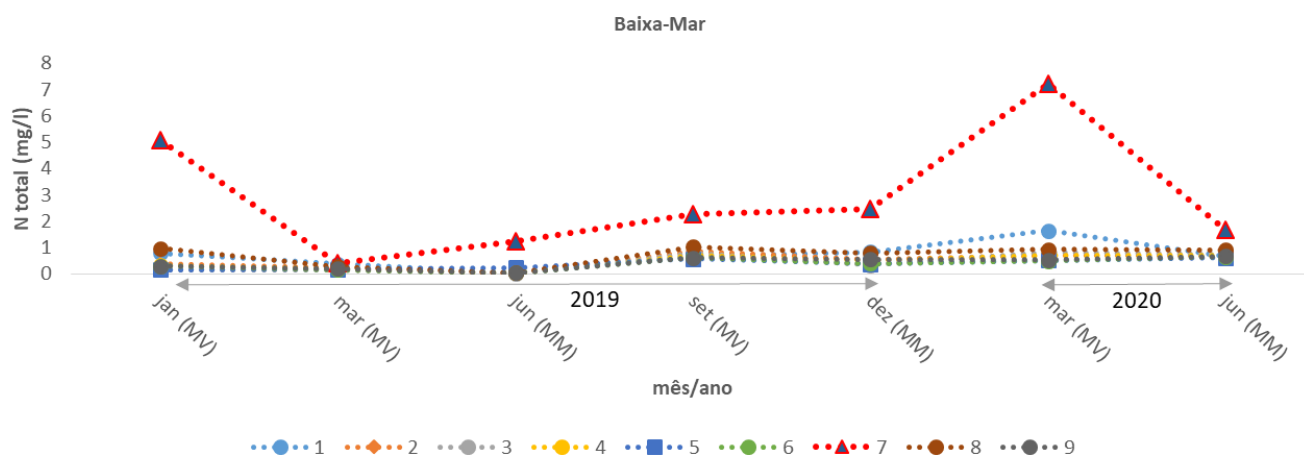


Figura 14A: Variação de Azoto total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

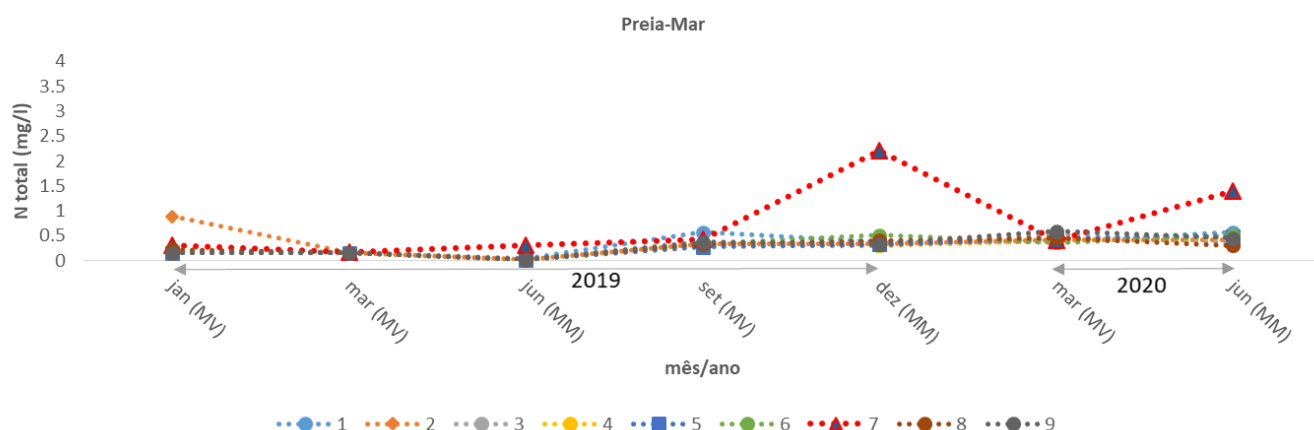


Figura 14B: Variação de Azoto total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

Tabela 34: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de Azoto total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	N total (mg/l)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Minimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Minimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	0.040	1.650	0.716 $\pm$ 0.50	0.033	0.571	0.315 $\pm$ 0.21
2	0.048	0.854	0.494 $\pm$ 0.29	0.009	0.888	0.364 $\pm$ 0.27
3	0.029	0.812	0.429 $\pm$ 0.33	0.009	0.532	0.262 $\pm$ 0.17
4	0.035	0.717	0.448 $\pm$ 0.27	0.017	0.445	0.256 $\pm$ 0.15
5	0.158	0.613	0.378 $\pm$ 0.19	0.010	0.485	0.260 $\pm$ 0.17
6	0.033	0.653	0.381 $\pm$ 0.23	0.016	0.507	0.286 $\pm$ 0.19
7	0.420	7.200	2.909 $\pm$ 2.39	0.157	2.200	0.738 $\pm$ 0.76
8	0.030	1.020	0.703 $\pm$ 0.39	0.026	0.462	0.269 $\pm$ 0.15
9	0.049	0.678	0.420 $\pm$ 0.24	0.012	0.583	0.292 $\pm$ 0.20

A comparação da variação do azoto total entre estações mostrou que, em Baixa-Mar o fator mês de amostragem determinou 14% desta variação enquanto o fator local de amostragem determinou 49%. Em Baixa-Mar, encontrou-se valores significativamente mais elevados no ponto 7 do que nos restantes nos meses de janeiro 2019 e março de 2020 (Tabela 35). Em janeiro de 2019, terá sido reflexo dos valores elevados a saída da ETAR (Figuras 14C e 14D), que alcançaram 70 mg/L. A partir de maio de 2019 estes valores a saída da ETAR diminuíram consideravelmente, mas continuaram a existir concentrações superiores a 15 mg/L em alguns registos.

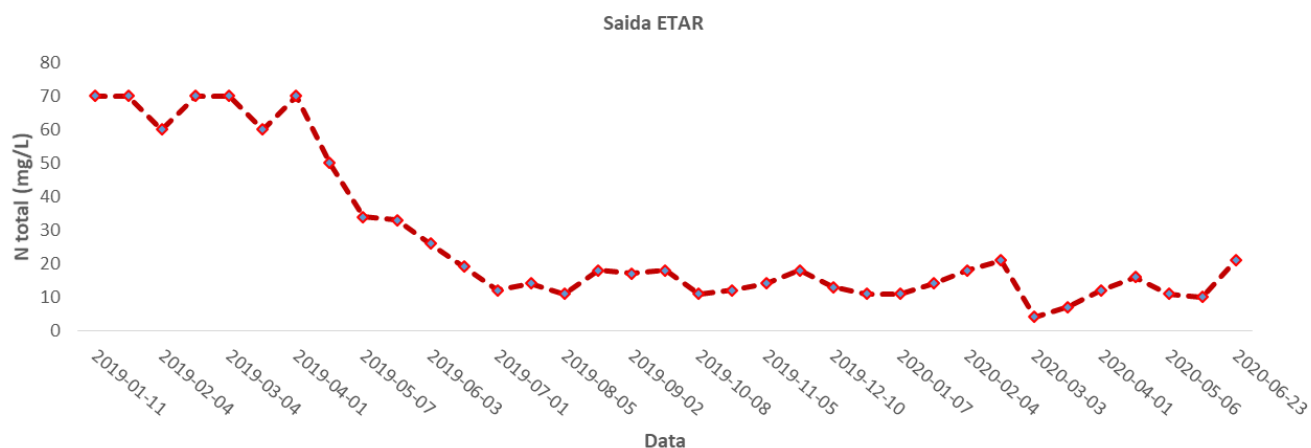


Figura 14C: Variação de Azoto total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020.

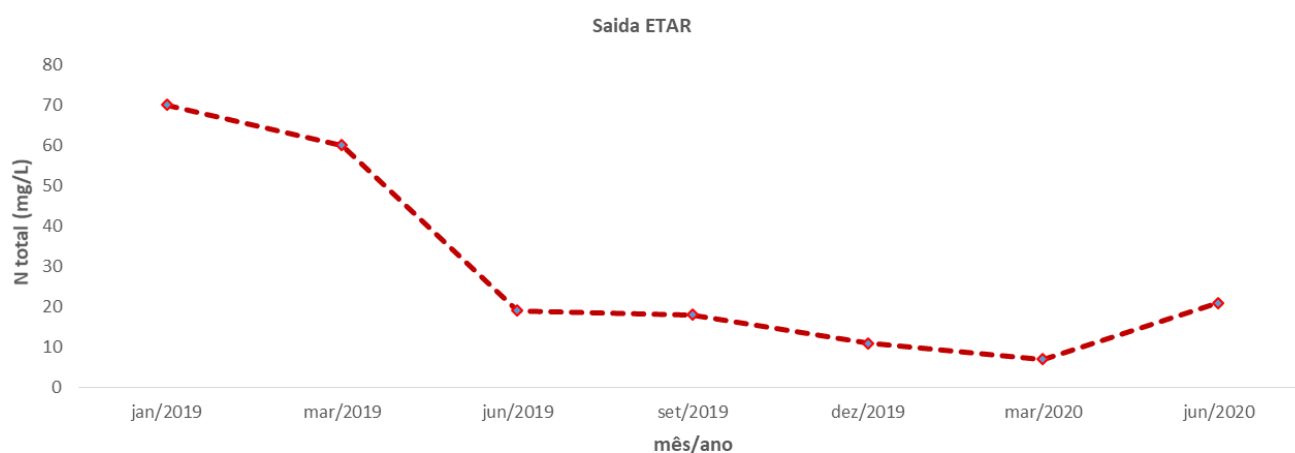


Figura 14D: Variação de Azoto total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo.

Em Preia-Mar (Tabela 36), a análise estatística mostrou uma diminuição da relevância do fator local de amostragem na determinação da variação do azoto total para 20% e um aumento da importância do fator mês de amostragem para 31%. Nesta situação de maré, a estação mais próxima da ETAR diferiu de todas as restantes na amostragem de dezembro de 2019, registrando valores significativamente mais elevados, como reflexo de uma maior contribuição do efluente evidenciado pela diminuição da salinidade (Figura 4 B)). Neste mês, o valor encontrado à saída da ETAR apresentou valores de 11 mg/L; Figura 14D), cuja amostragem não coincidiu com a amostragem no meio recetor, o que pode não representar a situação observada na estação 7.

Tabela 35: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Azoto total (mg/L) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de N total (mg/l) entre estações, em Baixa-Mar	
janeiro 2019	março 2020
est. 7 ≠ est. 1 (4.29)	est. 7 ≠ est. 1 (5.55)
est. 7 ≠ est. 2 (4.70)	est. 7 ≠ est. 2 (6.51)
est. 7 ≠ est. 3 (4.93)	est. 7 ≠ est. 3 (6.39)
est. 7 ≠ est. 4 (4.76)	est. 7 ≠ est. 4 (6.48)
est. 7 ≠ est. 5 (4.92)	est. 7 ≠ est. 5 (6.68)
est. 7 ≠ est. 6 (4.79)	est. 7 ≠ est. 6 (6.70)
est. 7 ≠ est. 8 (4.12)	est. 7 ≠ est. 8 (6.27)
est. 7 ≠ est. 9 (4.78)	est. 7 ≠ est. 9 (6.67)

Tabela 36: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Azoto total (mg/L) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de N total (mg/l) entre estações, em Preia-Mar
dezembro 2019
est. 7 ≠ est. 1 (1.83)
est. 7 ≠ est. 2 (1.87)
est. 7 ≠ est. 3 (1.90)
est. 7 ≠ est. 4 (1.90)
est. 7 ≠ est. 5 (1.88)
est. 7 ≠ est. 6 (1.69)
est. 7 ≠ est. 8 (1.80)
est. 7 ≠ est. 9 (1.87)

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) de azoto total entre PM e BM, em particular nas estações 2, 3, 4, 5, 8 e 9 ($p < 0,05$).

Apesar de globalmente ter existido diferença significativa ($p < 0,05$) entre MV e MM o mesmo facto não foi observado individualmente para cada estação ($p > 0,05$).

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

3.6. Fósforo Total

A variação da concentração de fósforo total na água ao longo do tempo (Figuras 15A e 15B) demonstrou os valores mais elevados também no ponto 7 durante a Baixa-Mar. Em junho de 2020 ocorreu um pico também por parte de outras estações de amostragem, quer em Baixa-Mar quer em Preia-Mar, o qual não coincidiu com um máximo a saída da ETAR nesse mês (Figuras 15C e 15D), altura em que foram registados valores entre 3.3 e 4.3 mg/L. Contudo, é de salientar, tal como já referido anteriormente, que as amostragens no meio recetor e à saída do efluente não foram concomitantes, o que pode mostrar um certo desfasamento entre os valores encontrados. Tal como para N total, o perfil de distribuição dos valores de P total nas estações amostradas foi semelhante ao dos sólidos em suspensão e nutrientes, com o máximo no ponto 7, em Baixa-Mar, em março 2020, pelas razões explicadas anteriormente.

A gama de valores obtida (Tabela 37) encontrou-se compreendida entre os mínimos encontrados em setembro de 2019, 0,010 mg/L durante a Baixa-Mar (ponto 3) e 0,07 mg/L durante a Preia-Mar (ponto 5) e os máximos de 1,86 mg/L em Baixa-Mar (ponto 7, março 2020) e 1,60 mg/L em Preia-Mar (ponto 2, junho 2020).

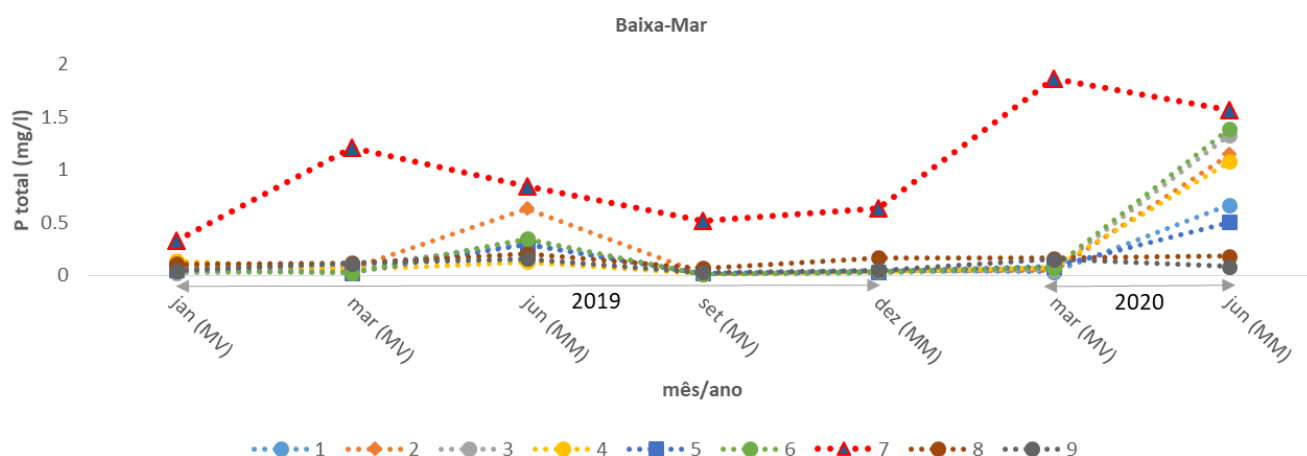


Figura 15A: Variação de Fosforo total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

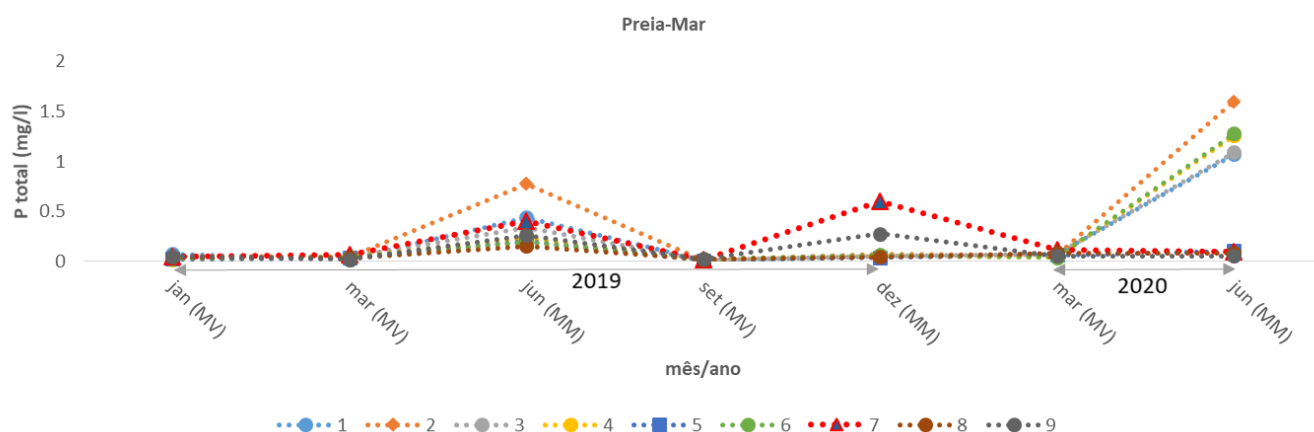


Figura 15B: Variação de Fósforo total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

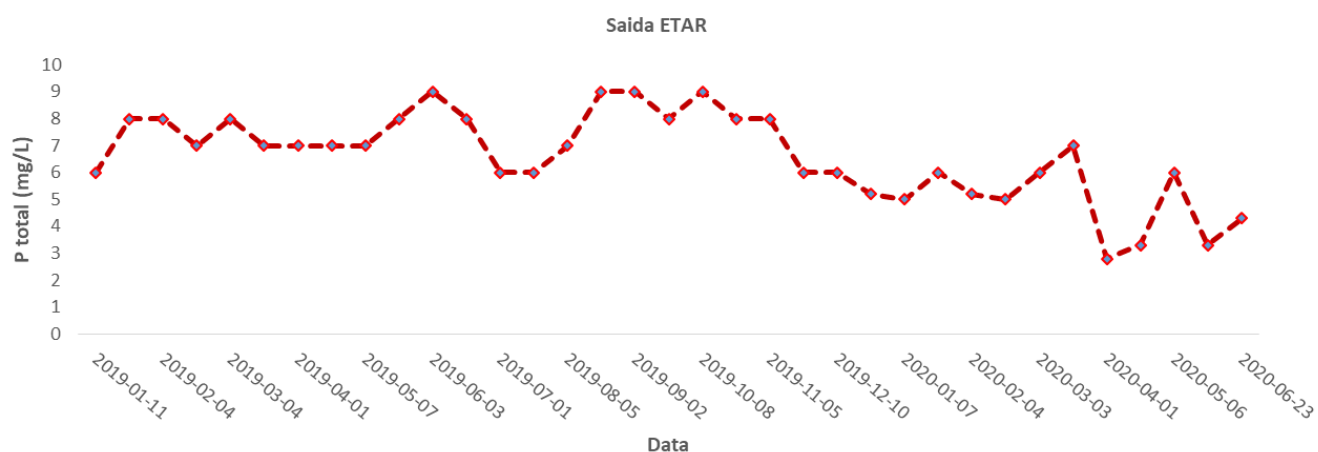


Figura 15C: Variação de Fósforo total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020.

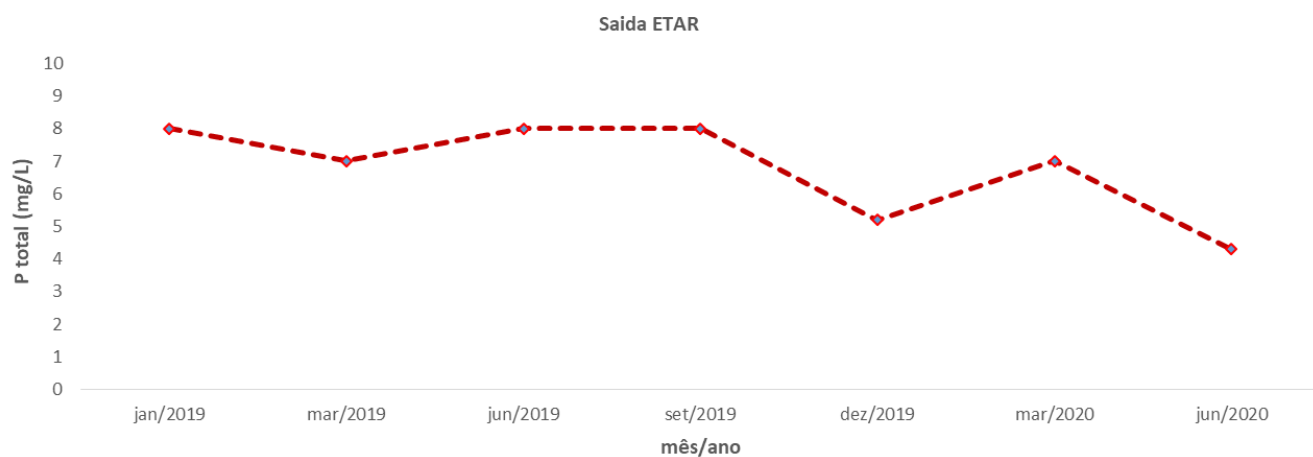


Figura 15D: Variação de Fosforo total (mg/L) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo.

Tabela 37: Gama de valores (mínimo, máximo e média $\pm$ desvio padrão) de Fosforo total (mg/L) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar

Estação	P total (mg/L)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Minimo	Máximo	Média $\pm$ SD	Minimo	Máximo	Média $\pm$ SD
1	0.019	0.667	0.177 $\pm$ 0.24	0.008	1.070	0.246 $\pm$ 0.39
2	0.021	1.150	0.294 $\pm$ 0.44	0.012	1.600	0.370 $\pm$ 0.61
3	0.010	1.330	0.263 $\pm$ 0.49	0.011	1.090	0.229 $\pm$ 0.40
4	0.014	1.080	0.218 $\pm$ 0.38	0.013	1.260	0.234 $\pm$ 0.46
5	0.018	0.505	0.145 $\pm$ 0.18	0.007	0.199	0.064 $\pm$ 0.06
6	0.012	1.390	0.277 $\pm$ 0.50	0.015	1.280	0.235 $\pm$ 0.46
7	0.333	1.860	0.995 $\pm$ 0.57	0.017	0.600	0.191 $\pm$ 0.22
8	0.071	0.201	0.144 $\pm$ 0.05	0.014	0.148	0.062 $\pm$ 0.05
9	0.031	0.159	0.090 $\pm$ 0.05	0.017	0.273	0.102 $\pm$ 0.11

Em Baixa-Mar, a variação da concentração de fósforo total na água foi significativamente ($p < 0,05$) influenciada pelo mês de amostragem (37%) e pela estação de amostragem (36%). Entre estações, ocorreram diferenças significativas em março e junho de 2020 (Tabela 38). Em março a estação mais próxima da ETAR apresentou valores significativamente superiores ($p < 0,05$) aos de todas as restantes, altura em que foi detetado 7 mg/L à saída da ETAR (Figura 15D).

Em Preia-Mar, o fator estação de amostragem não teve peso significativo na variação global do teor de fósforo na água ($p > 0,05$), mas o fator mês de amostragem foi relevante para esta variação (49%). Em junho de 2020 ocorreram diferenças significativas entre vários pontos de amostragem (Tabela 39), dentre os quais a estação 2 se distinguiu particularmente, com valores mais elevados.

Globalmente não se verificou diferença significativa ($p > 0,05$) de fósforo total entre PM e BM. Porém, a análise individual de cada estação mostrou que esta diferença existiu ($p < 0,05$) no caso dos pontos 7 e 8.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) de fósforo total entre MV e MM nos pontos 1, 2, 4 e 6. Esta diferença também ocorreu na globalidade dos dados deste parâmetro ($p < 0,05$) no período de junho de 2019 a junho de 2020 e em particular em BM ($p < 0,05$), tal como no período anterior.

Praticamente não há registo de dados de fósforo 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 são, na sua maioria, da mesma ordem de grandeza (0,076 e 0,270 mg/L; Cravo, 2017.)

Tabela 38: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Fosforo total (mg/L) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de P total (mg/L) entre estações, em Baixa-Mar	
março 2020	junho 2020
est. 7 $\neq$ est. 1 (1.823)	est. 3 $\neq$ est. 9 (1.248)
est. 7 $\neq$ est. 2 (1.809)	est. 6 $\neq$ est. 8 (1.208)
est. 7 $\neq$ est. 3 (1.804)	est. 6 $\neq$ est. 9 (1.308)
est. 7 $\neq$ est. 4 (1.787)	est. 7 $\neq$ est. 8 (1.388)
est. 7 $\neq$ est. 5 (1.776)	est. 7 $\neq$ est. 9 (1.488)
est. 7 $\neq$ est. 6 (1.784)	
est. 7 $\neq$ est. 8 (1.699)	
est. 7 $\neq$ est. 9 (1.709)	

Tabela 39: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Fosforo total (mg/L) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de P total (mg/L) entre estações, em Preia-Mar
junho 2020
est. 2 $\neq$ est. 5 (1.501)
est. 2 $\neq$ est. 7 (1.505)
est. 2 $\neq$ est. 8 (1.521)
est. 2 $\neq$ est. 9 (1.551)
est. 4 $\neq$ est. 9 (1.211)
est. 6 $\neq$ est. 9 (1.231)

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.

Observou-se que, frequentemente, este parâmetro esteve abaixo dos limites do método (Figura 16A e 16B), indiciando uma baixa concentração de matéria orgânica. Nas estações 2, 4, 6 e 9 isto aconteceu em todas as amostragens em todas as situações de maré.

Os valores mais elevados de CBO₅ foram encontrados nas amostras da estação mais próxima da ETAR, em situação de Baixa-Mar e em particular em março de 2020 (pelas razões indicadas para os parâmetros anteriores). Em Preia-Mar, os valores desta estação estiveram abaixo do limite de deteção. Assim, este

parâmetro variou em Baixa-Mar entre os valores de 11 mg/L O₂ (estação 7, março 2020) e “não detetável” (Tabela 40) e em Preia-Mar entre 3 mg/L O₂ (estação 1, junho 2019) e “não detetável”. De salientar que à saída da ETAR (Figura 16C), apesar de terem sido registados valores deste parâmetro acima de 25 mg/L nas datas mais próximas das amostragens realizadas neste estudo esse limite não foi ultrapassado (Figura 16D).

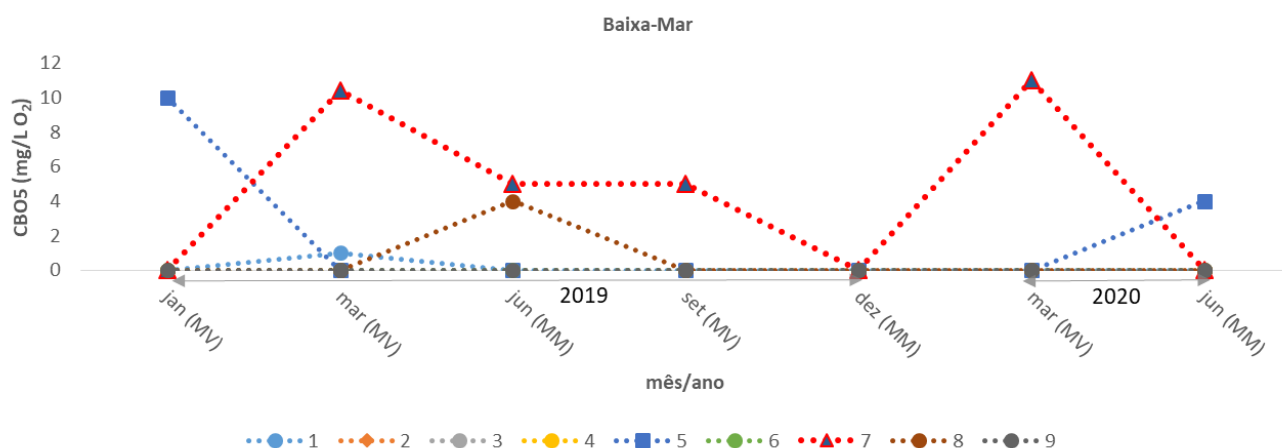


Figura 16A: Variação de CBO₅ (mg/L O₂) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

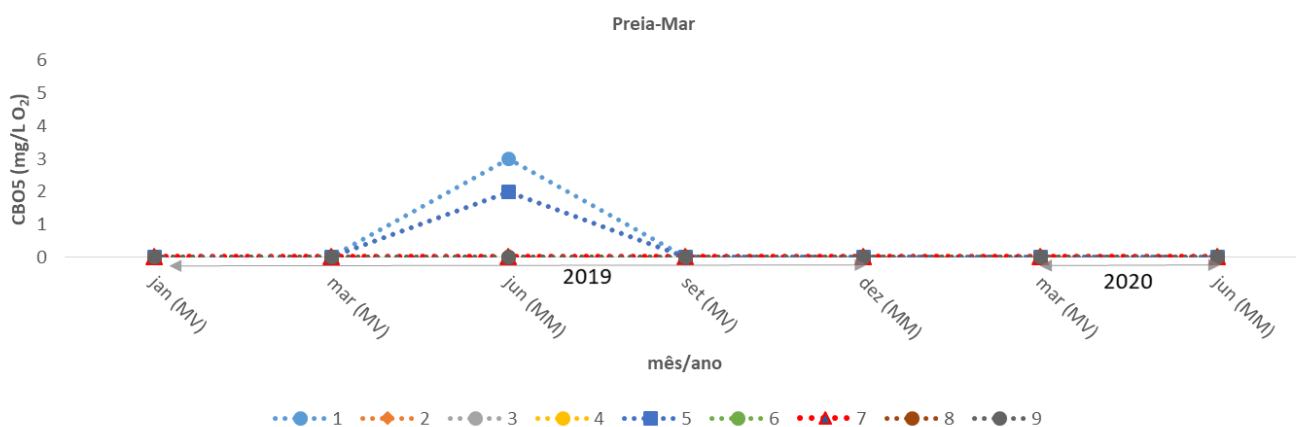


Figura 16B: Variação de CBO₅ (mg/L O₂) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM)

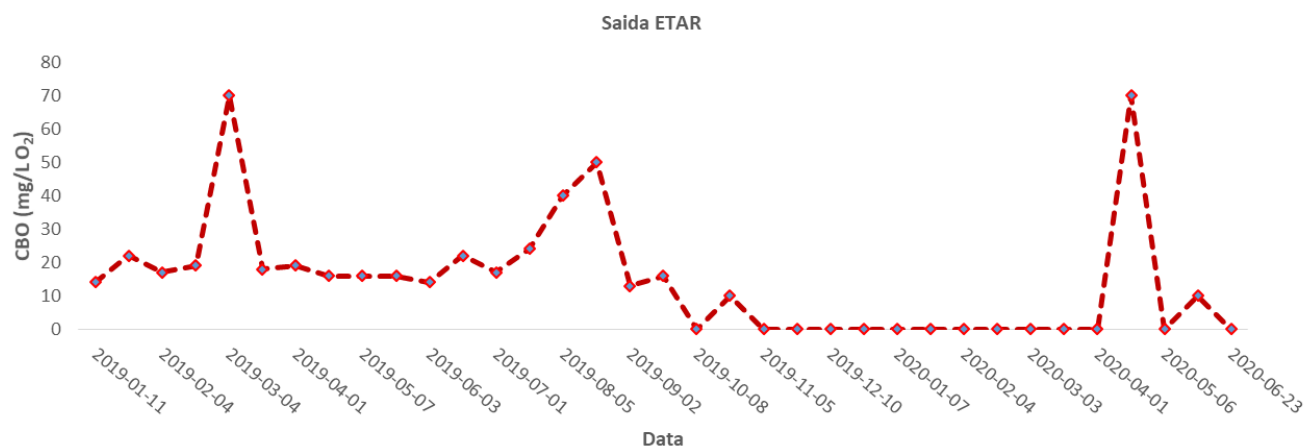


Figura 16C: Variação de CBO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020.

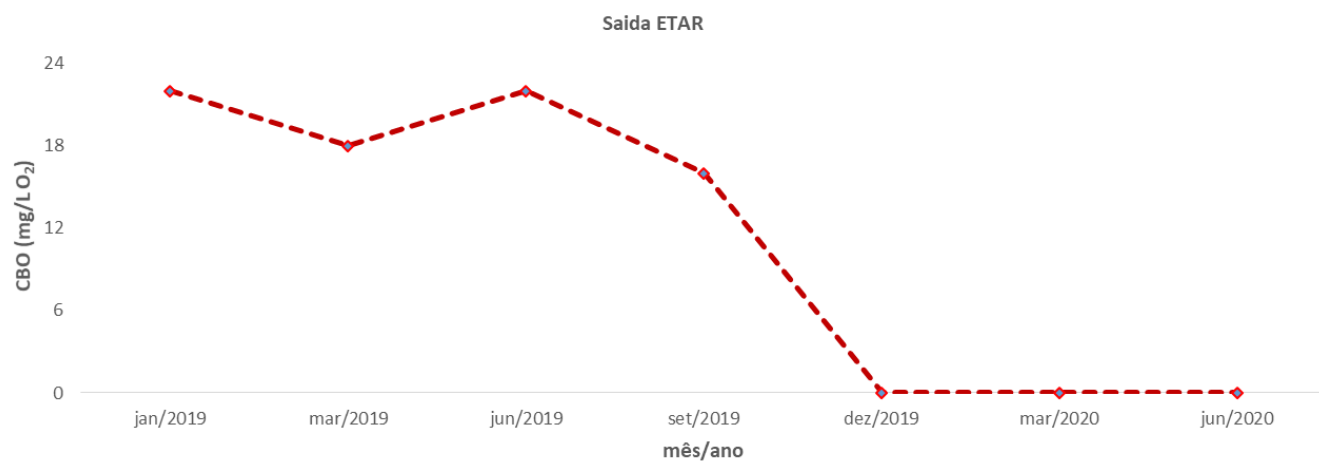


Figura 16D: Variação de CBO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo.

Tabela 40: Gama de valores (mínimo e máximo) de CBO₅ (mg/L O₂) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado.

Estação	CBO ₅ (mg/L O ₂)			
	Baixa-Mar		Preia-Mar	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	nd	1	nd	3
2	nd	nd	nd	nd
3	nd	nd	nd	2
4	nd	nd	nd	nd
5	nd	10	nd	2
6	nd	nd	nd	nd
7	nd	11	nd	nd
8	nd	4.0	nd	nd
9	nd	nd	nd	nd

Estes valores encontrados nas estações amostradas 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), o que sugere que a quantidade de matéria orgânica é relativamente baixa e suficientemente diluída no meio recetor, e assim abaixo dos picos deste parâmetro a saída da ETAR.

Por seu lado, o pico de CQO registado em agosto a saída da ETAR (Figura 16E) também não foi refletido no presente estudo, provavelmente pelo desfasamento entre tempo da amostragem neste local e no meio recetor. Nas datas mais próximas as amostragens do presente estudo (Figura 16F), o valor mais elevado de CQO à saída da ETAR ocorreu em março de 2019, que até coincidiu com um pico de CBO₅ na estação 7, em condições de Baixa-Mar.

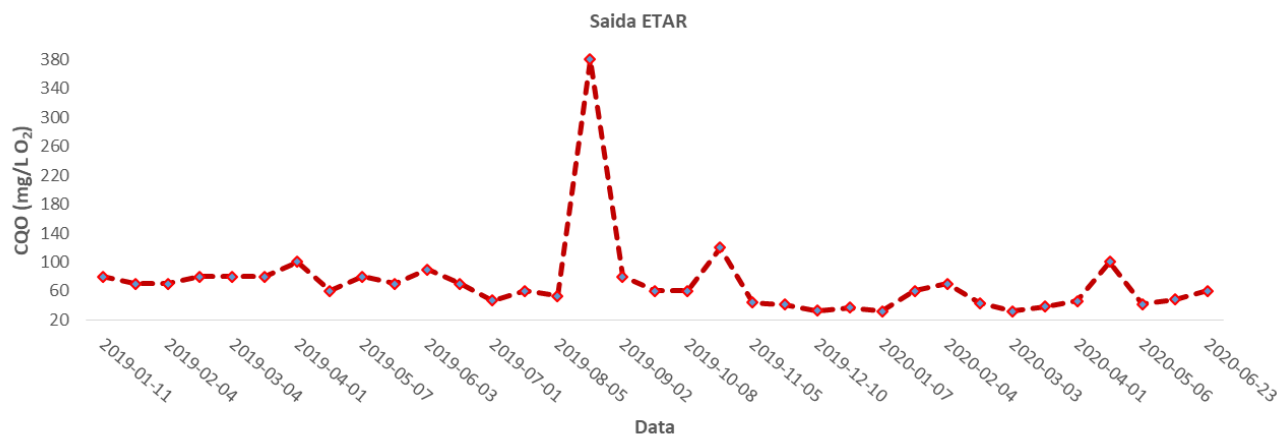


Figura 16E: Variação de CQO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020.

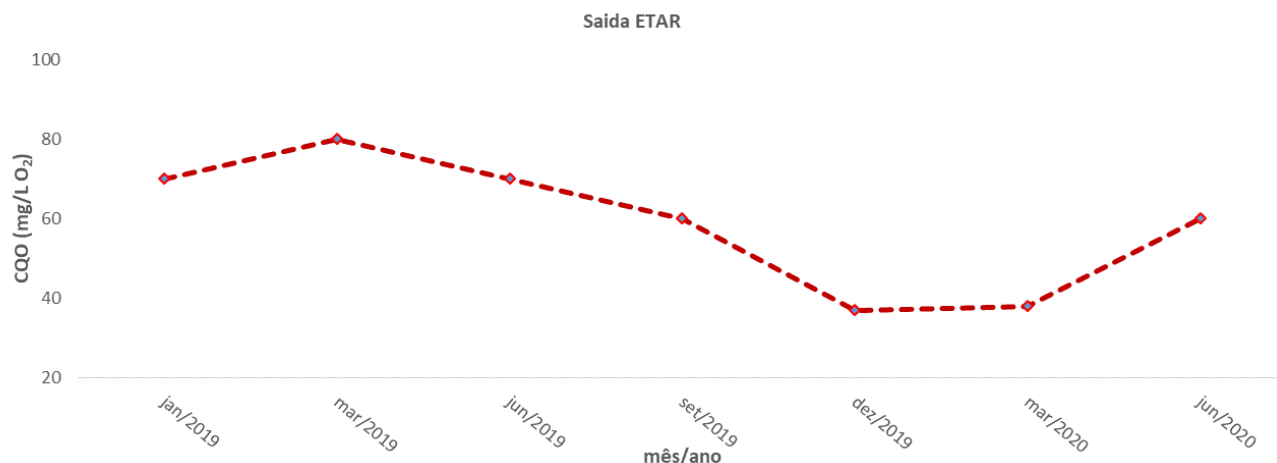


Figura 16F: Variação de CQO (mg/L O₂) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo.

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. Este parâmetro microbiológico teve um perfil de distribuição espacial e temporal semelhante à dos sólidos em suspensão, nutrientes, N total e P total.

Espacialmente (Figuras 17A e 17B), os maiores níveis de coliformes totais também foram encontrados na estação 7, particularmente em situação de Baixa-Mar e que se podem considerados elevados tendo em consideração que este parâmetro só está legislado no DL 236/98 para águas balneares (VMR =500 NMP/100 mL e VMA=10000 NMP/100 mL). Em Preia-Mar, os níveis de coliformes totais foram mais baixos, nunca tendo sido ultrapassado o VMA para águas balneares indicado anteriormente e ficando, frequentemente, abaixo do VMR, o que demonstra o forte efeito de diluição sentido duramente o período de enchente.

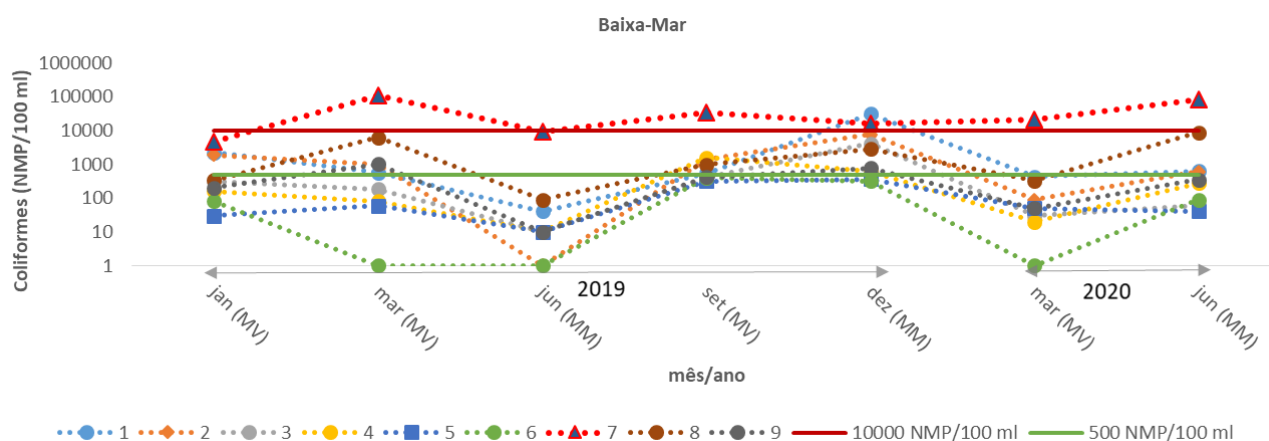


Figura 17A: Variação de coliformes totais (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). Os traços verde e vermelho indicam o VMR e o VMA para águas balneares (DL 236/98 de 1 de Agosto, Anexo XV).

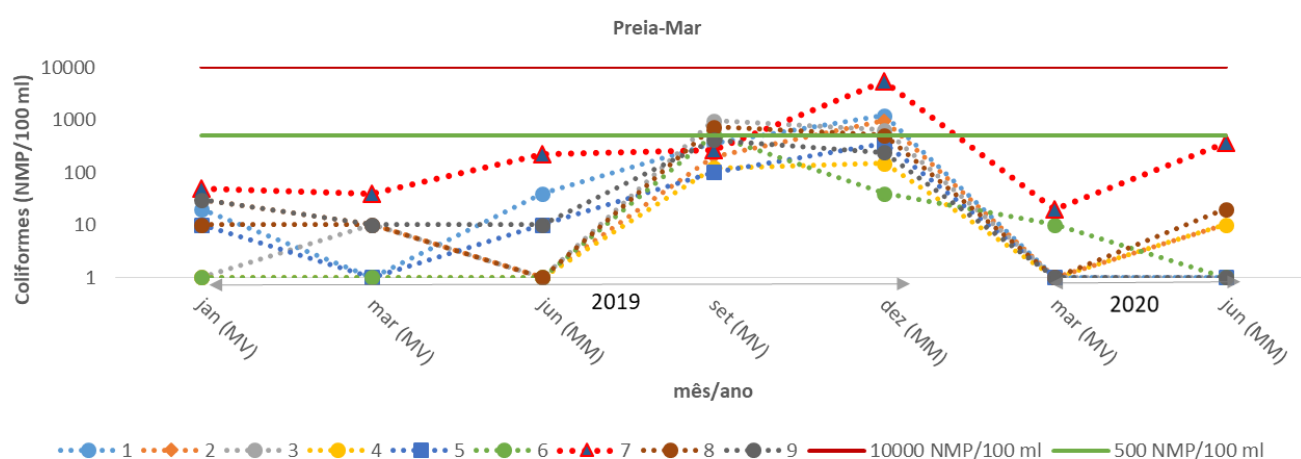


Figura 17B: Variação de coliformes totais (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). Os traços verde e vermelho indicam o VMR e o VMA para águas balneares (DL 236/98 de 1 de Agosto, Anexo XV).

Na Tabela 41 são apresentados os níveis mínimos, máximos e mediana deste parâmetro, para cada estação e estado de maré. Assim, em Baixa-Mar verificou-se um intervalo situado entre os valores de “não detetável” (< 10 NMP/100 mL) e o máximo de 104600 NMP/100mL no ponto mais próximo da ETAR em março de 2019. Em Preia-Mar, a exceção do ponto mais próximo da ETAR no qual ocorreu um mínimo de 20 NMP/100 mL, nas restantes estações o mínimo foi de “não detetável”; o máximo valor nesta condição de maré foi de 5480 NMP/100mL também registado no ponto mais próximo da ETAR mas em dezembro de 2019.

Tabela 41: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de Coliformes Totais (NMP/100mL) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado (< 10 NMP/100 mL)

Estação	Coliformes (NMP/100ml)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Mediana	Mínimo	Máximo	Mediana
1	40	30800	560	nd	1220	20
2	nd	7700	960	nd	960	10
3	10	4160	180	nd	960	nd
4	10	1600	160	nd	150	nd
5	10	360	50	nd	360	10
6	nd	400	80	nd	520	nd
7	4610	104600	21400	20	5480	220
8	90	8660	990	nd	730	10
9	10	1010	350	nd	410	10

Enquanto em Baixa-Mar o fator estação de amostragem foi determinante na variação dos coliformes ($p < 0,05$), em Preia-Mar o fator mês de amostragem foi mais significativo ($p < 0,05$).

O ponto mais próximo da ETAR diferiu significativamente de todos os restantes nas amostragens de Baixa-Mar de março de 2019 e de junho de 2020 e em Preia-Mar na amostragem de dezembro de 2019 ($p < 0,05$), com valores substancialmente mais elevados (Tabelas 42 e 43).

Apesar de globalmente ter havido uma diferença significativa ($p < 0,05$) da presença de coliformes entre as situações de PM e BM, a análise individual de cada estação demonstrou que esta diferença só foi significativa ($p < 0,05$) no ponto 7, com a maior influência da descarga do efluente na situação de BM altura em que a coluna de água da Ria Formosa diminui.

Não houve diferença significativa entre MV e MM ($p > 0,05$), nem numa análise global nem numa análise detalhada por estação, no último ano de amostragem ($p > 0,05$).

Tabela 42: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Coliformes (NMP/100mL) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de Coliformes (NMP/100ml) entre estações, em Baixa-Mar	
março 2019	junho 2020
est. 7 ≠ est. 1 (104040)	est. 7 ≠ est. 1 (80970)
est. 7 ≠ est. 2 (103640)	est. 7 ≠ est. 2 (81000)
est. 7 ≠ est. 3 (104420)	est. 7 ≠ est. 3 (81540)
est. 7 ≠ est. 4 (104520)	est. 7 ≠ est. 4 (81320)
est. 7 ≠ est. 5 (104540)	est. 7 ≠ est. 5 (81560)
est. 7 ≠ est. 6 (104600)	est. 7 ≠ est. 6 (81510)
est. 7 ≠ est. 8 (98470)	est. 7 ≠ est. 8 (72940)
est. 7 ≠ est. 9 (103590)	est. 7 ≠ est. 9 (81250)

Tabela 43: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Coliformes (NMP/100mL) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de Coliformes (NMP/100ml) entre estações, em Preia-Mar	
dezembro 2019	
est. 7 ≠ est. 1	(4260)
est. 7 ≠ est. 2	(4520)
est. 7 ≠ est. 3	(4840)
est. 7 ≠ est. 4	(5330)
est. 7 ≠ est. 5	(5120)
est. 7 ≠ est. 6	(5440)
est. 7 ≠ est. 8	(4970)
est. 7 ≠ est. 9	(5240)

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. Este parâmetro também teve uma distribuição espacial e temporal semelhante à dos coliformes totais e nitrato.

Nas Figuras 18A e 18B é apresentada a variação deste parâmetro ao longo do tempo nos 9 pontos de amostragem, bem como os limites deste parâmetro somente legislado para águas costeiras e de transição (DL 113/2012 de 23 de maio, Anexo I), para qualidade aceitável e excelente. Observa-se que, enquanto em Preia-Mar estes limites não foram ultrapassados, em Baixa-Mar ocorreram valores superiores a 185 NMP/100 mL, em dezembro de 2019 nas estações 1 (4110 NMP/100 mL), 2 (660 NMP/100 mL), 3 (200 NMP/100 mL), 7 (2420 NMP/100 mL) e 8 (220 NMP/100 mL). Este valor foi ainda excedido na estação 7 em setembro de 2019 (250 NMP/100 mL) e na estação 2 em janeiro de 2019 (240 NMP/100 mL).

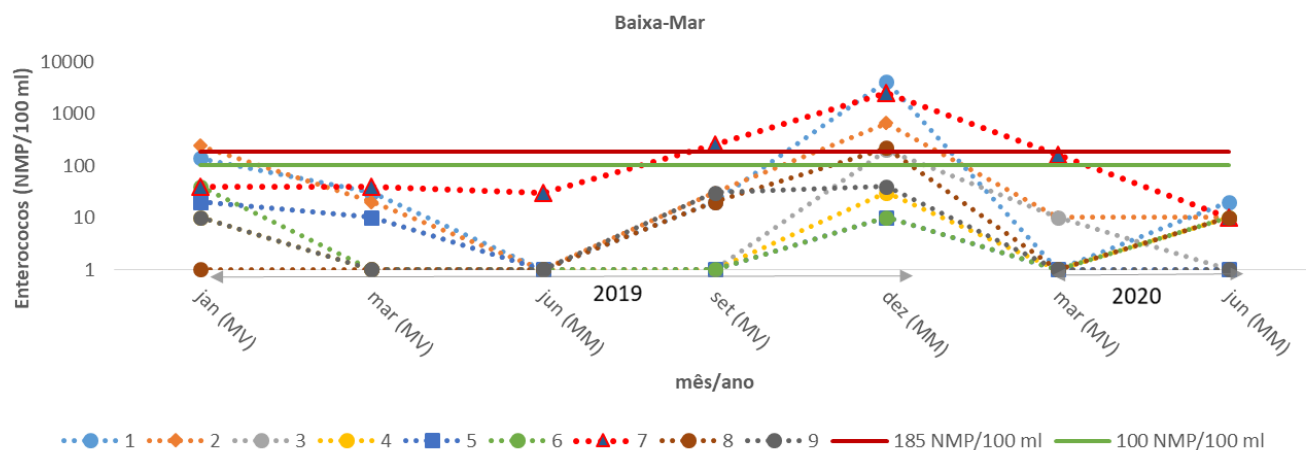


Figura 18A: Variação de *E. coli* (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). Os traços verde e vermelho indicam os limites para Qualidade Excelente e para Qualidade Aceitável, respectivamente, para águas costeiras e de transição (DL 113/2012 de 23 de maio, Anexo I).

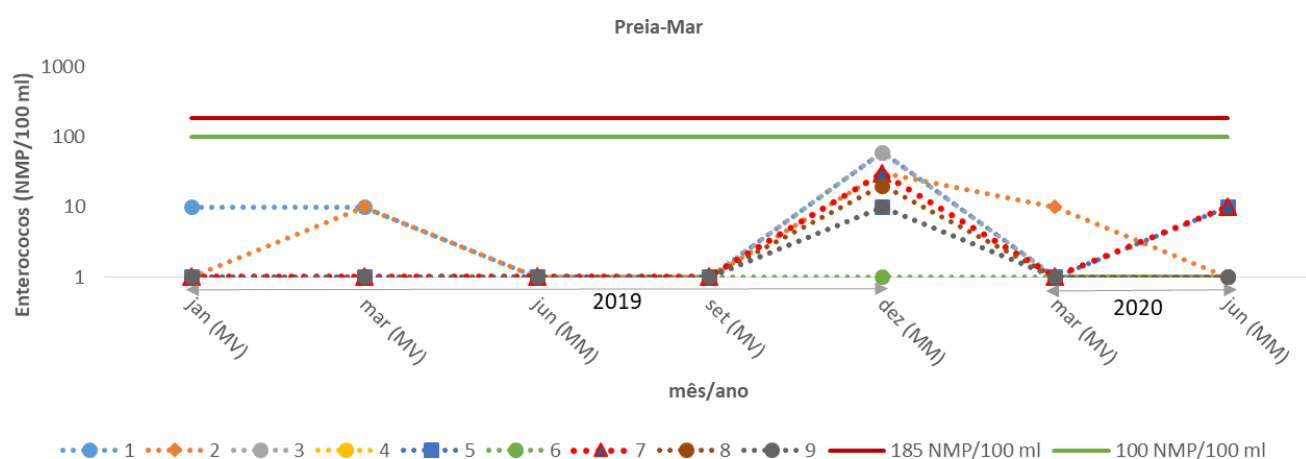


Figura 18B: Variação de *E. coli* (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). Os traços verde e vermelho indicam os limites para Qualidade Excelente e para Qualidade Aceitável, respectivamente, para águas costeiras e de transição (DL 113/2012 de 23 de maio, Anexo I).

O intervalo de variação deste parâmetro (Tabela 44) teve como mínimo “não detetável (< 10 NMP/100 mL)” e como máximo 4110 NMP/100mL em Baixa-Mar (estação 1, dezembro de 2019) e 60 NMP/100 mL em Preia-Mar (estações 1 e 3 em dezembro de 2019).

Tabela 44: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de Enterococos (NMP/100mL) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado (<10NMP/100 mL)

Estação	Enterococos (NMP/100ml)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Minimo	Máximo	Mediana	Minimo	Máximo	Mediana
1	nd	4110	20	nd	60	nd
2	nd	660	20	nd	30	nd
3	nd	200	10	nd	60	nd
4	nd	30	nd	nd	10	nd
5	nd	20	nd	nd	10	nd
6	nd	40	nd	nd	nd	nd
7	10	2420	40	nd	30	nd
8	nd	220	nd	nd	20	nd
9	nd	40	nd	nd	10	nd

Quer em Baixa-Mar, quer em Preia-mar, o fator mês de amostragem influenciou significativamente a variação dos coliformes ($p < 0,05$).

Na Baixa-Mar de dezembro de 2019, o ponto 1 apresentou valores significativamente ($p < 0,05$) mais elevados do que os restantes pontos, exceto o ponto 7 (Tabela 45). Como este valor foi inclusivamente mais elevado do que no ponto 7, neste caso a contaminação por enterococos poderá tido origem numa contaminação externa ou por aves ou por influência difusa da Ribeira das Lavadeiras. Em Preia-Mar, em dezembro de 2019 houve um aumento de enterococos em quase todos os pontos, exceto no ponto 6 (Figura 18B). Relativamente às estações, o ponto 1 foi o que se destacou mais dos restantes (Tabela 46).

Globalmente, existiu uma diferença significativa da presença de enterococos entre PM e BM ($p < 0,05$), a qual não se comprovou numa análise específica para cada estação ($p > 0,05$).

Por outro lado, não foi significativa ($p > 0,05$) a diferença entre MV e MM, quer considerando o conjunto global dos dados obtidos entre junho de 2019 e junho de 2020, quer considerando individualmente cada estação ao longo deste período.

Tabela 45: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Enterococos (NMP/100mL) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente.

Diferenças significativas de Enterococos (NMP/100ml) entre estações, em Baixa-Mar	
dezembro 2019	
est. 1 $\neq$ est. 2	(3450)
est. 1 $\neq$ est. 3	(3910)
est. 1 $\neq$ est. 4	(4080)
est. 1 $\neq$ est. 5	(4100)
est. 1 $\neq$ est. 6	(4100)
est. 1 $\neq$ est. 8	(3890)
est. 1 $\neq$ est. 9	(4070)

Tabela 46: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de Enterococos (NMP/100mL) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente

Diferenças significativas de Enterococos (NMP/100ml) entre estações, em Preia-Mar	
dezembro 2019	
est. 1 $\neq$ est. 4	(50)
est. 1 $\neq$ est. 5	(50)
est. 1 $\neq$ est. 6	(59)
est. 1 $\neq$ est. 8	(40)
est. 1 $\neq$ est. 9	(50)
est. 3 $\neq$ est. 4	(50)
est. 3 $\neq$ est. 5	(50)
est. 3 $\neq$ est. 6	(59)
est. 3 $\neq$ est. 8	(40)
est. 3 $\neq$ est. 9	(50)

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. Este parâmetro apresentou um padrão de distribuição semelhante aos outros parâmetros microbiológicos, sólidos em suspensão, amónia, nitrato, silicatos e N total, apresentado uma correlação positiva significativa ($p < 0,05$).

Relativamente à conformidade normativa, a licença de descarga indica o valor de 300 UFC/100 mL. Relativamente às águas costeiras e de transição (DL 113/2012), o limite de 250 UFC/100 mL equivale a qualidade excelente e o de 500 UFC/100 mL a aceitável.

Assim, da observação das Figuras 19A e 19B, infere-se que em Baixa-Mar estes limites foram ultrapassados nos pontos amostrados com frequência, com exceção dos meses de verão (junho e setembro), tendo variado entre “não detetável” (< 10 NMP/100 ml) e o máximo de 32600 NMP/100mL. Em junho de 2019 e de 2020 também foram registados valores relativamente baixos de *E. coli* a saída da ETAR (Figuras 19C e 19D). Na estação mais próxima da ETAR nesta situação de maré, o limite de 500 UFC/100 mL foi ultrapassado em 4 das 7 amostragens realizadas (janeiro, março e dezembro de 2019 e março de 2020). Este limite foi também ultrapassado nos pontos 1, 2, 3 e 8 em dezembro de 2019 e no 8 em março de 2019. O valor máximo de emissão (300 UFC/100 mL) foi excedido várias vezes na estação 7, o que comprova que o efluente não cumpriu o normativo nessas alturas. Aí, o valor máximo (32600 NMP/100mL), duas ordens de grandeza acima do normativo para a licença de descarga, foi registado em março de 2019, tendo baixado significativamente nas amostragens seguintes e verão. Em março de 2019 foi igualmente registado o máximo valor deste parâmetro à saída da ETAR (550000 ufc/100mL) (Figuras 19C e 19D). Aí, o valor normativo foi maioritariamente ultrapassado, o que demonstra que o sistema de desinfecção por radiação ultravioleta ainda não foi estabilizado nem eficiente, estando a funcionar intermitentemente, como nos foi indicado pela AdA.

Em Preia-Mar, o valor de 500 NMP/100 mL foi ultrapassado uma única vez (ponto 7 em dezembro de 2019) e o valor de 250 NMP/100mL foi ultrapassado nos pontos 1 e 2 também apenas em dezembro de 2019.

Nas estações 5 e 6, a qualidade da água relativamente à contaminação por *E. coli* pode considerar-se excelente, nunca tendo ultrapassado o limite de 250 UFC/100 mL.

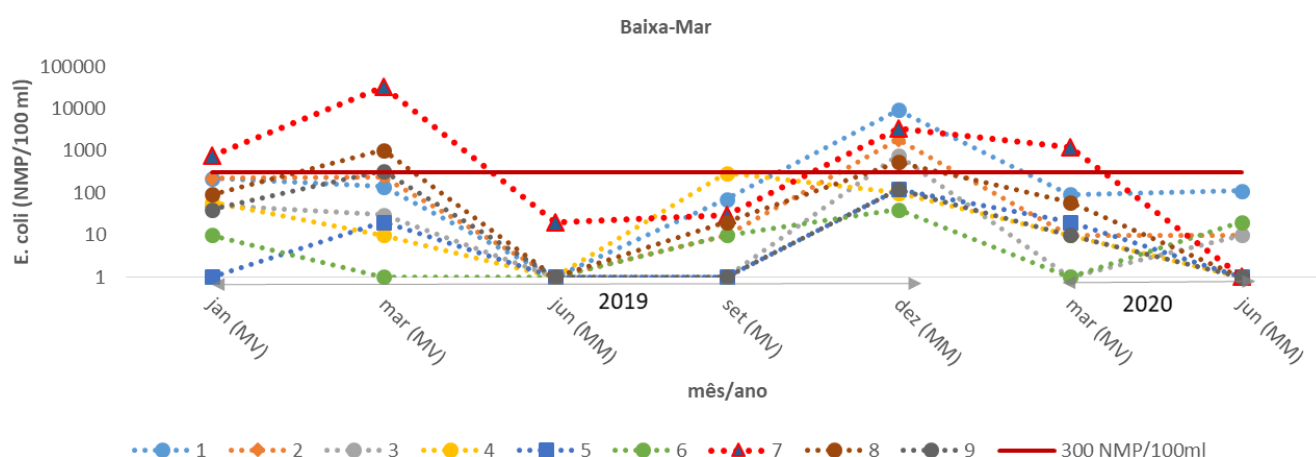


Figura 19A: Variação de *E. coli* (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço vermelho indica o valor limite de emissão.

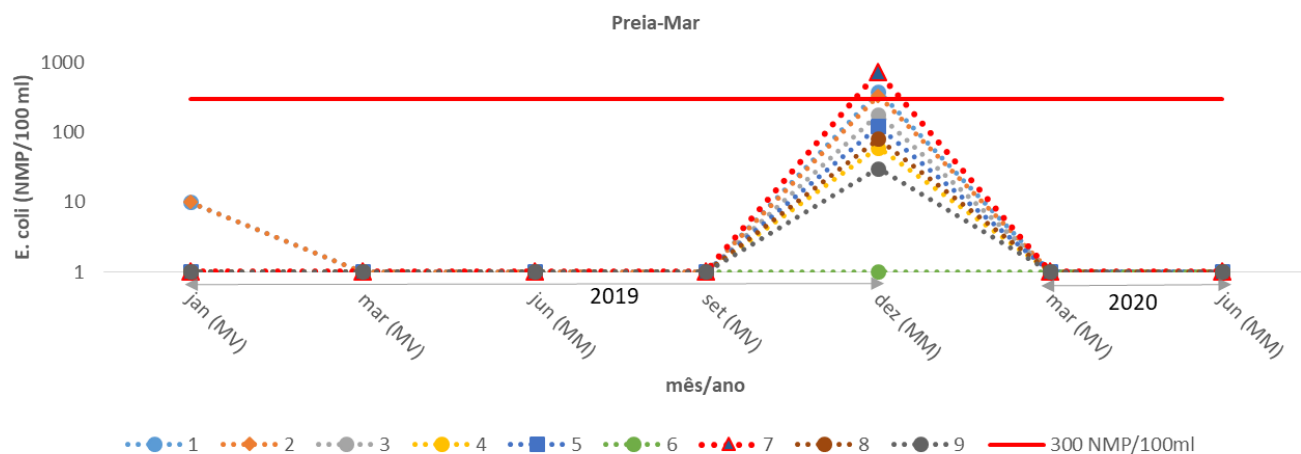


Figura 19B: Variação de *E. coli* (NMP/100 mL) nas estações 1 a 9, nas amostragens de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Preia-Mar de Maré Viva (MV) e de Maré Morta (MM). O traço vermelho indica o valor limite de emissão.

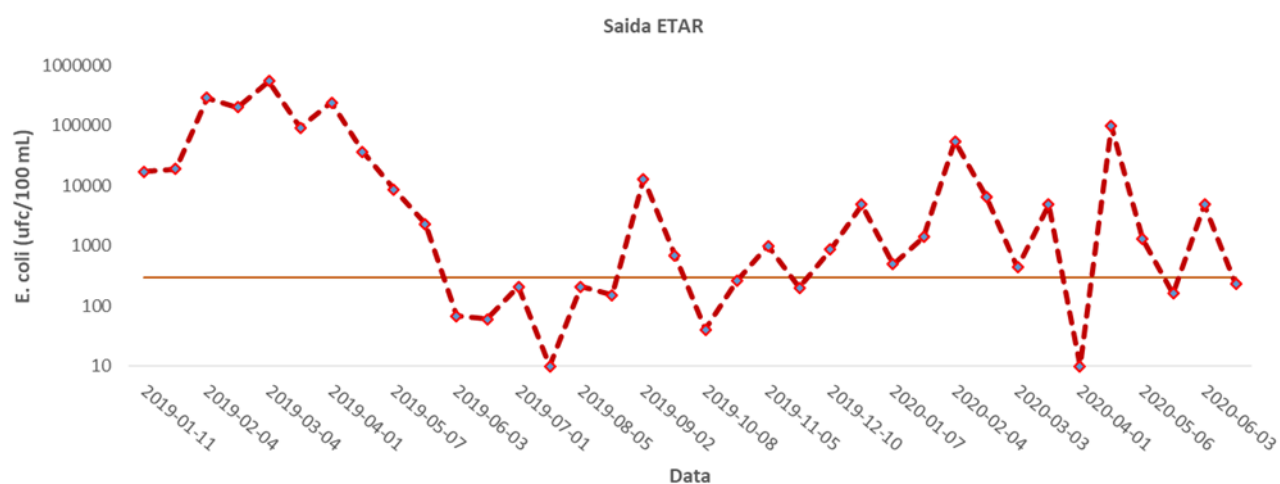


Figura 19C: Variação de *E. coli* (ufc/100 mL) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020. O traço contínuo indica o valor de 300 ufc/100 mL.

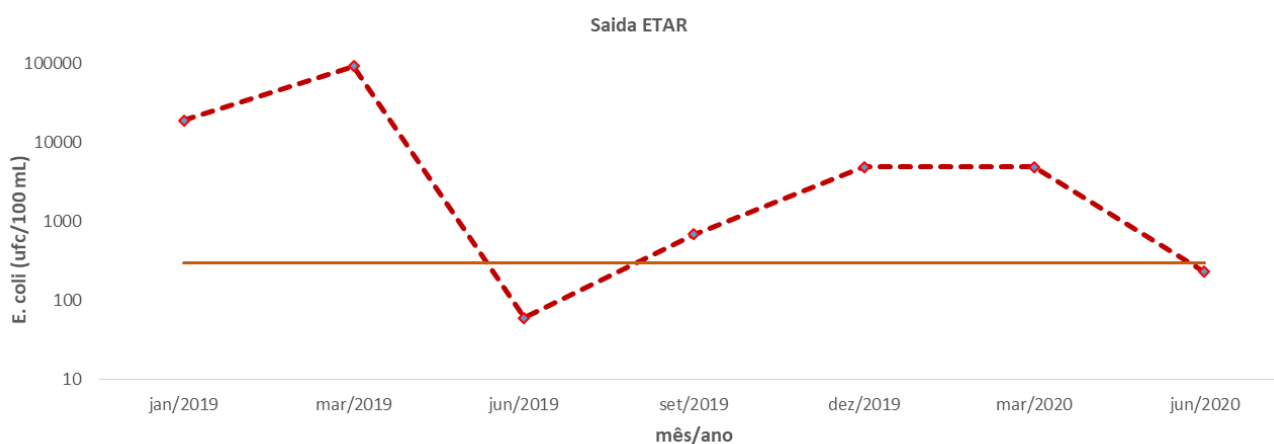


Figura 19D: Variação de *E. coli* (ufc/100 mL) à saída da ETAR de janeiro de 2019 a junho de 2020, nas datas mais aproximadas às amostragens do presente estudo. O traço contínuo indica o valor de 300 ufc/100 mL.

Em Preia-Mar, este parâmetro variou entre “não detetável” (< 10 NMP/100 mL) e 710 NMP/100mL registado no ponto de amostragem mais próximo da ETAR em dezembro de 2019 (Tabela 47).

Globalmente, existiu uma diferença significativa da presença de *E. coli* entre PM e BM ($p < 0,05$), revelando o efeito de diluição que se faz sentir com a renovação da água do mar durante a enchente, o qual contudo não se evidenciou numa análise específica para cada estação ($p > 0,05$).

Não foi significativa ($p > 0,05$) a diferença entre MV e MM, quer considerando o conjunto global dos dados obtidos entre junho de 2019 e junho de 2020, quer considerando individualmente cada estação ao longo deste período.

Tabela 47: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de *E. coli* (NMP/100mL) nas estações 1 a 9, nas amostras de janeiro de 2019 a junho de 2020, em situação de Baixa-Mar e de Preia-Mar; nd = não detetado.

Estação	E. coli (NMP/100mL)					
	Baixa-Mar			Preia-Mar		
	Mínimo	Máximo	Mediana	Mínimo	Máximo	Mediana
1	nd	9210	110	nd	380	nd
2	nd	1790	10	nd	330	nd
3	nd	780	10	nd	180	nd
4	nd	290	10	nd	60	nd
5	nd	120	nd	nd	120	nd
6	nd	40	10	nd	nd	nd
7	nd	32600	770	nd	710	nd
8	nd	1020	60	nd	80	nd
9	nd	330	10	nd	30	nd

Em março de 2019, em Baixa-Mar a estação mais próxima da ETAR diferiu significativamente ($p < 0,05$) de todas as restantes (Tabela 48). Em dezembro de 2019, em Preia-Mar, esta estação diferiu ($p < 0,05$) das estações 3 a 9 (Tabela 49).

*Tabela 48: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de *E. coli* (NMP/100mL) entre estações, em situação de Baixa-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente*

Diferenças significativas de <i>E. coli</i> (NMP/100ml) entre estações, em Baixa-Mar
março 2019
est. 7 ≠ est. 1 (32460)
est. 7 ≠ est. 2 (32360)
est. 7 ≠ est. 3 (32570)
est. 7 ≠ est. 4 (32590)
est. 7 ≠ est. 5 (32580)
est. 7 ≠ est. 6 (32599)
est. 7 ≠ est. 8 (31580)
est. 7 ≠ est. 9 (32270)

*Tabela 49: Diferenças significativas ($p < 0,05$, ANOVA de duas entradas e teste de comparação múltipla de Tukey) de *E. coli* (NMP/100mL) entre estações, em situação de Preia-Mar. Os valores entre parênteses correspondem ao módulo da diferença do par correspondente*

Diferenças significativas de <i>E. coli</i> (NMP/100ml) entre estações, em Preia-Mar
dezembro 2019
est. 7 ≠ est. 3 (530)
est. 7 ≠ est. 4 (650)
est. 7 ≠ est. 5 (590)
est. 7 ≠ est. 6 (709)
est. 7 ≠ est. 8 (630)
est. 7 ≠ est. 9 (680)

3.9. Contaminação microbiológica nos bivalves

Avaliar a contaminação de bivalves por *Escherichia coli* (*E. coli*) nos locais de amostragem não foi tarefa fácil pois a sua presença é quase nula em muitos destes locais. Assim, a partir da amostragem de junho 2019, optou-se por se exporem amêijoas junto dos locais de amostragem por um período de quase um mês. É ainda de referir que nas amostragens trimestrais para esta avaliação não se conseguiu quantificar a contaminação por *E. coli* em todos os pontos de amostragem. Este facto deveu-se aos sacos onde se colocaram as amêijoas não terem sido recuperados ou por terem sido vandalizados/ roubados ou ainda

devido a mortalidade acentuada, como se registou em quer em setembro de 2019 (possivelmente devido às altas temperaturas da água e baixa oxigenação da mesma) quer em junho de 2020.

Escherichia coli

A contagem de bactérias *E. coli* nos bivalves permite 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 envolvimento da rejeição da ETAR existem áreas de produção, como a zona Olhão4, contígua com Olhão3 e Olhão5 faz todo o sentido avaliar o impacto da descarga no meio recetor, a nível de bivalves.

Na Figura 20 encontra-se representada a variação ao longo do tempo da presença de *E. coli* na amêijoia *Ruditapes decussatus* nos pontos amostrados. Nela encontram-se ainda representados os valores de 4600 e de 230 UFC/100g (valores normativos associados a zonas de produção de bivalves; Tabela 50), estabelecidos pelo IPMA.

Tabela 50: Gama de valores normativos de *E. coli* (NMP/100g) associados a zonas de produção de bivalves (fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera)

Estatuto Sanitário	Limite Legal (Reg. (CE) N.º 854/2004, Reg. (CE) N.º 1021/2008 e Reg. (EU) 2015/2285)	Observações
A	≤ 230 E. coli NMP/100 g	Um resultado em cinco pode ser superior a 230 E. coli NMP/100 g, não excedendo os 700 E. coli NMP/100 g. Os bivalves podem ser apanhados e comercializados para consumo humano direto.
B	> 230 e ≤ 4.600 E. coli NMP/100 g	Pelo menos em 90% das amostras e nenhuma exceder 46 000 E. coli NMP/100 g. Os bivalves podem ser apanhados e destinados a depuração, transposição ou transformação em unidade industrial
C	> 4.600 e ≤ 46.000 E. coli NMP/100 g	Os bivalves podem ser apanhados e apenas destinados a transposição prolongada ou transformação em unidade industrial
Proibida	> 46.000 E. coli NMP/100 g	Não é autorizada a apanha de moluscos bivalves
* - "Classificações provisórias": correspondem a classificações baseadas num número limitado de amostras.		

Fonte: <https://www.ipma.pt/pt/bivalves/>

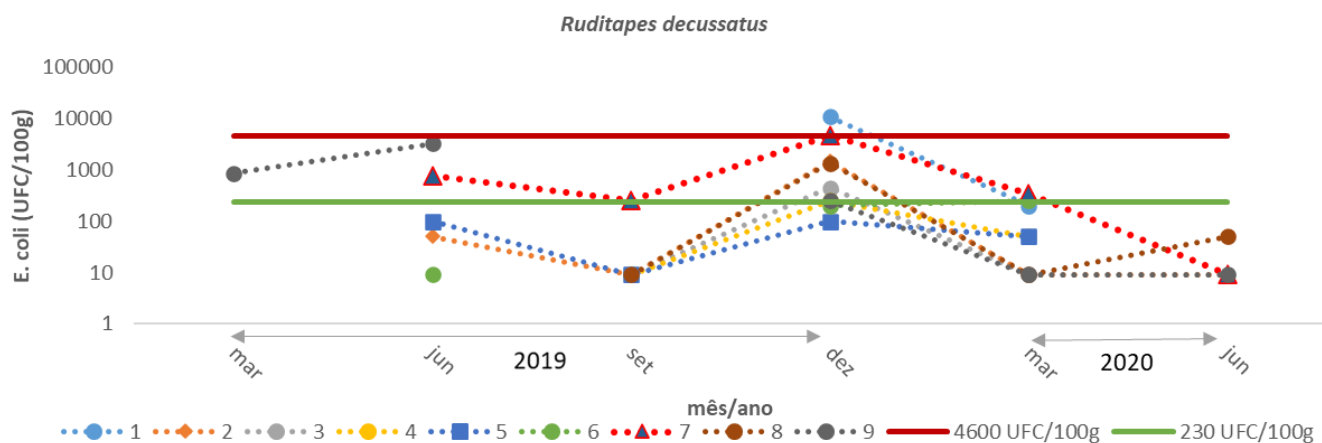


Figura 20. Variação de *E. coli* em *Ruditapes decussatus* (UFC/100 g) nas estações 1 a 9, nas amostragens de março de 2019 a junho de 2020. Os traços verde e vermelho indicam valores normativos associados a zonas de produção de bivalves.

Na campanha de março 2019 (Tabela 51; Figura 20), 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. Tal pode advir do facto das ostras apresentarem uma taxa de acumulação diferente das amêijoas. Nas estações 1, 5 e 8, os valores nas ostras foram inferiores ao limite de deteção (< 10 UFC/100 g) com o máximo na estação 9 (850 UFC/100 g). Este valor é típico de uma zona de produção classe B (*E. coli* entre 230 e 4600 NMP/100 g), em que os bivalves apanhados são destinados a depuração, transposição ou transformação em unidade industrial (Tabela 50). Na campanha de junho 2019 (Tabela 51; Figura 20) não foram analisadas todas as amêijoas expostas durante cerca de um mês nos 9 locais. 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 (< 10 UFC/100 g), o mais próximo da Barra do Farol, enquanto o valor máximo foi encontrado no local 9 (3227 UFC/100 mL UFC/100 g), sendo mesmo mais elevado do que no local 7 (750 UFC/100 mL), o mais próximo da rejeição do efluente da ETAR. O valor máximo no ponto 9 é típico também de uma zona de produção B (Tabela 50).

Na campanha setembro 2019, as concentrações foram mínimas, quase todas abaixo do limite de deteção (< 10 UFC/100 g) exceto no ponto 7, próximo do ponto de descarga (250 UFC/100 g), onde se excedeu marginalmente o limite de uma zona de produção A (Tabela 51). Este facto também se poderá dever a ação germicida da radiação solar mais intensa diminuindo a contaminação de *E. coli* na água. Por outro lado, foi registada ainda uma mortalidade elevada nas estações 6 e 9 (como explicado anteriormente) e o saco da estação 1 não foi recuperado.

Em dezembro de 2019 houve um aumento generalizado de contaminação por *E. coli* nas amêijoas expostas nos 9 locais, em que as amêijoas do local 1 apresentaram valores máximos (10864 UFC/100 g), mesmo superiores ao valor encontrado nas amêijoas próximas do local 7 (4727 UFC/100 g). Tal facto sugere uma contaminação externa à ETAR, no caso a Ribeira das Lavadeiras, provavelmente associada à escorrência terrestre devido a chuva, já que neste mês a precipitação acumulada foi cerca de 50 mm (dados fornecidos pelo IPMA). Nessas duas estações as amêijoas podem considerar-se de classe C (*E. coli* entre 4600 e 46000 NMP/100 g), em que os bivalves podem ser apanhados e destinados a transposição

prolongada ou transformação em unidade industrial. Contudo, nenhum dos 2 pontos corresponde a zona de produção de bivalves delimitada pelo IPMA (https://www.ipma.pt/pt/bivalves/docs/files/Limites_ZDP_Estuarino-Lagunares_2020.pdf).

Em março de 2020, houve novamente uma diminuição acentuada em praticamente em todos os pontos de amostragem, com valores genericamente inferiores a 230 NMP/100 g, típicos de classe A, tendo sido somente ligeiramente ultrapassado nos pontos 6 (250 UFC /100 g) e 7 (350 UFC /100 g), onde as amêijoas podem considerar-se de zona de produção de classe B, apesar destes locais não fazerem parte de nenhuma das zonas de produção de bivalves.

Em junho de 2020, ocorreu mortalidade acentuada das amêijoas e só se conseguiram exemplares vivos nos pontos 2, 7, 8 e 9. Nessas amostras, os valores estiveram abaixo do limite de deteção (< 10 UFC/100 g), exceto no local 8 onde se registaram (50 UFC /100 g), com valores típicos de zona de produção de classe A.

Tabela 51: Valores de *E. coli* em *Ruditapes decussatus* e *Crassostrea* spp. (UFC/100 g) nas estações 1 a 9, nas amostragens de março de 2019 a junho de 2020.

22/03/2019			27/06/2019			30/09/2019			17/12/2019			10/03/2020			22/06/2020		
Estação	bivalve	UFC/100 g	Estação	bivalve	UFC/100 g	Estação	bivalve	UFC/100 g	Estação	bivalve	UFC/100 g	Estação	bivalve	UFC/100 g	Estação	bivalve	UFC/100 g
1	ostras	<10	2	ameijoas	50	2	ameijoas	<10	1	ameijoas	10864	1	ameijoas	200	2	ameijoas	<10
5	ostras	<10	5	ameijoas	100	3	ameijoas	<10	2	ameijoas	1455	2	ameijoas	<10	7	ameijoas	<10
6	ostras	50	6	ameijoas	<10	4	ameijoas	<10	3	ameijoas	450	3	ameijoas	<10	8	ameijoas	50
8	ostras	<10	7	ameijoas	750	5	ameijoas	<10	4	ameijoas	250	4	ameijoas	50	9	ameijoas	<10
9	ameijoas	850	9	ameijoas	3227	7	ameijoas	250	5	ameijoas	100	5	ameijoas	50			
						8	ameijoas	<10	6	ameijoas	200	6	ameijoas	250			
									7	ameijoas	4727	7	ameijoas	350			
									8	ameijoas	1350	8	ameijoas	<10			
									9	ameijoas	250	9	ameijoas	<10			

Na Tabela 52 verificamos que, exceto no ponto 1, os valores mínimos deste parâmetro nas amêijoas foram abaixo do limite de deteção do método (<10 NMP/100 g), e no ponto 1 encontrou-se o máximo de 10864 UFC/100 g.

Tabela 52: Gama de valores (mínimo, máximo e mediana) de *E. coli* (UFC/100g) em amêijoas *Ruditapes decussatus* provenientes das estações 1 a 9, entre março de 2019 a junho de 2020; nd = não detetado (< 10 UFC/ 100 g)

<i>E. coli</i> em <i>Ruditapes decussatus</i> (UFC/100g)			
Estação	Mínimo	Máximo	Mediana
1	200	10864	5532
2	nd	1455	nd
3	nd	450	nd
4	nd	250	50
5	nd	100	75
6	nd	250	200
7	nd	4727	350
8	nd	1350	30
9	nd	3227	250

É de salientar que a contaminação mais elevada nas campanhas de março e junho de 2019 foi encontrada no ponto 9. Esta zona fica contígua com a zona de produção Olhão3, em que a apanha está proibida/interdita desde o mês de março de 2019 até à presente data, com classificação de zona de produção de bivalves com Classe D pelo facto dos bivalves apresentarem valores > 46000 NMP/100 g. Os resultados das determinações microbiológicas pelo IPMA, 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 Olhão4- Esteiro da Garganta (perto da estação 8) entre 920 e 17000 NMP/100 g, muito superior ao valor de 230 NMP/100 mL legislado no Despacho 2227/2013 e atualizado no Despacho 2102/2019, com valores típicos de Classe B. No entanto, em Junho esta zona esteve interdita durante 18 e 29 de Junho, a qual pode ter ocorrido também por fitoplâncton nocivo ou níveis de biotoxinas acima dos limites legais. Para as campanhas de setembro e dezembro na zona de produção Olhão4- Esteiro da Garganta, os dados do IPMA para *E. coli* em amêijoas foram 3500 NMP/100 g e 330 NMP/100 g, respetivamente, também típicos de classe B. o IPMA não registou qualquer interdição. Já em março 2020 na mesma zona de produção, as amêijoas acumularam *E. coli* no valor de 700 NMP/100 g e em junho 330 NMP/100 g, valores estes típicos de zona de produção B. De facto, esta zona de produção de bivalves – Olhão4 há 10 anos tinha a classificação B.

(https://www.marinha.pt/Conteudos_Externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT%201000%20-%20Cap%C3%ADtulos/Cap%C3%ADtulo%20B%20Pesca/Subcap%C3%ADtulo%20B.5/B.5.2/despacho14515_2_17set_2010.pdf).

Em resumo, e dada a limitação dos dados de *E. coli* nas amêijoas não parece claro que a nova ETAR Faro-Olhão esteja a contaminar de forma evidente os bivalves das zonas de produção mais próximas, Olhão4, (junto da estação 8) dado o afastamento e a capacidade de diluição do meio recetor. Mesmo na monitorização feita pelo IPMA para este último ano na zona de produção Olhão4, os valores oscilaram, variando entre 330 e 17000 NMP/100 g. Contudo, o valor normativo de Coliformes fecais para descarga em meio sensível (300 NMP/100 mL) foi ultrapassado várias vezes, mesmo após o início da desinfeção com lâmpadas UV, a qual tem funcionado intermitentemente, e foi ultrapassado também várias vezes no meio recetor por *E. coli*, o qual salienta-se é simultaneamente afetado por fatores ambientais externos, como a pluviosidade.

3.10 Análise integrada dos resultados

De forma a perceber melhor a variabilidade e a interação entre os vários parâmetros medidos na água em Baixa-Mar e Preia-Mar, alternadamente em maré viva e maré morta ao longo de um ano e meio amostragem, aplicou-se uma matriz de correlação a todos os resultados, cujo resultado se apresenta na Tabela 53. A vermelho estão identificadas as correlações significativas ($p < 0,05$).

Tabela 53: Fatores de correlação entre os diferentes parâmetros monitorizados

CorrelationsMarked correlations are significant at p < .05000N=126																
Variable	Temp	Sal	pH	O ₂	SS	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiO ₄ ⁴⁻	P tot	N tot	CBO5	Colif. Fecais	E. coli	Enteroc.
Temp	1.00															
Sal	0.20	1.00														
pH	0.14	0.17	1.00													
O ₂	0.30	0.25	0.69	1.00												
SS	-0.09	-0.62	-0.14	-0.31	1.00											
NH ₄ ⁺	-0.10	-0.44	-0.23	-0.28	0.56	1.00										
NO ₃ ⁻	-0.18	-0.89	-0.20	-0.20	0.58	0.38	1.00									
NO ₂ ⁻	0.12	-0.16	0.27	0.30	0.10	0.01	0.12	1.00								
PO ₄ ³⁻	0.00	-0.49	-0.12	-0.09	0.31	0.25	0.42	0.36	1.00							
SiO ₄ ⁴⁻	0.19	-0.34	-0.39	-0.41	0.47	0.71	0.24	-0.07	0.25	1.00						
P tot	0.27	-0.38	-0.22	-0.15	0.28	0.26	0.36	0.10	0.22	0.30	1.00					
N tot	-0.11	-0.77	-0.25	-0.36	0.59	0.45	0.76	0.08	0.41	0.34	0.39	1.00				
CBO5	-0.21	-0.25	0.16	-0.07	0.31	0.32	0.24	-0.06	0.10	0.23	0.04	0.22	1.00			
Colif. Fecais	0.00	-0.46	-0.36	-0.43	0.42	0.62	0.29	0.01	0.27	0.71	0.41	0.27	0.18	1.00		
E. coli	-0.10	-0.33	-0.25	-0.24	0.37	0.69	0.21	-0.01	0.14	0.63	0.21	0.05	0.21	0.77	1.00	
Enteroc.	-0.16	-0.36	-0.19	-0.14	0.07	0.06	0.32	-0.02	0.09	0.10	0.01	0.16	-0.03	0.24	0.28	1.00

Como se pode ver na Tabela 53, existem vários fatores que estão fortemente relacionados entre si positiva e negativamente. Destacam-se as várias correlações negativas, principalmente entre a salinidade e os restantes parâmetros e a positiva com o oxigénio dissolvido. Estas relações evidenciam que a fonte destes compostos (exceto o oxigénio) está associada à maior contribuição de água doce, que resulta principalmente do volume de caudal descarregado e misturado no meio recetor. O facto de o oxigénio aumentar com a salinidade indica que os pontos mais afastados da ETAR apresentaram maiores valores de oxigénio associados a menor contribuição de matéria orgânica e que a água do mar em Preia-Mar é renovada e mais oxigenada. Associado ao oxigénio encontra-se o pH, pois mais fotossíntese retira CO₂ da água e aumenta o pH, enquanto mais respiração faz consumir mais oxigénio, libertando CO₂ que diminui o pH da água. Sólidos em suspensão, nutrientes (exceto nitrito), N e P total, CBO₅ e parâmetros microbiológicos estão todos relacionados positivamente entre si evidenciando a sua fonte a partir da ETAR, globalmente com os valores mais elevados no ponto 7.

Aplicou-se ainda uma análise de componentes principais (PCA) aos resultados obtidos somente a Baixa-Mar, com o que se pretende discriminar os processos e as variáveis que melhor explicam a variância dos resultados e respetiva associação aos meses, na situação em que a descarga dos efluentes no meio recetor foi mais notória. Os resultados apresentam-se na Figura 21.

Os 3 componentes principais explicam 65% da variância dos resultados. Para estes 3 componentes a estação 7 é a que apresentou um carácter mais distinto. O PC1 (38% da variância) é explicado pelo processo físico de mistura, induzido pela troca com a maré e distância ao ponto de descarga, como é confirmado pela relação oposta entre a salinidade, nutrientes, parâmetros microbiológicos, CBO₅, sólidos em suspensão, N e P total (como também confirmado pela matriz de correlação), em que os valores mais

baixos de salinidade corresponderam aos mais elevados de concentração nos meses de março de 2019 e 2020 na estação 7 e a salinidade mais elevada em junho 2019 nas estações mais afastadas 6, 5, 3 e 4.

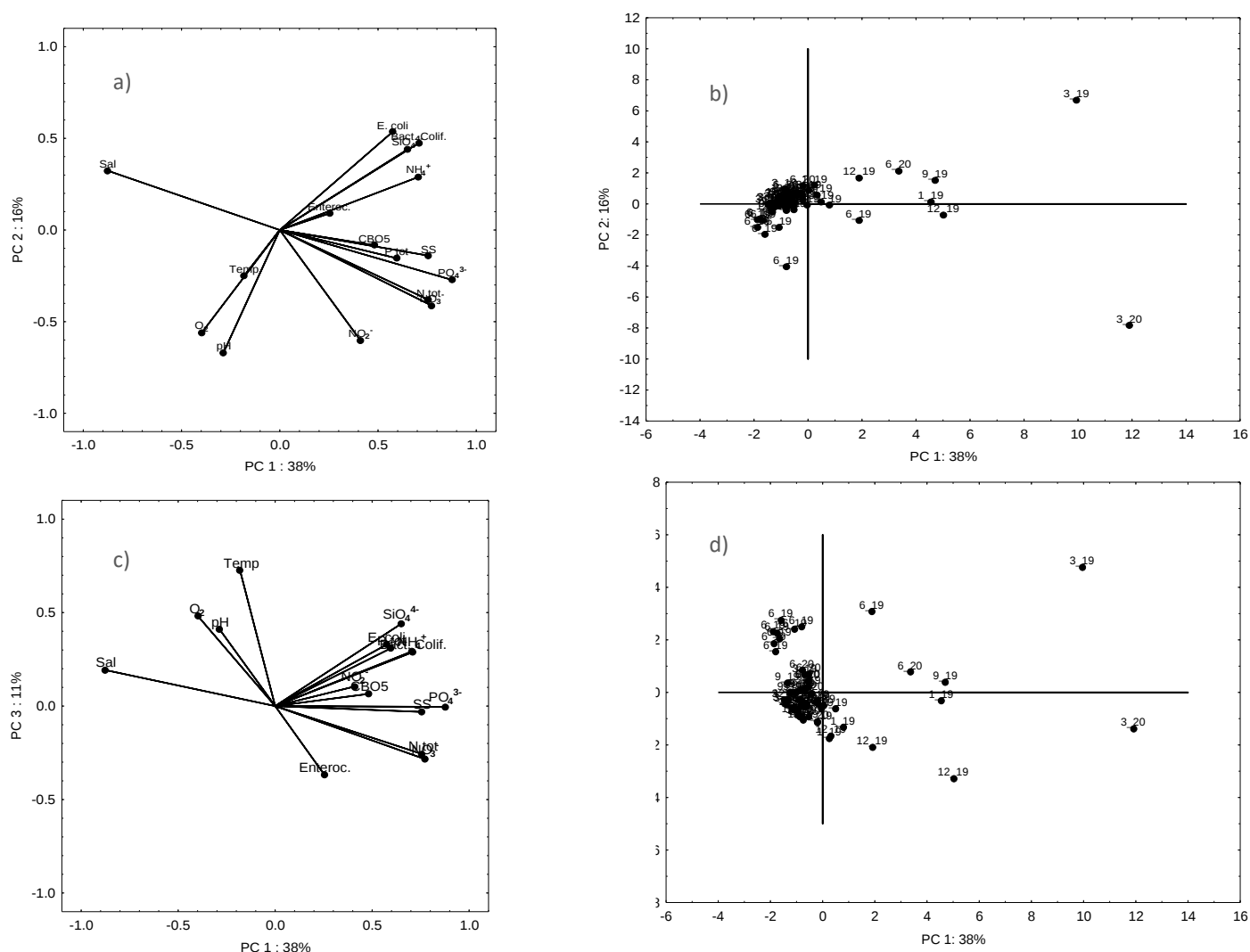


Figura 21: *Análise de Componentes Principais para os 9 pontos de amostragem, em situação de Baixa Mar. Parâmetros considerados: temperatura, salinidade, pH, oxigénio dissolvido, amónia, nitrato, fosfatos, silicatos, CBO5, N e P total, Coliformes totais, E. coli e Enterococos. (a) Projeção das variáveis no PC1 vs PC2 (b) Projeção dos casos no no PC1 vs PC2 associados aos meses de amostragem (1_19 a 6_20) (c) Projeção das variáveis no PC1 vs PC3 e (d) Projeção dos casos no no PC1 vs PC3 associados aos meses de amostragem (1_19 a 6_20)*

O PC2 (16% da variância) é explicado pelos valores mais elevados de oxigénio dissolvido e pH em março de 2020 na estação 7 em oposição a *E. coli* e Coliformes Totais que foram dos mais baixos nesta altura sugerindo a dominância do processo de fotossíntese. Infelizmente não temos dados de clorofila *a* para confirmar este facto.

O PC3 (11% da variância) é explicado pelos valores mais elevados de Enterococos e mais baixos de temperatura, oxigénio dissolvido e pH em dezembro de 2019 na estação 7 associado a processos de respiração, em oposição a março de 2019.

Assim, pode resumir-se que os processos mais importantes para a variabilidade encontrada ao longo de um ano e meio de amostragem foram: a) o processo físico de mistura entre o efluente e meio recetor, associado a cada ciclo de maré semidiurno; b) o processo de fotossíntese responsável por aumentar o oxigénio e o pH de forma mais evidente junto do ponto 7 onde a disponibilidade de nutrientes foi maior em março e c) o processo de respiração com destaque dos Enterococos (e presença de matéria orgânica) também mais evidente junto do ponto 7 em dezembro de 2019 responsável por diminuir o oxigénio e o pH por aumento de CO₂.

4. Conclusões

Durante o decurso das campanhas realizadas entre janeiro 2019 e junho 2020, em Baixa e Preia-Mar, alternadamente em Maré Viva e Maré Morta pôde observar-se que há uma dispersão 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 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 hidrodinâmica 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 descarga 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. Em dezembro de 2019, foi inclusivamente notória para a maioria dos parâmetros uma alteração nos valores em Preia-Mar, refletido no abaixamento da salinidade e aumento generalizado das concentrações dos parâmetros determinados, exceto da componente microbiológica, que pode estar associada a aumento de caudal já que o mesmo não se justifica por efeito de precipitação.

Temporalmente, após junho de 2019 registou-se uma menor variabilidade dos resultados, à exceção de períodos de ocorrência de precipitação. Estes perturbam a variabilidade dos resultados, com diminuição da salinidade que é acompanhada de aumento de nutrientes, sólidos em suspensão e parâmetros microbiológicos associados a decomposição de matéria orgânica. Estes últimos parâmetros dependem também de parâmetros externos como temperatura, salinidade e radiação solar, que podem justificar diminuições dos mesmos particularmente no meio recetor nos meses de verão.

Para os nutrientes, parâmetros de suporte de referência para águas costeiras no âmbito da Diretiva Quadro (2000), 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 ocorreram valores claramente distintos das restantes estações, o que se refletiu também neste local, numa alteração de cor, aparência e cheiro, e se relacionou com não cumprimento dos valores normativos de licença de descarga em *E. coli* (300 NMP/100 mL). 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 durante vários momentos de amostragem, durante a Baixa-Mar é preocupante por ocorrerem valores individuais (<60%) abaixo do VMA médio 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 do oxigénio. Contudo, para esta análise é importante ter-se em consideração a hora da amostragem, que quando ocorre no início do dia, em condição de Maré-Morta (maior tempo de residência e maior impacto do processo de respiração) se pode tornar mais crítica mas que melhora durante o período da tarde por aumento de fotossíntese.

A cor, aparência e cheiro, particularmente no ponto 7 melhoraram de forma evidente após junho de 2019 apesar desta influência ter sido consistentemente visível em BM de MV estendendo-se, por vezes, até ao ponto 8.

A contaminação fecal na água foi sempre mais evidente na estação 7 onde muitas vezes se excedeu 300 NMP/100 mL. Quanto à contaminação nos bivalves, esta não se pode considerar conclusiva dada a limitação do número de espécimes recuperados em cada um dos pontos de amostragem ao fim de quase um mês de exposição. Ainda assim, a contaminação parece ter sido importante nos bivalves na área de estudo junto da estação 7 onde se encontraram dos valores mais elevados, associado à descarga dos efluentes da ETAR. Contudo, pontualmente também se registaram valores máximos nos bivalves da estação 1 e da 9, enquadrada na zona de produção de bivalves Olhão4. O valor máximo foi registado em dezembro de 2019 na estação 1 possivelmente por influência de chuva e drenagem proveniente da Ribeira das Lavadeiras. Junto da estação 9, esta zona parece ter sido influenciada por circulação hidrodinâmica a partir da zona contígua de produção de bivalves Olhão3, onde presentemente está proibida a apanha de amêijoas da espécie *Ruditapes decussatus*, por excesso de contaminação microbiológica desde março de 2019.

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.

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

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

Vaquier-Sunyer, R.; Duarte, C.M. (2008) - Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. PNAS October 7, 2008 105 (40) 15452-15457. ; <https://doi.org/10.1073/pnas.0803833105>

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.

Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água.

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 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	10:50	16:44	10:14	18:00	9:31	18:00	11:19	17:18	8:39	18:30	8:50	12:28	10:24	15:46	10:03	15:48	10:05	9:07
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Caqui	Caqui	Verde	Verde	Caqui	Castanho claro	Verde	Verde	Verde	Caqui	Caqui
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	12.2	17.7	16.6	23.4	21.2	26.2	23.04	25.48	20.76	23.29	15.15	13.93	11.98	18.00	15.71	19.64	23.66	20.67
Salinidade	36.1	35.8	37.0	36.9	37.7	37.6	37.95	37.72	36.91	37.04	36.49	32.50	36.04	36.63	36.81	33.71	36.42	36.80
pH	7.96	8.24	8.04	8.13	7.93	8.13	7.97	8.18	7.92	8.10	8.06	7.93	7.92	8.06	7.89	8.01	7.97	7.86
O ₂ (mg/L)	7.12	10.31	8.01	9.47	5.74	7.94	4.93	8.04	4.85	8.18	6.54	7.32	7.11	8.58	6.57	7.80	5.85	5.30
O ₂ (% sat)	83	135	108	137	81	121	71.3	123.5	67.2	118.08	81.4	86.7	82.7	112.3	82.8	104.0	86.0	73.8
SS (mg/L)	17.60	-	23.80	-	-	8.19	-	-	14.18	-	-	16.47	-	-	5.79	-	-	11.65
NH ₄ ⁺ µM	12.97	-	3.57	-	-	0.36	-	-	5.43	-	-	6.77	-	-	3.68	-	-	2.09
NO ₃ ⁻ µM	23.84	-	14.12	-	-	0.48	-	-	2.67	-	-	8.29	-	-	2.64	-	-	1.48
NO ₂ ⁻ µM	1.30	-	0.73	-	-	0.12	-	-	0.43	-	-	0.87	-	-	0.62	-	-	0.27
PO ₄ ³⁻ µM	0.71	-	0.21	-	-	0.18	-	-	0.90	-	-	1.00	-	-	0.92	-	-	0.33
SiO ₄ ⁴⁻ µM	7.46	-	10.30	-	-	7.15	-	-	0.07	-	-	7.36	-	-	6.13	-	-	6.36
P total (mg/L)	0.082	-	0.089	-	-	0.298	-	-	0.019	-	-	0.05	-	-	0.04	-	-	0.67
N total (mg/L)	0.793	-	0.367	-	-	0.040	-	-	0.667	-	-	0.83	-	-	1.65	-	-	0.67
CBO5 (mg/L O ₂)	<10	-	1	-	-	≤2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	2190	-	560	-	-	40	-	-	540	-	-	30800	-	-	430	-	-	630
Escherichia coli (NMP/100ml)	220	-	140	-	-	<10	-	-	70	-	-	9210	-	-	90	-	-	110
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	140	-	30	-	-	<10	-	-	20	-	-	4110	-	-	<10	-	-	20

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	16:59	10:26	15:50	13:07	14:00	11:07	16:44	11:01	14:32	11:34	14:48	16:41	15:39	10:17	14:51	9:36	15:25	14:01
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Caqui	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	14.5	15.1	16.3	19.4	20.5	21.6	21.51	21.43	18.95	20.67	15.79	13.97	14.48	15.71	16.41	17.40	22.58	20.48
Salinidade	36.4	36.3	36.5	36.8	37.0	36.8	37.26	37.18	36.41	36.76	36.18	35.77	36.35	36.26	36.38	35.85	36.45	37.66
pH	8.15	8.07	8.11	8.03	8.09	8.06	8.15	8.08	8.13	7.99	8.19	7.89	8.07	7.94	7.99	7.98	8.05	7.92
O ₂ (mg/L)	8.22	7.71	8.44	7.49	7.86	6.86	7.99	6.53	7.03	6.49	7.66	7.44	7.70	7.00	7.92	7.10	7.33	7.59
O ₂ (% sat)	101	96	103	101	109	97	112.5	93.1	94.0	89.7	96.2	90.0	94.5	87.9	101.1	91.9	104.7	104.8
SS (mg/L)	14.04	-	6.40	-	-	38.61	-	-	7.11	-	-	11.18	-	-	9.39	-	-	6.67
NH ₄ ⁺ µM	1.11	-	1.88	-	-	0.46	-	-	0.72	-	-	1.61	-	-	0.37	-	-	0.19
NO ₃ ⁻ µM	0.65	-	0.68	-	-	0.30	-	-	3.63	-	-	1.40	-	-	1.81	-	-	0.75
NO ₂ ⁻ µM	0.15	-	0.04	-	-	0.10	-	-	0.21	-	-	0.19	-	-	0.19	-	-	0.07
PO ₄ ³⁻ µM	0.17	-	0.14	-	-	0.04	-	-	0.26	-	-	0.27	-	-	0.38	-	-	0.19
SiO ₄ ⁴⁻ µM	2.25	-	1.15	-	-	3.59	-	-	0.02	-	-	3.23	-	-	2.73	-	-	2.05
P total (mg/L)	0.069	-	0.017	-	-	0.438	-	-	0.008	-	-	0.05	-	-	0.07	-	-	1.07
N total (mg/L)	0.152	-	0.155	-	-	0.033	-	-	0.571	-	-	0.37	-	-	0.36	-	-	0.56
CBO5 (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	3	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	20	-	<10	-	-	40	-	-	350	-	-	1220	-	-	<10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	380	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	10	-	10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	60	-	-	<10	-	-	<10

Estação 2 (37°0'7,355"N; 7°54'26,56"W)

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	9:51	16:41	9:51	19:04	9:36	18:07	11:24	17:22	8:27	18:35	8:46	12:33	10:37	15:49	9:58	15:52	10:08	9:11
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Caqui	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	12.5	17.2	15.5	22.37	21.3	24.9	22.67	24.38	20.78	22.50	15.16	13.71	12.26	17.73	16.10	18.88	23.11	20.16
Salinidade	36.2	36.2	36.7	36.76	37.3	37.1	37.54	37.37	36.63	36.78	36.20	34.55	35.86	34.74	36.67	35.35	36.43	37.15
pH	7.68	8.20	7.97	8.08	8.01	8.12	8.11	8.16	8.00	8.08	8.10	7.94	8.01	8.01	7.91	8.03	8.03	7.95
O ₂ (mg/L)	6.99	9.64	6.65	8.96	6.64	7.98	6.53	7.55	5.67	7.98	6.71	7.34	6.88	8.34	7.42	7.76	6.52	6.02
O ₂ (% sat)	82	125	83	127.5	93	119	93.7	114.0	78.5	114.0	83.4	87.7	80.4	107.8	94.2	103.1	93.9	82.9
SS (mg/L)	16.9	-	15.63	-	-	3.3	-	-	15.63	-	-	13.56	-	-	5.91	-	-	7.72
NH ₄ ⁺ µM	2.54	-	12.63	-	-	0.63	-	-	4.58	-	-	3.68	-	-	1.18	-	-	1.48
NO ₃ ⁻ µM	5.03	-	3.50	-	-	0.77	-	-	2.84	-	-	4.03	-	-	1.57	-	-	1.11
NO ₂ ⁻ µM	1.33	-	0.99	-	-	0.11	-	-	0.63	-	-	0.69	-	-	1.76	-	-	0.21
PO ₄ ³⁻ µM	3.27	-	0.36	-	-	0.24	-	-	1.57	-	-	1.00	-	-	0.49	-	-	0.35
SiO ₄ ⁴⁻ µM	5.10	-	5.77	-	-	5.04	-	-	7.19	-	-	4.98	-	-	4.02	-	-	4.06
P total (mg/L)	0.091	-	0.066	-	-	0.634	-	-	0.02	-	-	0.04	-	-	0.05	-	-	1.15
N total (mg/L)	0.377	-	0.224	-	-	0.048	-	-	0.85	-	-	0.56	-	-	0.69	-	-	0.703
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	1870	-	960	-	-	<10	-	-	1420	-	-	7700	-	-	90	-	-	600
Escherichia coli (NMP/100ml)	220	-	240	-	-	<10	-	-	10	-	-	1790	-	-	10	-	-	10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	240	-	20	-	-	<10	-	-	30	-	-	660	-	-	10	-	-	10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	16:52	10:19	15:39	13:11	14:04	11:12	16:48	11:06	14:38	11:39	14:52	16:46	15:42	10:20	15:01	9:40	15:29	14:05
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	15.2	15.0	16.4	18.6	19.7	20.2	21.33	20.31	19.75	19.62	15.36	14.03	14.69	15.79	17.04	17.17	22.61	19.12
Salinidade	36.3	36.3	36.6	36.7	36.9	36.5	37.24	37.09	36.45	36.63	36.14	35.84	36.34	36.26	36.48	36.00	36.49	36.62
pH	8.14	8.06	8.07	8.03	8.09	8.10	8.15	8.11	8.11	8.02	8.20	7.91	8.07	7.94	8.11	7.99	8.04	7.94
O ₂ (mg/L)	7.96	7.57	8.01	7.66	7.78	7.31	7.88	6.97	7.35	6.71	7.63	7.47	7.76	7.94	7.95	7.17	7.31	7.46
O ₂ (% sat)	99	94	102	102	106	100	110.7	97.5	100.0	91.1	95.2	90.5	95.6	91.1	102.7	92.5	104.5	100.4
SS (mg/L)	6.2	-	6.2	-	-	8.6	-	-	9.06	-	-	7.47	-	-	6.35	-	-	3.25
NH ₄ ⁺ µM	0.44	-	1.75	-	-	0.305	-	-	1.22	-	-	1.46	-	-	0.77	-	-	0.32
NO ₃ ⁻ µM	0.92	-	0.64	-	-	0.387	-	-	3.14	-	-	1.45	-	-	0.28	-	-	1.70
NO ₂ ⁻ µM	0.16	-	0.09	-	-	<0.02	-	-	0.06	-	-	0.17	-	-	0.23	-	-	0.09
PO ₄ ³⁻ µM	0.12	-	0.13	-	-	0.052	-	-	0.27	-	-	0.23	-	-	0.52	-	-	0.20
SiO ₄ ⁴⁻ µM	1.47	-	2.14	-	-	2.905	-	-	3.57	-	-	3.00	-	-	2.88	-	-	1.82
P total (mg/L)	0.044	-	0.040	-	-	0.772	-	-	0.01	-	-	0.07	-	-	0.06	-	-	1.60
N total (mg/L)	0.888	-	0.158	-	-	0.009	-	-	0.34	-	-	0.33	-	-	0.42	-	-	0.406
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	30	-	10	-	-	<10	-	-	200	-	-	960	-	-	<10	-	-	10
Escherichia coli (NMP/100ml)	10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	330	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	30	-	-	10	-	-	<10

Estação 3 (36°59'38,353"N; 7°54'37,958"W)

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	10:09	16:53	10:34	19:14	9:43	18:12	11:07	17:34	8:20	18:48	8:42	12:40	10:42	15:58	9:53	16:02	10:18	9:16
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.6	16.5	15.8	20.6	21.0	23.4	22.56	22.91	21.00	21.38	15.45	13.93	13.21	16.33	16.00	18.47	22.98	20.76
Salinidade	36.4	36.3	36.7	36.9	37.2	36.9	37.55	37.23	36.57	36.69	36.36	35.67	36.27	36.26	36.59	35.76	36.45	37.16
pH	8.06	8.22	8.05	8.06	8.02	8.13	8.13	8.13	8.05	8.18	8.18	7.98	8.04	8.02	7.94	8.02	8.04	8.00
O ₂ (mg/L)	7.63	10.46	7.42	8.09	6.95	7.84	6.74	7.20	6.78	9.58	7.31	7.39	7.71	7.35	7.54	7.56	6.81	6.70
O ₂ (% sat)	92	134	94	112	97	114	96.8	105.6	94.2	134.1	91.3	89.3	92.2	93.4	95.4	99.6	97.9	93.2
SS (mg/L)	15.1	-	8.9	-	-	4.6	-	-	7.39	-	-	8.12	-	-	6.91	-	-	3.69
NH ₄ ⁺ µM	16.63	-	0.70	-	-	0.40	-	-	1.60	-	-	1.66	-	-	0.97	-	-	0.62
NO ₃ ⁻ µM	1.18	-	1.27	-	-	0.34	-	-	0.24	-	-	1.64	-	-	1.32	-	-	0.49
NO ₂ ⁻ µM	0.22	-	0.16	-	-	0.05	-	-	2.07	-	-	0.20	-	-	0.19	-	-	0.06
PO ₄ ³⁻ µM	0.37	-	0.14	-	-	0.10	-	-	0.38	-	-	0.26	-	-	0.31	-	-	0.14
SiO ₄ ⁴⁻ µM	2.534	-	3.014	-	-	3.706	-	-	3.81	-	-	3.13	-	-	3.19	-	-	2.61
P total (mg/L)	0.024	-	0.039	-	-	0.347	-	-	0.01	-	-	0.03	-	-	0.06	-	-	1.33
N total (mg/L)	0.15	-	0.17	-	-	0.03	-	-	0.77	-	-	0.34	-	-	0.81	-	-	0.734
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	320	-	180	-	-	10	-	-	400	-	-	4160	-	-	30	-	-	60
Escherichia coli (NMP/100ml)	50	-	30	-	-	<10	-	-	<10	-	-	780	-	-	<10	-	-	10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	20	-	10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	200	-	-	10	-	-	<10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	16:46	10:33	16:04	13:19	14:13	11:19	16:57	11:16	14:46	11:49	14:56	16:50	15:47	10:29	15:07	9:49	15:36	14:09
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Transparente	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	15.6	15.1	16.0	18.0	18.1	20.0	17.82	18.30	17.10	18.30	14.97	14.07	15.39	15.81	15.79	16.90	19.21	15.66
Salinidade	36.3	36.1	36.4	36.7	36.7	36.6	36.95	36.84	36.28	36.49	36.06	35.87	36.34	36.19	36.28	36.08	36.41	36.25
pH	8.14	8.10	8.15	8.03	8.09	8.12	8.14	8.12	8.12	8.03	8.20	7.92	8.08	7.98	8.11	7.99	8.10	7.94
O ₂ (mg/L)	7.81	8.11	8.81	7.83	8.19	7.4	8.18	7.21	7.10	6.89	7.64	7.71	7.81	7.56	7.94	7.30	7.57	7.29
O ₂ (% sat)	98	101	111	103	108	101	107.6	97.1	91.7	91.2	94.6	93.5	97.5	95.0	99.9	93.7	101.6	92.4
SS (mg/L)	4.3	-	6.0	-	-	5.7	-	-	5.92	-	-	8.13	-	-	2.9	-	-	1.94
NH ₄ ⁺ µM	0.65	-	0.40	-	-	2.09	-	-	0.24	-	-	1.45	-	-	0.10	-	-	0.32
NO ₃ ⁻ µM	1.12	-	0.35	-	-	0.32	-	-	0.14	-	-	1.18	-	-	2.01	-	-	5.13
NO ₂ ⁻ µM	0.17	-	0.02	-	-	<0.02	-	-	3.65	-	-	0.16	-	-	0.14	-	-	0.16
PO ₄ ³⁻ µM	0.14	-	0.05	-	-	0.25	-	-	0.26	-	-	0.23	-	-	0.23	-	-	0.33
SiO ₄ ⁴⁻ µM	1.503	-	0.989	-	-	3.122	-	-	2.08	-	-	2.94	-	-	2.36	-	-	2.43
P total (mg/L)	0.024	-	0.033	-	-	0.334	-	-	0.011	-	-	0.05	-	-	0.06	-	-	1.09
N total (mg/L)	0.16	-	0.15	-	-	0.01	-	-	0.319	-	-	0.30	-	-	0.53	-	-	0.359
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	<10	-	10	-	-	<10	-	-	960	-	-	640	-	-	<2	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	180	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	60	-	-	<10	-	-	<10

Estação 4 (37°0'0,373"N; 7°53'24,909"W)

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	11:00	17:22	11:10	19:35	9:55	18:44	10:46	18:07	9:21	19:10	9:23	12:53	11:08	16:17	10:30	16:22	10:39	9:38
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Caqui	Verde	Verde	Verde	Verde claro	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.1	17.8	16.3	23.0	19.5	25.8	22.34	24.82	20.31	22.85	15.19	13.64	13.28	18.22	15.87	19.41	23.47	20.26
Salinidade	36.3	36.3	36.7	37.0	37.0	37.1	37.51	37.23	36.62	36.78	36.31	35.57	36.36	35.94	36.57	35.32	36.36	37.15
pH	8.02	8.27	8.00	8.22	8.04	8.24	8.02	8.21	8.02	8.14	8.10	8.03	8.03	8.08	7.91	8.03	8.02	7.95
O ₂ (mg/L)	7.23	10.27	7.64	10.40	7.03	9.32	5.94	8.50	5.76	8.75	6.92	7.75	7.43	9.06	6.83	8.14	6.86	6.49
O ₂ (% sat)	86	134	97	150	95	142	85.0	129.2	79.0	125.8	86.1	73.0	88.9	119.0	86.2	109.4	99.6	89.6
SS (mg/L)	17.3	-	17.3	-	-	14.0	-	-	17.42	-	-	14.65	-	-	15.02	-	-	9.62
NH ₄ ⁺ µM	13.16	-	7.38	-	-	0.38	-	-	3.83	-	-	2.67	-	-	3.96	-	-	0.69
NO ₃ ⁻ µM	2.33	-	2.17	-	-	0.91	-	-	2.19	-	-	1.73	-	-	1.59	-	-	0.93
NO ₂ ⁻ µM	0.73	-	0.49	-	-	0.06	-	-	0.32	-	-	0.28	-	-	0.34	-	-	0.15
PO ₄ ³⁻ µM	0.68	-	0.38	-	-	0.28	-	-	0.74	-	-	0.44	-	-	0.77	-	-	0.35
SiO ₄ ⁴⁻ µM	7.39	-	8.23	-	-	5.59	-	-	6.67	-	-	4.61	-	-	7.82	-	-	7.15
P total (mg/L)	0.140	-	0.058	-	-	0.130	-	-	0.014	-	-	0.03	-	-	0.07	-	-	1.08
N total (mg/L)	0.32	-	0.18	-	-	0.035	-	-	0.683	-	-	0.49	-	-	0.72	-	-	0.703
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<10	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	160	-	80	-	-	10	-	-	1600	-	-	600	-	-	20	-	-	280
Escherichia coli (NMP/100ml)	60	-	10	-	-	<10	-	-	290	-	-	100	-	-	10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	30	-	-	<10	-	-	10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	16:16	10:55	16:45	13:42	14:38	11:46	17:19	11:39	15:13	12:10	15:18	17:14	16:06	10:49	15:32	10:10	15:55	14:31
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Caqui	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	15.4	15.2	16.7	20.9	20.6	23.2	22.53	22.29	19.12	20.81	15.33	13.69	14.91	16.13	16.56	16.92	22.24	18.84
Salinidade	36.3	36.3	36.5	36.8	37.0	36.9	37.26	37.23	36.35	36.75	36.08	35.55	36.37	36.23	36.31	35.34	36.48	36.51
pH	8.14	8.13	8.16	8.00	8.10	8.09	8.12	8.03	8.12	7.97	8.20	8.02	8.11	7.97	8.08	7.94	8.11	7.97
O ₂ (mg/L)	7.92	7.67	9.04	8.00	8.34	6.51	7.74	5.75	7.45	6.22	7.82	8.06	7.89	7.22	8.04	6.83	7.65	7.54
O ₂ (% sat)	99	95	116	111	115	94	111.0	83.4	100.0	86.3	97.3	96.8	97.7	91.4	102.8	87.3	108.6	100.8
SS (mg/L)	5.3	-	7.4	-	-	11.3	-	-	10.16	-	-	6.26	-	-	5.57	-	-	6.33
NH ₄ ⁺ µM	0.41	-	0.67	-	-	2.11	-	-	0.76	-	-	1.68	-	-	0.36	-	-	0.30
NO ₃ ⁻ µM	1.04	-	0.29	-	-	0.45	-	-	3.71	-	-	1.30	-	-	1.85	-	-	3.11
NO ₂ ⁻ µM	0.17	-	0.02	-	-	0.06	-	-	0.21	-	-	0.23	-	-	0.15	-	-	0.12
PO ₄ ³⁻ µM	0.13	-	0.04	-	-	0.78	-	-	0.38	-	-	0.38	-	-	0.26	-	-	0.30
SiO ₄ ⁴⁻ µM	1.60	-	1.22	-	-	6.56	-	-	3.71	-	-	3.45	-	-	2.98	-	-	2.60
P total (mg/L)	0.015	-	0.037	-	-	0.222	-	-	0.013	-	-	0.05	-	-	0.04	-	-	1.26
N total (mg/L)	0.15	-	0.15	-	-	0.017	-	-	0.325	-	-	0.30	-	-	0.40	-	-	0.445
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<10	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	120	-	-	150	-	-	<10	-	-	10
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	60	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	10	-	-	<10	-	-	<10

Estação 5 (36°59'57,859"N; 7°52'38,793"W)

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	11:29	17:12	10:59	19:30	10:01	18:36	10:39	17:57	9:13	19:07	9:17	13:00	11:00	16:13	10:27	16:19	10:35	9:33
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Caqui	Transparente	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.4	17.4	15.2	22.8	20.4	25.2	21.50	24.20	19.78	22.58	15.01	13.71	13.70	17.31	15.47	18.58	22.69	19.92
Salinidade	36.4	36.3	36.6	37.0	37.1	37.0	37.41	37.19	36.51	36.77	36.21	35.44	36.37	36.21	36.47	35.40	36.46	37.01
pH	8.06	8.27	8.03	8.15	8.01	8.20	8.04	8.24	8.04	8.15	8.10	8.03	8.04	8.06	7.95	8.04	8.02	7.95
O ₂ (mg/L)	7.45	9.83	7.43	9.33	6.34	8.71	6.02	8.16	5.96	8.74	6.77	8.13	7.38	8.22	7.09	8.25	6.42	6.06
O ₂ (% sat)	90	128	93	134	87	131	84.7	129.9	80.9	125.0	83.9	97.7	89.2	106.4	88.0	109.0	92.0	83.0
SS (mg/L)	16.9	-	7.4	-	-	7.3	-	16.43	-	-	10.87	-	-	7.21	-	-	-	7.35
NH ₄ ⁺ µM	4.43	-	1.69	-	-	1.50	-	2.15	-	-	1.82	-	-	1.50	-	-	-	1.03
NO ₃ ⁻ µM	1.19	-	1.35	-	-	0.38	-	-	0.29	-	-	1.55	-	-	1.36	-	-	1.17
NO ₂ ⁻ µM	0.34	-	0.29	-	-	< 0.02	-	-	2.00	-	-	0.31	-	-	0.23	-	-	0.12
PO ₄ ³⁻ µM	0.31	-	0.18	-	-	0.02	-	0.70	-	-	0.52	-	-	0.48	-	-	-	0.33
SiO ₄ ⁴⁻ µM	3.51	-	3.21	-	-	5.50	-	-	4.71	-	-	3.73	-	-	4.01	-	-	4.46
P total (mg/L)	0.056	-	0.026	-	-	0.291	-	-	0.018	-	-	0.03	-	-	0.08	-	-	0.505
N total (mg/L)	0.158	-	0.172	-	-	0.239	-	-	0.569	-	-	0.38	-	-	0.52	-	-	0.613
CBOS (mg/L O ₂)	10.0	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	4
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	30	-	60	-	-	10	-	-	320	-	-	360	-	-	50	-	-	40
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	20	-	-	<10	-	-	<10	-	-	120	-	-	20	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	20	-	10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	10	-	-	<10	-	-	<10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	16:11	10:50	16:33	13:36	14:32	11:40	17:14	11:33	15:07	12:05	15:13	17:09	16:01	10:45	15:25	10:04	15:51	14:25
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Transparente	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Caqui	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	15.4	15.2	16.4	19.7	19.6	20.4	18.46	18.95	18.13	18.88	15.32	14.92	15.47	16.22	15.54	16.29	21.68	18.84
Salinidade	36.3	36.1	36.4	36.7	36.7	36.5	37.00	36.91	36.28	36.52	36.07	36.32	36.35	36.31	36.3	35.12	36.44	36.21
pH	8.16	8.15	8.18	8.12	8.12	8.17	8.16	8.13	8.16	8.05	8.23	8.03	8.10	7.99	8.10	7.98	8.10	7.95
O ₂ (mg/L)	8.27	8.30	9.24	8.78	8.49	8.15	8.20	8.13	7.81	6.63	8.08	7.65	7.94	7.33	8.30	7.54	8.40	7.51
O ₂ (% sat)	103	103	117	119	115	112	109.3	99.0	102.8	88.6	100.6	94.6	99.4	93.1	107.0	95.2	116.4	95.2
SS (mg/L)	12.1	-	6.3	-	-	7.28	-	-	8.52	-	-	9.42	-	-	4.16	-	-	1.66
NH ₄ ⁺ µM	0.65	-	0.54	-	-	0.30	-	-	0.52	-	-	0.78	-	-	0.27	-	-	0.36
NO ₃ ⁻ µM	0.98	-	0.42	-	-	0.07	-	-	0.17	-	-	3.02	-	-	1.69	-	-	4.62
NO ₂ ⁻ µM	0.12	-	< 0.02	-	-	0.04	-	-	3.67	-	-	0.24	-	-	0.12	-	-	0.19
PO ₄ ³⁻ µM	0.13	-	0.03	-	-	0.06	-	-	0.29	-	-	0.23	-	-	0.25	-	-	0.30
SiO ₄ ⁴⁻ µM	1.44	-	0.58	-	-	1.92	-	-	2.82	-	-	1.60	-	-	2.17	-	-	2.18
P total (mg/L)	0.020	-	0.030	-	-	0.199	-	-	0.007	-	-	0.04	-	-	0.06	-	-	0.099
N total (mg/L)	0.151	-	0.151	-	-	0.010	-	-	0.266	-	-	0.32	-	-	0.44	-	-	0.485
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	10	-	<10	-	-	10	-	-	100	-	-	360	-	-	<10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	120	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	10	-	-	<10	-	-	10

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	11:16	17:05	10:50	19:25	10:06	18:28	10:34	17:46	9:05	19:00	9:12	13:07	10:55	16:08	10:21	16:16	10:30	9:28
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Caqui	Transparente	Transparente	Caqui	Verde	Verde	Verde	Verde	Transparente	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.7	17.0	16.0	21.7	21.0	23.3	20.58	22.84	19.00	21.68	14.89	13.26	13.75	17.02	15.44	18.59	22.27	19.36
Salinidade	36.3	36.3	36.6	36.9	37.3	36.6	37.28	37.10	36.45	36.67	36.22	35.44	36.38	36.27	36.43	35.63	36.59	36.87
pH	8.08	8.28	8.07	8.19	7.99	8.25	8.10	8.21	8.07	8.19	8.14	8.09	8.03	8.15	7.98	8.07	8.01	7.96
O ₂ (mg/L)	7.45	8.78	8.15	9.44	6.57	7.59	6.70	8.12	6.51	9.00	6.66	9.02	7.32	8.66	7.79	8.31	6.40	6.32
O ₂ (% sat)	90	114	103	133	91	124	92.8	118.9	87.2	126.6	82.4	109.6	88.5	111.6	97.3	109.8	90.9	85.6
SS (mg/L)	8.49	-	9.76	-	-	7.44	-	-	6.29	-	-	8.12	-	-	0	-	-	5.19
NH ₄ ⁺ µM	2.44	-	<0.09	-	-	0.43	-	-	1.43	-	-	1.56	-	-	1.00	-	-	0.86
NO ₃ ⁻ µM	0.90	-	0.56	-	-	0.34	-	-	2.18	-	-	1.27	-	-	1.36	-	-	0.91
NO ₂ µM	0.23	-	0.12	-	-	<0.02	-	-	0.23	-	-	0.21	-	-	0.16	-	-	0.09
PO ₄ ³⁻ µM	0.31	-	0.10	-	-	0.08	-	-	0.45	-	-	0.33	-	-	0.32	-	-	0.24
SiO ₄ ⁴⁻ µM	2.39	-	3.23	-	-	3.74	-	-	3.94	-	-	3.32	-	-	2.94	-	-	3.08
P total (mg/L)	0.047	-	0.024	-	-	0.348	-	-	0.012	-	-	0.04	-	-	0.08	-	-	1.39
N total (mg/L)	0.293	-	0.162	-	-	0.033	-	-	0.633	-	-	0.40	-	-	0.50	-	-	0.653
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	80	-	<10	-	-	<10	-	-	400	-	-	320	-	-	<10	-	-	90
Escherichia coli (NMP/100ml)	10	-	<10	-	-	<10	-	-	10	-	-	40	-	-	<10	-	-	20
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	40	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	10	-	-	<10	-	-	10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	16:30	10:46	16:18	13:30	14:25	11:33	17:08	11:26	14:59	12:00	15:07	17:03	15:57	10:39	15:19	10:00	15:45	14:21
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Transparente	Esverdeada	Transparente	Esverdeada	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente	Verde	Verde	Transparente	Transparente	Verde	Transparente	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	15.6	15.3	16.7	19.7	18.6	17.2	18.18	17.40	17.44	18.32	15.23	14.81	15.52	15.66	15.95	15.58	19.45	16.32
Salinidade	36.3	36.1	36.5	36.6	36.7	36.2	37.04	36.80	36.28	36.43	36.09	36.35	36.36	35.95	36.27	36.06	36.46	36.20
pH	8.15	8.09	8.18	8.09	8.17	8.18	8.20	8.17	8.15	8.02	8.22	8.02	8.11	8.03	8.19	8.01	8.11	8.00
O ₂ (mg/L)	8.07	7.95	9.22	8.70	8.17	8.53	8.46	7.78	7.37	6.82	7.94	7.67	7.94	7.82	8.00	7.34	7.84	7.93
O ₂ (% sat)	101	99	118	113	109	110	111.9	103.0	95.7	90.6	98.7	94.7	99.4	97.8	101.0	91.9	105.9	101.0
SS (mg/L)	5.49	-	3.43	-	-	5.96	-	-	4.08	-	-	6.66	-	-	1.66	-	-	1.49
NH ₄ ⁺ µM	0.38	-	0.23	-	-	0.17	-	-	0.47	-	-	0.65	-	-	0.10	-	-	0.17
NO ₃ ⁻ µM	1.14	-	0.41	-	-	0.57	-	-	3.24	-	-	2.83	-	-	1.96	-	-	2.18
NO ₂ µM	0.14	-	<0.02	-	-	0.02	-	-	0.13	-	-	0.22	-	-	0.17	-	-	0.11
PO ₄ ³⁻ µM	0.20	-	0.03	-	-	0.06	-	-	0.26	-	-	0.26	-	-	0.25	-	-	0.18
SiO ₄ ⁴⁻ µM	1.49	-	0.65	-	-	1.28	-	-	2.44	-	-	1.56	-	-	2.30	-	-	1.40
P total (mg/L)	0.026	-	0.040	-	-	0.185	-	-	0.015	-	-	0.06	-	-	0.04	-	-	1.28
N total (mg/L)	0.152	-	0.150	-	-	0.016	-	-	0.328	-	-	0.51	-	-	0.36	-	-	0.493
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	520	-	-	40	-	-	10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	<10

estação 7 (13°0'37,552" N; 7°53'39,351" W)

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva
Hora	12:21	16:07	9:03	18:17	7:44	17:28	9:42	16:20	7:41	17:54	8:07	11:38	9:40	15:16	9:00	15:19	8:45
Cor	Acastanhada	Acastanhada	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro	Castanho claro
Aparência	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Com influência	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR
Cheiro	Com	Com	Com	Com	Com	Sem	Com	Com	Com	Com	Com	Com	Com	Com	Sem	Com	Com
Temperatura °C	13.0	17.7	15.9	23.0	21.3	26.8	23.56	25.61	21.19	23.40	15.06	13.86	11.64	18.38	15.88	20.07	24.08
Salinidade	34.9	32.0	32.9	32.0	33.4	31.9	31.61	34.62	32.17	33.00	32.35	32.46	30.75	33.14	32.79	30.64	28.99
pH	7.95	7.90	7.72	7.80	7.75	8.09	7.94	8.04	7.79	8.00	7.96	7.74	7.83	8.01	8.16	8.00	7.95
O ₂ (mg/L)	6.40	6.51	5.18	6.05	3.16	7.43	4.14	5.75	3.29	6.39	5.84	6.53	6.81	7.70	8.32	7.50	3.90
O ₂ (% sat)	75	83	63	85	43	112	58.7	87.0	44.8	89.5	70.6	75.8	76.1	99.9	94.2	54.6	33.0
SS (mg/L)	54.9	-	69.0	-	7.8	-	-	35.0	-	-	-	16.4	-	113.84	-	-	17.49
NH ₄ ⁺ µM	138.99	-	188.48	-	-	33.19	-	34.59	-	-	-	31.31	-	-	58.33	-	17.06
NO ₂ ⁻ µM	10.71	-	13.69	-	-	3.71	-	6.40	-	-	-	44.73	-	-	66.31	-	4.36
NO ₃ ⁻ µM	6.94	-	6.16	-	-	4.78	-	6.98	-	-	-	12.16	-	-	72.67	-	3.54
PO ₄ ³⁻ µM	9.49	-	16.28	-	-	21.66	-	28.06	-	-	-	22.90	-	-	47.24	-	12.45
SiO ₂ ⁺ µM	17.46	-	-	-	-	22.29	-	28.34	-	-	-	6.81	-	-	5.71	-	11.81
P total (mg/L)	0.333	-	0.206	-	-	0.040	-	0.52	-	-	-	0.64	-	-	1.86	-	1.57
N total (mg/L)	5.080	-	0.420	-	-	1.246	-	2.26	-	-	-	2.48	-	-	7.20	-	1.68
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	10	-	-	5.0	-	5.00	-	-	-	<2	-	-	11	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	4610	-	104600	-	-	9210	-	34500	-	-	-	15530	-	-	21400	-	81800
Escherichia coli (NMP/100ml)	770	-	32620	-	-	20	-	30	-	-	-	3260	-	-	1210	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	40	-	40	-	-	30	-	250	-	-	-	2420	-	-	160	-	10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva
Hora	15:54	10:11	12:24	12:35	13:37	10:57	16:18	10:20	11:04	14:40	16:32	15:51	9:55	14:43	9:11	15:06	11:53
Cor	Esverdeada	Acastanhada	Acastanhada	Castanho esverdeado	Esverdeada	Castanho claro	Esverdeada	Castanho claro	Castanho claro	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Influência da ETAR	Alguma influência da ETAR	Influência da ETAR	Normal	Alguma influência da ETAR	Normal	Influência da ETAR	Normal	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Influência da ETAR	Alguma influência da ETAR	Alguma influência da ETAR
Cheiro	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Sem	Sem	Com	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Com	Com
Temperatura °C	14.3	15.1	16.4	21.1	21.1	21.9	21.53	21.32	21.32	14.23	13.51	16.29	16.41	17.32	23.10	21.52	21.52
Salinidade	36.3	35.2	36.6	36.0	36.9	36.3	37.17	36.70	36.4	35.85	36.18	30.06	35.98	35.67	36.37	36.87	36.87
pH	8.10	7.98	8.06	7.87	8.04	7.97	8.09	7.99	8.03	7.91	8.17	7.78	7.99	7.88	8.19	7.89	7.78
O ₂ (mg/L)	7.64	6.40	7.93	5.58	6.90	5.86	7.14	4.59	6.95	5.16	7.47	7.32	7.45	6.50	7.99	6.63	6.46
O ₂ (% sat)	93	79	101	77	96	86	100.6	67.5	94.0	71.7	93.9	86.0	89.5	82.2	97.6	82.2	91.0
SS (mg/L)	11.8	-	8.3	-	-	27.1	-	16.15	-	-	-	14.61	-	-	7.59	-	9.83
NH ₄ ⁺ µM	4.27	-	2.61	-	-	6.69	-	1.46	-	-	-	22.91	-	-	0.80	-	1.59
NO ₂ ⁻ µM	1.46	-	0.67	-	-	1.78	-	2.31	-	-	-	28.83	-	-	1.57	-	1.53
NO ₃ ⁻ µM	0.35	-	0.16	-	-	1.05	-	0.29	-	-	-	8.73	-	-	0.21	-	0.43
PO ₄ ³⁻ µM	0.30	-	0.13	-	-	4.61	-	0.68	-	-	-	15.95	-	-	0.47	-	1.38
SiO ₂ ⁺ µM	2.42	-	2.13	-	-	9.69	-	3.54	-	-	-	5.57	-	-	2.76	-	5.82
P total (mg/L)	0.041	-	0.066	-	-	0.403	-	0.02	-	-	-	0.60	-	-	0.11	-	0.095
N total (mg/L)	0.300	-	0.157	-	-	0.302	-	0.42	-	-	-	2.20	-	-	0.40	-	1.39
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	42	-	-	-	42	-	-	<2	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	50	-	40	-	-	220	-	260	-	-	-	5480	-	-	20	-	360
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	<10	-	-	-	710	-	-	<10	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	<10	-	-	-	30	-	-	<10	-	10

Estação 8 (37°0'40,562" N; 7°52'42,726" W)

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	12:11	16:00	8:46	18:01	7:26	17:16	9:22	16:04	7:26	17:38	7:52	11:28	9:32	15:05	8:28	15:05	8:33	8:01
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Caqui	Esverdeada	Caqui	Verde	Caqui	Caqui	Caqui	Verde	Caqui	Caqui	Caqui	Caqui	Caqui
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Alguma influência ETAR	Normal	Alguma influência da ETAR	Normal	Influência da ETAR	Alguma influência da ETAR	Normal	Normal	Alguma influência da ETAR	Alguma influência da ETAR	Alguma influência da ETAR	Alguma influência da ETAR	Alguma influência da ETAR
Cheiro	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Com	Com	Sem	Sem	Com	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.2	17.4	15.4	23.2	21.6	25.8	22.85	24.70	20.87	23.18	15.13	13.58	12.41	17.35	15.69	19.39	23.72	21.14
Salinidade	36.1	35.1	36.3	35.9	36.8	36.3	36.93	36.50	36.19	35.45	35.87	33.86	35.56	35.96	35.85	33.23	34.72	36.63
pH	8.05	8.06	7.90	8.10	7.92	8.10	7.94	8.18	7.83	8.07	7.86	7.78	7.84	8.02	7.78	8.01	7.93	7.77
O ₂ (mg/L)	7.09	8.21	6.50	9.60	4.85	9.31	4.67	7.95	5.41	8.08	6.75	6.99	7.15	7.80	6.72	7.27	4.92	5.15
O ₂ (% sat)	85	106	81	138	68	140	67.3	120.0	74.9	115.9	83.7	82.8	83.6	101.0	84.1	96.1	70.8	71.9
SS (mg/L)	13.5	-	28.6	-	-	5.0	-	-	8.31	-	-	11.04	-	-	8.16	-	-	8.47
NH ₄ ⁺ µM	19.99	-	37.17	-	-	29.25	-	-	5.77	-	-	7.50	-	-	5.09	-	-	5.30
NO ₂ µM	3.77	-	5.69	-	-	8.36	-	-	3.94	-	-	9.54	-	-	5.36	-	-	2.51
NO ₃ µM	1.73	-	2.48	-	-	0.83	-	-	1.44	-	-	2.65	-	-	3.80	-	-	1.09
PO ₄ ³⁻ µM	1.28	-	1.31	-	-	3.61	-	-	4.67	-	-	4.55	-	-	4.42	-	-	3.44
SiO ₄ ⁴⁻ µM	4.81	-	5.92	-	-	6.28	-	-	8.59	-	-	4.93	-	-	5.67	-	-	8.29
P total (mg/L)	0.109	-	0.117	-	-	0.201	-	-	0.071	-	-	0.17	-	-	0.16	-	-	0.182
N total (mg/L)	0.963	-	0.275	-	-	0.030	-	-	1.02	-	-	0.79	-	-	0.93	-	-	0.930
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	4	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	340	-	6130	-	-	90	-	-	990	-	-	2850	-	-	330	-	-	8660
Escherichia coli (NMP/100ml)	90	-	1020	-	-	<10	-	-	20	-	-	540	-	-	60	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	20	-	-	220	-	-	<10	-	-	10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	15:45	10:06	15:15	12:22	13:26	10:50	16:07	10:17	14:13	10:50	14:35	16:26	15:26	9:47	14:38	8:58	14:56	13:48
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	uma influência ET	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Caqui	Verde	Caqui
Aparência	Normal	Normal	Normal	uma influência ET	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Alguma influência da ETAR	Normal	Alguma influência da ETAR
Cheiro	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	15.2	15.2	16.1	19.1	19.0	21.7	19.42	21.18	17.82	19.96	15.32	14.09	14.46	16.08	15.83	16.98	21.17	19.28
Salinidade	36.3	36.1	36.4	36.7	36.8	36.5	37.06	36.98	36.29	36.48	36.05	35.54	36.31	36.24	36.22	35.77	36.43	36.53
pH	8.13	8.07	8.12	8.02	8.06	8.12	8.05	8.03	8.02	8.17	7.93	8.02	7.99	8.02	7.94	8.02	7.78	7.78
O ₂ (mg/L)	7.93	7.80	8.64	7.17	7.72	6.97	7.74	5.90	7.10	6.47	7.50	7.95	7.72	7.08	7.90	6.99	7.15	7.43
O ₂ (% sat)	99	97	109	96	104	97	105.9	84.0	93.2	88.3	93.4	96.3	94.6	89.5	99.5	89.7	99.7	100.3
SS (mg/L)	8.2	-	11.9	-	-	9.2	-	-	6.96	-	-	8.31	-	-	2.55	-	-	3.79
NH ₄ ⁺ µM	1.30	-	0.42	-	-	1.83	-	-	0.80	-	-	2.88	-	-	0.15	-	-	0.36
NO ₂ µM	1.15	-	0.54	-	-	0.52	-	-	3.69	-	-	2.96	-	-	1.77	-	-	0.51
NO ₃ µM	0.18	-	<0.02	-	-	0.05	-	-	0.20	-	-	0.70	-	-	0.16	-	-	0.07
PO ₄ ³⁻ µM	0.35	-	0.05	-	-	0.28	-	-	0.40	-	-	1.35	-	-	0.27	-	-	0.26
SiO ₄ ⁴⁻ µM	1.72	-	1.14	-	-	3.46	-	-	2.98	-	-	3.94	-	-	2.24	-	-	1.78
P total (mg/L)	0.040	-	0.029	-	-	0.148	-	-	0.014	-	-	0.04	-	-	0.08	-	-	0.079
N total (mg/L)	0.222	-	0.150	-	-	0.026	-	-	0.325	-	-	0.40	-	-	0.46	-	-	0.300
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	10	-	10	-	-	<10	-	-	730	-	-	510	-	-	<10	-	-	20
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	80	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	20	-	-	<10	-	-	<10

Estação 9 (37°0'40,562" N; 7°52'3,448" W)

Parâmetro analisado	BM jan 2019	BM fev 2019	BM mar 2019	BM abr 2019	BM mai 2019	BM jun 2019	BM jul 2019	BM ago 2019	BM set 2019	BM out 2019	BM nov 2019	BM dez 2019	BM jan 2020	BM fev 2020	BM mar 2020	BM mai 2020	BM mai 2020	BM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	11:59	15:53	8:36	17:55	7:19	15:07	9:17	15:58	7:17	17:30	7:46	11:21	9:25	15:00	8:09	14:59	8:28	7:55
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Alguma influência da ETAR	Alguma influência da ETAR	Alguma influência da ETAR
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	13.8	16.7	15.3	21.7	21.1	25.0	21.91	23.85	20.18	22.08	15.19	13.66	12.94	17.06	15.57	18.46	22.52	20.32
Salinidade	36.3	36.2	36.5	36.8	37.0	36.7	37.27	37.08	36.42	36.37	36.11	35.11	36.04	36.27	36.24	35.12	36.22	36.85
pH	8.09	8.05	7.78	8.13	7.99	8.10	8.01	8.20	7.9	8.15	7.95	8.01	7.93	8.10	7.80	8.03	8.00	7.76
O ₂ (mg/L)	7.46	8.76	7.10	8.97	8.14	8.39	5.47	7.47	6.02	8.10	7.03	7.32	7.61	8.05	7.09	7.52	6.99	6.08
O ₂ (% sat)	90	112	89	127	82	125	72.6	111.7	82.2	114.5	87.3	87.7	91.4	103.8	88.9	98.8	85.4	83.6
SS (mg/L)	6.9	-	11.6	-	-	3.7	-	-	8.73	-	-	7.13	-	-	6.10	-	-	12.62
NH ₄ ⁺ µM	5.02	-	10.71	-	-	0.36	-	-	3.82	-	-	2.72	-	-	3.18	-	-	2.39
NO ₂ ⁻ µM	1.22	-	2.00	-	-	0.46	-	-	2.51	-	-	2.42	-	-	2.06	-	-	1.14
NO ₃ ⁻ µM	0.39	-	0.84	-	-	0.09	-	-	0.57	-	-	0.62	-	-	1.54	-	-	0.30
PO ₄ ³⁻ µM	1.15	-	0.51	-	-	0.82	-	-	1.65	-	-	1.36	-	-	2.06	-	-	1.16
SiO ₄ ²⁻ µM	2.85	-	3.65	-	-	5.44	-	-	5.48	-	-	3.19	-	-	3.90	-	-	5.03
P total (mg/L)	0.045	-	0.115	-	-	0.159	-	-	0.03	-	-	0.05	-	-	0.15	-	-	0.082
N total (mg/L)	0.301	-	0.206	-	-	0.049	-	-	0.62	-	-	0.55	-	-	0.53	-	-	0.678
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	200	-	1010	-	-	10	-	-	420	-	-	780	-	-	50	-	-	350
Escherichia coli (NMP/100ml)	40	-	330	-	-	<10	-	-	<10	-	-	120	-	-	10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	10	-	<10	-	-	<10	-	-	30	-	-	40	-	-	<10	-	-	<10

Parâmetro analisado	PM jan 2019	PM fev 2019	PM mar 2019	PM abr 2019	PM mai 2019	PM jun 2019	PM jul 2019	PM ago 2019	PM set 2019	PM out 2019	PM nov 2019	PM dez 2019	PM jan 2020	PM fev 2020	PM mar 2020	PM mai 2020	PM mai 2020	PM jun 2020
Tipo maré	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta	viva	morta
Hora	15:37	10:01	15:07	12:16	13:19	10:44	16:00	10:11	14:06	12:20	14:30	16:21	15:21	9:42	14:32	8:53	14:51	13:43
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Aparência	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	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	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
Temperatura °C	15.5	15.2	16.2	18.9	17.9	20.0	18.13	18.93	16.97	18.97	15.04	14.24	15.35	16.02	15.72	16.38	19.70	16.89
Salinidade	36.3	35.9	36.4	36.6	36.7	36.4	36.07	36.91	36.29	36.77	36.05	35.89	36.34	36.23	36.17	35.90	36.44	36.71
pH	8.14	7.87	8.04	8.06	8.09	8.01	8.14	8.13	8.09	8.09	8.38	8.03	8.11	8.01	8.16	7.96	8.09	7.91
O ₂ (mg/L)	7.94	7.96	8.74	7.83	5.91	7.47	7.85	6.95	6.88	6.69	7.40	7.73	7.79	7.66	8.04	7.34	7.59	7.41
O ₂ (% sat)	99	99	111	105	107	102	103.7	94.9	88.5	89.5	91.6	94.1	92.7	96.9	101.0	93.2	102.9	95.5
SS (mg/L)	4.1	-	5.7	-	-	5.8	-	-	4.92	-	-	7.49	-	-	1.44	-	-	1.45
NH ₄ ⁺ µM	0.99	-	0.68	-	-	0.74	-	-	0.35	-	-	1.52	-	-	0.15	-	-	0.35
NO ₃ ⁻ µM	1.32	-	0.32	-	-	0.41	-	-	4.61	-	-	1.50	-	-	2.16	-	-	4.11
NO ₂ ⁻ µM	0.15	-	<0.02	-	-	0.09	-	-	0.18	-	-	0.22	-	-	0.17	-	-	0.14
PO ₄ ³⁻ µM	0.46	-	<0.03	-	-	0.05	-	-	0.34	-	-	0.36	-	-	0.26	-	-	0.31
SiO ₄ ²⁻ µM	1.56	-	0.62	-	-	2.70	-	-	2.66	-	-	2.81	-	-	2.25	-	-	2.18
P total (mg/L)	0.044	-	0.017	-	-	0.260	-	-	0.02	-	-	0.27	-	-	0.05	-	-	0.049
N total (mg/L)	0.151	-	0.151	-	-	0.012	-	-	0.37	-	-	0.33	-	-	0.58	-	-	0.451
CBOS (mg/L O ₂)	<10	-	<1	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2
Bactérias coliformes (NMP/100ml)	30	-	10	-	-	10	-	-	410	-	-	240	-	-	<10	-	-	<10
Escherichia coli (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	30	-	-	<10	-	-	<10
Enterococos intestinais (NMP/100ml)	<10	-	<10	-	-	<10	-	-	<10	-	-	10	-	-	<10	-	-	<10

2º RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DA ETAR DE FARO-OLHÃO (FASE DE EXPLORAÇÃO)



EQUIPA:

Amelia Carvalho Dill

Luís Costa

Katherine Malmgren

Thyago Lima

ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas.....	v
1. Introdução	6
1.1 Equipa do Projecto	7
2. Enquadramento Geral da Área em estudo	7
2.1 Descrição hidrogeológica regional	10
3. Programa de Monitorização - fase de exploração	15
3.1 Parâmetros monitorizados.....	15
3.2 Locais e técnicas de amostragem.....	16
3.3 Calendário de Amostragem.....	18
3.4 Métodos de Amostragem	20
4. Antecedentes e resultados prévios ao projecto	20
4.1 Dados de qualidade SNIRH.....	20
4.2 Identificação de pontos de monitorização.....	22
4.3 Recolha de dados hidrogeológicos pré-projecto	23
4.3.1 <i>Ponto Monitorização Montante 1 – PM1</i>	23
4.3.2 <i>Ponto Monitorização Montante 2 - PM2</i>	25
4.3.3 <i>Ponto Monitorização Jusante 2 – PJ2</i>	26
4.3.4 <i>Ponto Monitorização Jusante 1 - PJ1</i>	28
5. Resultados	30
5.1 Resultados obtidos	30
5.1.1 Caracterização hidroquímica.....	55
5.1.2 Caracterização da piezometria a nível local	59
5.2 Comparação com ferramentas legais.....	61
5.3 Discussão dos resultados	71
5.3.1 Fase de construção / Fase de exploração – Estado de referência	71
5.3.2 Discussão dos resultados obtidos durante a fase de exploração	72
6. Conclusão	75
7. Bibliografia	76

Índice de Figuras

Figura 1- Enquadramento regional cartográfico e administrativo da ETAR de Faro-Olhão e dos sistemas aquíferos de interesse na área de estudo, juntamente com a cartografia militar 1:25000 do IGeoE(Carta Militar Nº 611)	9
Figura 2-Enquadramento cartográfico e administrativo da ETAR Faro-Olhão e sistemas aquíferos de interesse na área de estudo, na escala 1: 17000 da ETRS 89.	10
Figura 3-Sistemas aquíferos da Orla Meridional do Algarve (Almeida et al. 2000)	11
Figura 4-Mapa Geológico da Campina de Faro em Escala 1:95000 em ETRS89 adaptado da Carta Geológica da Região do Algarve, na escala 1:100 000	12
Figura 5- Corte geológico Norte-Sul do aquífero da Campina de Faro (fonte: Costa et al. 2020)	13
Figura 6 – Distribuição piezométrica e do fluxo regional do aquífero Campina de Faro em Escala 1:95000 de ETRS89, média dos anos 2017,2018,2019	14
Figura 7 - Diagrama de Piper para a Campina de Faro (Almeida et al., 2000)	14
Figura 8- Localização da rede de monitorização de recursos hídricos subterrâneos (oficial e complementar).....	17
Figura 9 - Proposta original de pontos de monitorização pré-projecto com a localização para a monitorização dos recursos hídricos subterrâneos..	23
Figura 10- Evolução do Condutividade eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	34
Figura 11- Evolução do pH	35
Figura 12- Evolução do Arsénio ($\mu\text{g}/\text{L As}$)	35
Figura 13- Evolução do Azoto amoniacal ($\text{mg}/\text{L NH}_4$).....	36
Figura 14- Evolução do Azoto Kjeldahl ($\text{mg}/\text{L N}$).....	37
Figura 15-Evolução do Bicarbonatos (mg/L)	37
Figura 16 - Evolução do Cádmio ($\mu\text{g}/\text{L Cd}$)	38
Figura 17- Evolução do Cálcio (mg/L).....	39
Figura 18- Evolução do Carbono Orgânico Total ($\text{mg}/\text{L C}$)	39
Figura 19- Evolução do Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L)	40
Figura 20- Evolução do Carência Química de Oxigénio (mg/L)	41
Figura 21- Evolução do Chumbo ($\text{mg}/\text{L Pb}$).....	41
Figura 22- Evolução do Cianetos ($\mu\text{g}/\text{L CN}$)	42
Figura 23- Evolução do Cloretos ($\text{mg}/\text{L Cl}$)	42
Figura 24- Evolução do Cobre (mg/L).....	43
Figura 25- Evolução do Ferro ($\mu\text{g}/\text{L Fe}$)	43
Figura 26- Evolução do Fosfato (mg/L)	44
Figura 27 - Evolução do Magnésio ($\text{mg}/\text{L Mg}$).....	45
Figura 28 - Evolução do Manganês ($\mu\text{g}/\text{L Mn}$)	45
Figura 29 - Evolução do Mercúrio ($\text{mg}/\text{L Hg}$)	46
Figura 30-Evolução do Níquel ($\mu\text{g}/\text{L Ni}$)	47
Figura 31-Evolução do Nitratos (mg/L)	47
Figura 32-Evolução do Nitritos (mg/L)	48
Figura 33 - Evolução do Potássio (mg/L)	49
Figura 34 - Evolução do Selénio ($\mu\text{g}/\text{L Se}$)	50
Figura 35- Evolução do Sódio ($\text{mg}/\text{L Na}$)	50
Figura 36- Evolução do Sólidos suspensos totais (mg/L)	51
Figura 37- Evolução do Sulfatos ($\text{mg}/\text{L SO}_4$)	52
Figura 38- Evolução do Zinco ($\text{mg}/\text{L Zn}$).....	53

Figura 39- Evolução do Coliformes totais (Número/100ml)	53
Figura 40 - Evolução do E. coli (Número/100ml)	54
Figura 41- Evolução do Enterococcus faecalis (Número/100ml)	54
Figura 42 - Evolução do Esporos de clostrídios sulfitorredutores NMP/100mL	55
Figura 43 - Diagrama de Piper com caracterização dos tipos de água de PM1 e PJ1 com base nos resultados obtidos nas análises em meq / L e referentes à fase de construção (_Fev) e à campanha anual da fase de exploração (_Set).	57
Figura 44 - 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 e exploração.	58
Figura 45 - Distribuição espacial da piezometria local e dos diagramas de Stiff elaborados com base nos resultados das obtidas durante a campanha de amostragem anual do primeiro ano da fase de exploração (Setembro de 2019).	59
Figura 46- Evolução do nível piezométrico (m.nmm) nos pontos de monitorização do projecto e variação da piezometria média mensal de acordo com a estação meteorológica do Patacão da rede da DRAP-Algarve, durante o primeiro ano da fase de exploração do projecto.....	60

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros a serem monitorados em águas subterrâneas durante as fases de construção e exploração e os laboratórios em que são feitas as análises.....	15
Tabela 2 - Identificação dos pontos de monitorização de acordo com o tipo de monitorização e respectivas coordenadas projectadas no sistema ETRS 89 TM06 - Portugal.....	17
Tabela 3 - Calendarização do plano de amostragem das águas subterrâneas para a fase de exploração.....	19
Tabela 4 - Resumo estatístico das análises de qualidade de água subterrânea realizadas pela APA no ponto PM1 (611/175). Fonte: SNIRH.....	21
Tabela 5 - Resultados das análises de qualidade obtidas para os pontos de monitorização a montante (PM1) e a jusante (PJ1) referentes ao primeiro ano da fase de exploração.	32
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.	56
Tabela 7 - Valores paramétricos dos parâmetros analisados de acordo com as diferentes ferramentas legais e NQA.	62
Tabela 8- Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a montante (PM1) para a campanha semestral do período de exploração (31/03/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.	64
Tabela 9 - Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a jusante (PJ1) para a campanha semestral do período de exploração (31/03/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.	65
Tabela 10 - Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a montante (PM1) para a campanha anual do período de exploração (18/09/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.	67
Tabela 11 - Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a jusante (PJ1) para a campanha anual do período de exploração (18/09/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.	69

1. Introdução

A monitorização dos recursos hídricos subterrâneos é uma das medidas recomendadas no Estudo de Impacte Ambiental (EIA) e na Declaração de Impacte Ambiental, definido na DCAPE, em relação a estação de tratamento de águas residuais (ETAR) de Olhão Nascente, (ETAR Faro – Olhão), pertencente ao grupo Águas do Algarve.

A ETAR de Faro-Olhão situa-se no limite sul da massa de água subterrânea *PTM12 Campina de Faro* (ou *PTM19 - Campina de Faro - Subsistema Faro*, de acordo com o 2º Ciclo do *PGRH*) (Figura 1, Capítulo 2), 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 et al. 2000. 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*, menos 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 (PTM12) durante o primeiro ciclo dos planos de Gestão da Região Hidrográfica. Os objectivos inerentes ao programa de monitorização em vigor consistem em verificar a evolução das características das águas subterrâneas na área de influência da ETAR. A caracterização dos impactes da ETAR nas águas subterrâneas é realizada através da monitorização em pontos de amostragem. O programa de monitorização visa a obtenção de dados periódicos, e inclui 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*.

A averiguação e quantificação precisa e exacta dos impactes associados à modernização da ETAR, nos recursos hídricos subterrâneos na sua área envolvente, constituem o objectivo principal do Programa de Monitorização.

Adicionalmente pretende-se verificar a evolução das qualidade e nível das águas subterrâneas na área envolvente da ETAR, através da recolha de dados em pontos de monitorização de águas subterrâneas.

O presente documento consiste no relatório de monitorização de águas subterrâneas referente ao 1º ano de exploração da ETAR Faro-Olhão e abarca o período decorrido entre Março de 2019 e Fevereiro de 2020. Trata-se do segundo relatório de monitorização de águas subterrâneas, que dá seguimento ao relatório de monitorização referente ao período de construção.

Ao longo do relatório apresentam-se e discutem-se os trabalhos realizados no que respeita à componente de monitorização de águas subterrâneas - Fase de Exploração no âmbito do Projecto de Implementação da ETAR Faro - Olhão, com particular ênfase na análise da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos durante a operação da ETAR.

Adicionalmente, os dados obtidos são comparados com as ferramentas legais no que respeita à qualidade da água, com particular destaque para as *Normas de Qualidade Ambiental* identificadas no 2º ciclo do *Plano de Gestão dos Recursos Hídricos da Região Hidrográfica 8 – Ribeiras do Algarve*, mas também com referência, quando necessário a outros documentos legais (*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 - e *Decreto-Lei n.º 152/2017, de 07 de Dezembro*).

1.1 Equipa do Projecto

A equipa de trabalho responsável pela componente de monitorização das massas de água subterrâneas durante a fase de construção e exploração da ETAR Faro-Olhão é composta pela Professora Amélia Carvalho Dill, pelo Doutorando Luís Costa, e pelos mestrandos Katherine Malmgren e Thyago Lima, e contou com a colaboração dos Engenheiros Ambientais 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. Possui experiência adquirida em Portugal e no Estrangeiro, em problemas de contaminação das águas subterrâneas, por indústrias, aterros sanitários, minas abandonadas, resíduos radioactivos e ETAR's, nomeadamente no campo da geofísica aplicada a problemas ambientais e no estudo e monitorização de sistemas aquíferos costeiros.

Luís Costa, formado em Engenharia do Ambiente com especialidade em Modelação Ambiental pela Universidade do Algarve, actualmente aluno de doutoramento em Ciências do Mar da Terra e do Ambiente pela Universidade do Algarve, com 5 anos de experiência em projectos de investigação em monitorização e modelação de recursos hídricos subterrâneos em particular sobre aquíferos no Algarve, com abordagem a problemas de hidrogeologia a diversas escalas tais como quantidade e qualidade de água subterrânea, interacção água subterrânea-superficial e gestão da recarga de aquíferos.

Thyago Anthony Soares Lima, formado em Geografia pela Universidade Federal de Alagoas, Brasil. Com especialização em Geoprocessamento e Análise Espacial, pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil. Actualmente é finalista do curso de Mestrado em Geomática na Universidade do Algarve, trabalhando a o uso de geotecnologias aplicada a temática de recursos hídricos subterrâneos.

Katherine Malmgren, formou-se em Estudos Ambientais com especialização em políticas de água pela Universidade da Califórnia em Santa Cruz. Actualmente é aluna do mestrado em Sistemas Costeiros e Marinhos na Universidade do Algarve. O trabalho de sua tese visa avançar na compreensão das interacções dos modos de variabilidade climática sobre os aquíferos costeiros e a sustentabilidade das águas subterrâneas.

2. Enquadramento Geral da Área em estudo

A ETAR de Faro-Olhão, juntamente com o emissário e o descarregador da ETAR, está localizada no concelho de Faro, a cerca de 2,5 km a leste do centro da cidade de Faro e cerca de 300 m a sul da linha do comboio. Está limitada a Este pela herdade dos Salgados do Fialho, e a sul está limitada pela zona lagunar da Ria Formosa. A descarga da ETAR ocorre directamente para a Ria

Formosa, que consiste num sistema lagunar reconhecido como uma zona húmida importante a nível Europeu e Internacional, reconhecida como área protegida da Rede Natura 2000 e Sítio Ramsar. Na Figura 1 apresenta-se a localização da ETAR, de acordo com a Carta Militar Nº 611 do IGeoE escala 1:25000, juntamente com os concelhos e massas de água subterrâneas na envolvente da ETAR.

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 re-delimitação adoptada durante o segundo Plano de Gestão da Região Hidrográfica da RH8, a maioria da área infra estruturada situa-se sobre a massa de água subterrânea Campina de Faro - Subsistema Faro PTM19, no entanto, o descarregador está situado sobre a massa de água Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento - PTM03RH8. Ao todo, 17,5% da área da ETAR situa-se sobre o sistema PTM19 enquanto que os restantes 82,5% se situam sobre o sistema PTM03RH8.

Do ponto de vista da sua importância, a massa de água da Campina de Faro apresenta uma maior importância em termos de exploração, visto ser um sistema utilizado de forma considerável para a rega, em particular nas zonas mais a Norte do aquífero, correspondentes à zona rural de Faro, enquanto que a massa de água indiferenciada correspondente à Orla Meridional indiferenciada das Bacias das Ribeiras do Sotavento tem uma importância consideravelmente em termos de exploração.

Desta forma, foi delineado um plano de monitorização que permite a monitorização dos recursos hídricos subterrâneos a montante e a jusante da ETAR. Inicialmente foram 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 9 do subcapítulo 4.2). Lamentavelmente, o piezómetro (PZ1), um dos pontos mais representativos do aquífero na área em estudo, 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 são apresentados novos dados de qualidade química referentes ao mesmo.

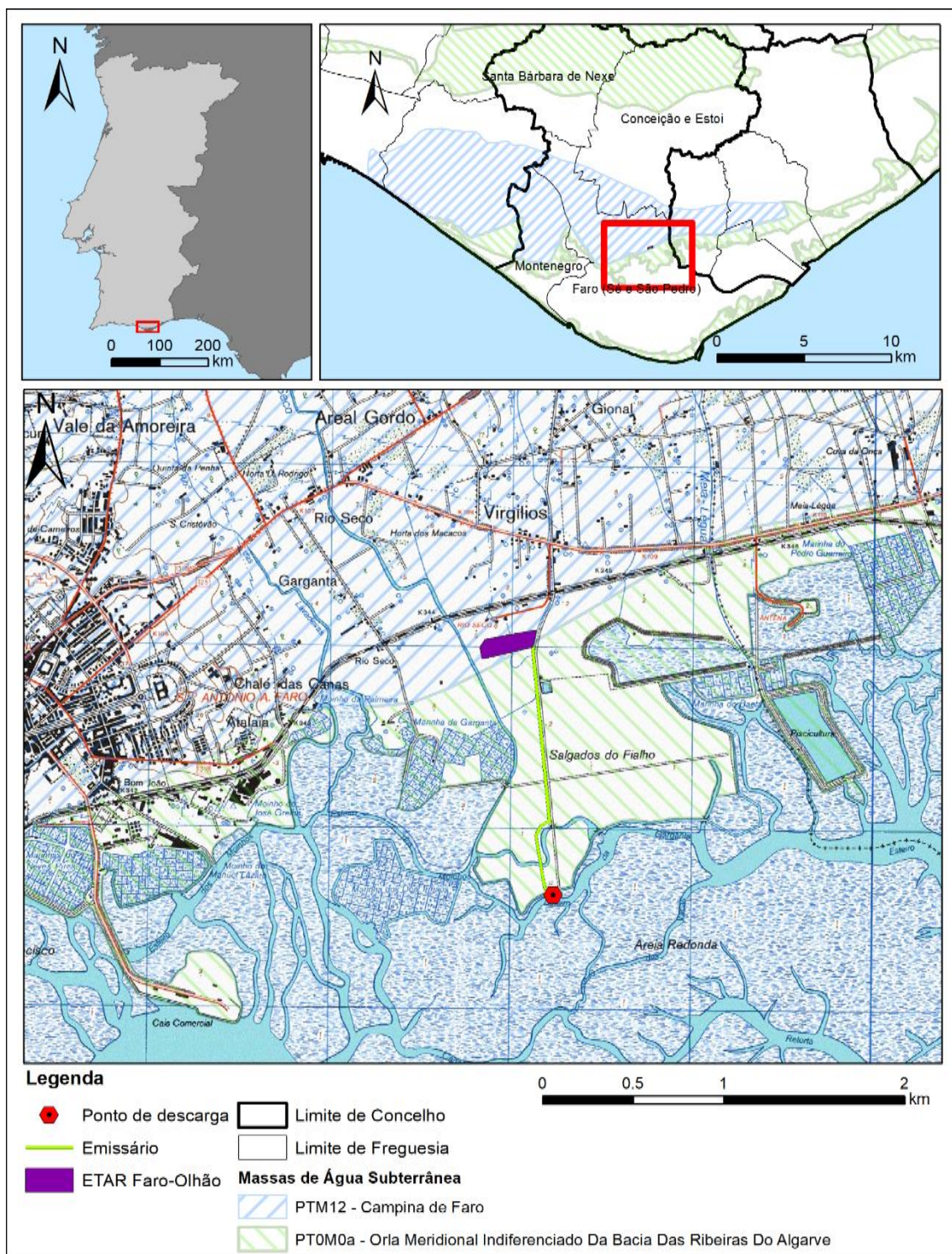


Figura 1- Enquadramento regional cartográfico e administrativo da ETAR de Faro-Olhão e dos sistemas aquíferos de interesse na área de estudo, juntamente com a cartografia militar 1:25000 do IGeoE(Carta Militar Nº 611) .

A localização em pormenor da área da ETAR apresenta-se na Figura 2

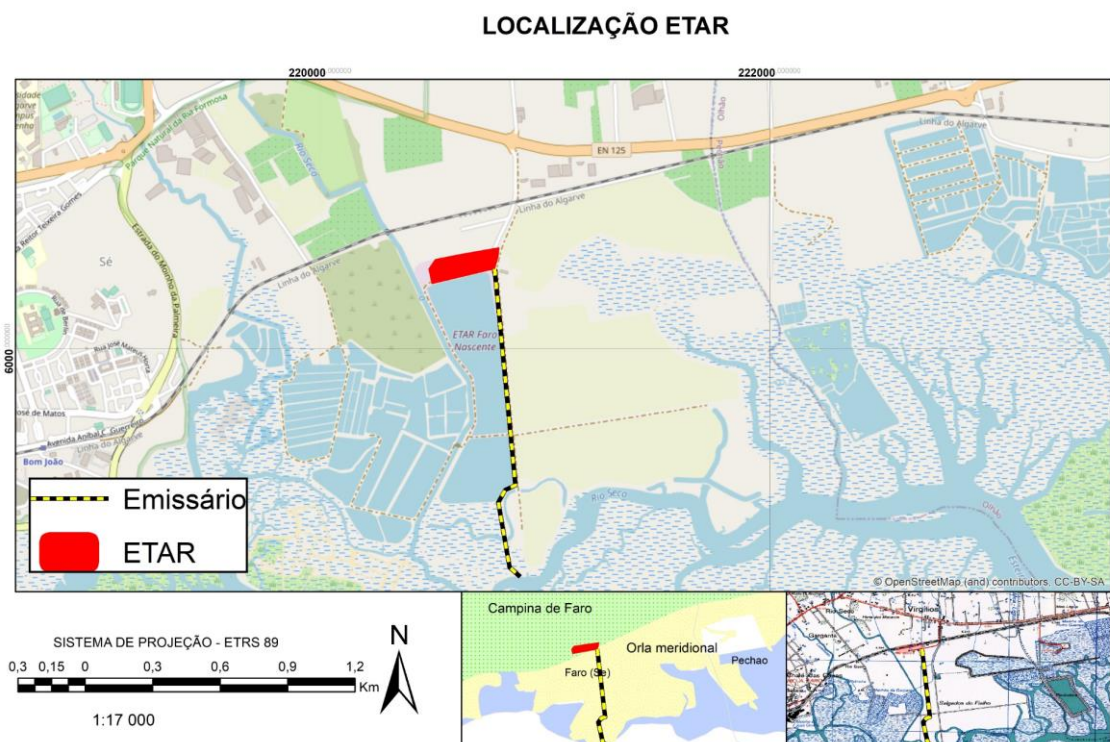


Figura 2-Enquadramento cartográfico e administrativo da ETAR Faro-Olhão e sistemas aquíferos de interesse na área de estudo, na escala 1: 17000 da ETRS 89.

2.1 Descrição hidrogeológica regional

Como já referido anteriormente, a ETAR localiza-se sobre dois sistemas aquíferos, a Campina de Faro, em particular a massa de água subterrânea Campina de Faro Subsistema Faro (PTM19) e a Orla Meridional Indiferenciado da bacia das Ribeiras do Algarve (PTM03RH8), cuja localização relativamente aos restantes aquíferos da Bacia Meso-Cenozóica do Algarve pode ser consultada na Figura 3. A Orla Meridional Indiferenciado da bacia das Ribeiras do Algarve, consiste num sistema que ocupa uma vasta extensão da região do Algarve, com aproximadamente 715 km², que corresponde essencialmente as massas de água subterrânea indiferenciadas, por norma pouco produtivas e pouco exploradas.

Este sistema é essencialmente formado por terrenos sedimentares de idade mesozóica e cenozóica, assentes sobre um soco hercínico, constituído por xistos e grauvaques de idade carbónica. Os terrenos mais antigos do Mesozóico, representados pelos Arenitos de Silves; pelitos, calcários e evaporitos de Silves e Complexo Vulcano-sedimentar, constituem um substrato, praticamente impermeável, com características hidráulicas semelhantes aos xistos e grauvaques carbónicos, sobre os quais assentam. Uma descrição bastante detalhada sobre a geologia e hidrogeologia deste sistema pode ser consultada em Almeida et al. 2000.

SISTEMAS AQUÍFEROS DA ORLA MERIDIONAL

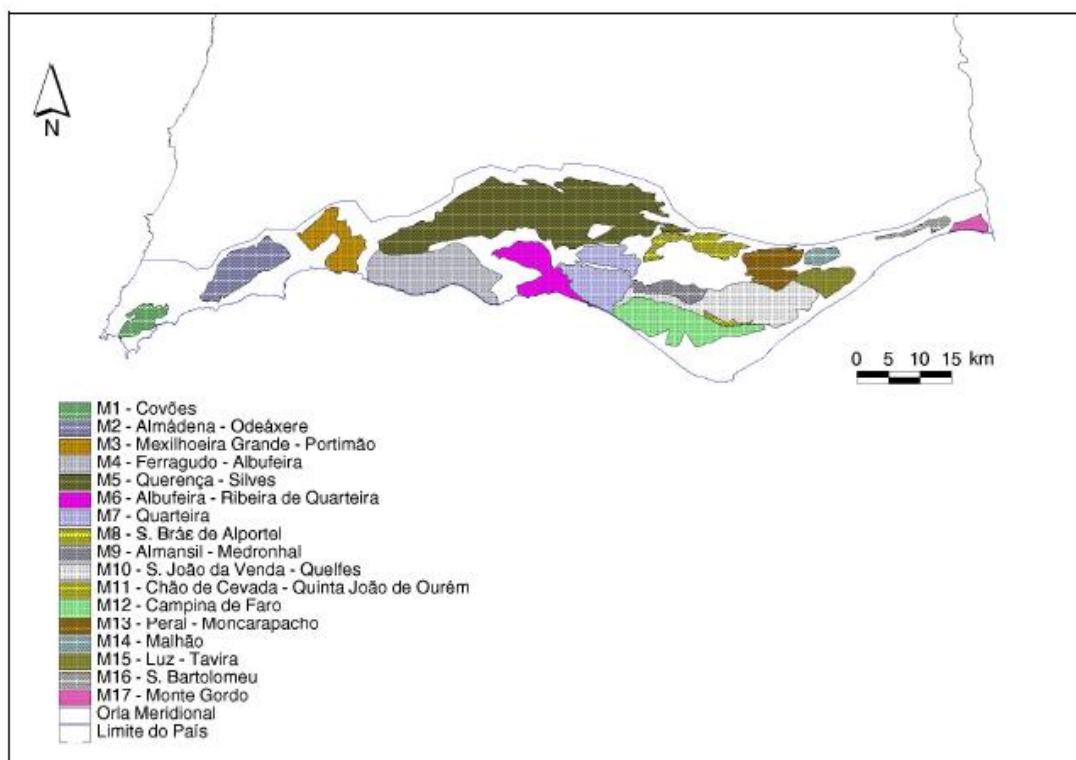


Figura 3-Sistemas aquíferos da Orla Meridional do Algarve (Almeida et al. 2000)

Sob o ponto de vista químico a qualidade das águas subterrâneas da Bacia é, em muitos casos fraca. Os processos naturais, relacionados com a presença de massas, disseminadas na rocha, de minerais muito solúveis (sal-gema e gesso, por exemplo.) à dissolução das rochas carbonatadas que constituem grande parte dos reservatórios, o que confere à água uma dureza em geral elevada, ou a processos associados a casos pontuais de intrusão marinha induzida por excessivo stress sobre os aquíferos ou processos antropogénicos, na maior parte relacionados com as actividades agrícolas, da qual resulta um aumento do teor em nitratos e outros iões. (Almeida et al. 2000)

Quanto ao sistema aquífero da Campina de Faro, abarca os concelhos de Faro, Loulé e Olhão, fazendo parte da Bacia Hidrográfica Ribeiras do Sotavento, com uma área de aproximadamente 86,4 km².

As formações Aquíferas dominantes são os Calcários de Galvanas, Siltes Glauconíticos de Campina de Faro (Miocénico); Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira (Quaternário). Os Calcários de Galvanas são biocalcarenitos bastante grosseiros, com uma espessura que não excede os 50 m; os Siltes Glauconíticos de Campina de Faro podem apresentar fácies mais grosseiras e carbonatadas, com 30 a 40 m de espessura. As Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira consistem em areias feldspáticas e arenitos grosseiros, argilosos, passando a cascalheiras e conglomerados, com uma espessura máxima de 30 m (Figura 4).

GEOLOGIA CAMPINA DE FARO

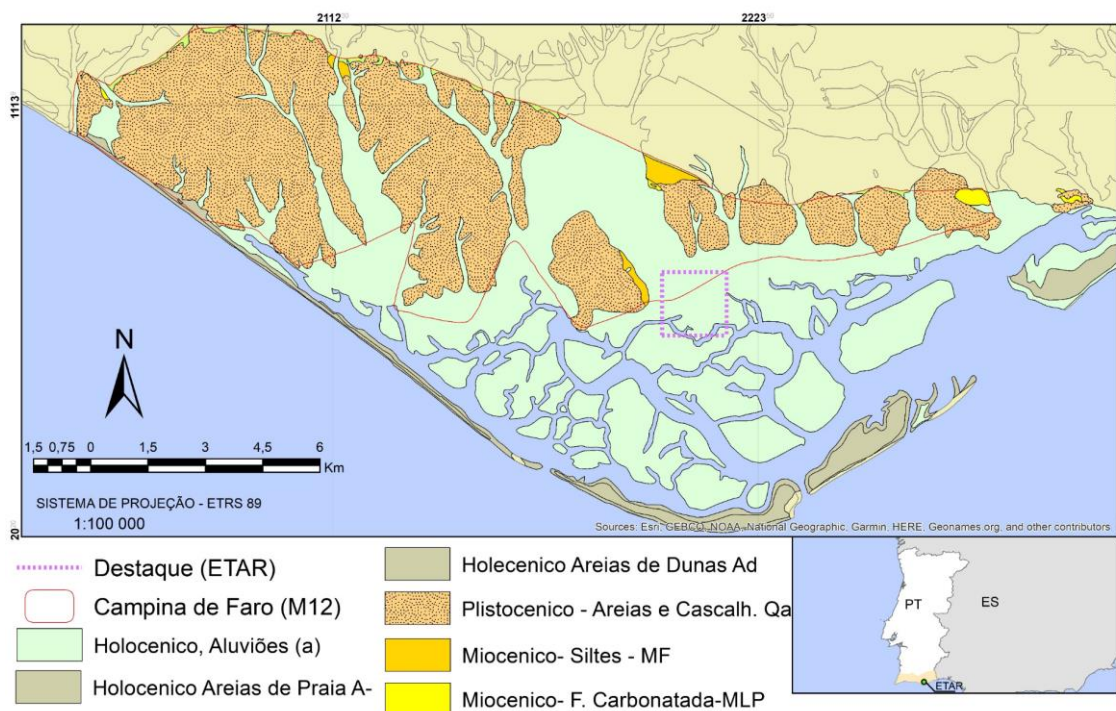


Figura 4-Mapa Geológico da Campina de Faro em Escala 1:95000 em ETRS89 adaptado da Carta Geológica da Região do Algarve, na escala 1:100 000

Todas estas características contribuem para um complexo sistema aquífero, multicamada, composto por um aquífero livre superficial e um aquífero semi-confinado, com parâmetros hidráulicos bastante heterogéneos. A produtividade mediana do aquífero semi-confinado é de 6 l/s, variando entre 0,4 e 44 l/s, a transmissividade estimada a partir de ensaios de caudal para o aquífero inferior apresenta valores entre os 18 e os 397 m²/dia e o coeficiente de armazenamento foi estimado através de um ensaio de caudal em $1,3 \times 10^{-4}$ (Almeida et al. 2000)

Como já referido, o aquífero da Campina consiste num sistema complexo, situado numa superfície aplanada e de baixo relevo, no qual se destacam duas unidades aquíferas verticalmente. O aquífero superficial é constituído essencialmente por areias do Plio-Quaternário, com espessuras entre os 8 e os 60 m (T. Stigter, 2005) e é recarregado directamente. O aquífero inferior semi-confinado é formado por calcários, calcarenitos e siltes do Miocénico depositado em estrutura *graben*, com poucos afloramentos e uma espessura típica de 50 m, que pode chegar aos 200 m próximo da costa (M. Silva, 1988; T. Stigter, 2005). Uma vez o aquífero inferior é maioritariamente confinado, a sua recarga é essencialmente feita de forma indirecta, através da infiltração a partir de ribeiras encaixadas em falhas ou através de contributos de formações aquíferas mais a montante, pertencentes ao Cretácico ou Jurássico, também essencialmente efectuado através de um sistema de falhas.

Julga-se que na sua maioria, o aquífero superior e inferior da Campina de Faro sejam hidraulicamente independentes, separados por um aquitardo formado por siltes e argilas (Silva et al., 1986 in Diamantino, 2009). No entanto, não se pode pôr de lado a hipótese de existir conexão hidráulica nalguns sectores, devido à inexistência da camada confinante ou localmente onde a conexão hidráulica foi estabelecida artificialmente através da perfuração de novas captações até ao Miocénico em noras antigas que captavam no aquífero superficial (Almeida et

al. 2000). Na Figura 5 apresenta-se um esquema da geoestratigrafia do aquífero da Campina de Faro.

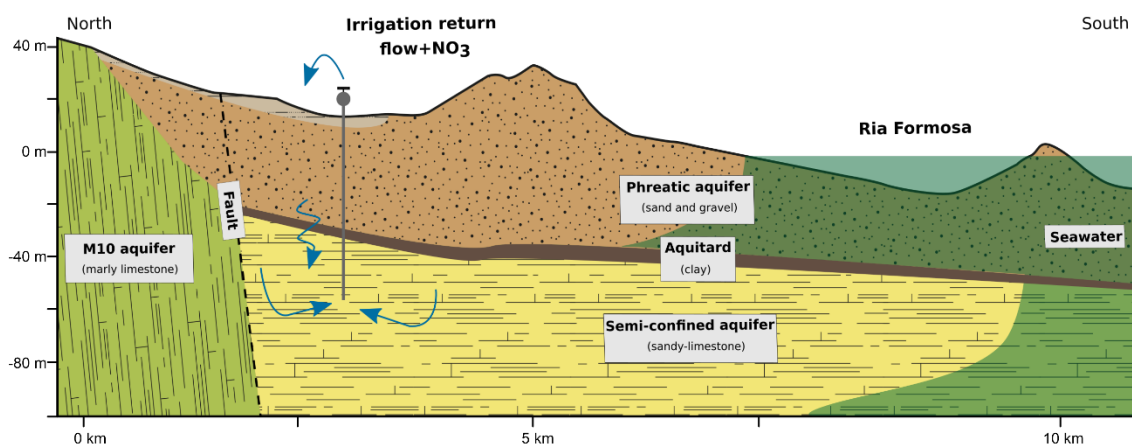


Figura 5- Corte geológico Norte-Sul do aquífero da Campina de Faro (fonte: Costa et al. 2020)

O aquífero da Campina de Faro está limitado a sul pelo sistema costeiro da Ria Formosa, que constitui a principal zona de descarga do aquífero. As lagoas costeiras são particularmente vulneráveis a processos de eutrofização uma vez que a renovação de água nestes sistemas é limitada, e o input de nutrientes proveniente da bacia hidrográfica é geralmente considerável (Newton et al., 2003). A descarga de água do aquífero da Campina de Faro resulta num input significativo de nitratos para a Ria formosa, processo que foi alvo de vários estudos (Ibáñez et al., 2011; Leote et al., 2008; Malta et al., 2017; Rocha et al., 2015; T. Y. Stigter et al., 2013).

O escoamento subterrâneo do aquífero superior da campina de Faro é maioritariamente Norte Sul ou NE-SW. Na Figura 6 representa-se a distribuição espacial de piezometria para o aquífero superior da Campina de Faro, para o período de Janeiro de 2017 a Dezembro de 2019, com base nos dados da rede oficial de monitorização da APA (SNIRH), juntamente com os dados recolhidos nos pontos de monitorização do projecto.

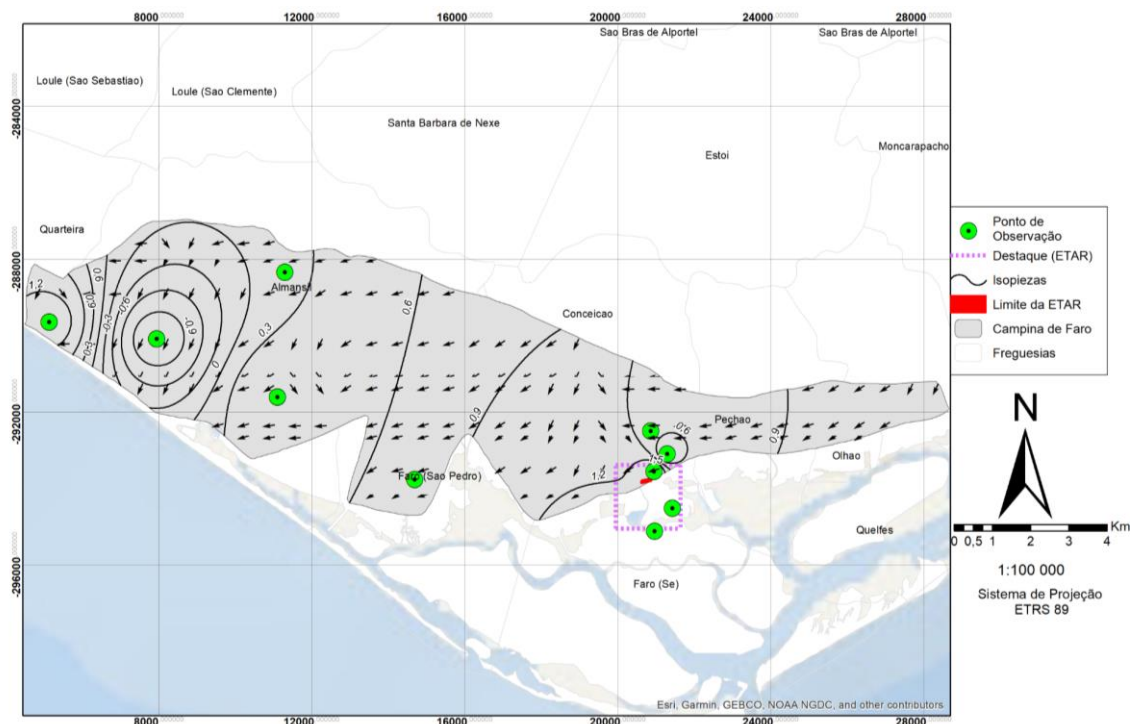


Figura 6 – Distribuição piezométrica e do fluxo regional do aquífero Campina de Faro em Escala 1:95000 de ETRS89, média dos anos 2017,2018,2019

No geral, a piezometria apresenta uma distribuição mais plana no sector Este do aquífero, e uma depressão acentuada no sector Oeste, correspondente à massa de Água PTM18 – Campina de Faro Subsector Vale do Lobo.

Do ponto de vista da qualidade química, a Campina de Faro possui Fácies Química Bicarbonatada cálcica, cloretada sódica, mistas.

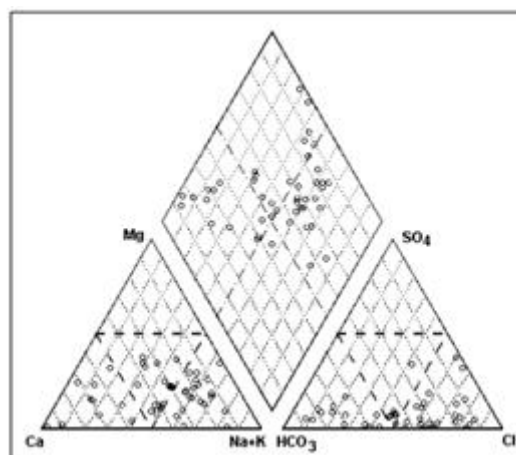


Figura 7 - Diagrama de Piper para a Campina de Faro (Almeida et al., 2000)

3. Programa de Monitorização - fase de exploração

O Plano de Amostragem visa dar resposta aos objectivos pré-estabelecidos pelo Relatório de Conformidade Ambiental do Projecto de Execução (RECAPE), e pela metodologia já proposta para a monitorização da ETAR Faro-Olhão.

Os parâmetros monitorizados nas amostras colhidas durante todo o processo, seguem as recomendações estabelecidas no Estudo de Impacte Ambiental (EIA), e Declaração de Impacte Ambiental (DIA) pertencente ao projeto, juntamente com as considerações relacionadas aos locais de amostragem e frequência de amostragem.

3.1 Parâmetros monitorizados

Como já referido, a listagem dos parâmetros a monitorizar 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 Estudo de Impacte Ambiental (EIA) e a Declaração de Impacto Ambiental (DIA), não obstante os impactes identificados para alguns dos parâmetros terem sido considerados pouco significativos.

Tabela 1 - Parâmetros a serem monitorados em águas subterrâneas durante as fases de construção e exploração e os laboratórios em que são feitas as análises

Fase de Construção	Fase de Exploração	
Parâmetros	Parâmetros	Laboratório
Nível Piezométrico	Nível Piezométrico	UAlg, <i>In situ</i>
pH	pH	UAlg, <i>In situ</i>
Sólidos suspensos totais	Sólidos suspensos totais	LAQ
Temperatura	Temperatura	UAlg, <i>In situ</i>
Condutividade	Condutividade	UAlg, <i>In situ</i>
Nitratos	Nitratos	AdA/UAlg
--	Nitritos	AdA/UAlg
--	Azoto Kjeldahl	AdA, LAQ
--	Azoto amoniacal	AdA, LAQ
--	Ferro	AdA, LAQ
--	Manganês	AdA, LAQ
--	Cálcio	AdA, LAQ
--	Magnésio	AdA, LAQ
--	Sódio	AdA, LAQ
Bicarbonatos	Bicarbonatos	LAQ
--	Potássio	AdA, LAQ
--	Zinco	AdA, LAQ
--	Níquel	AdA, LAQ
--	Arsénio	AdA, LAQ
	Cobre	LAQ
--	Cádmio	AdA, LAQ
--	Crómio Total	AdA, LAQ
--	Chumbo	AdA, LAQ
--	Selénio	AdA, LAQ
--	Mercúrio	LAQ

Fase de Construção	Fase de Exploração	
Parâmetros	Parâmetros	Laboratório
--	Cianetos	ARH
Sulfatos	Sulfatos	AdA, LAQ
Cloretos	Cloretos	AdA
Fosfatos	Fosfatos	AdA, UAlg
Coliformes totais	Coliformes totais	AdA
<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	AdA
<i>Enterococcus</i>	<i>Enterococcus</i>	AdA
Esporos de clostrídios sulfitorredutores	Esporos de clostrídios sulfitorredutores	LAQ
Óleos e gorduras	--	LAQ
Hidrocarbonetos Totais	--	LAQ

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 a análise microbiológica de amostras de água, a tendência é analisar coliformes totais (como medida de contaminação bacteriana alóctone), *E. Coli* (como medida de 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 diz respeito à salmonela, os quatro decretos-leis que regulam as descargas de águas residuais, em particular D.L. 152/1997, D.L. 348/1998, D.L. 149/2004 e D.L. 198/2008, são omissos em relação à salmonela. 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 salmonela indicaria apenas 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. Tal como será confirmado no subcapítulo 4.1, que diz respeito aos dados pré-existentes de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente, nunca foi detectada salmonela num total de 10 amostras no ponto de monitorização a montante da ETAR (PJ1 - 611/175).

3.2 Locais e técnicas de amostragem

A rede de monitorização de amostragem é constituída por dois pontos de monitorização, um representativo do ambiente a jusante (*PJ1*), outro a montante (*PM1*) da ETAR (Figura 8). Adicionalmente, foram considerados dois pontos de monitorização complementar, um a jusante (*PJ2*) outro a montante (*PM2*), nos quais são medidos apenas parâmetros *in-situ*. 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.

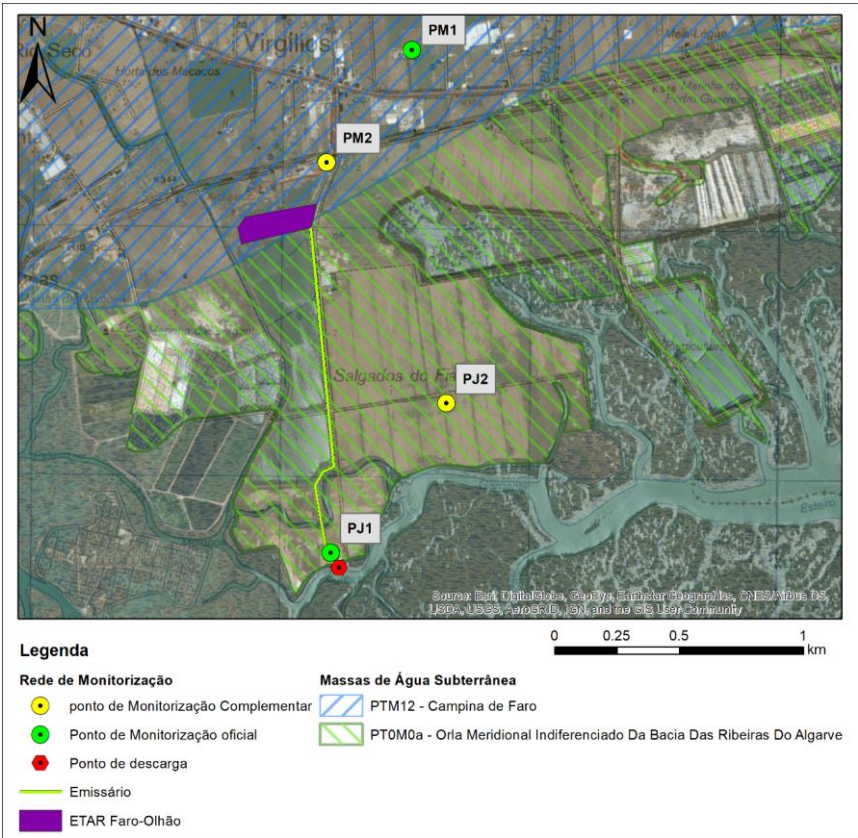


Figura 8- Localização da rede de monitorização de recursos hídricos subterrâneos (oficial e complementar).

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

Tabela 2 - Identificação dos pontos de monitorização de acordo com o tipo de monitorização e respectivas coordenadas projectadas no sistema ETRS 89 TM06 - Portugal.

Nome	Tipo de Monitorização	Id	Altitude (m.nmm)	X	Y
Ponto jusante 1	Oficial	PJ1	0.475	20964.1	-295120
Ponto montante 1 (611/175)	Oficial	PM1	4.89	21290.3	-293098
Ponto jusante 2	Complementar	PJ2	3.532	21428.6 6	-294519
Ponto montante 2	Complementar	PM2	0.607	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 5 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 reduzir potenciais contaminações de origem superficial.

3.3 Calendário de Amostragem

No final da fase de construção realizou-se uma primeira campanha de amostragem que corresponde à fase de construção e simultaneamente, à situação de referência da 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 foram apresentados no relatório referente à fase de construção e são apresentados resumidamente no actual relatório.. 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 do nível de água, da condutividade eléctrica e do pH passaram a ser mensais salvo algumas excepções em que não foi possível realizar a deslocação ao campo. Nesta fase, a monitorização da qualidade da água subterrânea foi efectuada com recurso a análises semestrais, correspondendo à época de águas altas (Março) e época de águas baixas (Setembro), durante o ano de 2019. Esta rotina irá estender-se durante mais dois anos de monitorização, nomeadamente, 2020 e 2021. No final de cada ano de monitorização a periodicidade é revista em função dos resultados obtidos. Foi ainda previsto 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.

O cronograma de trabalhos previsto para o desenvolvimento as campanhas de monitorização das massas de água subterrânea durante a fase de exploração da ETAR de Faro-Olhão apresenta-se na Tabela 3. As amostras foram sempre recolhidas na maré baixa, para que seja captada água de descarga do aquífero e evitar águas de mistura com a água do mar. No caso da amostragem semestral, as colheitas foram efectuadas a 31 de Março, no final da época de águas baixas e, a 18 de Setembro, no final da época de águas altas.

Tabela 3 - Calendarização do plano de amostragem das águas subterrâneas para a fase de exploração.

Parameteros	Pontos de amostragem	Frequencia	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	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	Anual									x Setembro			

3.4 Métodos de Amostragem

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

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

4. Antecedentes e resultados prévios ao projecto

No presente capítulo resume-se a análise efectuada no relatório referente à fase de construção no que respeita a análise prévia do estado dos recursos hídricos nas imediações da ETAR Faro-Olhão. Previamente à entrada em vigor do projecto, a equipa de trabalho recolheu dados referentes a:

- 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.

4.1 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 de água subterrânea realizadas pela APA no ponto PM1 (611/175). Fonte: SNIRH.

Parâmetros	Número de amostras	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
Arsênio 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
Desetilatrizona (ug/L) (ug/L)	3	<0.025	<0.025	<0.025
Desetilterbutilazina (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
Enterococos Intestinais (NMP/100ml) (MPN/100ml)	4	0	10	25
Enterococos Intestinais (CFU/100 ml) (CFU/100ml)	11	2	74.36	500
Streptococos 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
Mercurio 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
Oxigênio dissolvido - campo (%) ((%))	11	58	76.73	98
Oxigênio dissolvido - campo (mg/L) (mg/L)	10	5.2	13.97	78.7
Oxigênio 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 (°C)	14	19.7	20.67	22.9

Parâmetros	Número de amostras	Mínimo	Média	Máximo
Terbutilzina (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, correspondente ao *PM1* abarcam um período desde 28 de Abril de 1998 até 25 de Outubro de 2017. Estes valores servem para comparação com os resultados das análises obtidas no decorrer do projecto.

4.2 Identificação de pontos de monitorização

A equipa de águas subterrâneas procedeu a inventariação dos pontos de monitorização numa fase anterior ao início do projecto. Foram efectuadas campanhas de campo em Fevereiro de 2017 e Janeiro de 2019 que permitiram caracterizar os pontos de monitorização a incluir no projecto. Numa fase pré-projecto, concebeu-se um plano de amostragem que originalmente incluía 4 pontos de controlo. Estes pontos correspondiam aos PM Jusante 1, PM Jusante 2, Piezómetro e PM Montante 2 conforme se apresenta na Figura 9. Por motivos financeiros, reduziu-se a rede de amostragem a dois pontos, um a montante, outro a jusante da ETAR, juntamente com dois pontos de monitorização complementar utilizados apenas para recolha de dados *in-situ*, conforme se pode verificar na Figura 8.

No que respeita ao ponto de controlo a montante, tinha sido inicialmente previsto ser o ponto “*PM Montante 2*” identificado na Figura 9, 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 4.1. O *PM1* localiza-se a cerca de 2085 m a norte do ponto de descarga da ETAR, numa moradia particular (Figura 8 e Figura 9).

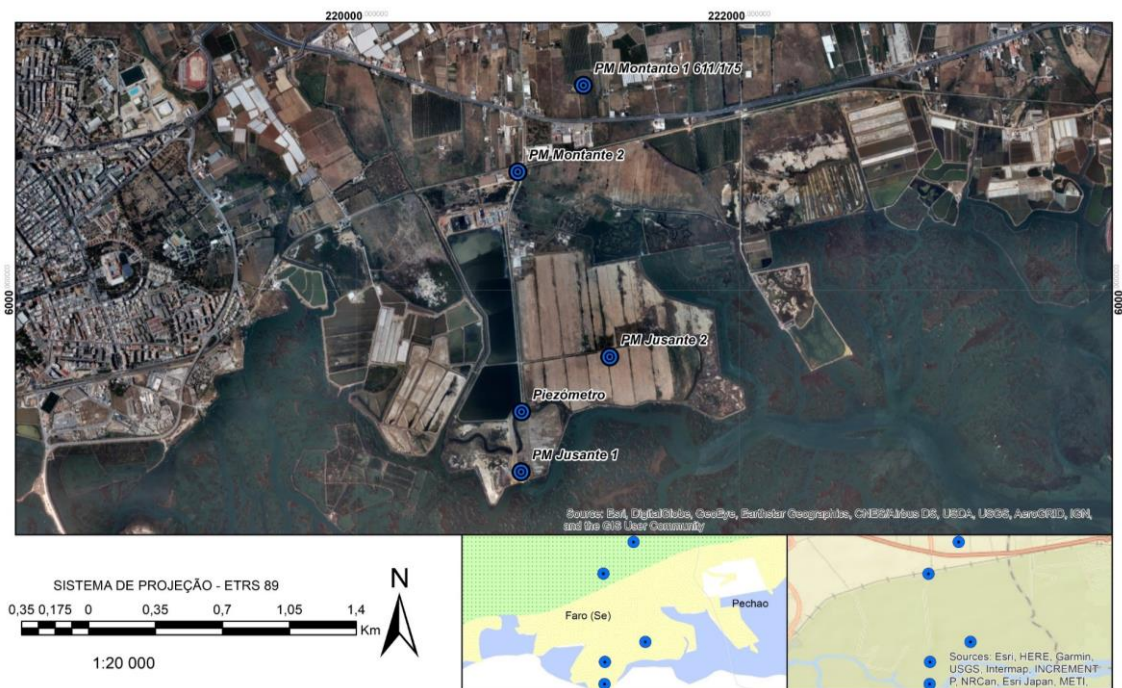


Figura 9 - Proposta original de pontos de monitorização pré-projecto com a localização para a monitorização dos recursos hídricos subterrâneos..

4.3 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.

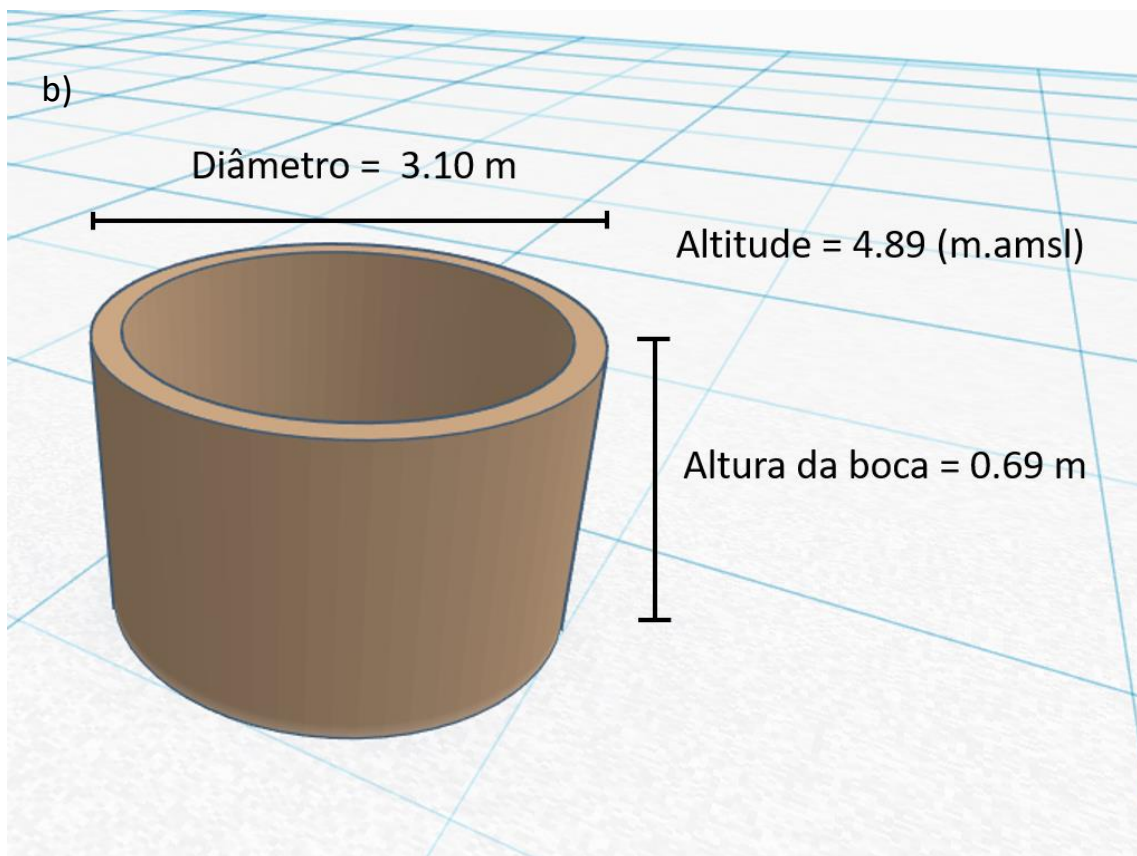
4.3.1 Ponto Monitorização Montante 1 – PM1

O ponto de controlo Ponto de monitorização Montante 1 - PM1 corresponde a um dos pontos de controlo da rede oficial de qualidade da APA no aquífero PT M12 - Campina de Faro, em particular, ao ID 611/175. Este foi o último ponto a ser incluído na rede de monitorização, sendo apresentado apenas um conjunto de dados para a data 01/10/2019. Neste dia, o ponto de

controle apresentou nível piezométrico à cota de 3.05 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.

Descrição: a) Fotografia do PM1 com orientação NE. b) O diâmetro do poço é de 3.01 metros e tem uma profundidade de 9.56 metros. A altura da parede do poço é de 0.69 metros e a base do poço está a uma altitude de 4.89 metros sobre o nível médio do mar. Destaca-se ainda o facto de que este poço tem um furo vertical instalado no seu interior com cerca de 25 metros de profundidade.





4.3.2 Ponto Monitorização Montante 2 - PM2

O ponto de controlo Ponto de monitorização Montante 2 – PM2, corresponde a um poço coberto de largo diâmetro, de particulares, localizado a cerca de 1600 metros ao 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.

Descrição: a) Fotografia do PM2 com orientação N - S e b) o diâmetro do poço é de 4.2 metros. O seu ponto de acesso é através de uma tampa de metal que se encontra ao nível da cobertura de cimento. A cobertura de cimento consiste na referência de altitude que está a 3.532 metros sobre o nível médio do mar. O poço tem uma profundidade de 6 metros.



4.3.3 Ponto Monitorização Jusante 2 – PJ2

O ponto de controlo Ponto de monitorização Jusante 2 – PJ2, corresponde a um poço de largo diâmetro, destapado, pertencente a particulares e situado a cerca de 750 metros a Nordeste do

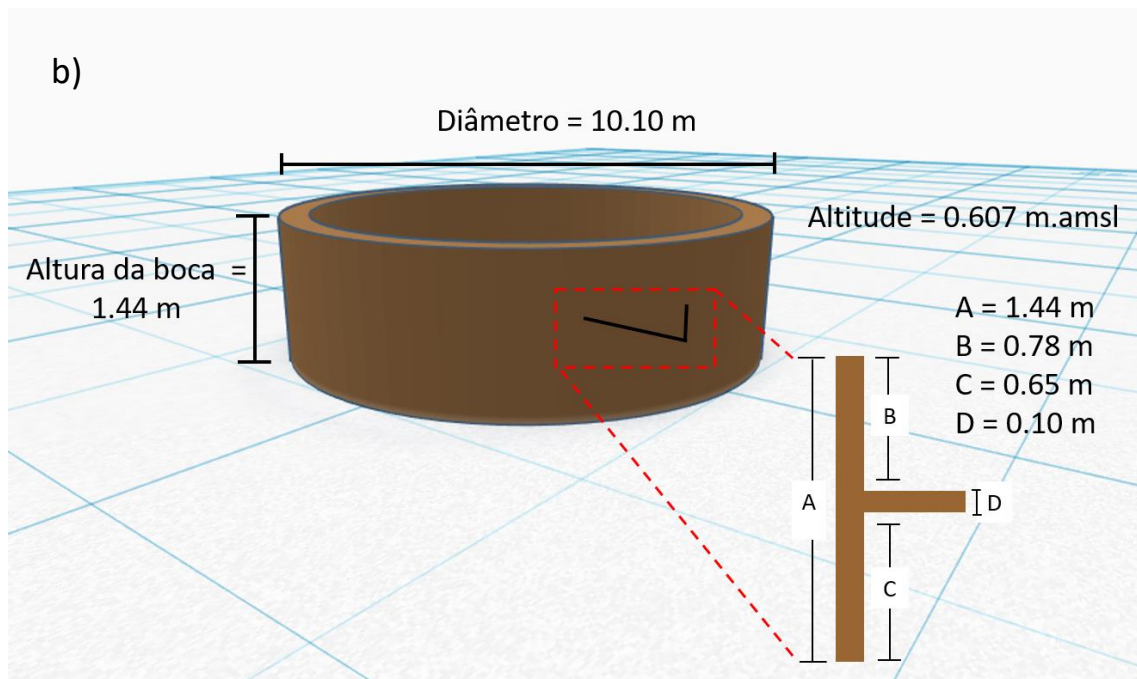
ponto de descarga. Este ponto está equipado com uma bomba e é explorado com alguma regularidade, para abeberamento animal.

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.

Descrição: a) Visão angular do PJ2 com orientação S. b) Esquema representativo do PJ2. A referência do solo consiste numa barra de ferro triangular, situada a 0.607 metros sobre o nível médio do mar. A altura da parede do poço a partir da barra de ferro é de 0.78 metros (no entanto, se se considerar o solo, a altura da parede do poço é de 1.44 metros). O diâmetro do poço é de 10,10 metros, com uma profundidade de 9.5 metros.

Destaca-se que este ponto é explorado para abeberamento animal.



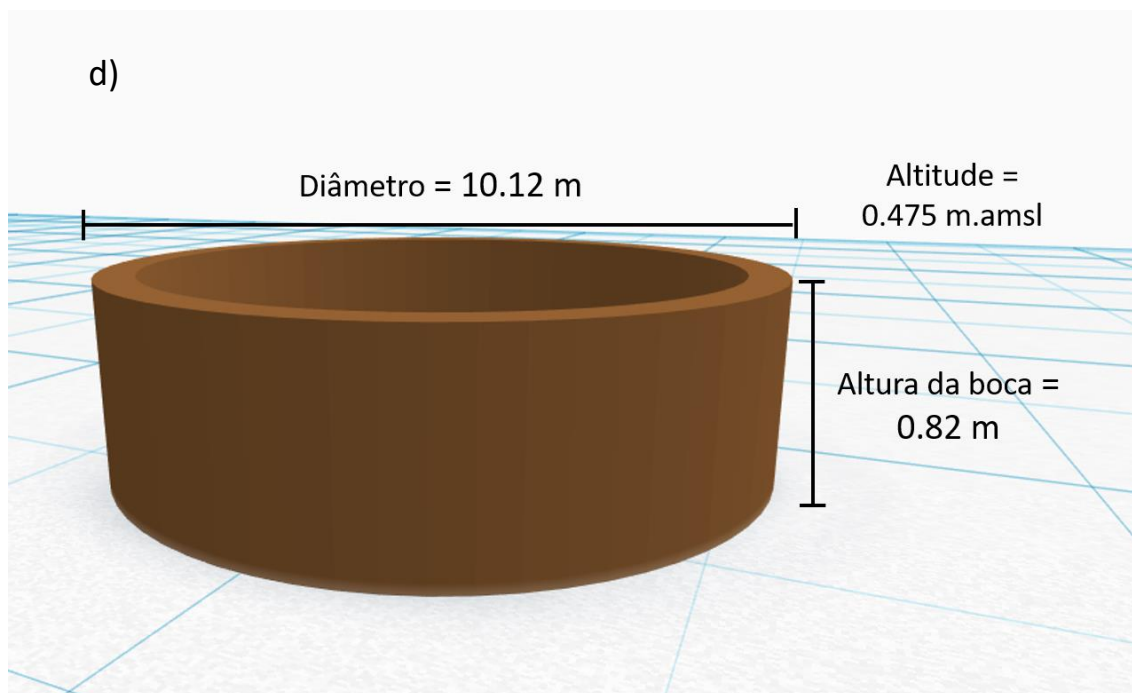


4.3.4 Ponto Monitorização Jusante 1 - PJ1

O ponto de controlo Ponto de monitorização 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.

Descrição: a) Visão angular do PJ1, com orientação NW b) perfil lateral de PJ1 c) com uma altura de base da parede de 0,82 metros. d) O diagrama esquemático do PJ1. P PJ1 apresenta um diâmetro de 10,12 metros, com uma profundidade de cerca de 7 metros. A cota ao nível do solo do poço é de 0.475 metros sobre o nível médio do mar e a altura da parede nesse mesmo ponto é de 0.82 metros.





5. Resultados

No presente capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados relacionados ao programa de monitorização de águas subterrâneas na área de estudo durante o primeiro ano da fase de exploração e procede-se à análise da sua evolução face aos resultados obtidos durante a fase de construção.

Os resultados obtidos são apresentados de acordo com os parâmetros de monitorização apresentados no subcapítulo 3.1 e englobam a análise dos parâmetros referentes à fase de exploração (1º ano), campanhas semestral e anual.

As campanhas de amostragem durante o primeiro ano da fase de exploração decorreram a 31 de Março de 2019 (campanha semestral) e 18 de Setembro de 2019 (campanha anual), com a recolha a ocorrer durante a baixa mar.

Os resultados obtidos nas campanhas de amostragem são posteriormente comparados com os instrumentos legais em vigor e as normas de qualidade ambiental para a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8) e com resultados anteriores, quando disponíveis.

5.1 Resultados obtidos

Os resultados de qualidade química e microbiológica da água obtidos durante o primeiro ano de da fase de exploração são apresentados de acordo com os parâmetros de monitorização apresentados no subcapítulo 3.1 e incluem a análise dos parâmetros relacionados à fase de exploração. A campanha de amostragem semestral decorreu no dia 31 de Março de 2019, com recolha da amostra para o PM1 17:05 e PJ1 às 18h15 enquanto que a campanha anual decorreu

a 18 de Setembro de 2019, com a recolha da amostra para o PM1 às 11:40 e PJ1 às 12:20, 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 para o primeiro ano da fase de exploração.

Tabela 5 - Resultados das análises de qualidade obtidas para os pontos de monitorização a montante (PM1) e a jusante (PJ1) referentes ao primeiro ano da fase de exploração.

	PM1			PJ1		
Parameter	Construção/ Referência (Fevereiro)	Semestral (Março)	Anual (Setembro)	Construção/ Referência (Fevereiro)	Semestral (Março)	Anual (Setembro)
Arsénio (µg/L As)	0.498	--	0.465	<10	--	<10
Azoto amoniacal (mg/l NH4)	0.004	0.038	0.031	0.03	0.017	0.024
Azoto Kjeldahl (mg/l N)	1.943	0.28	<3	0.14	0.14	0.07
Azoto total (mg/l N)	7.08	5.11	7.25	--	--	--
Bicarbonatos (mg/L)	329	329	326	275	259	229
Cádmio (µg/L Cd)	0.317	--	0.295	<0.5	--	<0.5
Cálcio (mg/l Ca)	92.825	--	90.472	986	--	978
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	<1.0 (LQ)	1.8	1	<2.0 (LQ)	3.6	<1.0
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L)	2	2	5	1	<1	4
Carência Química de Oxigénio (mg/L)	3.3	2.5	3.7	--	--	--
Chumbo (mg/L Pb)	0.00064	--	0.003	0.025	--	0.02
Cianetos (µg/L CN)	<2.0 (LQ)	<2.0	5.6	2.2	<2.0	<2.0
Cloretos (mg/l Cl)	78.33	387.5	98.69	12188	14199.25	12594
Cobre (mg/L Cu)	<0.005	--	0.036	0.006	--	0.004
Coliformes totais (Número/100ml)	2420	291	2420	1120	161	2600
Condutividade eléctrica <i>in situ</i> (µs/cm)	769	754	740	16720	15750	17270
Crómio (µg/L Cr)	0.489	--	0.593	40	--	5
<i>E. coli</i> (Número/100ml)	56	37	9	0	<10	55

	PM1			PJ1		
Parameter	Construção/ Referência (Fevereiro)	Semestral (Março)	Anual (Setembro)	Construção/ Referência (Fevereiro)	Semestral (Março)	Anual (Setembro)
<i>Enterococcus faecalis</i> (Número/100ml)	47	62	6	4	17	15
Esporos de clostrídios sulfitorredutores NMP/100mL	43	93	15	<1	4	7
Ferro (µg/L Fe)	13.87	--	118.2	171	--	113
Fosfatos (mg/L PO4)	0.1	0.132	0.205	0.008	0.01	0.009
Magnésio (mg/l Mg)	21.499	--	21.033	635	--	807
Manganês (µg/L Mn)	0.55	--	420	15	--	568
Merúrio (mg/L Hg)	<0.001	--	<0.001	<0.001	--	<0.001
Níquel (µg/L Ni)	0.467	--	0.929	8	--	6
Nitratos (mg/L NO3)	22.724	21.348	37.499	0.905	0.654	0.146
Nitritos (mg/L NO2)	0.004	0.003	0.021	0.002	0.002	0.001
pH (-)	7.15	6.92	7.62	6.9	6.81	7.45
Piezometria (m.nmm)	2.96	2.8	2.18	0.79	0.84	0.8
Potássio (mg/l K)	2.568	2.694	2.621	4.12	4.45	4.56
Profundidade ao nível (m)	2.62	2.78	3.41	0.9	0.85	0.94
Selénio (µg/l Se)	1.883	--	1.8	<10	--	<10
Sódio (mg/l Na)	50.19	--	51.144	5300	--	5900
Sólidos suspensos totais (mg/L)	1.62	0.6	0.9	5.22	2.2	3.4
Sulfatos (mg/l SO4)	35.178	--	49.145	1169	--	1200
Temperatura (°C)	17.6	19.1	24.8	15.4	19.2	25
Zinco (mg/L Zn)	0.014	--	0.05	0.023	--	0.035

A evolução dos contaminantes individuais desde a fase de construção até ao final do primeiro ano da fase de exploração apresenta-se entre a Figura 10 e a Figura 42, de forma a permitir a visualização de como cada parâmetro se alterou ao longo do tempo.

A condutividade eléctrica (Figura 10) mantém-se constante para o PM1, com um ligeiro decréscimo desde Fevereiro (fase de construção) até Setembro (fase exploração – Campanha anual) de 2019 (769 - 754 - 740 $\mu\text{S}/\text{cm}$). A condutividade eléctrica no PJ1 apresenta valores mais variáveis, com um decréscimo de Fevereiro para Março (16720 para 15750 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e um novo aumento em Setembro (17270 $\mu\text{S}/\text{cm}$). A variação verificada no PJ1 está associada à proximidade deste ponto com a Ria Formosa, uma vez que o poço apresenta mistura de água doce com água do mar.

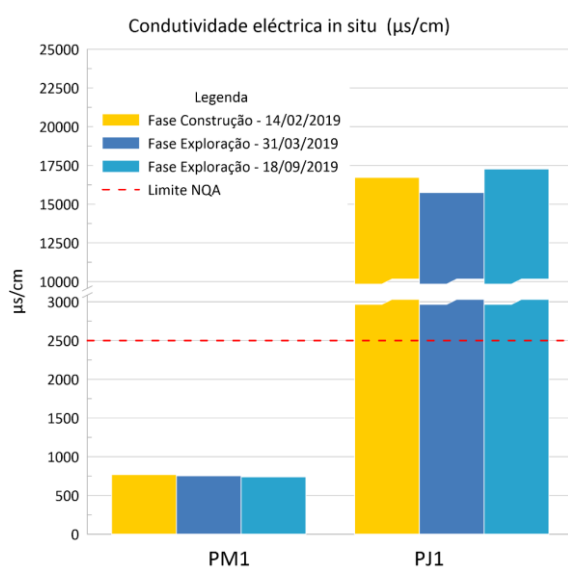


Figura 10- Evolução do Condutividade eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

A evolução do pH (Figura 11) no PM1 decresce ligeiramente de Fevereiro para Março, com um aumento em Setembro (7.15 - 6.92 - 7.62), e apresenta um comportamento idêntico para o PJ1 (6.9 - 6.81 - 7.45). Na mesma figura apresentam-se os dados de pH registados no efluente da ETAR para o período de Janeiro a Dezembro de 2019. Os dados de efluente da ETAR são sempre superiores aos dados registados no PJ1. Verifica-se aumento do pH nos meses anteriores à amostragem de Setembro de 2019, que por sua vez também apresenta um aumento relativamente à campanha de Fevereiro e Março, mas não há dados suficientes para estabelecer uma relação de causa efeito entre o pH registado no PJ1 e no efluente.

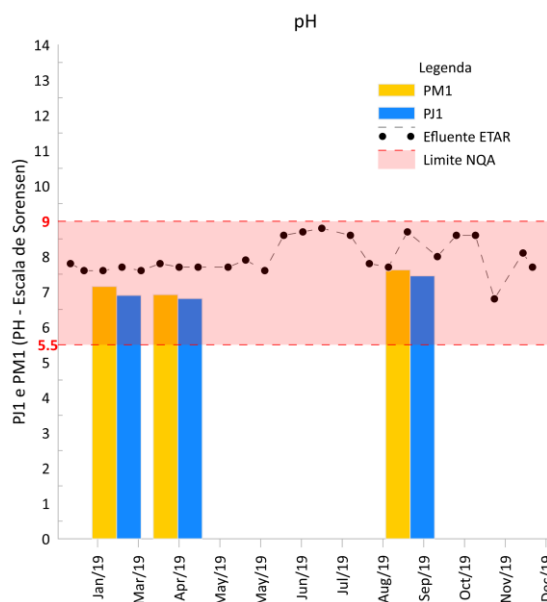


Figura 11- Evolução do pH

A concentração de arsénio (Figura 12) permanece constante para o PM1, com um decréscimo residual de 0.498 $\mu\text{g/L}$ durante a fase de construção para 0.465 $\mu\text{g/L}$ durante a campanha anual da fase de exploração em Setembro de 2019. Este parâmetro só é analisado durante a campanha anual, pelo que não há dados para a campanha semestral (Março 2019). A concentração de arsénio no PJ1 foi abaixo do limite de detecção ($<10 \mu\text{g/L}$) para ambas as campanhas (construção e exploração – anual). No que respeita aos dados de efluente, verifica-se um decréscimo de Março (1.8 $\mu\text{g/L}$) até Julho ($<1 \mu\text{g/L}$), inclusive menores que os valores registados no ponto de Monitorização a jusante PJ1.

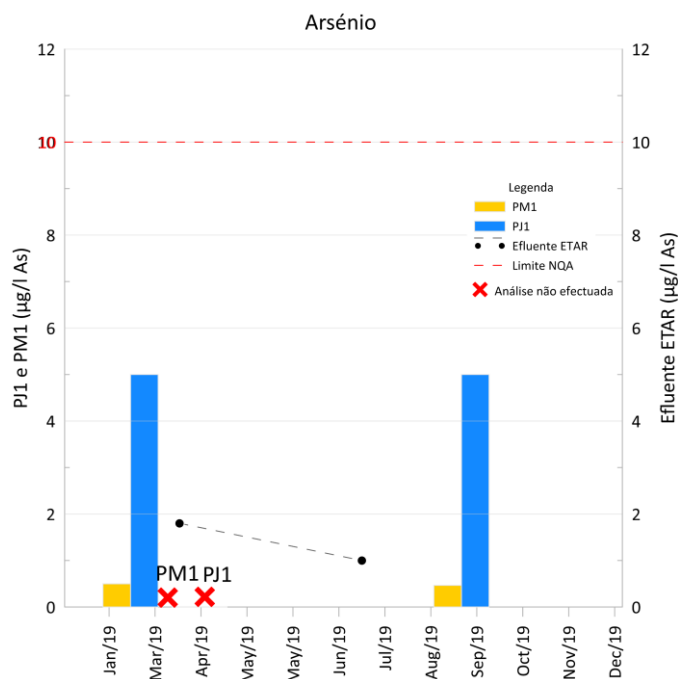


Figura 12- Evolução do Arsénio ($\mu\text{g/L As}$)

No PM1, a concentração de azoto amoniacal (Figura 13) apresentou um aumento significativamente desde a fase de construção (0.004 mg/L), em Fevereiro de 2019, para a campanha semestral da fase de exploração (0.038 mg/L) em Março 2019, verificando-se um decréscimo pouco acentuado durante a campanha anual da fase de exploração em Setembro de 2019 (0.031 mg/L). No PJ1, sucedeu o oposto, com a concentração mais elevada de azoto amoniacal atingida durante a fase de construção em Fevereiro (0.03 mg/L), verificando-se um decréscimo em Março (0.017 mg/L) e um novo aumento em Setembro de 2019 (0.024 mg/L).

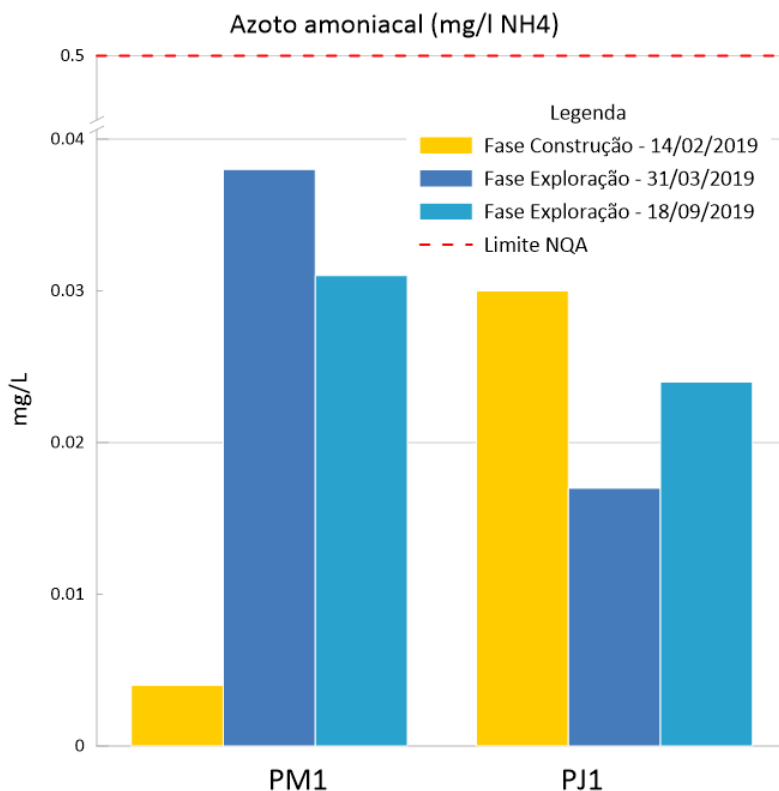


Figura 13- Evolução do Azoto amoniacal (mg/L NH4)

A concentração de azoto Kjeldahl (Figura 14) apresenta um decréscimo constante no PM1 desde a fase de construção até ambas as campanhas da fase de exploração com as concentrações a variar respectivamente de 1.943 para 0.28 mg/L e, finalmente, para valores não detectáveis. A concentração deste parâmetro no PJ1 manteve-se inalterável de Fevereiro para Março (0.14 mg/L) e apresentou um decréscimo em Setembro para 0.07 mg/L.

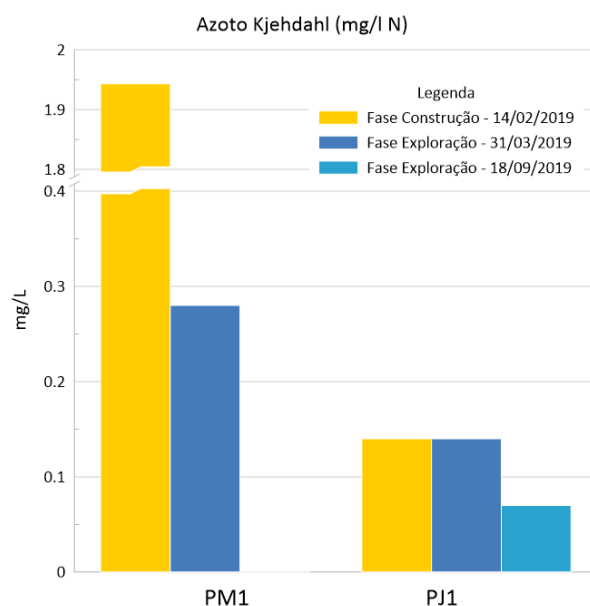


Figura 14- Evolução do Azoto Kjeldahl (mg/L N)

A concentração de Bicarbonatos (Figura 15) permaneceu constante no PM1 durante todas as campanhas de amostragem, com um ligeiro decréscimo em Setembro de 2019 (de 329 para 326 mg/L). O PJ1 expressou um decréscimo consistente na concentração de bicarbonatos de 275 para 259 e 229 mg/L para a fase de construção, fase de exploração semestral e anual respectivamente.

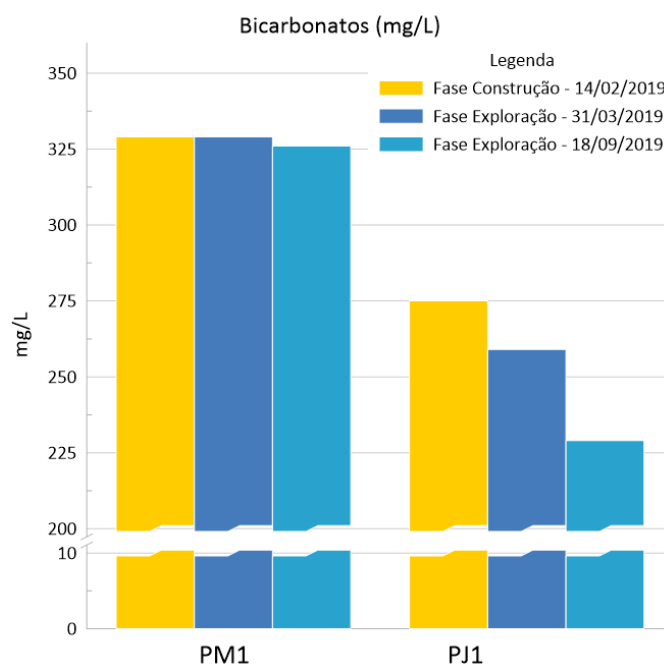


Figura 15-Evolução do Bicarbonatos (mg/L)

A concentração de Cádmiu (Figura 16) manteve-se estável para o PM1 com um ligeiro decréscimo de Fevereiro até Setembro (0.317 para 0.295 µg/L), enquanto que para o PJ1, as

concentrações foram abaixo do limite de detecção (<0.5 µg/L) em todas as campanhas. O parâmetro Cádmio não é analisado na campanha semestral (Março 2019). No que respeita aos dados relativos ao efluente de ETAR, as duas amostras disponíveis (Março e Julho) apresentam valores abaixo do limite de detecção (<2 µg/L).

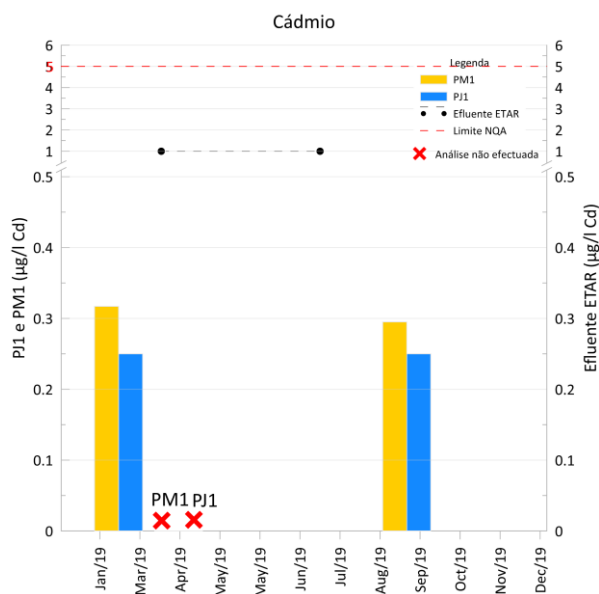


Figura 16 - Evolução do Cádmio (µg/L Cd)

A concentração de Cálcio (Figura 17) manteve-se relativamente estável para o PM1, com um ligeiro decréscimo de Fevereiro para Setembro (92.825 para 90.472 mg/L). A concentração de cálcio no PJ1 decresceu ligeiramente de Fevereiro para Setembro (986 para 978 mg/L). O parâmetro Cálcio não é analisado na campanha semestral (Março 2019) nem no efluente da ETAR.

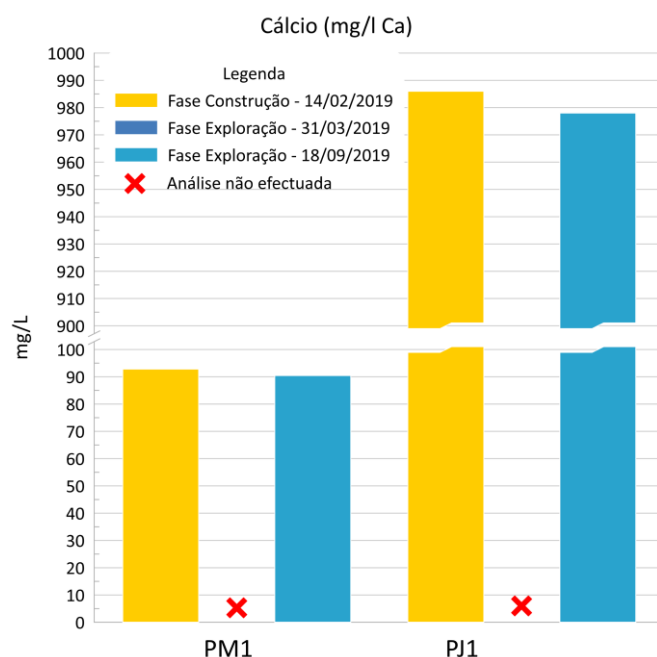


Figura 17- Evolução do Cálcio (mg/L)

A concentração de Carbono Orgânico Total (Figura 18) apresenta por o mesmo comportamento em PM1 (<1.0 - 1.8 - para 1 mg/L) e PJ1 (<2.0 - 3.6 - <1.0 mg/L) com os níveis mais baixos em Fevereiro, um aumento em Março (durante ao período chuvoso) e um decréscimo em Setembro.

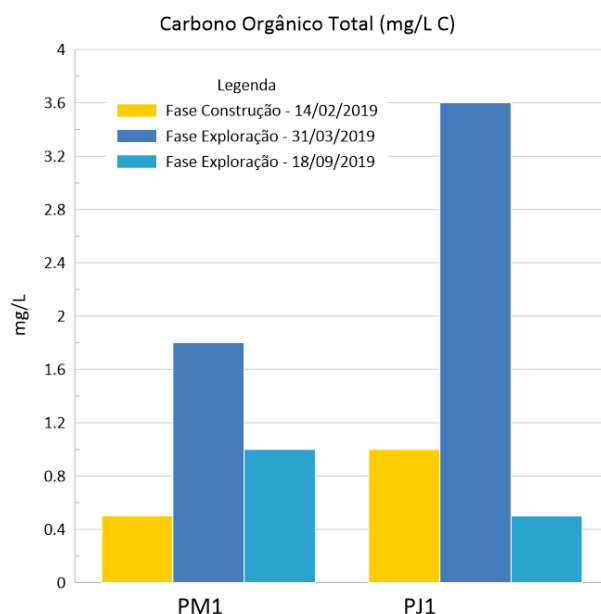


Figura 18- Evolução do Carbono Orgânico Total (mg/L C)

A carência bioquímica de oxigénio (Figura 19) permaneceu estável para o PM1 entre Fevereiro e Março (2 mg/L) com um aumento em Setembro (5 mg/L). Já para o PJ1 esta concentração diminuiu no período entre Fevereiro e Março (1; <1 mg/L) e aumentou em Setembro. (4 mg/L). No que respeita aos valores de CBO analisados no efluente de ETAR, verifica-se um aumento acentuado no início do mês Março (de aproximadamente 15 mg/l para 70 mg/l), que volta a

estabilizar no final de Março. Entre Julho e Agosto os valores voltam a aumentar até 50 mg/l, verificando-se novamente um decréscimo em Setembro até cerca de 10 mg/l ou inferiores ao limite de detecção.

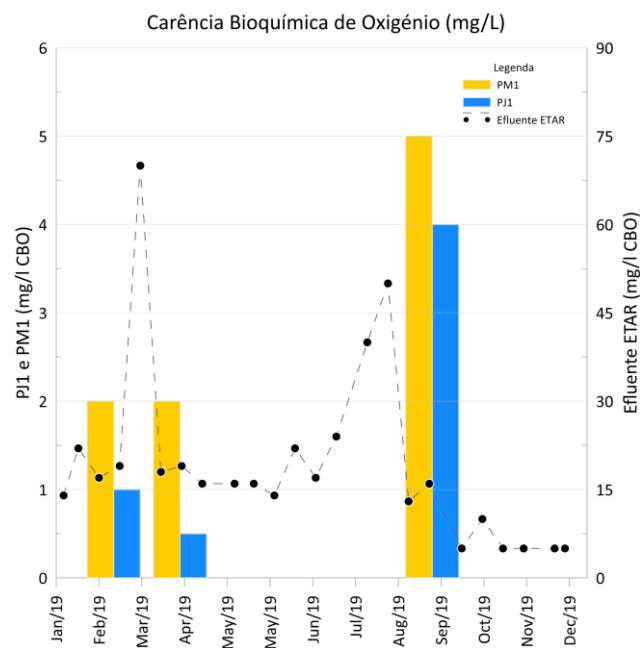


Figura 19- Evolução do Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L)

No período correspondente a Fevereiro e Março, a concentração de carência química de oxigénio (Figura 20) em PM1 registou uma diminuição, e aumentou em Setembro (3.3, 2.5, 3.7 mg/L). Não foram realizados testes de concentração de carência química de oxigénio para o PJ1, uma vez que a análise deste parâmetro em águas salobras (como é o caso do PJ1) apresenta elevadas interferências.

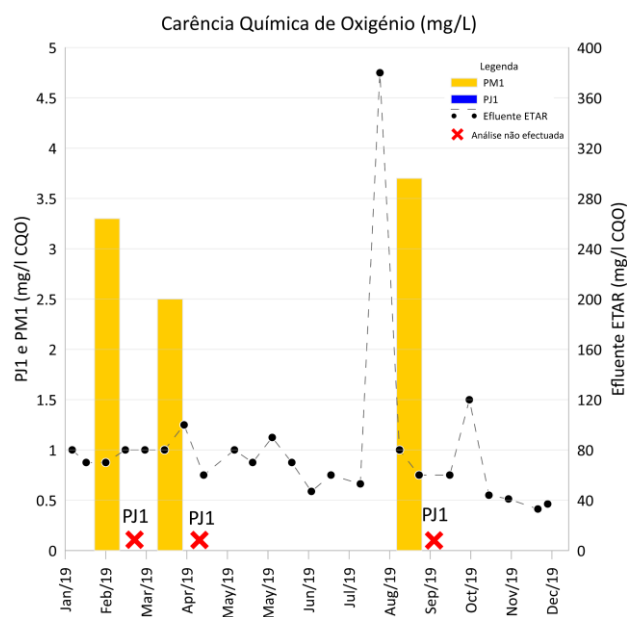


Figura 20- Evolução do Carência Química de Oxigénio (mg/L)

A concentração de Chumbo (Figura 21) para o PM1 aumentou de Fevereiro para Setembro (0.00064 , 0.00274 mg/L). Para PJ1 os valores de concentração de chumbo apresentam valores mais elevados, com um decréscimo entre a campanha de Fevereiro e Setembro (0.025 e 0.018 mg/L, respectivamente). No que respeita aos dados do efluente da ETAR, os valores analisados apresentam-se abaixo do limite de detecção (<1 e <3 µg/L).

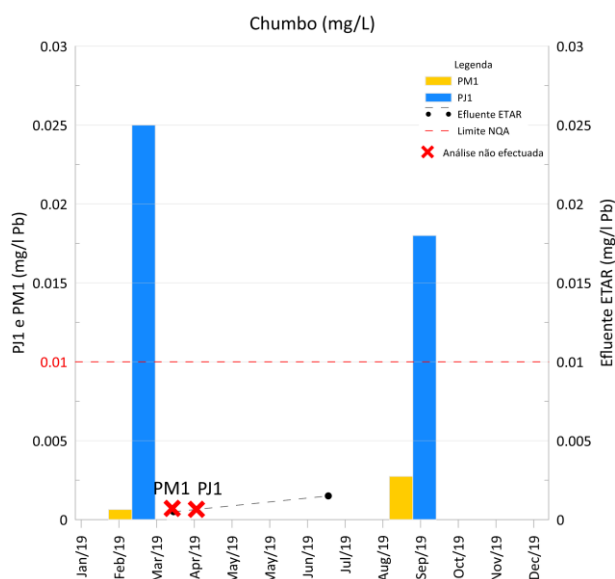


Figura 21- Evolução do Chumbo (mg/L Pb)

A concentração de Cianetos (Figura 22) correspondente ao PM1 manteve-se abaixo do limite de detecção entre Fevereiro e Março (<2.0 µg/L) e aumentou em Setembro (5.6 µg/L). Já para o PJ1, a concentração de cianetos decresceu entre fase de construção para a fase de exploração (2.2 durante a fase de construção e <2.0 µg/L na fase de exploração). O parâmetro cobre não é efectuado na campanha semestral (Março).

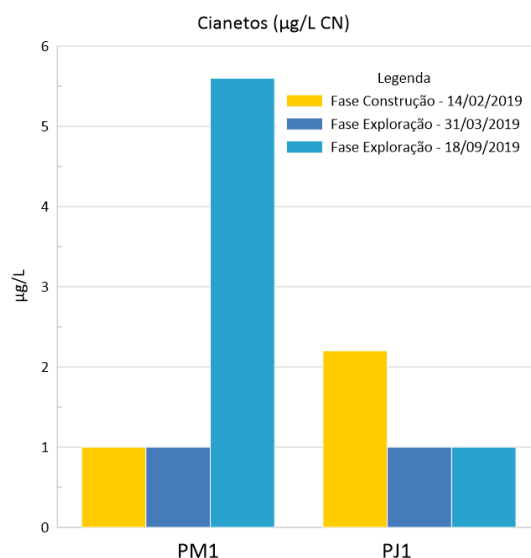


Figura 22- Evolução do Cianetos (µg/L CN)

A concentração de cloretos (Figura 23) aumentou de Fevereiro para Março e decresceu em Setembro em ambos os pontos, PM1 (78.33, 387.5 , 98.69 mg/L) e PJ1 (12188, 14199.3, 12594 mg/L), no entanto, as concentrações registadas no PJ1 foram bastante superiores, o que se deve ao facto deste ponto conter água com elevado teor de salinidade. Os valores disponíveis de cloretos do efluente de ETAR apresentam uma elevada variabilidade para o ano de 2019, variando entre os 1500 e os 3500 mg/L.

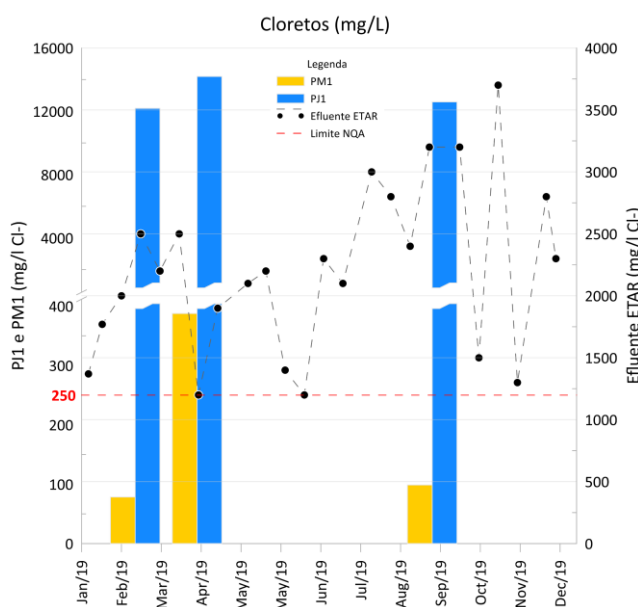


Figura 23- Evolução do Cloretos (mg/L Cl)

A concentração de cobre (Figura 24) apresenta um aumento significativo de Fevereiro para Setembro no PM1 (<0.005 para 0.036 mg/L) e uma ligeira diminuição no PJ1 (de 0.006 para 0.004 mg/L). O parâmetro cobre não é analisado na campanha semestral. O único dado

disponível de Cobre para o efluente da ETAR para este período apresenta um resultado inferior ao limite de detecção (4 µg/L).

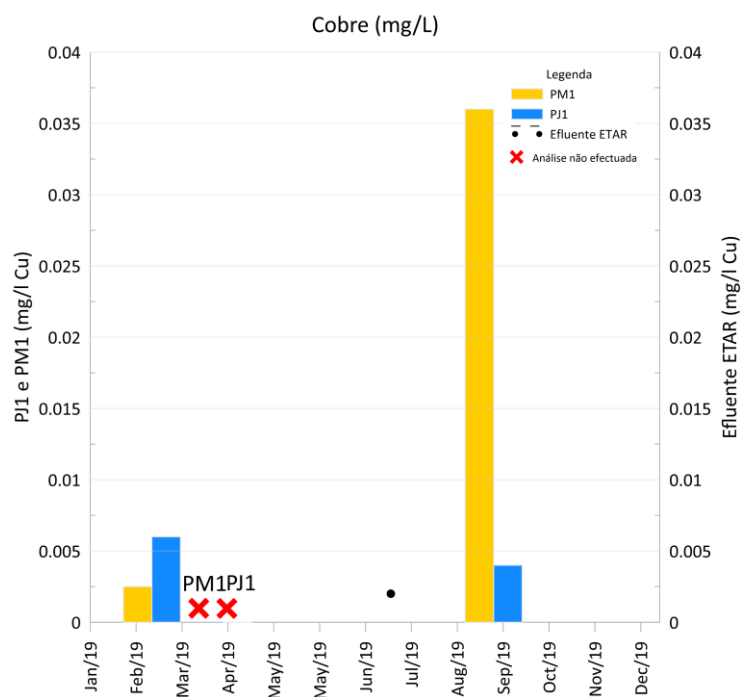


Figura 24- Evolução do Cobre (mg/L)

A concentração de Ferro (Figura 25) aumentou significativamente no PM1 de Fevereiro para Setembro (13,87 para 118,2 µg/L), enquanto que o PJ1 apresentou um comportamento inverso, com redução de Fevereiro para Setembro (171 para 113 µg/L). A concentração de Ferro não foi analisada durante a campanha de Março de 2019.

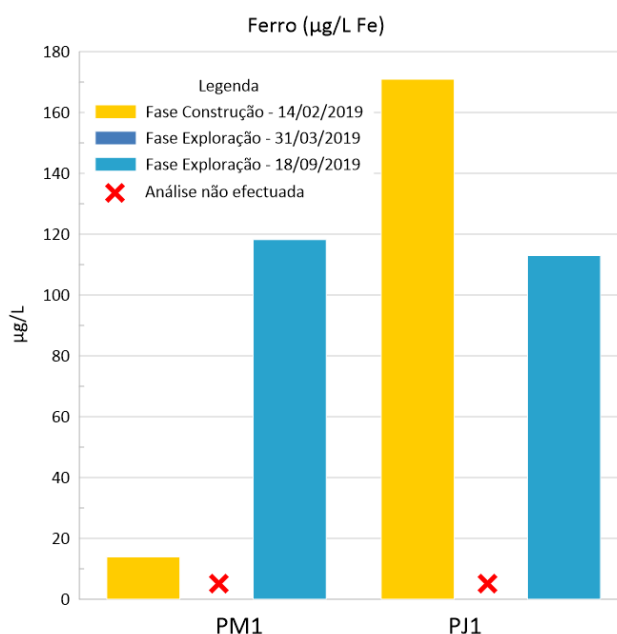


Figura 25- Evolução do Ferro (µg/L Fe)

A concentração de Fosfato (Figura 26) apresenta um aumento contínuo de Fevereiro a Setembro no PM1 (0.1 para 0.132 para 0.205 mg/L), para o PJ1 manteve-se estável em Fevereiro e Março (0.008 mg/L) com um ligeiro aumento em Setembro (0.009 mg/L).

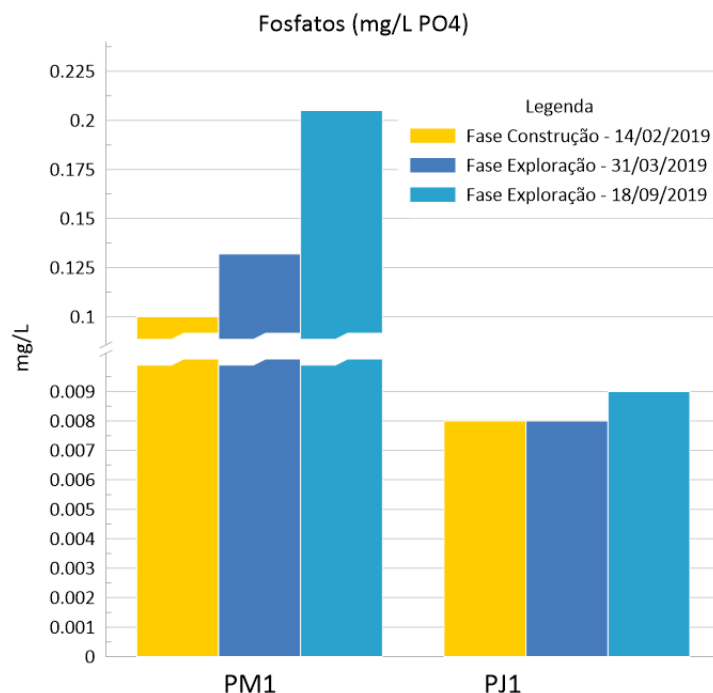


Figura 26- Evolução do Fosfato (mg/L)

A concentração de magnésio (Figura 27) apresenta um decréscimo pouco significativo de Fevereiro para Setembro (21.499 para 21.033 mg/L) para o PM1. No PJ1, este parâmetro apresenta um aumento significativo, de 635 mg/L para 807 mg/L).. O parâmetro magnésio não foi analisado durante a campanha de Março de 2019 nem é monitorizado no efluente da ETAR.

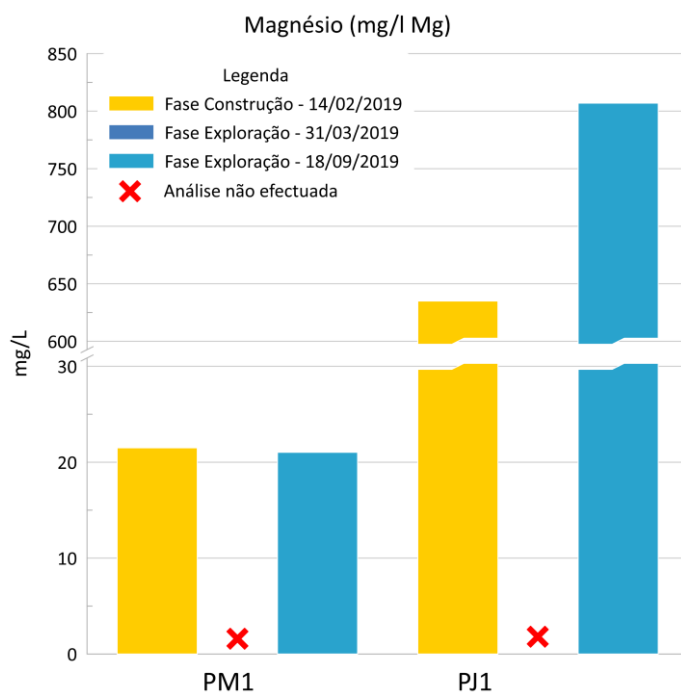


Figura 27 - Evolução do Magnésio (mg/L Mg)

A concentração de Manganês (Figura 28) apresenta um aumento de Fevereiro a Setembro tanto no PM1 (0.55 para 6.97 µg/L) como no PJ1 (420 para 568 µg/L). O Manganês não foi analisado durante a campanha semestral de Março 2019 nem no efluente da ETAR.

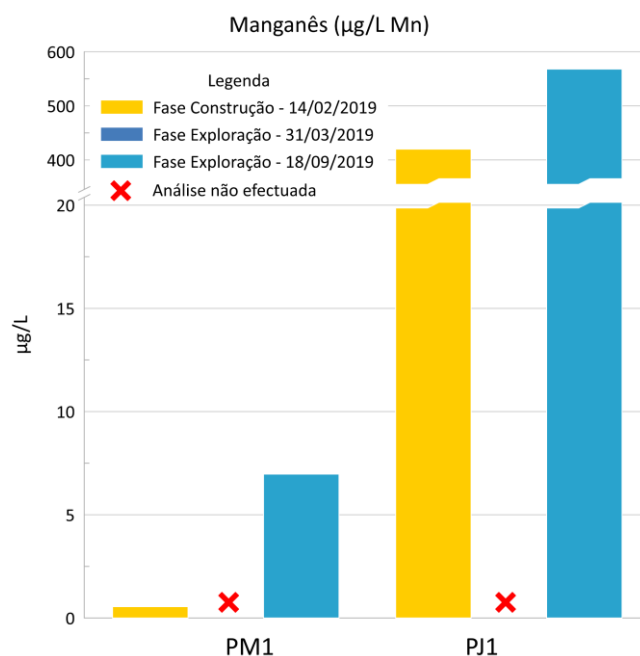


Figura 28 - Evolução do Manganês (µg/L Mn)

As concentrações de Mercúrio (Figura 29) mantiveram-se estáveis (<1 µg/L) tanto para o PM1 como para o PJ1 entre Fevereiro e Setembro. Não houve análise de Mercúrio durante o período de campanha correspondente a Março de 2019. No que respeita aos dados do efluente da ETAR, os valores registados são inferiores a 0.02 mg/l e 0.05 mg/L para Março e Julho respectivamente.

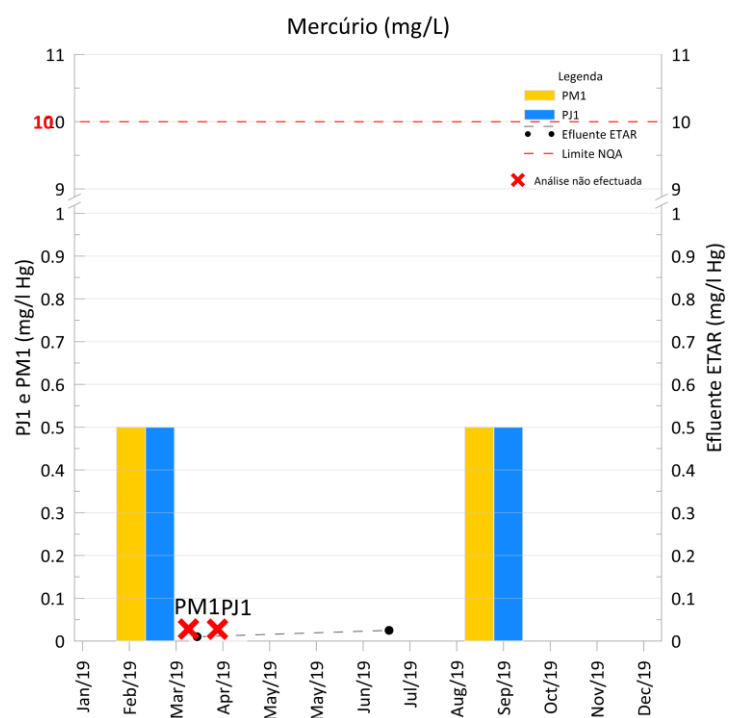


Figura 29 - Evolução do Mercúrio (mg/L Hg)

Os valores correspondentes a concentração de Níquel (Figura 30) apresentaram um aumento de Fevereiro a Setembro no PM1 (0.467 para 0.929 $\mu\text{g/L}$) e um decréscimo de Fevereiro a Setembro no PJ1 (8 para 6 $\mu\text{g/L}$). Os valores de Níquel não foram analisados durante a campanha de Março de 2019. Quanto aos dados de descarga de efluente, os valores registados de níquel apresentam-se abaixo do limite de detecção (5 $\mu\text{g/L}$).

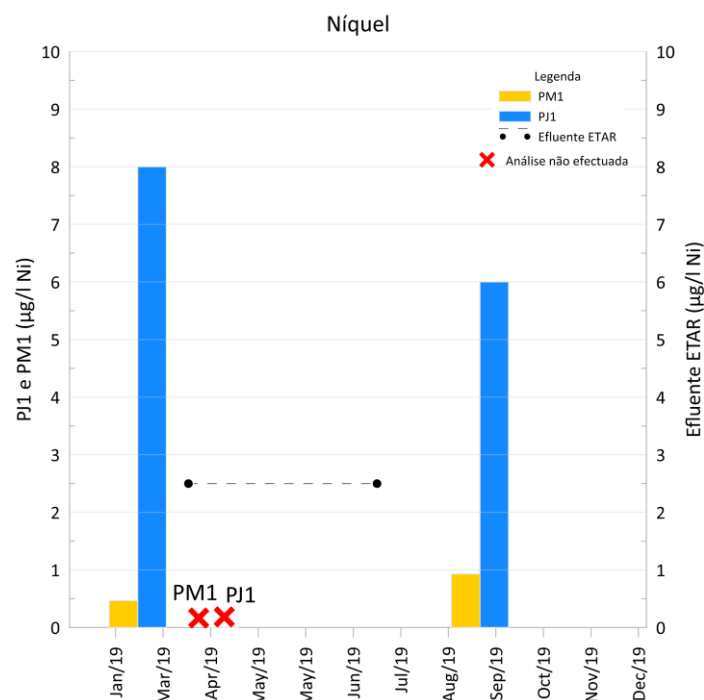


Figura 30-Evolução do Níquel (µg/L Ni)

A concentração de Nitratos (Figura 31) oscilou ligeiramente de Fevereiro a Março (22.724 para 21.348 mg/L), tendo-se registado um aumento mais significativo em Setembro (37.499 mg/L) para o PM1, enquanto que para o PJ1, as concentrações diminuíram consistentemente na (0,905 para 0,654 para 0,146 mg/L).

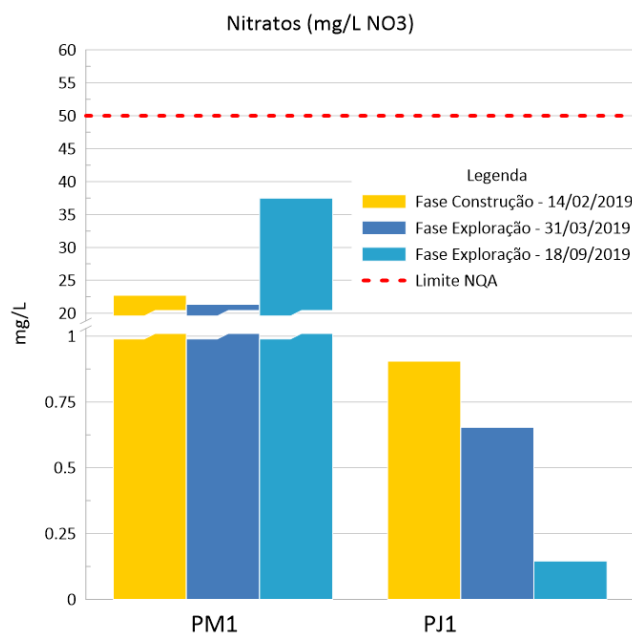


Figura 31-Evolução do Nitratos (mg/L)

A concentração de Nitritos (Figura 32) oscilou ligeiramente de Fevereiro a Março (0.004 , 0.003 mg/L), tendo-se registado um aumento significativo em Setembro (0.021 mg/L) no PM1,

enquanto que para o PJ1 a concentração de Nitritos manteve-se estável de Fevereiro a Março (0.002 mg/L) havendo um ligeiro decréscimo em Setembro (0.001 mg/L) no PJ1.

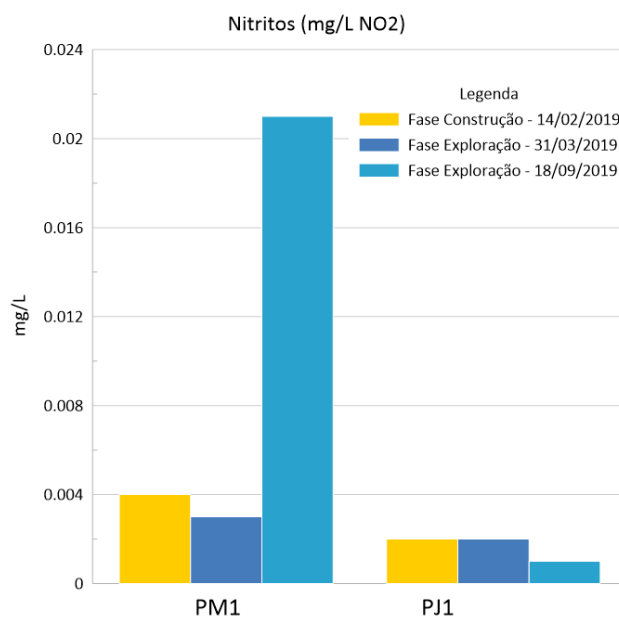


Figura 32-Evolução do Nitritos (mg/L)

Os valores de potássio (Figura 33) oscilaram ligeiramente entre a Fase de Construção e a Fase de exploração no PM1 (2.568 para 2.694 para 2.621 mg/L). Para o PJ1 verificou-se um aumento gradual, mas pouco significativo da concentração de potássio entre Fevereiro e Setembro (4.12 para 4.45 para 4.56 mg/L).

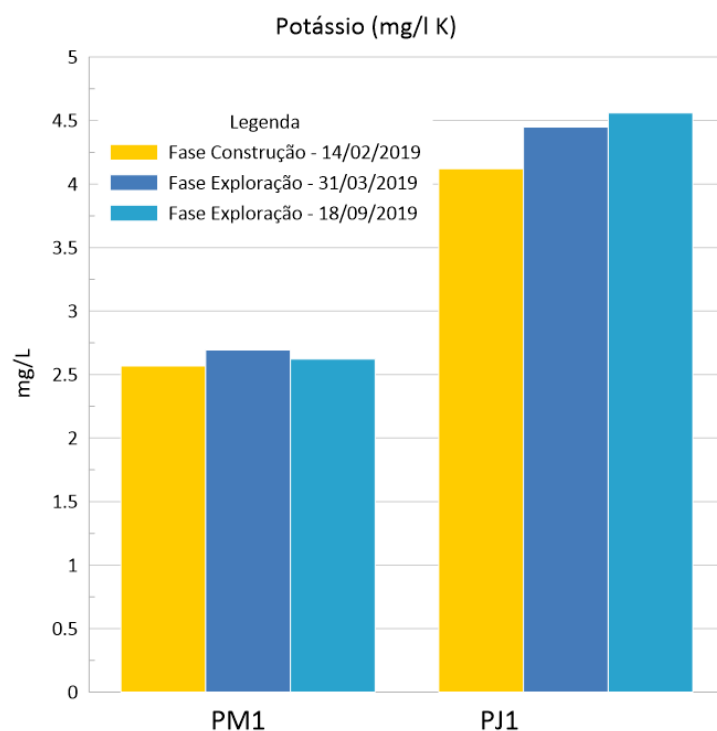


Figura 33 - Evolução do Potássio (mg/L)

Os valores correspondentes à concentração de selénio (Figura 34) diminuíram de forma pouco significativa de Fevereiro a Setembro no PM1 (1.883 para 1.8 $\mu\text{g/L}$) e permaneceram abaixo do limite de detecção no PJ1 (<10 para <10 $\mu\text{g/L}$). Chama-se a atenção para o facto do PJ1 consistir numa amostra com água salobra, o que dificulta a sua determinação, como tal, o seu limite de detecção é superior ao registado para o PM1, que apresenta água doce. O parâmetro selénio não foi analisado durante a campanha de Março de 2019.

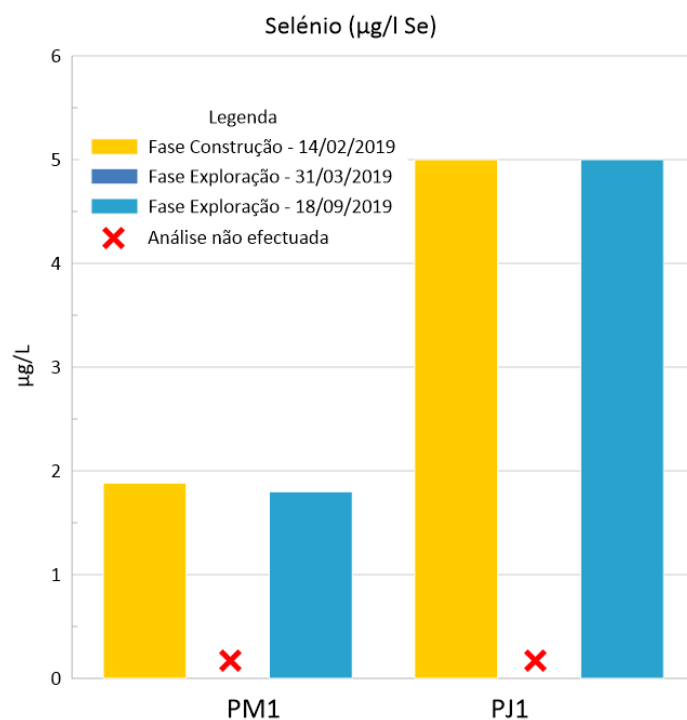


Figura 34 - Evolução do Selénio ($\mu\text{g/L Se}$)

A concentração de Sódio (Figura 35) registou um aumento pouco significativo de Fevereiro a Setembro no PM1 (50.19 para 51.144 mg/L) e um aumento significativo no PJ1 (5300 to 5900 mg/L). O Sódio não foi analisado durante a campanha de 2019.

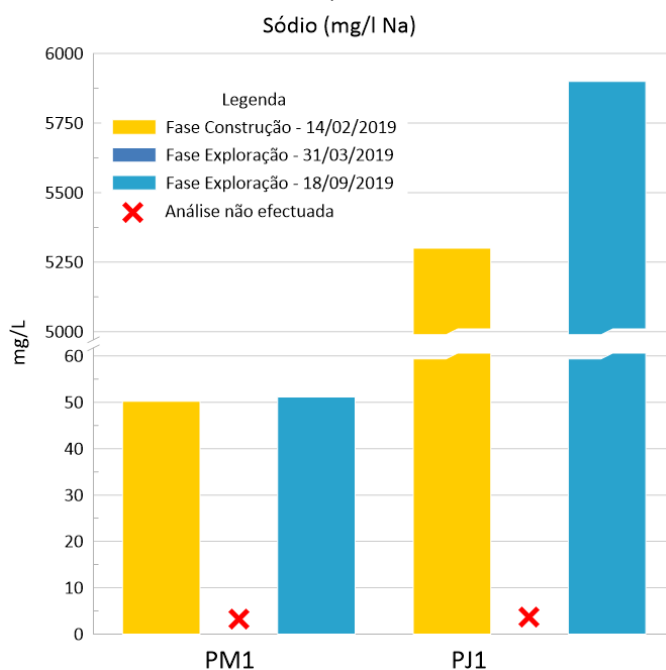


Figura 35- Evolução do Sódio (mg/L Na)

A Concentração de sólidos totais em suspensão no PM1 (Figura 36) decresceu no período entre Fevereiro e Março (1.62 para 0.6 mg/L) registou um ligeiro acréscimo em Setembro (0.9 mg/L). Verificou-se o mesmo comportamento para o PJ1, mas com valores superiores, com um decréscimo de 5.22 mg/L para 2.2 mg/L entre Fevereiro e Março e um aumento para 3.4 mg/L

em Setembro. No que respeita aos dados do efluente, verifica-se um aumento de Janeiro até Março (~80 mg/L -> 175 mg/L), seguido de um decréscimo até ao final de Agosto (até 35 mg/L). Em Setembro verifica-se um aumento bastante acentuado até 140 mg/L, seguido de novo decréscimo. Os valores de sólidos suspensos totais registados no ponto de monitorização a Jusante aparentam ter uma relação com os dados registados no efluente da ETAR.

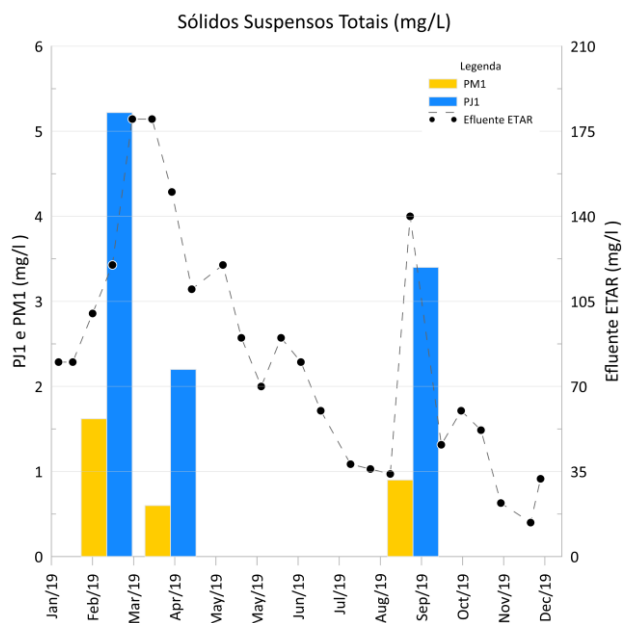


Figura 36- Evolução do Sólidos suspensos totais (mg/L)

Os valores da concentração de Sulfatos (Figura 37) aumentaram significativamente de Fevereiro a Setembro para o PM1 (35.178 para 49.145 mg/L) e no PJ1 (1169 para 1200 mg/L). O parâmetro de Sulfatos não foi analisado durante a campanha de Março de 2019.

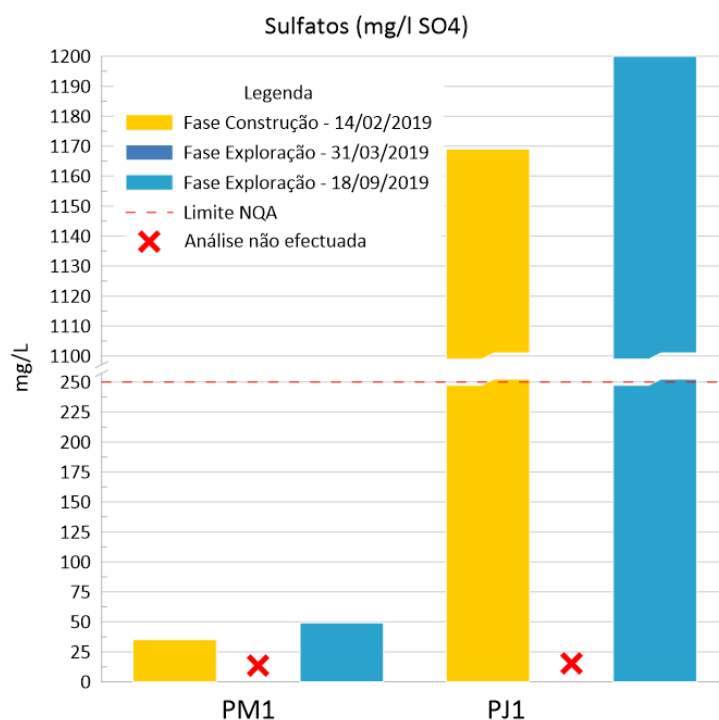


Figura 37- Evolução do Sulfatos (mg/L SO4)

As concentrações de Zinco (Figura 38) aumentaram entre Fevereiro e Setembro tanto para o PM1 (0.014 para 0.05 mg/L) como para o PJ1 (0.023 to 0.035 mg/L). O parâmetro Zinco não foi analisado durante a campanha semestral de Março de 2019. Os resultados de zinco registados no efluente da ETAR registam 11 µg/L em Março, e situam-se abaixo do limite de detecção (<10 µg/L) em Julho.

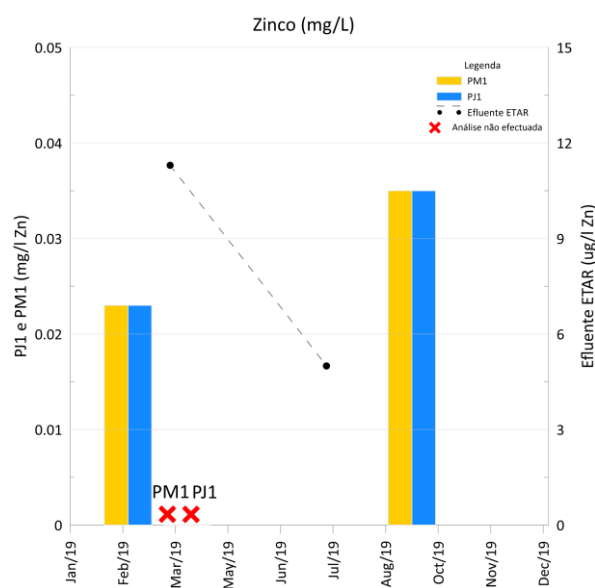


Figura 38- Evolução do Zinco (mg/L Zn)

Quanto aos coliformes totais (Figura 39) os valores registados para o PM1 permaneceram constantes entre Fevereiro e Setembro, no entanto, verificou-se uma diminuição significativa durante a campanha semestral intercalar de Março (2430 para 291 para 2420 Número/100mL). Já para o PJ1, os valores diminuíram entre Fevereiro e Março e apresentaram um aumento significativo em Setembro (1120 para 161 para 2600 Número/100mL).

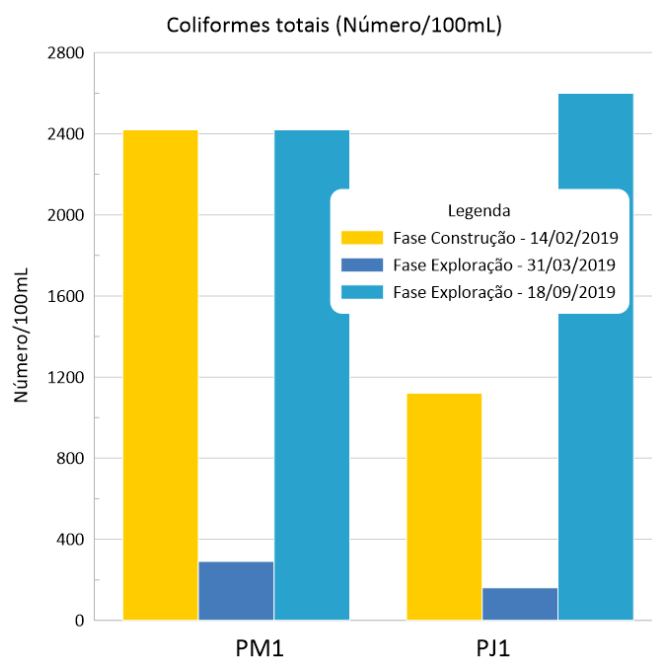


Figura 39- Evolução do Coliformes totais (Número/100ml)

No que respeita à presença de E. coli (Figura 40) verificou-se uma diminuição de forma consistente durante as campanhas de construção e Exploração no PM1 (56 para 37 para 9 Número/100mL). Por outro lado, no PJ1 a presença de E. Coli apresenta uma tendência crescente (<1 para 4 to 7 Número/100mL), mas pouco importante. No que respeita aos dados

da ETAR, os valores de E. Coli aumentam bastante em Março, mas voltam a estabilizar em Maio, mantendo-se nulos ou próximo de zero até ao final do ano.

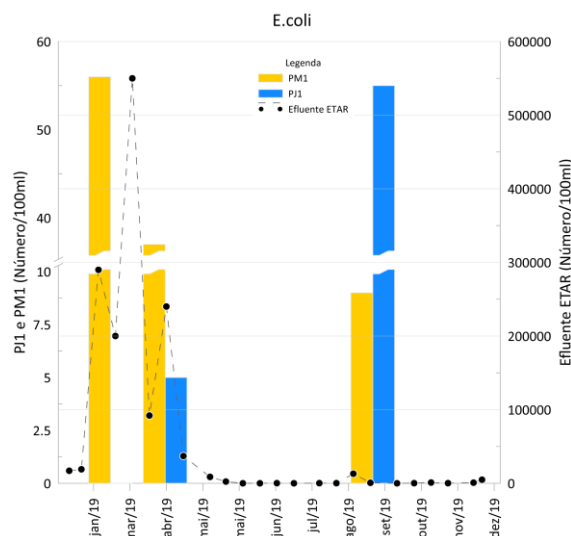


Figura 40 - Evolução do E. coli (Número/100ml)

O parâmetro microbiológico *enterococcus faecalis* (Figura 41) apresentou um aumento de Fevereiro para Março (47 para 62 Número/100mL) no PM1, no entanto, voltou a decrescer, de forma significativa, em Setembro (6 Número/100mL). Para o PJ1 verifica-se que ocorre um aumento durante fase de Construção para a campanha semestral, e que volta a haver um decréscimo durante a campanha anual de Setembro (4 para 17 para 15 Número/100mL).

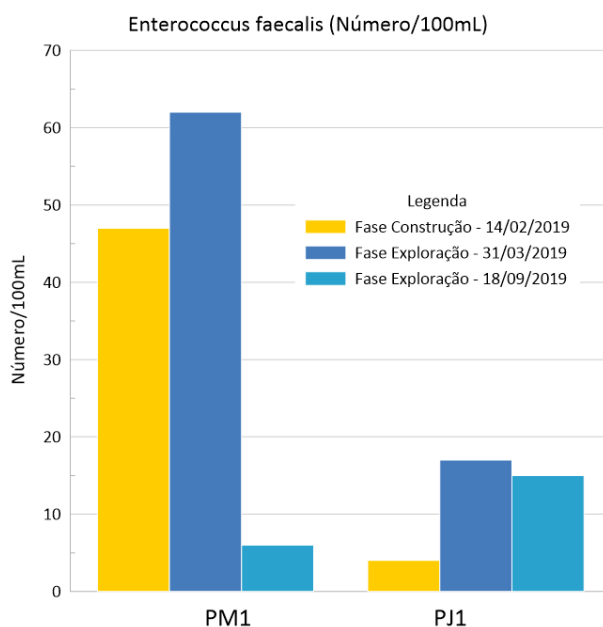


Figura 41- Evolução do Enterococcus faecalis (Número/100ml)

Os valores referentes aos esporos de clostrídios sulfitorredutores (Figura 42) aumentaram de Fevereiro para Março (43 para 93 NMP/100mL) e decrescem novamente em Setembro (15

NMP/100mL) no PM1. No caso do PJ1, não foram identificados esporos de clostrídios sulfitorredutores durante a fase de construção. Durante a fase de exploração verifica-se um aumento residual de 4 para 7 NMP/100mL em Março e Setembro, respectivamente.

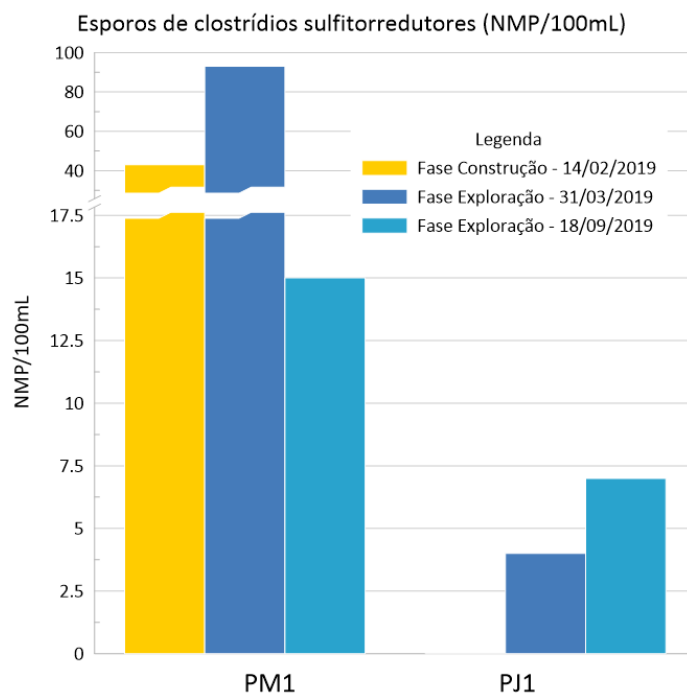


Figura 42 - Evolução do Esporos de clostrídios sulfitorredutores NMP/100mL

5.1.1 Caracterização hidroquímica

De seguida procede-se a uma análise da qualidade das análises químicas com base no erro de balanço. 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^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} ; aniões: Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}) aos quais se adiciona, sempre que se justifique, os iões menores (K^+ , e NO_3^-) e pode ser calculado de acordo com a seguinte equação (Appelo & 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 $\pm 5\%$ para uma amostra. A partir de $\pm 5\%$ 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 para a fase de construção e fase de exploração anual 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.

		PM1			PJ1			
		Construção (Fevereiro)	Semestral (Março)	Anual (Set.)		Construção (Fevereiro)	Semestral (Março)	Anual (Set.)
	lão	[meq/L]	[meq/L]	[meq/L]	lão	[meq/L]	[meq/L]	Lab
Catiões	Na ⁺	2.18	--	2.22	Na ⁺	230.54	--	256.63
	K ⁺	0.07	0.069	0.07	K ⁺	0.11	0.11	0.12
	Ca ²⁺	4.63	--	4.51	Ca ²⁺	5.59	--	2.44
	Mg ²⁺	1.77	--	1.73	Mg ²⁺	1.95	--	66.41
	Σ catiões	8.65	--	8.54	Σ catiões	238.18	238.18	325.59
Aniões	Cl ⁻	2.21	10.93	2.78	Cl ⁻	343.78	400.51	355.23
	NO ₃ ⁻	5.39	0.34	0.60	NO ₃ ⁻	4.51	0.01	0.00
	HCO ₃	0.73	5.39	5.34	HCO ₃	24.34	4.24	3.75
	SO ₄ ²⁺	0.37	--	1.02	SO ₄ ²⁺	0.01	--	24.98
	Σ aniões	8.70	0.34	9.75	Σ aniões	230.54	--	383.97
	E.B. (%)	-0.29	--	-6.65	E.B. (%)	-5.75	--	-1.59

De acordo com o erro de balanço apresentado na

Tabela 6, verifica-se que, durante a fase de construção, a análise dos dados referentes ao PM1 apresenta um erro de -0.29% o que é excelente. Já a análise do E.B. para o PJ1 durante a fase de construção apresenta um erro de -5.75%, bastante próximo do limite de aceitabilidade. As causas prováveis do EB elevado para o PJ1 durante a fase de construção podem estar associadas: 1) às análises terem sido efectuadas em diversos laboratórios e em tempos diferentes e 2) tratar-se de uma água com elevado teor de salinidade, sendo necessária a sua diluição 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 cloratos e de sódio.

Durante a campanha anual da fase de exploração (Setembro de 2019), o PM1 apresenta um erro de -6.65%, ligeiramente superior ao limite de aceitabilidade, enquanto que o PJ1 apresenta um erro de -1.59%.

Os valores de erro são ligeiramente superiores ao limite de aceitabilidade para duas análises, pelo que se optou por se aceitarem os valores das análises.

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*. Na Figura 43 apresentam-se os resultados do diagrama de *Piper* para o PM1 e PJ1, durante a fase de construção e fase de exploração – Campanha anual.

Da observação do diagrama de *Piper* verifica-se que as amostras PJ1 e PM1 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. Adicionalmente, verifica-se que ambas as amostras mantêm a sua *identidade* enquanto fácies hidroquímica entre a campanha da fase de construção (Fevereiro 2019) e a campanha anual da fase de exploração (Setembro 2019).

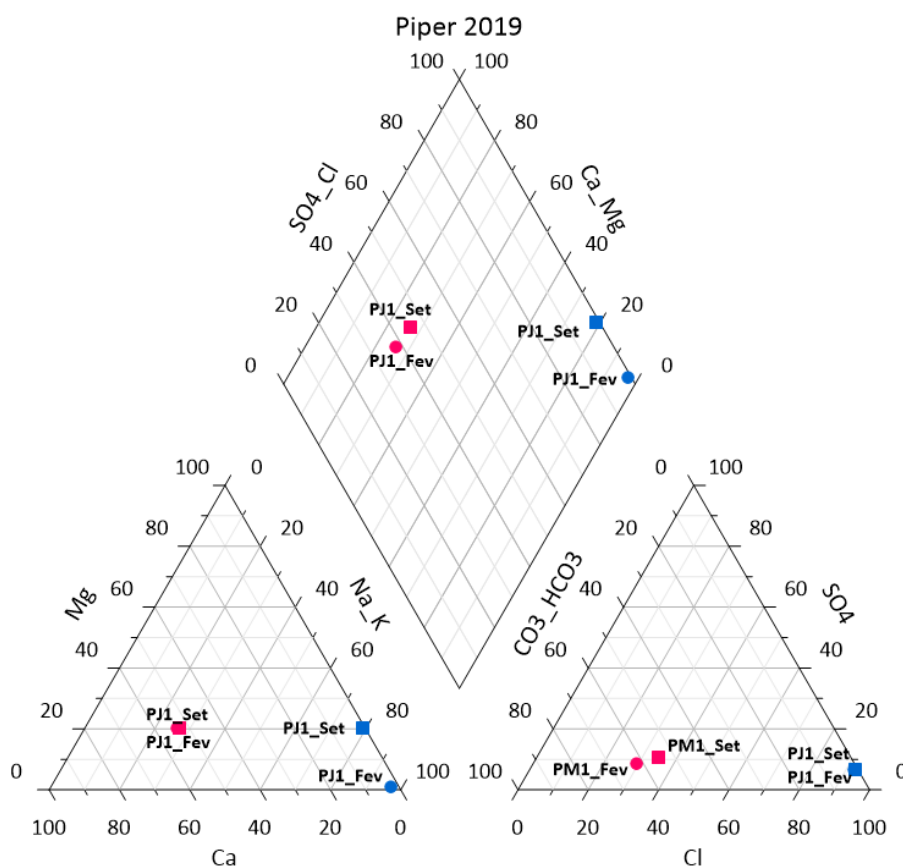


Figura 43 - Diagrama de Piper com caracterização dos tipos de água de PM1 e PJ1 com base nos resultados obtidos nas análises em meq / L e referentes à fase de construção (_Fev) e à campanha anual da fase de exploração (_Set).

A elaboração dos diagramas de *Stiff* permite ainda relacionar, visualmente, a fácies química da água e a variação dos iões maiores para cada ponto. A Figura 44 apresenta os diagramas de *Stiff* para as duas amostras em questão, para a fase de construção e fase de exploração – campanha anual. É possível verificar que a variação do PM1 é irrelevante, enquanto que para o PJ1 se verifica um aumento significativo do parâmetro magnésio.

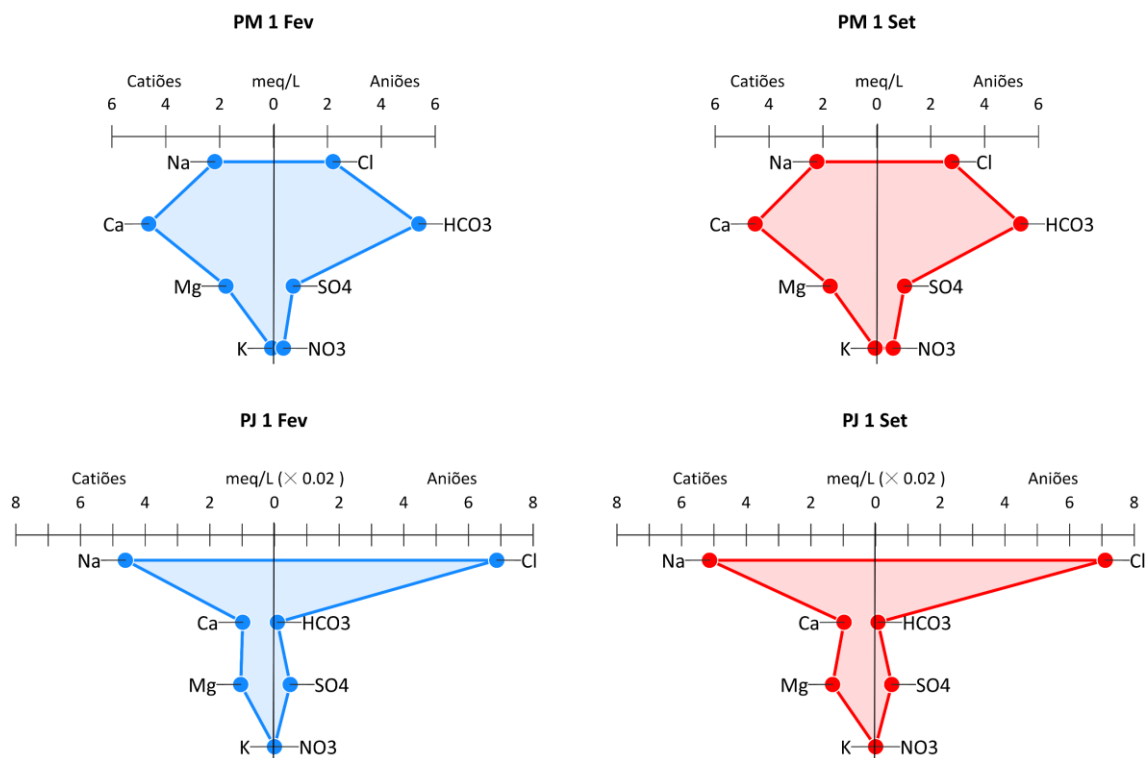


Figura 44 - Diagrama de Stiff com caracterização dos tipos de água do PM1 e PJ1 com base nos resultados obtidos das análises em meq/L e referentes à fase de construção e exploração.

Na Figura 45 apresenta-se a distribuição espacial da piezometria a nível local, com base nos registos recolhidos durante a campanha anual do período de exploração (Setembro de 2019), juntamente com o diagrama de *Stiff* anteriormente apresentado, ao período correspondente.

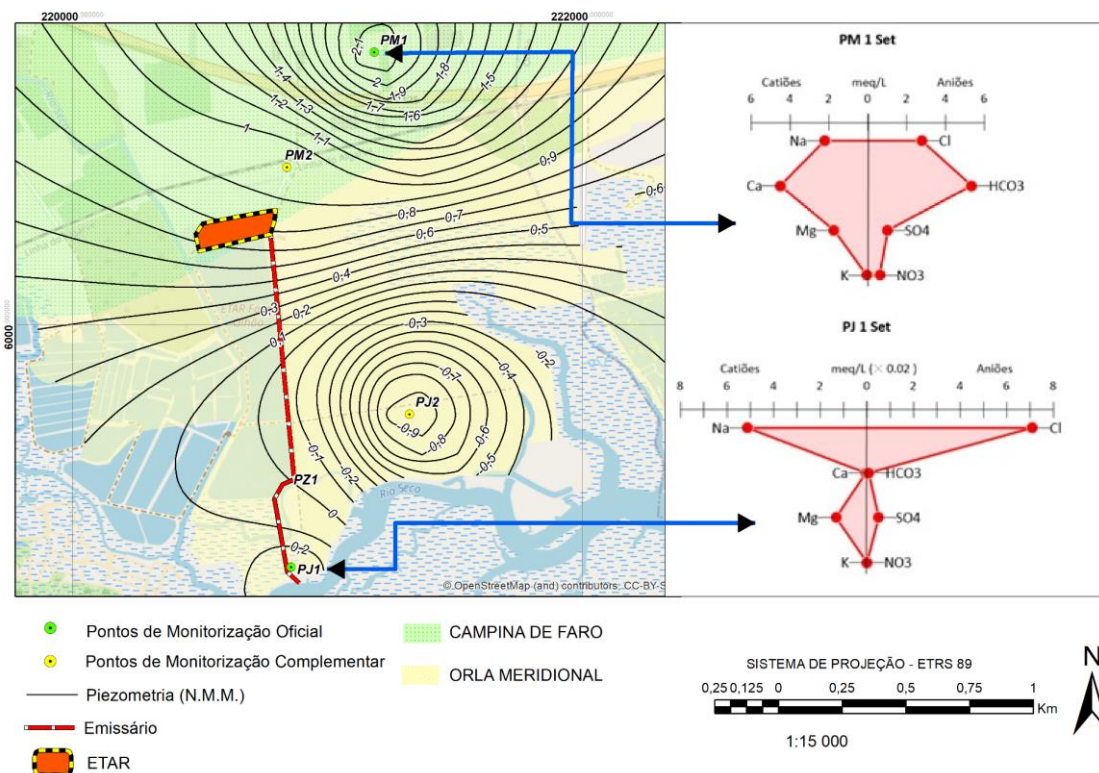


Figura 45 - Distribuição espacial da piezometria local e dos diagramas de Stiff elaborados com base nos resultados das obtidas durante a campanha de amostragem anual do primeiro ano da fase de exploração (Setembro de 2019).

A observação da distribuição geográfica de isopiezas para o período referente à campanha anual da fase de exploração (Setembro de 2019) apresentada na Figura 45 sugere que o escoamento subterrâneo ocorre 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, que influência directamente o nível do *PJ1*, que está em contacto com água do mar. Por outro lado, o *PJ2* está equipado com bomba e é utilizado com frequência para abeberamento animal, no entanto, os valores de condutividade eléctrica neste ponto sugerem não haver sinais de intrusão salina. Assim, constata-se que o *PJ1*, 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.

5.1.2 Caracterização da piezometria a nível local

Desde o início do projecto que a equipa de águas subterrâneas tem vindo a monitorizar a evolução dos níveis de água subterrânea com alguma frequência. Este acompanhamento permite uma análise à evolução piezométrica dos 4 pontos de monitorização (*PJ1*, *PM1*, *PJ2* e *PM2*) e assim detectar desvios de comportamento fora do normal. De seguida, na Figura 46, apresenta-se a evolução piezométrica para os 4 pontos de monitorização do projecto, juntamente com os registos de precipitação média mensal de acordo com a estação meteorológica da Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve (DRAP-Algarve), situada

no Patacão, a qual permite observar a flutuação sazonal de nível de água subterrânea. Os valores de piezometria registados reflectem que o período húmido ocorre essencialmente durante os meses de Inverno, de Dezembro a Fevereiro, à semelhança do que ocorre para o resto do país (Miranda et al 2002).

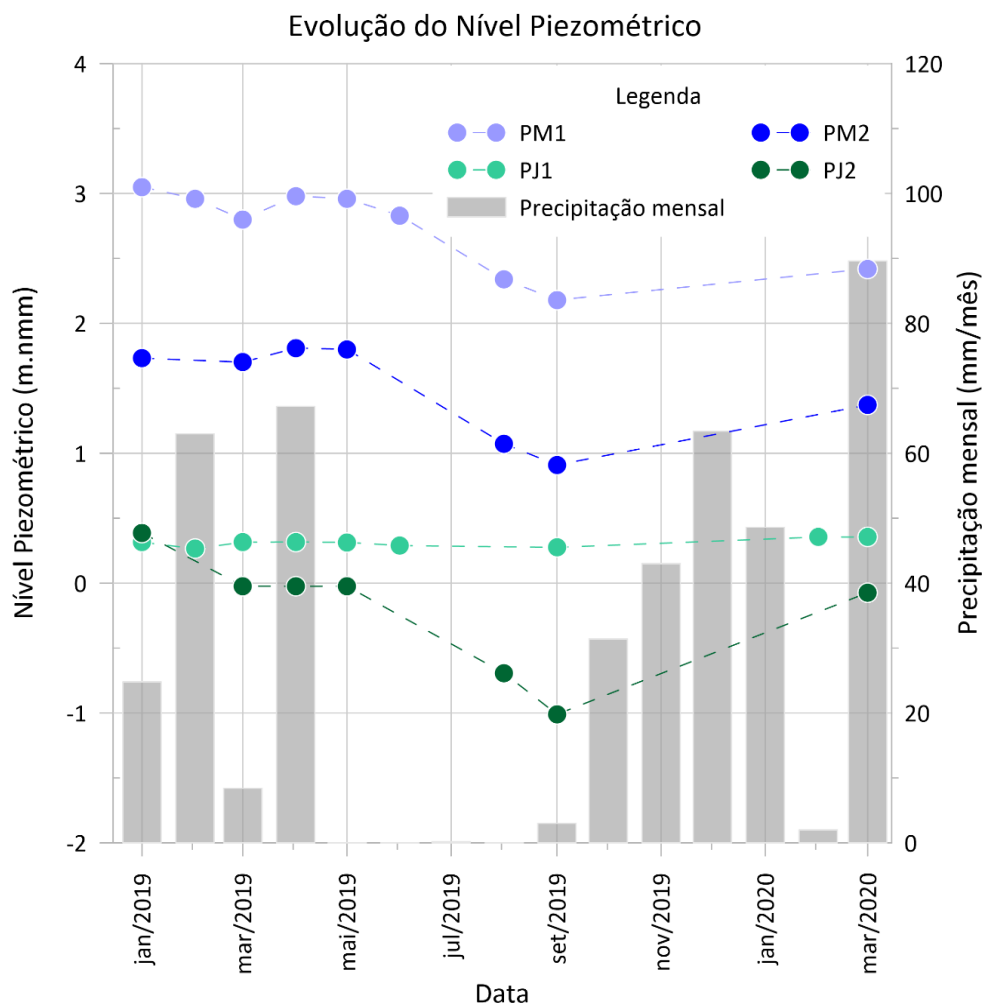


Figura 46- Evolução do nível piezométrico (m.nmm) nos pontos de monitorização do projecto e variação da piezometria média mensal de acordo com a estação meteorológica do Patacão da rede da DRAP-Algarve, durante o primeiro ano da fase de exploração do projecto

Adicionalmente, esta análise permite complementar a distribuição espacial piezométrica apresentada na Figura 45, na qual é possível verificar que o gradiente hidráulico entre os 4 pontos de monitorização é constante, com o ponto mais a montante, *PM1*, a apresentar constantemente valores mais elevados de piezometria (na ordem dos 2-3 metros sobre o nível do mar), a qual vai decrescendo em direcção a sul. A excepção é entre os pontos *PJ1* e *PJ2*, pois apesar do *PJ1* estar mais para sul do *PJ2*, o último apresenta valores de piezometria menores. Esta diferença pode ser explicada, como já referido anteriormente, pelo facto do *PJ1* estar em contacto directo com o mar, e, desta forma, o seu nível representa o reflexo da maré e não da água subterrânea.

No que respeita à evolução temporal, todos os pontos apresentam um decréscimo da piezometria no final do período seco (Setembro de 2019), no entanto, parecem recuperar após esse período com o início do período húmido e das primeiras chuvas do ano hidrológico.

5.2 Comparação com ferramentas legais

De acordo com a pesquisa realizada, os dados obtidos foram comparados com os seguintes instrumentos legais e padrões 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;
- D.L. 152/2017 Anexo I Alteração do Regime da 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	Ág. Cons. Humano.
	NQA *	VMR ^{*1}	VMA ^{*2}	VLE ^{*3}	VP ^{*4}	VP ^{*5}
Arsénio (µg/L As)	10	100	10000	1000	10	10
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	0.5	--	--	10	--	--
Azoto Kjedahl (mg/L N)	--	--	--	--	--	--
Azoto total (mg/L N)	--	--	--	15	--	--
Bicarbonatos (mg/L HCO ₃)	--	--	--	--	--	--
Cádmio (µg/L Cd)	5	10	50	200	5	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	0.01
Cianetos (µg/L CN)	--	--	--	500	50	50
Cloretos (mg/L Cl)	250	70	--	--	250	--
Cobre (mg/L Cu)	--	0.2	5	1	2	2
Condutividade <i>in situ</i> (µs/cm)	2500	--	--	--	2500	--
Crómio Total (µg/L Cr)	--	100	20000	2000	50	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	20
Nitratos (mg/L NO ₃)	50	50	--	50	50	50

Parâmetro	PGRH RH8	Água para rega		Descarga ETAR	Ág. Cons. Humano	Ág. Cons. Humano.
	NQA *	VMR ^{*1}	VMA ^{*2}	VLE ^{*3}	VP ^{*4}	VP ^{*5}
Nitritos (mg/L NO ₂)	--	--	--	--	0.5	0.5
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	--	15	--	--
pH <i>in situ</i>	5.5-9	--	--	6.0-9.0	≥ 6.5 a ≤ 9	≥ 6.5 a ≤ 9
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--	--	--
Selénio (µg/L Se)	--	20	50	--	10	10
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	--	200	--
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	60	--	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	0
Enterococcus Enterococos (Número/100mL)	--	--	--	--	0	0
Esporos de clostrídios sulfitorreductores (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

*5 – Valor Paramétrico (VP) – Anexo I 152/2017

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

Tabela 8- Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a montante (PM1) para a campanha semestral do período de exploração (31/03/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.

	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Anexo I 152/2017
Arsénio ($\mu\text{g/L As}$)	--	--	--	--	--
Azoto amoniacal (mg/L NH_4)	OK	--	OK	--	--
Azoto Kjeldahl (mg/L N)	--	--	--	--	--
Azoto total (mg/L N)	--	--	OK	--	--
Bicarbonatos (mg/L HCO_3)	--	--	--	--	--
Cádmio ($\mu\text{g/L Cd}$)	--	--	--	--	--
Cálcio (mg/L Ca)	--	--	--	--	--
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	--	--	--	OK	OK
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O_2)	--	--	OK	--	--
Carência Química de Oxigénio (mg/L O_2)	--	--	--	--	--
Chumbo (mg/L Pb)	--	--	--	--	--
Cianetos ($\mu\text{g/L CN}$)	--	--	OK	OK	OK
Cloretos (mg/L Cl)	X	X-VMR	--	X	OK
Cobre (mg/L Cu)	--	--	--	--	--
Condutividade <i>in situ</i> ($\mu\text{S/cm}$)	OK	--	--	OK	--
Crómio Total ($\mu\text{g/L Cr}$)	--	--	--	--	--
Ferro ($\mu\text{g/L Fe}$)	--	--	--	--	--
Fosfatos (mg/L PO_4)	--	--	OK	--	--
Hidrocarbonetos totais (mg/L)	--	--	--	--	--
Magnésio (mg/L Mg)	--	--	--	--	--
Manganês ($\mu\text{g/L Mn}$)	--	--	--	--	--
Mercurio (mg/L Hg)	--	--	--	--	--
Níquel ($\mu\text{g/L Ni}$)	--	--	--	--	--
Nitratos (mg/L NO_3)	OK	OK	OK	OK	OK
Nitritos (mg/L NO_2)	--	--	--	OK	OK
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	--	--	--

	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Anexo I 152/2017
pH <i>in situ</i>	OK	--	OK	OK	OK
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--	--
Selénio (µg/L Se)	--	--	--	--	--
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	--	--
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	OK	--	--	--
Sulfatos (mg/L SO ₄)	--	--	--	--	--
Zinco (mg/L Zn)	--	--	--	--	--
Coliformes totais (Número/100mL)	--	--	--	--	--
<i>E. coli</i> (Número/100mL)	--	OK	--	X	X
Enterococcus Enterococos (Número/100mL)	--	--	--	X	X
Esporos de clostrídios sulfitorredutores (NMP/100mL)	--	--	--	--	--

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

"OK" - valor em conformidade com os critérios de qualidade.

"X" - valor não cumpre a norma em questão.

"X-VMR" - valor cumpre o VMA, mas não cumpre VMR (quando aplicável).

Tabela 9 - Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a jusante (PJ1) para a campanha semestral do período de exploração (31/03/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Annex I 152/2017
Arsénio (µg/L As)	--	--	--	--	--
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	OK	--	OK	--	--
Azoto Kjeldahl (mg/L N)	--	--	--	--	--
Azoto total (mg/L N)	--	--	--	--	--
Bicarbonatos (mg/L HCO ₃)	--	--	--	--	--
Cádmio (µg/L Cd)	--	--	--	--	--

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Annex I 152/2017
Cálcio (mg/L Ca)	--	--	--	--	--
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	--	--	--	OK	OK
Carência Bioquímica de Oxigênio (mg/L O ₂)	--	--	OK	--	--
Carência Química de Oxigênio (mg/L O ₂)	--	--	OK	--	--
Chumbo (mg/L Pb)	--	--	--	--	--
Cianetos (µg/L CN)	--	--	OK	OK	OK
Cloretos (mg/L Cl)	X	X-VMR	--	X	OK
Cobre (mg/L Cu)	--	--	--	--	--
Condutividade <i>in situ</i> (µs/cm)	X	--	--	X	OK
Crômio Total (µg/L Cr)	--	--	--	--	--
Ferro (µg/L Fe)	--	--	--	--	--
Fosfatos (mg/L PO ₄)	--	--	OK	--	--
Hidrocarbonetos totais (mg/L)	--	--	--	--	--
Magnésio (mg/L Mg)	--	--	--	--	--
Manganês (µg/L Mn)	--	--	--	--	--
Mercurio (mg/L Hg)	--	--	--	--	--
Níquel (µg/L Ni)	--	--	--	--	--
Nitratos (mg/L NO ₃)	OK	OK	OK	OK	OK
Nitritos (mg/L NO ₂)	--	--	--	OK	OK
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	--	--	--
pH <i>in situ</i>	OK	--	OK	OK	OK
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--	--
Selênio (µg/L Se)	--	--	--	--	--
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	--	--
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	OK	--	--	--
Sulfatos (mg/L SO ₄)	--	--	--	--	--
Zinco (mg/L Zn)	--	--	--	--	--
Coliformes totais (Número/100mL)	--	--	--	--	--

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Annex I 152/2017
<i>E. coli</i> (Número/100mL)	--	OK	--	Limite Detecção <10	X
Enterococcus Enterococos (Número/100mL)	--	--	--	X	X
Esporos de clostrídios sulfitorreductores (NMP/100mL)	--	--	--	--	--

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

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

“X” – valor não cumpre a norma em questão.

“X-VMR” - valor cumpre o VMA, mas não cumpre VMR (quando aplicável).

Analogamente ao que foi feito para a campanha semestral referente ao primeiro ano de exploração, apresentam-se nas Tabela 10 (PM1) e Tabela 11 (PJ1) a comparação dos resultados obtidos com a os critérios identificados na Tabela 7 para os pontos de monitorização a montante e a jusante, respectivamente.

Tabela 10 - Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a montante (PM1) para a campanha anual do período de exploração (18/09/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Annex I 152/2017
Arsénio (µg/L As)	OK	OK	OK	OK	OK
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	OK	--	OK	--	--
Azoto Kjeldahl (mg/L N)	--	--	--	--	--
Azoto total (mg/L N)	--	--	OK	--	--
Bicarbonatos (mg/L HCO ₃)	--	--	--	--	--
Cádmio (µg/L Cd)	OK	OK	OK	OK	OK
Cálcio (mg/L Ca)	--	--	--	--	--
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	--	--	--	OK	OK
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	--	--	OK	--	--
Carência Química de Oxigénio (mg/L O ₂)	--	--	--	--	--
Chumbo (mg/L Pb)	OK	OK	OK	OK	OK

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Annex I 152/2017
Cianetos (µg/L CN)	--	--	OK	OK	OK
Cloretos (mg/L Cl)	OK	X-VMR	--	OK	OK
Cobre (mg/L Cu)	--	OK	OK	OK	OK
Condutividade <i>in situ</i> (µs/cm)	OK	--	--	OK	--
Crômio Total (µg/L Cr)	--	OK	OK	OK	OK
Ferro (µg/L Fe)	--	OK	OK	OK	OK
Fosfatos (mg/L PO ₄)	--	--	OK	--	--
Hidrocarbonetos totais (mg/L)	--	--	--	--	--
Magnésio (mg/L Mg)	--	--	--	--	--
Manganês (µg/L Mn)	--	OK	OK	OK	OK
Mercurio (mg/L Hg)	OK	--	OK	OK	OK
Níquel (µg/L Ni)	--	OK	OK	OK	OK
Nitratos (mg/L NO ₃)	OK	OK	OK	OK	OK
Nitritos (mg/L NO ₂)	--	--	--	OK	OK
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	--	--	--
pH <i>in situ</i>	OK	--	OK	OK	OK
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--	--
Selênio (µg/L Se)	--	OK	--	OK	OK
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	OK	OK
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	OK	--	--	--
Sulfatos (mg/L SO ₄)	OK	OK	OK	OK	OK
Zinco (mg/L Zn)	--	OK	--	--	--
Coliformes totais (Número/100mL)	--	--	--	--	--
<i>E. coli</i> (Número/100mL)	--	OK	--	X	X
Enterococcus Enterococos (Número/100mL)	--	--	--	X	X
Esporos de clostrídios sulfitorredutores (NMP/100mL)	--	--	--	--	--

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

"OK" - valor em conformidade com os critérios de qualidade.

“X” – valor não cumpre a norma em questão.

“X-VMR” - valor cumpre o VMA, mas não cumpre VMR (quando aplicável).

Tabela 11 - Comparação dos resultados obtidos para o ponto de controle a jusante (PJ1) para a campanha anual do período de exploração (18/09/2019) com os critérios de qualidade identificados na Tabela 7.

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Annex I 152/2017
Arsénio (µg/L As)	OK	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 HCO ₃)	--	--	--	--	--
Cádmio (µg/L Cd)	OK	OK	OK	OK	OK
Cálcio (mg/L Ca)	--	--	--	--	--
Carbono Orgânico Total (mg/L C)	--	--	--	OK	OK
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	--	--	OK	--	--
Carência Química de Oxigénio (mg/L O ₂)	--	--	OK	--	--
Chumbo (mg/L Pb)	X	OK	OK	X	X
Cianetos (µg/L CN)	--	--	OK	OK	OK
Cloretos (mg/L Cl)	X	X-VMR	--	X	OK
Cobre (mg/L Cu)	--	OK	OK	OK	OK
Condutividade <i>in situ</i> (µs/cm)	X	--	--	X	OK
Crómio Total (µg/L Cr)	--	OK	OK	OK	OK
Ferro (µg/L Fe)	--	OK	OK	OK	OK
Fosfatos (mg/L PO ₄)	--	--	OK	--	--
Hidrocarbonetos totais (mg/L)	--	--	--	--	--
Magnésio (mg/L Mg)	--	--	--	--	--
Manganês (µg/L Mn)	--	X-VMR	OK	X	OK

Parâmetro	PGRH	Rega	VLE ETAR	Consumo Humano	Consumo Humano
	NQA	Anexo XVI 236/98	Anexo XVIII 236/98	Anexo I 306/2007	Annex I 152/2017
Mercúrio (mg/L Hg)	OK	--	OK	OK	OK
Níquel (µg/L Ni)	--	OK	OK	OK	OK
Nitratos (mg/L NO ₃)	OK	OK	OK	OK	OK
Nitritos (mg/L NO ₂)	--	--	--	OK	OK
Óleos e gorduras (mg/L)	--	--	--	--	--
pH <i>in situ</i>	OK	--	OK	OK	OK
Potássio (mg/L K)	--	--	--	--	--
Selénio (µg/L Se)	--	OK	--	OK	OK
Sódio (mg/L Na)	--	--	--	X	OK
Sólidos suspensos totais (mg/L)	--	OK	--	--	--
Sulfatos (mg/L SO ₄)	X	X-VMR	OK	X	OK
Zinco (mg/L Zn)	--	OK	--	--	--
Coliformes totais (Número/100mL)	--	--	--	--	--
<i>E. coli</i> (Número/100mL)	--	OK	--	X	X
Enterococcus Enterococos (Número/100mL)	--	--	--	X	X
Esporos de clostrídios sulfitorredutores (NMP/100mL)	--	--	--	--	--

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

"OK" - valor em conformidade com os critérios de qualidade.

"X" - valor não cumpre a norma em questão.

"X-VMR" - valor cumpre o VMA, mas não cumpre VMR (quando aplicável).

5.3 Discussão dos resultados

Analisam-se de seguida os resultados obtidos, com uma primeira subsecção focando as considerações principais discutidas durante o relatório referente a fase de construção e uma segunda subsecção a focar na discussão dos resultados obtidos durante a fase de exploração.

5.3.1 Fase de construção / Fase de exploração – Estado de referência

No presente sub-capítulo resumem-se as principais considerações referentes à qualidade da água das amostras analisadas durante a fase de exploração comparando-as com os valores encontrados no período de Construção/ estado de referência da fase de exploração.

Foi focado no Relatório anterior que no ponto de *PM1* se tinham verificado valores do parâmetro de Coliformes totais elevados quando comparado com os valores médios históricos neste ponto, registados no SNIRH. Durante as campanhas efectuadas para a fase de exploração, este parâmetro apresentou uma diminuição drástica em Março (para 291 Número/100ml), voltando a aumentar em Setembro (para 2420 número/100ml). O máximo histórico registado neste ponto de acordo com dados do SNIRH é de 2800 UFC/100ml. Como referido durante o relatório referente ao período de Construção, 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 aparenta haver relação entre os valores elevados destes parâmetros com as obras de expansão e funcionamento da ETAR.

Quanto ao *PJ1* verificou-se a ocorrência de valores elevados de **Cloretos, Sulfatos, Chumbo e Condutividade eléctrica** e superiores às Normas de Qualidade Ambiental. Os valores elevados de Cloretos e e Condutividade eléctrica estão relacionados com facto do *PJ1* conter uma mistura de água doce e água do mar, conforme foi referido anteriormente. No caso dos Sulfatos, a influência da água do mar também pode contribuir para os valores elevados registados em parte, no entanto, as proporções deste parâmetro com o sódio e os cloretos são superiores ao que seria de esperar numa água com composição típica da água do mar, pelo que se recomendou atenção particular a este parâmetro em futuras análises e comparação do mesmo com os valores de efluente de ETAR.

No que respeita ao parâmetro Chumbo, este não corresponde a um dos principais iões da água do mar, nem é comum a sua ocorrência em águas subterrâneas. A ocorrência de Chumbo em águas subterrâneas pode estar 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 para o período de Fevereiro e Março de 2019, a concentração de chumbo encontrava-se constantemente 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. De acordo com as recomendações realizadas no relatório de monitorização durante a fase de construção, verificou-se que o parâmetro Chumbo apresentou uma diminuição de 0.025 mg/L para 0.02 mg/L (campanha anual do primeiro ano da fase de exploração). Apesar da diminuição observada, o valor mantém-se superior à Norma de qualidade Ambiental para águas subterrâneas (0.01 mg/L).

5.3.2 Discussão dos resultados obtidos durante a fase de exploração

De acordo com os resultados obtidos durante a fase de exploração (capítulo 5.1), e da comparação com as normas de qualidades apresentados no subcapítulo anterior (*PM1* – Tabela 8 e Tabela 10; *PJ1* – Tabela 9 e Tabela 11) continuam a verificar-se algumas inconformidades que irão ser focadas de seguida.

PM1 - Ponto de monitorização Montante

No que respeita ao ponto de controlo a montante, *PM1*, à semelhança do que sucedeu durante a fase de construção, constatam-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. Os parâmetros microbiológicos à excepção dos Coliformes fecais, apresentam uma tendência decrescente até Setembro de 2019 (fase anual). 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 exploração decrescem de 37 UFC/100ml (Março) para 9 UFC/100ml (Setembro) situando-se sempre abaixo do máximo registado pelo SNIRH (e no caso da campanha de Setembro, abaixo do valor médio). No que respeita ao parâmetro *Enterococcus faecalis*, este evolui de 62 para 6 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 Parâmetro Coliformes fecais apresenta um decréscimo acentuado desde a fase de construção (Fevereiro 2019), com 2420 UFC/100ml, para a campanha semestral da fase de exploração (Março 2019), na qual se registaram 291 UFC/100ml, mas volta a aumentar para os valores de referência na campanha anual (Setembro de 2019), com 2420 UFC/100ml. Este mesmo padrão replica-se também para o *PJ1*, com um elevado decréscimo na campanha de Março e um drástico aumento novamente em Setembro de 2019. Quando comparado com os valores de cloretos para o *PM1*, verifica-se um aumento de cloretos de Fevereiro para Março com uma nova diminuição em Setembro (de 78.33-387.5-98.69 mg/L). Este poderá ser um indício de que algum desinfetante possa ter sido adicionado ao poço.

De uma forma geral, os valores elevados registados para o *PM1* estão relacionados com o facto deste ponto estar 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, como já referido, este apresenta um aumento desde a fase de construção (Fevereiro 2019) até à campanha semestral realizada em Março 2019, nomeadamente de 78 mg/L para 387.5 mg/L, voltando a apresentar um decréscimo durante a campanha anual (Setembro 2019) para 98.69 mg/L. A Norma de Qualidade Ambiental para este parâmetro é de 250 mg/L, pelo que o valor registado em Março de 2019 ultrapassa este critério de qualidade. Como já referido anteriormente, este comportamento poderá estar associado com algo que possa ter sido adicionado ao poço como desinfetante à base de cloro, que possa ter contribuído para o aumento da concentração de cloreto. Este aumento pode ainda ter sido

potenciado pelo facto do ano hidrológico de 2018/19 ser caracterizado por um ano com baixa precipitação e em particular a baixa precipitação ocorrida durante o mês de Março de 2019 (cerca de 10 mm em Março, de acordo com os dados da DRAP – Estação do Patacão -Figura 46)

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 e um máximo de 84 mg/L, pelo que se pode constatar que o valor registado em Março de 2019 se encontra muito acima da média registada para este ponto de acordo com o histórico de medições.

No que refere aos restantes parâmetros analisados, verifica-se que alguns metais apresentam um aumento de concentração (Chumbo, Cobre, Ferro, Manganês, Níquel, Selénio e Zinco), na sua maioria pouco ligeiro, com excepção do Manganês, que aumenta de 0.55 µg/L para 6.97 µg/L entre o período de referência/fase de construção (Fevereiro 2019) e a campanha anual (Setembro de 2019). A fraca precipitação ocorrida durante o ano hidrológico 2018/19 e correspondente decréscimo dos níveis piezométricos pode, até certo ponto explicar este aumento de concentração.

Comparando estes a concentração destes metais com os registos históricos no SNIRH para este ponto, verifica-se que:

- **Chumbo** – O valor médio registado no SNIRH, com base em 3 amostras (último registo de 2015), é de 1.2 µg/L com um máximo de 2.6 µg/L, pelo que o valor registado em Setembro de 2019, 2.74 µg/L está ligeiramente acima do máximo registado no SNIRH.

- **Cobre** – O valor médio registado no SNIRH, com base em 2 amostras (último registo de 2014), é de 0.012 mg/L com um máximo de 0.013 mg/L, pelo que o valor registado em Setembro de 2019, 0.036 mg/L está ligeiramente acima do máximo registado no SNIRH.

- **Ferro** – O valor médio registado no SNIRH, com base em 18 amostras (último registo de 2013), é de 0.09 mg/L com um máximo de 0.81 mg/L, pelo que o valor registado em Setembro de 2019, 0.1182 mg/L está bastante próximo do valor médio registado no SNIRH.

- **Manganês** – O valor médio registado no SNIRH, com base em 14 amostras (último registo de 2014), é de 7 µg/L com um máximo de 10 µg/L, pelo que o valor registado em Setembro de 2019, 6.97 µg/L está bastante próximo do valor médio registado no SNIRH.

- **Níquel** – Relativamente ao Níquel, não há registos no SNIRH para o *PM1* que permitam a sua comparação com o estado de referência, pelo que se considera a análise referente à fase de construção como o valor de referência, que corresponde a 0.467 µg/L. Desta forma, o valor registado em Setembro de 2019 apresenta um aumento de concentração para aproximadamente o dobro do estado de referência, nomeadamente, 0.929 µg/L.

- **Selénio** – Relativamente ao Selénio, não há registos no SNIRH para o *PM1* que permitam a sua comparação com o estado de referência, pelo que se considera a análise referente à fase de construção como o valor de referência, que corresponde a 1.883 µg/L. Desta forma, o valor registado em Setembro de 2019 apresenta um aumento de concentração significativo em comparação com o estado de referência, nomeadamente, 5 µg/L.

- **Zinco** – O valor médio registado no SNIRH, com base em 2 amostras (último registo de 2014), é de 21 mg/L com um máximo de 22 mg/L, pelo que o valor registado em Setembro de 2019, 0.05 mg/L está bastante abaixo do valor médio registado no SNIRH.

Adicionalmente, ao comparar os dados obtidos com dados do efluente da ETAR, verifica-se que para os parâmetros Chumbo, Cobre, Níquel e Zinco, os valores do efluente estão abaixo do limite de detecção ou em concentrações bastante reduzidas. Quanto aos parâmetros Ferro, Manganês e Selénio, não são analisados no efluente da ETAR, pelo que não é possível identificar possíveis relações entre as variações detectadas no PM1 e o efluente da ETAR, respectivamente a estes parâmetros. Recomenda-se a análise destes parâmetros no efluente da ETAR para garantir que não está a ocorrer nenhuma contaminação pontual ou sistemática que possa contribuir para o seu aumento.

No que respeita aos principais nutrientes, não se verificaram oscilações importantes.

PJ1 - Ponto de monitorização Jusante

Como no 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.

No que respeita às NQA, verificam-se inconformidades relativamente aos parâmetros Chumbo, Cloretos, Condutividade eléctrica e Sulfatos. À excepção do chumbo, estes parâmetros estão associados ao contacto com a água do mar que está presente no poço.

Como já foi mencionado no Relatório anterior, no caso dos 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”*.

Recomendou-se por isso, que fossem realizadas análises ao efluente de descarga da ETAR no sentido de apurar se esta poderá ser a fonte de sulfatos referida. Contudo, o PJ1 corresponde num poço de largo diâmetro, aberto, pelo que poderá estar sujeito a outras fontes de contaminação.

Quanto ao parâmetro **chumbo** detectou-se um valor de 0.025 mg/L durante a fase de construção (Fevereiro 2019) que decresceu ligeiramente para 0.02 mg/L durante a fase de exploração – Campanha anual (Setembro 2019). Ambos estes valores são superiores 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, o chumbo 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.

No que respeita aos restantes metais, registou-se um aumento considerável entre a fase de Construção e a fase de exploração – campanha anual, tanto de Magnésio, como de Manganês. No caso do Magnésio, esse aumento é de 635 mg/L para 807 mg/L, enquanto que para o Manganês é de 420 µg/L para 568 µg/L. A influência das oscilações da maré no PJ1, responsáveis pela grande variação da salinidade no PJ1, parece estar também na origem da forte flutuação dos valores da concentração de Magnésio (um dos principais constituintes da água do mar), neste piezómetro.

Quanto ao manganês, a origem do aumento deste parâmetro é por enquanto desconhecida, aconselhando-se que nas futuras campanhas de monitorização do projecto se dê uma maior atenção a este parâmetro.

Os restantes metais não apresentam alterações importantes, excepto para o caso do Crómio, que apresenta uma diminuição relevante desde a fase de construção (40 µg/L) para a fase de exploração – Campanha anual (5 µg/L).

No que respeita aos parâmetros microbiológicos, não se registam oscilações importantes, excepto para o caso dos coliformes totais. À semelhança do que sucede para o *PM1*, a variação de Coliformes totais apresenta uma diminuição significativa da fase de (Fevereiro 2019) construção até à fase de exploração – Campanha semestral (Março 2019), voltando a registar um aumento bastante significativo durante a campanha anual (Setembro 2019), respectivamente, 1120, 161 e 2600 UFC/100mL.

No que respeita aos principais nutrientes, à semelhança do que sucede no *PM1*, não se verificam oscilações significativas.

6. Conclusão

O presente documento refere-se à componente das águas subterrâneas do 1º ano de monitorização da fase de exploração 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.

Este é o segundo relatório monitorização de águas subterrâneas (num total de 4), sendo o primeiro referente à fase de construção e à definição do estado de referência da fase de exploração. No presente relatório 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, apresentaram-se os resultados de qualidade de água obtidos durante o primeiro ano da fase de exploração. Os resultados obtidos foram analisados de acordo com as ferramentas legais em vigor, com particular enfoque nas Normas de Qualidade Ambiental identificadas no 2º ciclo do Plano de Gestão de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Algarve. A análise dos resultados baseou-se nas inconformidades detectadas com a NQA e as principais oscilações detectadas 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, em particular para o ponto de monitorização mais a jusante *PJ1*. Adicionalmente, detectaram-se aumentos consideráveis dos parâmetros Magnésio e Manganês a Jusante. No caso do magnésio, um dos principais constituintes da água do mar, este aumento está certamente associado ao efeito da maré, uma vez que este ponto está em contacto com água do mar. Quanto ao manganês, a origem deste aumento é desconhecida, pelo que se chama a atenção para a necessidade de um acompanhamento mais atento destes parâmetros no futuro, tanto por parte da equipa de monitorização de águas subterrâneas, como por parte da análise do efluente da ETAR.

Apesar de se terem detectado outros parâmetros com valores elevados e em não conformidade, de acordo com os critérios legais referidos, estes poderão ter tido outra origem que não a da ETAR e estarem relacionados com a localização dos pontos identificados, como é o caso das elevadas concentrações de cloretos e sódio identificadas no ponto de monitorização a jusante, afectado por água do mar. O mesmo se poderá dizer sobre a origem do alto teor de contaminação microbiológica, identificada no ponto de monitorização 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 vizinhança (aquíferos Campina de Faro e Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento).

7. Bibliografia

- Almeida C, Mendonça J L, Jesus M R, Gomes A J, 2000 *Aquifer Systems of Mainland Portugal*. Lisbon: INAG.
- Appelo T and Postma D, 2005 *Geochemistry, Ground Water and Pollution. Second Edition*. Second Edition. Balkema Publishers A.A.
- Domenico, P A and Schwartz F W, 1990 *Physical and chemical hydrogeology*. Ed Second. 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.
- Miranda, P., Coelho, F.E.S., Tomé, A.R., Valente, M.A., 2002. 20th century Portuguese climate and climate scenarios. In: Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. SIAMproject, pp. 23–83.
- 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

ACORDO ESPECÍFICO DE COLABORAÇÃO ENTRE A AdA E A UALG

Componente: Monitorização da Fauna
Bentónica

Coordenação: Luís Chícharo e Alexandra Teodósio

Equipa: Francisco Leitão e Pedro Sousa

Universidade do Algarve Setembro de 2020

Índice

Preâmbulo	3
1. Introdução	4
2. Amostragem e processamento dos dados	4
3. Resultados	5
3.a) Caracterização das estações de amostragem	5
3.b) Caracterização do efeito da descarga da ETAR nas comunidades macrobentónicas	6
3.b.1 - abundância e biomassa	6
3.b.2 - índices de diversidade taxonómica	7
3.b.3 - análise software PRIMER	8
3.c) Análise de impactos nas comunidades macrobentónicas	13
3.c.1 - índice AMBI	13
3.c.2 –índice M-AMBI	16
4. Conclusões (amostragem ano 2020)	17
5. Evolução das comunidades da macrofauna bentónica: amostragem de 2019 vs 2020	18
6. Referências	19
7. Anexo I - lista de taxa e classificação AMBI	20

Preâmbulo

Tendo em atenção os comentários da APA relativamente ao nível de identificação taxonómica apresentado no relatório do ano transato, de facto, não foi efetuada uma identificação até ao nível da espécie. Com efeito, a identificação até ao nível da espécie exige um esforço de trabalho laboratorial e especialistas em vários grupos taxonómicos o que, por um lado não é compatível com a entrega do relatório em menos de três meses após as recolhas e, por outro lado, sobretudo não traz benefícios em termos do objetivo do estudo, que é o da avaliação do eventuais impactos causados pela descarga da ETAR. Apesar disso, na amostragem deste ano, 2020, procedeu-se à identificação de 51% dos indivíduos até ao nível da espécie, sendo os restantes *taxa* identificados, sobretudo, até ao nível do género.

Para os objetivos do projeto, a bibliografia disponível evidencia que níveis taxonómicos acima da espécie, como família e género, oferecem informação suficiente relativamente à resposta das comunidades bentónicas a perturbações de origem antropogénica (Somerfield and Clarke, 1995; Ferraro and Cole, 1990; Dauvin et al., 2013). Alguns estudos, inclusivamente, usam análises multivariadas e univariadas para comparar os resultados obtidos com identificações ao nível da espécie com identificações ao nível da família, e comprovaram que não existia um ganho substancial nas análises com identificação feita até ao nível da espécie (Forde et al., 2013; Warwick, 1988a, b; Soares-Gomes et al., 2012), o que não compensa o esforço e tempo requeridos.

Dauvin, J. ., Gomez Gesteira, J. ., & Salvande Fraga, M. (2003). Taxonomic sufficiency: an overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, 46(5), 552–555.

Forde, J., Shin, P. K., Somerfield, P. J., & Kennedy, R. M. (2013). M-AMBI derived from taxonomic levels higher than species allows Ecological Status assessments of benthic habitats in new geographical areas. *Ecological Indicators*, 34, 411–419.

Soares-Gomes, A., Mendes, C. L. T., Tavares, M., & Santi, L. (2012). Taxonomic sufficiency of polychaete taxocenes for estuary monitoring. *Ecological Indicators*, 15(1), 149–156.

Somerfield, Paul & Clarke, K.. (1995). Taxonomic levels in marine community studies, Revisited. *Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER.* 127. 113-119. 10.3354/meps127113.

S.P. Ferraro, and F.A. Cole, 1995. Taxonomic level and sample size sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos-revisited. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14, , 1031-1040.

Warwick, R. M. (1988a). The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 19(6), 259–268.

Warwick RM (1988b) Analysis of community attributes of the macrobenthos of Frierfjord/Langesindfjord at taxonomic levels higher than species. *Mar Ecol Prog Ser* 46:167–170

1.Introdução

As zonas de sapal, tal como na Ria Formosa, representam um ecossistema com elevado valor em termos de biodiversidade e produtividade, suportando vários serviços económicos de relevância social, como a produção de bivalves, a pesca ou o turismo. Estas características do sistema e as actividades relacionadas, requerem que as condições ambientais do sistema sejam adequadas. Nesta perspectiva, assegurar uma boa qualidade ambiental da Ria formosa é indiscutível, pelo que reduzir os impactos antropogénicos sobre o sistema é fundamental.

Dos vários grupos de organismos presentes neste tipo de ecossistemas, os macroinvertebrados bentónicos, por apresentarem uma elevada diversidade taxonómica, habitarem no/ou junto ao sedimento, terem mobilidade reduzida e tipicamente terem ciclos de vida curtos, permitem identificar rapidamente alterações na estrutura das comunidades, pelo que representam bons indicadores de impactos cumulativos nos ecossistemas bentónicos.

2. Amostragem e processamento dos dados

Para a monitorização da macrofauna bentónica na perspectiva da avaliação do impacto da descarga da ETAR de Faro nas comunidades bentónicas, 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 4 de Junho de 2020, nas quatro estações (Fig. 1) definidas no caderno de encargos: estação 7, 8, 9 e 5, progressivamente mais afastadas do ponto de descarga da ETAR.



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

As colheitas de macrofauna foram efetuadas 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 recolhidos cinco replicados em cada estação (aprox. 26 litros). As amostras foram previamente crivadas no local com um saco de rede de malha de 500 µm, para redução do volume de sedimento a transportar para o laboratório. De cada replicado em cada estação foi retirada uma amostra de sedimento (aproximadamente 100 g) 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. 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) para a determinação da biomassa, 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 mais específicos.

As amostras de sedimento foram crivadas por 250 μm , separando assim areias finas e vasa, de forma a avaliar a deposição e transporte dos sedimentos aos quais os taxa bentónicos estão associados.

Para determinar o teor de matéria orgânica no sedimento, 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, tendo sido calculado o peso seco livre de cinzas da matéria orgânica, pela diferença entre o peso obtido na estufa e após queima na mufla.

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).

3. Resultados

3.a) Caracterização das estações de amostragem

As estações de amostragem, acordadas com as Águas do Algarve, foram as 7, 8, 9 e 5, ordenadas a distâncias crescentes da zona de descarga da ETAR (a 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 vasoso e campos de *Zostera*. Os pontos 7 e 8 são muito semelhantes em termos de composição do sedimento, apresentando ambos os locais substrato muito vasoso e uma densidade de vegetação muito reduzida. A estação 9 apresenta substrato maioritariamente arenoso, e encontra-se num local onde é realizada cultura extensiva de ostra.

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 teor de matéria orgânica no sedimento, nos diversos pontos de amostragem variou entre 0,46% e 7,76% (Fig. 2). À semelhança do ano passado, a estação 5 apresentou valores mais elevados que as restantes estações, o que se atribui à presença de vegetação (*Zostera*) no local.

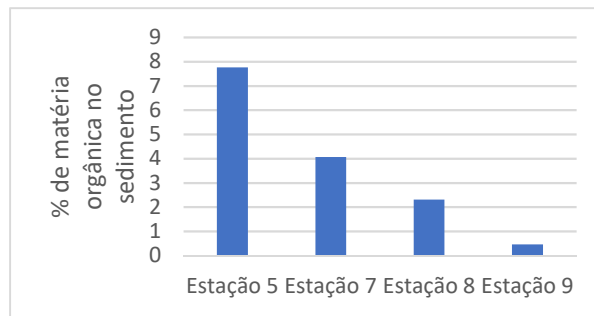


Figura 2 – Valores da fração orgânica no sedimento, nas várias estações amostradas. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

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

3.b.1 – abundância e biomassa

Após o processo de triagem verificou-se que as estações são semelhantes entre si relativamente ao número de indivíduos e *taxa* presentes, sendo que o número de indivíduos variou entre 170 indiv. (estação 9), e 210 indiv. (estação 7), e o número de taxa entre 18 (estação 7) e 28 (estação 8) (Fig. 3). A correspondente densidade para cada local (Fig. 4), ou seja, o número de indivíduos por metro quadrado, variou entre 1925 indiv./m² (estação 9) e 2378 indiv./m² (estação 7).

Verificou-se que a estação mais próxima ao ponto de descarga, (estação 7), apresentou o número de indivíduos mais elevado e o valor mais reduzido do número de *taxa*.

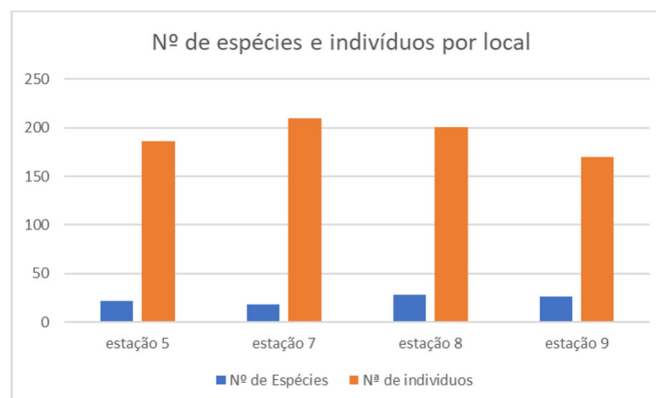


Figura 3 – Número total de espécies e de indivíduos recolhidos nas várias estações de amostragem. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.



Figura 4 – Densidade de organismos por local de colheita (Nº de indivíduos/m²). Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

3.b.2 – índices de diversidade taxonómica

De modo a analisar estrutura da comunidade e de diferenças na distribuição do número de indivíduos pelos vários *taxa*, entre as várias estações de amostragem, usou-se o índice de diversidade de Shannon-Wiener (Fig. 5). Os resultados mostram que as estações 5 e 7 apresentam os valores mais baixos de diversidade (2,06 e 2,05, respetivamente) e a maior diversidade foi encontrada na estação 8. Resultados na mesma linha são também evidenciados pelo cálculo do índice de Margalef (Fig. 6), que indica valores de diversidade mais reduzidos na estação 7, e valores mais elevados na estação 8.

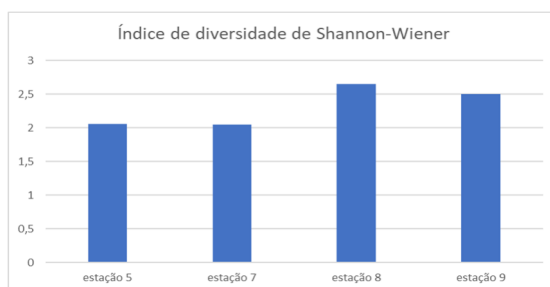


Figura 5 – Índice de diversidade de Shannon-Wiener para as várias estações de amostragem. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

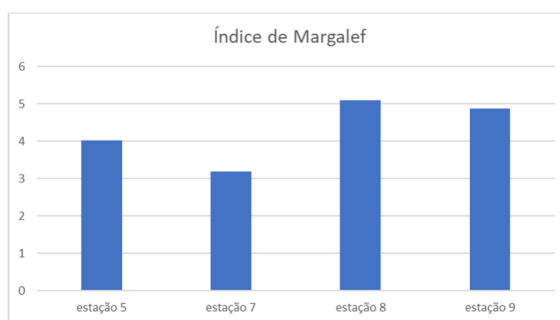


Figura 6 – Índice de Margalef para as várias estações de amostragem. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

Em termos da distribuição dos indivíduos pelas várias espécies (índice de equitabilidade de Pielou), os resultados mostram que na estação 5 ocorrem os valores mais reduzidos, e os mais elevados verificam-se na estação 8 (Fig. 7). Estes resultados obtidos para a estação 5 devem-se ao facto de existirem dois *taxa* dominantes (*Bittium reticulatum* e *Capitella* sp.) neste local de amostragem, cujo conjunto de indivíduos representa mais de 50% da amostra.

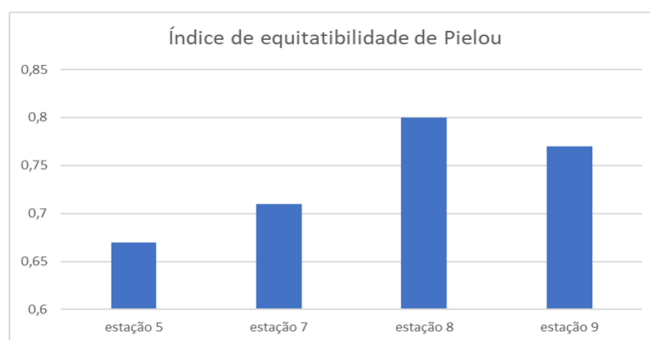


Figura 7 – Índice de equitabilidade para as várias estações de amostragem. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

O índice de diversidade de Simpson (Fig. 8) que evidencia a presença de *taxa* dominantes nas amostras, variou, como seria de esperar, de forma inversa aos valores do índice de equitabilidade de Pielou.

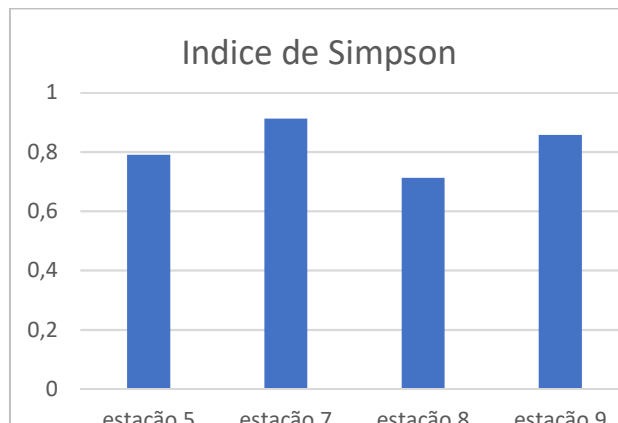


Figura 8 – Índice de diversidade de Simpson para as várias estações de amostragem. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

Os resultados evidenciam que a diversidade, calculada por estes índices, foi de um modo geral, mais elevada na estação 8 e menor na estação 5, a mais afastada do ponto de descarga.

3.b.3 – análise pelo software PRIMER

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. 9). Os resultados evidenciam diferenças entre a estação 7 (o local mais perto do ponto de descarga), e a estação 9 (o segundo ponto mais afastado do ponto de descarga). As estações 5 e 8 surgem numa posição intermédia, com maior semelhança na composição taxonómica e abundância dos vários *taxa*.



Figura 9 – Multidimensional scaling plot (MDS) da abundância de *taxa* pelas várias estações de amostragem. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

O mesmo tipo de ordenação das estações de amostragem pode ser observado na análise por Clusters (fig. 10).

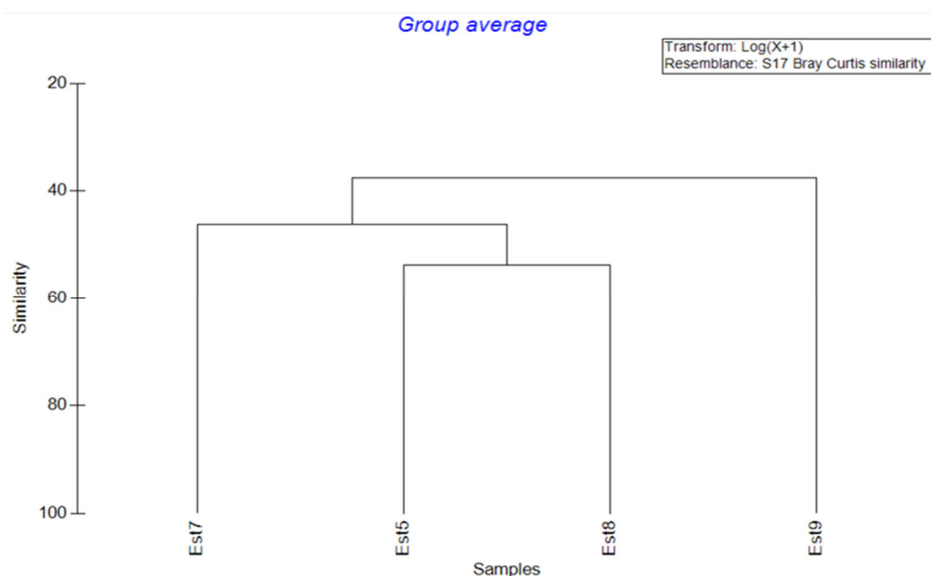


Figura 10 – Gráfico de clusters, evidenciando a maior similaridade entre as estações. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

Para avaliar quais os *taxa* que estão na base das diferenças encontradas, efetuou-se uma análise com a routine SIMPER, no software PRIMER v.6, cujos resultados podem ser observados nas tabela seguintes (Tabela I), que comparam os pares de estações de amostragem, e indicam os *taxa* mais responsáveis pelas diferenças entre elas, bem como a contribuição percentual para as diferenças encontradas entre cada par de estações analisados.

Tabela I – Resultados da rotina SIMPER (Primer v.6) indicando os *taxa* responsáveis pelas diferenças (dissimilarity) entre as estações 7 (E7), 8 (E8), 9 (E9) e 5 (E5). Considerou-se o limite de 50% para o corte da contribuição cumulativa dos vários *taxa*.

Groups E5 & E7

Average dissimilarity = 49,93

	Group E5	Group E7			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Corophium sp	0	1,71	2,81	5,62	5,62
Notomastus sp	1,66	0	2,72	5,45	11,07
Hediste diversicolor	1,58	0	2,59	5,19	16,25
Nephtys sp	1,52	0	2,49	4,99	21,24
Idotea sp	1,43	0	2,34	4,69	25,94
Mellina sp.	1,43	0	2,34	4,69	30,63
Microdeutopus sp	0	1,43	2,34	4,69	35,32
Nephtyidae sp	1,43	0	2,34	4,69	40,02
Pariambus typicus	1,43	0	2,34	4,69	44,71
Ampelisca sp	1,26	0	2,06	4,13	48,84

Ampharetidae sp	0	1,26	2,06	4,13	52,98
-----------------	---	------	------	------	-------

Groups E5 & E8

Average dissimilarity = 44,85

	Group E5	Group E8			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Mesalia Brevialis	0	1,95	2,57	5,73	5,73
Maldanidae sp.	0	1,92	2,53	5,65	11,38
Pista sp.	0	1,75	2,3	5,14	16,52
Ampharetidae sp	0	1,58	2,08	4,63	21,15
Hediste diversicolor	1,58	0	2,08	4,63	25,78
Terebellidae sp	0	1,58	2,08	4,63	30,42
Cerastoderma edule	0	1,52	2	4,46	34,88
Paphia aurea	0	1,52	2	4,46	39,33
Solen marginatus	0	1,52	2	4,46	43,79
Cirratulidae sp	1,43	0	1,88	4,19	47,99
Corbula gibba	0	1,43	1,88	4,19	52,18

Groups E7 & E8

Average dissimilarity = 53,94

	Group E7	Group E8			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Cirratulidae sp	1,96	0	2,78	5,15	5,15
Mesalia Brevialis	0	1,95	2,77	5,13	10,27
Notomastus sp	0	1,81	2,58	4,78	15,05
Pista sp.	0	1,75	2,48	4,6	19,65
Corophium sp	1,71	0	2,42	4,5	24,14
Terebellidae sp	0	1,58	2,24	4,15	28,29
Cerastoderma edule	0	1,52	2,15	3,99	32,28
Paphia aurea	0	1,52	2,15	3,99	36,27
Pariambus typicus	0	1,52	2,15	3,99	40,26
Solen marginatus	0	1,52	2,15	3,99	44,25
Microdeutopus sp	1,43	0	2,02	3,75	48,01
Ampelisca sp	0	1,26	1,78	3,31	51,31

Groups E5 & E9

Average dissimilarity = 64,70

	Group E5	Group E9			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Diopatra marocensis	0	1,96	2,71	4,19	4,19
Mesalia Brevialis	0	1,94	2,68	4,14	8,33
Mellina palmata	1,83	0	2,53	3,91	12,24
Corophium sp	0	1,75	2,42	3,74	15,98
Maldanidae sp.	0	1,73	2,39	3,7	19,68
Capitellidae sp	1,68	0	2,33	3,6	23,28

Notomastus sp	1,66	0	2,29	3,54	26,82
Nephtys hombergii	1,62	0	2,24	3,47	30,29
Aoridae sp	0	1,58	2,18	3,37	33,66
Hediste diversicolor	1,58	0	2,18	3,37	37,03
Loripes orbiculatus	0	1,58	2,18	3,37	40,4
Paphia aurea	0	1,58	2,18	3,37	43,78
Tanaidae sp	0	1,58	2,18	3,37	47,15
Diogenes pugilator	0	1,52	2,1	3,24	50,39

Groups E7 & E9

Average dissimilarity = 65,51

	Group E7	Group E9			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Diopatra marocensis	0	1,96	2,93	4,47	4,47
Mesalia Brevialis	0	1,94	2,9	4,42	8,89
Capitellidae sp	1,78	0	2,66	4,06	12,95
Aoridae sp	0	1,58	2,36	3,6	16,55
Loripes orbiculatus	0	1,58	2,36	3,6	20,15
Paphia aurea	0	1,58	2,36	3,6	23,75
Tanaidae sp	0	1,58	2,36	3,6	27,35
Diogenes pugilator	0	1,52	2,27	3,46	30,81
Hexaplex trunculus	0	1,52	2,27	3,46	34,27
Mellina palmata	1,52	0	2,27	3,46	37,73
Nassarius incrassatus	0	1,52	2,27	3,46	41,2
Nephtys hombergii	1,52	0	2,27	3,46	44,66
Ampelisca sp	0	1,43	2,13	3,26	47,91
Lumbrineridae sp	0	1,43	2,13	3,26	51,17

Groups E8 & E9

Average dissimilarity = 51,06

	Group E8	Group E9			
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
Diopatra marocensis	0	1,96	2,39	4,69	4,69
Capitellidae sp	1,94	0	2,38	4,65	9,34
Notomastus sp	1,81	0	2,22	4,35	13,69
Mellina palmata	1,79	0	2,19	4,29	17,98
Corophium sp	0	1,75	2,14	4,18	22,16
Pista sp.	1,75	0	2,14	4,18	26,34
Nephtys hombergii	1,62	0	1,98	3,88	30,22
Ampharetidae sp	1,58	0	1,93	3,77	34
Aoridae sp	0	1,58	1,93	3,77	37,77
Loripes orbiculatus	0	1,58	1,93	3,77	41,54
Tanaidae sp	0	1,58	1,93	3,77	45,31
Cerastoderma edule	1,52	0	1,85	3,63	48,94
Cirratulidae sp	0	1,52	1,85	3,63	52,57

Os resultados evidenciam que a maior diferença entre a abundância dos *taxa* presentes nas diversas amostras ocorreu entre as estações 7 e 9 (dissimilaridade 65,51%). Para visualizar as diferenças relativas na distribuição da abundância dos principais *taxa* responsáveis pelas diferenças entre estações, efetuou-se uma análise de similaridade representada graficamente pelos gráficos de MDS para os *taxa* indicados como mais responsáveis pela dissimilaridade entre as estações (Fig. 11), nomeadamente *Diopatra* sp., *Loripes orbiculatus*, *Capitellidae* sp., *Aoridae* sp, *Nassarius Incrassatus* e *Mesalia brevalis*.



Figura 11 – Gráficos de MDS com “bubbles” evidenciando a diferença na distribuição das abundâncias de alguns *taxa* mais responsáveis pela dissimilaridade entre as várias estações.

De forma a avaliar as alterações na estrutura das comunidades nas várias estações amostradas, calcularam-se curvas de Abundância-Biomassa (ABC), para o que se utilizou o software PRIMER v.6. Esta análise, bem como a representação gráfica dos resultados, 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 permitem notar dois comportamentos distintos entre a estação 7 (mais próxima à descarga) e as restantes estações (9, 8 e 5 – por ordem de afastamento ao ponto de descarga).

Na estação 7 (Fig. 12 - A), a curva da abundância sobrepõe-se à da biomassa, o que evidencia a presença de um número elevado de indivíduos, mas com biomassa reduzida, ou seja, espécies com estratégias de vida tipo r, e típicas de ambientes instáveis e sujeitos a impacto. Estes resultados estão em linha com os obtidos através do cálculo do índice AMBI e M-AMBI, que são apresentados na secção seguinte deste relatório.

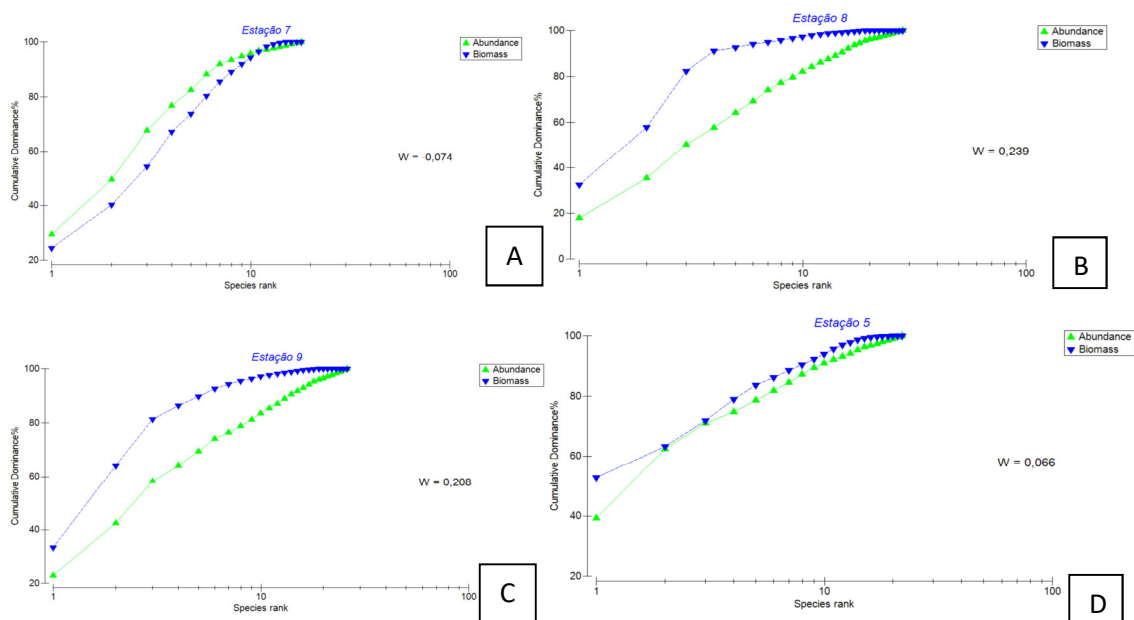


Figura 12 – Curvas de abundância e biomassa para as estações 7 (A); 8 (B); 9 (C) e 5 (D). Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

Por outro lado, nas estações 8, 9 e 5 (Figs. 12 - B,C e D) a curva da biomassa sobrepõe-se à curva da abundância, o que indica uma maior presença de espécies de tipo k, ou seja, espécies típicas de ambientes estáveis e, por conseguinte, menos sujeitas a impactos. A maior contribuição da curva da biomassa relativamente à da abundância é mais nítida nas estações 8 e 9, indicando ambientes mais “estáveis” e menos sujeitos a impacto, o que corrobora os resultados obtidos com o cálculo dos índices de diversidade, bem como os obtidos no cálculo do índice AMBI (próxima secção deste relatório).

3.c) Análise de impactos nas comunidades

A caracterização do estado ecológico foi efetuada com base na comunidade de macroinvertebrados presente em cada local. Para determinar o estado ecológico das diferentes estações de amostragem foram utilizados os Índices AMBI e M-AMBI.

3.c.1 - Índice Biótico Marinho - AMBI (AZTI's Marine Biotic Index)

O índice AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) (Borja et al 2000), 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). O índice varia entre 0 – ambiente sem impacto, e 7 – ambiente com impacto severo).

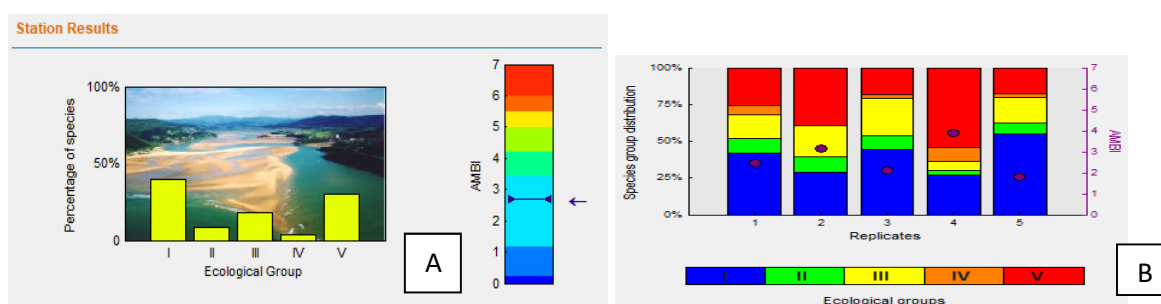


Figura 13 - Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 5 (A); e Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado (B).

Na estação 5 os grupos ecológicos mais representados foram os grupos I e V, com percentagens a rondar os 40% e 30%, respetivamente (Fig. 13). O gastrópode *Bittium reticulatum* (grupo I) foi o taxa mais representado neste local de amostragem. O género *Capitella* (grupo V), um grupo de poliquetas bastante associado a ambientes anóxicos, também se encontrou em número considerável na estação 5. Para esta estação, o valor de AMBI obtido foi 2,693 (Tabela II), o que coloca esta estação com índice biótico 2, ou seja, com perturbação reduzida.

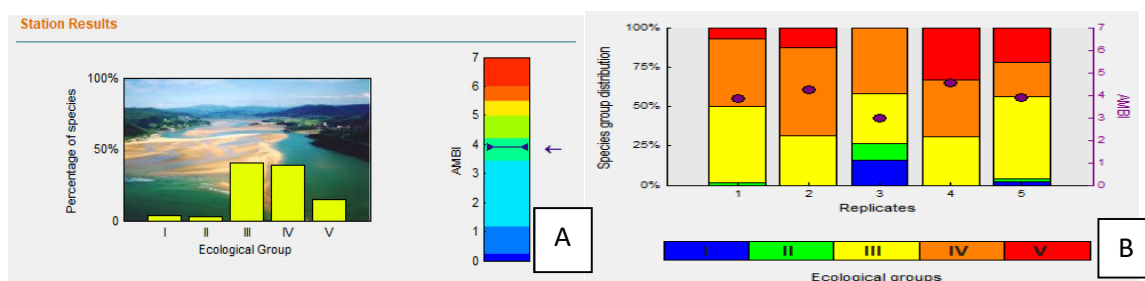


Figura 14– Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 7 (A); e Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado (B).

A estação 7 foi sobretudo representada por macrofauna pertencentes aos grupos ecológicos III e IV (Fig. 14). Nesta estação, os indivíduos pertencentes á família *Cirratulidae* (Grupo IV) foram

aqueles que se apresentaram em maior número. Os indivíduos da família *Cirratulidae*, á semelhança dos da família *Capitellidae*, estão normalmente associados a zonas com pouco oxigénio, o que pode indicar alguma perturbação neste local, algo que se reflete nos resultados obtidos no AMBI. O isópode *Cyathura carinata* (Grupo III), também se encontrou representado de forma considerável na estação 7. O valor de AMBI obtido para a estação 7 foi 3,899 (Tabela II), o que significa que esta estação é um local moderadamente perturbado. A estação 7 é também a estação que apresentou o maior valor do índice AMBI, e maior sinal de impacto, eventualmente devido à proximidade em relação ao ponto de descarga da ETAR.

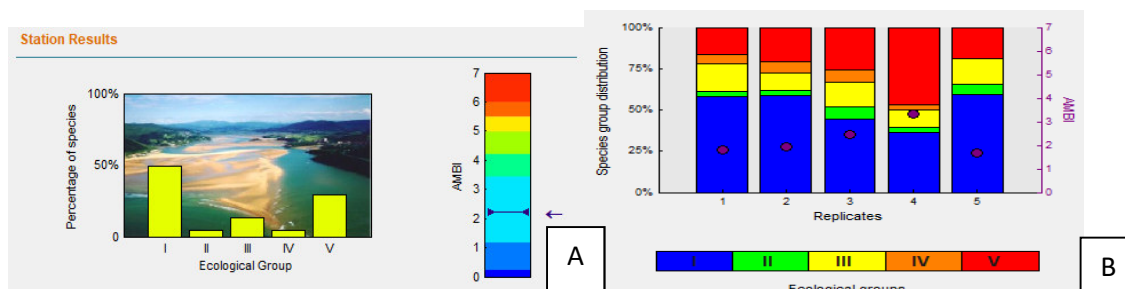


Figura 15– Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 8 (A); e Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado (B).

A estação 8 foi composta em grande parte, quase 50%, por indivíduos pertencentes ao grupo ecológico I. O gastrópode *Mesalia brevia* (Grupo I)* e as famílias *Maldanidae* (Grupo I) e *Capitellidae* (Grupo V), foram os *taxa* mais representados neste local (Fig. 15). A abundância do indivíduos pertencentes ao grupo I é indicador de um ecossistema pouco perturbado. O valor de AMBI obtido para a estação 8 foi de 2,231 (Tabela II), valor que coloca esta estação com índice biótico 2, ou seja, com perturbação reduzida.

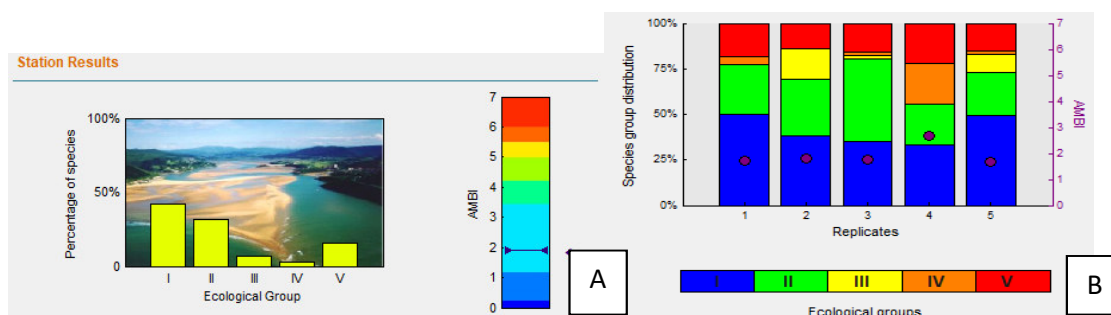


Figura 16– Percentagem dos diversos grupos ecológicos na estação 9 (A); e Percentagem dos diversos grupos ecológicos por replicado (B).

Na estação 9 (Fig. 20) verifica-se que os grupos ecológicos mais representados foram os grupos I (cerca de 40%) e II (cerca de 30%). O gastrópode *Mesalia brevia* (Grupo I)*, o poliqueta *Diopatra marocensis* (Grupo II), e o género *Capitella* (Grupo V) foram os *taxa* mais representados nesta estação de amostragem (Fig. 16). A presença elevada de indivíduos pertencentes aos grupos I e II contribui para que esta estação seja a que apresenta o menor valor de AMBI. Nesta estação o valor de AMBI obtido foi 1,920 (Tabela II), o que coloca esta estação no índice biótico 2, ou seja, com perturbação reduzida.

Tabela II - Comparação dos valores do índice AMBI, obtidos em cada local. A estação 7 (mais próxima da descarga) apresenta-se como o local mais impactado, apesar de moderadamente, enquanto que na estação 9, o índice indica a presença de perturbação reduzida.

estação	índice AMBI	índice biótico	nível de impacto
5	2,693	2	com perturbação reduzida
7	3,899	3	moderadamente impactado
8	2,231	2	com perturbação reduzida
9	1,92	2	com perturbação reduzida

3.c.2 – índice M-AMBI.

M-AMBI é um índice multimétrico para avaliar o estado de qualidade ecológica das águas marinhas e de transição. É baseado na abundância e composição taxonómica das comunidades de macroinvertebrados bentónicos e integra o AMBI, um índice biótico baseado na sensibilidade / tolerância das espécies, com diversidade e riqueza, o que o torna compatível com a European Water Framework Directive. O sucesso da AMBI abriu caminho para a introdução do M-AMBI, que foi posteriormente incorporado nas regulamentações de vários países europeus.

Utilizou-se o índice M-AMBI de modo a obter os valores de riqueza, diversidade e valor de M-AMBI, em cada estação (Tabela III). Os resultados obtidos para o M-AMBI evidenciam que a estação 8 apresenta o maior número de *taxa* e maior riqueza, sendo a estação 7 onde ocorrem menos *taxa* e menor riqueza. Estes dados corroboram os resultados obtidos com o cálculo do índice AMBI, bem como os índices de diversidade calculados, onde é evidenciada alguma perturbação na estação 7.

Tabela III- Valores do índice M-AMBI para as várias estações de amostragem, com indicação da percentagem de contribuição de cada grupo de indivíduos dos vários *taxa* (grupos I a V), a riqueza e diversidade, bem como o valor obtido para o índice AMBI.

	I(%)	II(%)	III (%)	IV (%)	V (%)	AMBI	Riqueza	Diversidade	M-Ambi
Estação 5	40	8,1	17,8	3,8	30,3	2,6925	2,9694	22	0,79035
Estação 7	3,3	2,9	40,5	38,6	14,8	3,8987	2,9556	18	0,64447
Estação 8	48,9	4,2	13,2	4,2	29,5	2,2311	3,8277	28	0,97494
Estação 9	42,4	31,8	7,1	2,9	15,9	1,9198	3,6109	26	0,95665

Apesar das diferenças, todas as estações apresentaram valores elevados do M-AMBI, indicando as estações 5, 8 e 9 como sendo de qualidade ecológica elevada, e a estação 7 com qualidade ecológica boa (Fig. 17).

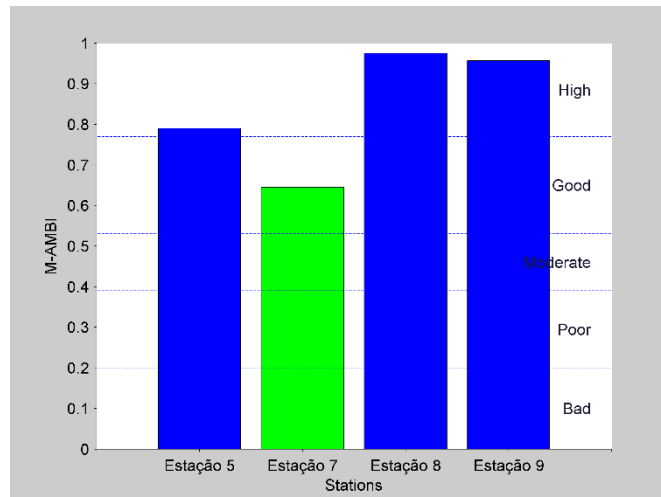


Figura 17 – Valores de M-AMBI obtidos para as diversas estações. Ordenação das estações, em distância crescente relativamente ao ponto de descarga da ETAR: 7,8,9,5.

4. Conclusões (amostragem ano 2020)

Os resultados demonstram que, de acordo com os vários índices aplicados (Fig. 18), não se observam impactos negativos significativos nas comunidades macrobentónicas, em qualquer das estações amostradas.



Figura 18 – Nível de qualidade ecológica de acordo com os vários índices analisados. (Adaptado de TICOR, Bettencourt et al, 2004).

De qualquer forma, na estação 7, a mais próxima do local de descarga da ETAR, os valores dos índices de diversidade foram mais reduzidos e as curvas de Abundância/Biomassa (ABC) mostram a dominância de espécies de tipo r, típicas de ambientes instáveis. De igual forma, os valores de AMBI e M-AMBI indicam a presença de um impacto moderado na estação 7, enquanto que para as restantes estações amostradas o impacto é ligeiro (Tabela IV).

Para as restantes estações, os valores indicam a presença de qualidade moderada a boa, dependendo dos índices. Para as estações 8 e 9 todos os índices, com exceção do índice de Shannon, indicam uma boa qualidade ecológica, enquanto que para a estação 5, os índices de Shannon e ABC apontam para uma qualidade ecológica moderada, enquanto os índices de Margalef e AMBI indicam uma boa qualidade ecológica (Tabela IV).

Tabela IV – Comparação entre os resultados obtidos para os índices de Shannon, Margalef, ABC, e AMBI, para as diversas estações de amostragem.

	Índice de Shannon	Índice de Margalef	Índice ABC	AMBI
Estação 5	2,06	4,01	0,066	2,6925
Estação 7	2,05	3,18	-0,074	3,8987
Estação 8	2,65	5,09	0,239	2,2311
Estação 9	2,5	4,86	0,208	1,9198

Considerando os resultados dos vários índices calculados pode concluir-se que as comunidades bentónicas não apresentam alterações que indiquem estarem sujeitas a impactos significativos e causadores de degradação. No entanto, observa-se um impacto moderado nas comunidades bentónicas na estação 7, que é a mais próxima do ponto de descarga da ETAR.

5. Evolução das comunidades da macrofauna bentónica: amostragem de 2019 vs 2020

Fazendo uma comparação relativamente ao ano passado, podemos observar que existe uma ligeira melhoria a nível geral nas estações amostradas.

A comparação dos valores do índice AMBI calculados na amostragem de 2019 e de 2020, mostram que, com exceção da estação 7, todas as outras apresentam uma redução no nível de impacto (Fig. 33). No entanto, tal como referido no relatório do ano de 2019, nesse ano ocorreu uma abundância inesperadamente elevada de indivíduos do género *Corophium*, na estação 7, o que se traduziu na redução do valor obtido para neste índice. A ocorrência de *Corophium* (grupo III) não se verificou em 2020 com a mesma abundância, pelo que o valor do índice foi ligeiramente mais elevado.

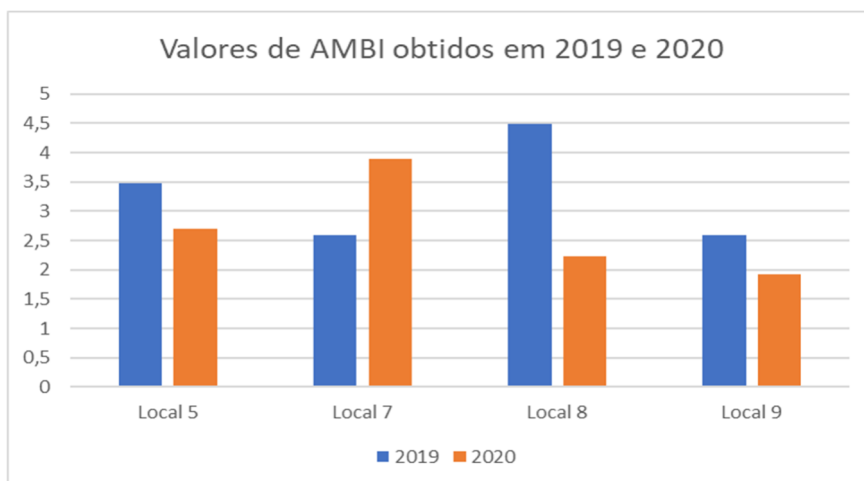


Figura 19 – Resultados obtidos no AMBI para as diversas estações de amostragem em 2019 e 2020.

Por outro lado, a estação 8, onde tinha sido detetado um maior nível de impacto em 2019, registou uma melhoria significativa de qualidade este ano, o que se atribui à presença de abundância mais elevada dos gastrópodes *Bittium reticulatum* e *Mesalia brevisalis*.

*O AMBI não fornece uma classificação para o gastrópode *Mesalia brevisalis*, nem para o correspondente género ou família. No entanto, fornece classificação para o género *Turritella* que, em classificação taxonómica anterior, incluía a espécie que é atualmente classificada como

Mesalia brevialis. Assim, com base no facto da preferência pelas características ecológicas do habitat serem semelhantes, e considerando a abundância de *Mesalia brevialis* nas estações amostradas, optou-se por a incluir nos cálculos e atribuir a classificação correspondente a *Turritella* sp.

6. Referências

- Bettencourt, A., S. B. Bricker, J. G. Ferreira, A. Franco, J. C. Marques, J. J. Melo, A. Nobre, L. Ramos, C. S. Reis, F. Salas, M. C. Silva, T. Simas & W. Wolff, 2004. Typology and Reference Conditions for Portuguese Transitional and Coastal Waters. Instituto da Água. Instituto do Mar, Lisbon. Brown, A.C. & A. McLachan (1988). Ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam: 328pp.
- Borja, Á., J. Franco & V. Pérez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40: 1100–1114
- Sigovini, M; E. Keppel & D. Tagliapietra, 2013. M-AMBI revisited: looking inside a widely-used benthic index. Hydrobiologia (2013) 717:41–50, DOI 10.1007/s10750-013-1565-y
- Medeiros, C.R; Azevêdo, E; Barbosa, J & J.Molozzi, 2018. Effectiveness of abundance and biomass curves in detecting environmental alterations in semi-arid region reservoirs. Biota Neotrop. vol.18 no.2 Campinas. <http://orcid.org/0000-0002-7332-2399>

7. Anexo I – Lista de taxa e classificação AMBI

Filo Mollusca	AMBI	5	7	8	9
Classe Bivalvia					
Ordem Cardiida					
Família Semelidae					
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	III	1	12	3	1
Família Cardiidae					
<i>Cerastoderma edule</i> (Linnaeus, 1758)	III			3	
Ordem Myida					
Família Corbulidae					
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	IV		1	2	
Ordem Lucinida					
Família Lucinidae					
<i>Loripes orbiculatus</i> Poli, 1795	I				4
Ordem Adapedonta					
Família Solenidae					
<i>Solen marginatus</i> Pulteney, 1799	I			3	
Ordem Venerida					
Família Veneridae					
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	I				1
<i>Polititapes aureus</i> (Gmelin, 1791)	I			3	4
<i>Venerupis corrugata</i> (Gmelin, 1791)	I		1		
<i>Paphia</i> sp.	I			1	
Família Mactrinae					
<i>Spisula</i> sp.	I				1
Classe Gastropoda					
Ordem Neogastropoda					
Família Cerithiidae					
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	I	73	2	10	8

Família Turritellidae					
<i>Mesalia brevis</i> (Lamarck, 1822)	I*			37	33
Família Nassaridae					
<i>Tritia pfeifferi</i> (Philippi, 1844)	II		1		
<i>Tritia incrassatus</i> (Strøm, 1768)	II			1	3
<i>Tritia</i> sp.	II		1		
Família Muricidae					
<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)	I				3
Filo Echinodermata					
Classe Ophiuroidea					
Ophiuroidea sp.	II	1			
Filo Arthropoda					
Classe Malacostraca					
Ordem Amphipoda					
Família Ampeliscidae					
<i>Ampelisca</i> sp.	I	1		1	2
Família Corophiidae					
<i>Corophium</i> sp.	III		9		10
Família Aoridae					
<i>Aoridae</i> sp.	I				4
<i>Microdeutopus</i> sp.	I		2		
Família Caprellidae					
<i>Pariambus typicus</i> (Krøyer, 1845)	III	2		3	
Ordem Isopoda					
Família Idoteidae					
<i>Idotea</i> sp.	II	2			
Família Anthuridae					
<i>Cyathura carinata</i> (Krøyer, 1847)	III	7	65	2	1

Ordem Decapoda					
Família Carcinidae					
<i>Carcinus maenas</i> (Linnaeus, 1758)	III	1			
Família Diogenidae					
<i>Diogenes pugilator</i> (P. Roux, 1829)	II				3
Ordem Tanaidacea					
Família Tanaididae					
Tanaididae sp.	II				4
Filo Annelida					
Classe Polychaeta					
Família Capitellidae					
Capitellidae sp.	V	7	7	6	
<i>Capitella</i> sp.	V	43	20	36	27
<i>Notomastus</i> sp.	V	6		10	
Família Maldanidae					
Maldanidae sp.	I		1	30	9
Ordem Terebelida					
Família Ampharetidae					
Ampharetidae sp.	NA		1	4	
Família Cirratulidae					
<i>Cirratulidae</i> sp	IV	2	38		3
<i>Cirriformia</i> sp	IV	5	42	5	1
Família Terrebelidae					
<i>Pista</i> sp.	NA			9	
Terrebelidae sp.	NA			4	2
Família Melinnidae					
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	III	16	3	14	
<i>Melinna</i> sp.	III	2		1	
Família Pectinariidae					

<i>Lagis koreni</i> Malmgren, 1866	IV			1	1
Ordem Eunicida					
Família Onuphidae					
<i>Diopatra neapolitana</i> Delle Chiaje, 1841	I			1	1
<i>Diopatra marocensis</i> Paxton, Fadlaoui & Lechapt, 1995	II				39
<i>Diopatra</i> sp.	II			1	
Família Lumbrineridae					
<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne Edwards, 1833	II	1			
<i>Lumbrineris</i> sp.	II				2
Ordem Phyllodocida					
Família Nephtyidae					
Nepthyidae sp.	II	2			2
<i>Nephtys</i> sp.	II	3		1	1
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	II	5	3	5	
Família Nereididae					
Nereididae sp.	NA	1		1	
<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	III	4			
Família Glyceridae					
<i>Glycera</i> sp.	II	1	1		