



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS
DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO
AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUIROS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO
DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES**

Relatório de Progresso, 2018



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUIROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de Progresso, 2018

Entidade Reguladora de Águas e Resíduos dos Açores, ERSARA

Lisboa • junho de 2018

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 247/2018 – DHA/NRE

Título

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de Progresso, 2018

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 247/2018

Proc. 0605/121/21177

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de Progresso, 2018

Resumo

No âmbito da assessoria técnica para a "Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores", que o LNEC tem vindo a prestar à Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) desde 2012, o presente contrato, AJD-ERSARA/2017/10, visa dar seguimento ao estudo que vem sendo desenvolvido.

Neste relatório de progresso de 2018 apresenta-se uma análise: (1) dos resultados dos trabalhos de monitorização desenvolvidos pelo LNEC no primeiro semestre de 2018 e (2) dos resultados do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano obtidos em 2018. No final apresentam-se as principais conclusões e recomendações.

Palavras-chave: Concelho de Praia da Vitória / Águas subterrâneas / Reabilitação / Monitorização

ANALYSIS AND MONITORING OF THE REHABILITATION WORKS FOR IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION SURROUNDING THE WATER SUPPLY WELLS OF PRAIA DA VITÓRIA MUNICIPALITY, AZORES

Progress Report, 2018

Abstract

As part of the technical assistance for the “Analysis and monitoring of the rehabilitation works for improvement of the environmental situation surrounding the water supply wells of Praia da Vitória municipality, Azores”, which LNEC has been providing to the Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) since 2012, this contract, AJD-ERSARA / 2017/10, aims to follow up on the study that has been developed.

This progress report for 2018 presents an analysis of: (1) the results of the monitoring work carried out by LNEC in the first semester of 2018 and (2) the results of the water quality control program for human consumption in 2018. At the end, the main conclusions and recommendations are presented.

Keywords: Praia da Vitória Municipality / Groundwater / Rehabilitation / Monitoring

Índice

1	Introdução	1
2	Objetivos e metodologia	2
3	Acompanhamento dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela 65 th Air Base Wing	4
4	Monitorização da qualidade das águas subterrâneas	6
4.1	Descrição da campanha realizada	6
4.2	Resultados obtidos	10
4.2.1	Metodologia de avaliação	10
4.2.2	Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)	13
4.2.3	South Tank Farm (Site 5001/AOC-1)	19
5	Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano	23
5.1	Resultados da amostragem pontual	23
5.2	Resultados da amostragem contínua	29
6	Síntese, conclusões e recomendações	33
	Referências bibliográficas	37
	ANEXO Parâmetros medidos <i>on site</i> nos pontos de águas subterrâneas durante a campanha de março de 2018	39

Índice de figuras

Figura 4.1 – Localização dos pontos de monitorização do LNEC junto ao Site 3001	14
Figura 4.2 – Concentração em PAH, TPH e BTEX em piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, dentro e fora do Site 3001, entre 2015 e 2018.....	16
Figura 4.3 – Concentrações em vanádio em furos e piezómetros no concelho de Praia da Vitória, entre 2010 e 2018.....	18
Figura 4.4 – Localização dos pontos de monitorização do LNEC junto ao Site 5001	19
Figura 4.5 – Concentrações em PAH, TPH e BTEX em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2010 e 2018.....	20
Figura 5.1 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2014 e 2018, para amostras pontuais	23
Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2016 e 2018, para amostras contínuas	30

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Características dos pontos de água monitorizados entre 2013 e 2018.....	7
Quadro 4.2 – Parâmetros químicos analisados, respetivos métodos de análise e limites de quantificação.....	8
Quadro 4.3 – Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	10
Quadro 4.4 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem analisados em março de 2018 junto ao Site 3001	15
Quadro 4.5 – Concentração média em metais pesados e metalóides em função do tipo de rocha-mãe	17
Quadro 4.6 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem analisados em março de 2018 junto ao Site 5001	21
Quadro 5.1 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, entre 2014 e 2018	25
Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em 2018	31

Agradecimentos

Agradece-se todo o apoio do Comando Português da Zona Aérea dos Açores para a realização deste trabalho, em nome do senhor Major Paulo Roda, bem como às Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, através do Eng. Vítor Berbereia.

Agradece-se à Praia Ambiente, E.M. a sua colaboração no envio de dados sobre a qualidade das águas para consumo humano, através da ERSARA.

Finalmente agradece-se o apoio do Dr. Tiago Martins, do LNEC, na realização da campanha de monitorização.

Lista de acrónimos

65 ABW - Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, 65th Air Base Wing da USAFE ou Força Aérea Americana

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

BTEX - benzeno, tolueno, Etilbenzeno, Meta-para xileno e orto-xileno

DISCO - Discovery of Suspected and Contaminated Site Study

DNAPL - fase líquida densa não aquosa (Dense Non-Aqueous Phase Liquid)

FAA - Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes ou Força Aérea Americana

FAP - Comando Português da Zona Aérea dos Açores ou Força Aérea Portuguesa

HTP - Hidrocarbonetos Totais do Petróleo

LNAPL - fase líquida leve não aquosa (Light Non-Aqueous Phase Liquid)

LQ - Limiar de Qualidade

MDN - Ministério da Defesa Nacional

NAPL - fase líquida não aquosa (Non-Aqueous Phase Liquid)

NP - Nível Piezométrico

PAH - hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

Site 3001 - Porta de Armas ou Main Gate

Site 5001 - South Tank Farm ou AOC-1

USAFE - United States Air Force

1 | Introdução

No âmbito da “Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores”, em curso desde 2012 para a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA), apresenta-se o relatório relativo aos trabalhos de monitorização desenvolvidos pelo LNEC e pela Praiambiente, relativos ao primeiro semestre de 2018. Este relatório complementa a informação dos relatórios anteriores sobre a mesma temática (cf. LEITÃO *et al.*, 2013; LEITÃO e MOTA, 2015; LEITÃO e HENRIQUES, 2016; e LEITÃO e HENRIQUES, 2018) e apresenta uma análise evolutiva da situação.

O relatório foi estruturado nos seguintes capítulos: 1 | Introdução; 2 | Objetivos e metodologia; 4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas; 5 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano; e 6 | Síntese, conclusões e recomendações.

2 | Objetivos e metodologia

O objetivo do presente estudo é realizar a análise e o acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental do concelho de Praia da Vitória, Açores, através de uma assessoria para a ERSARA. Estes trabalhos têm vindo a ser promovidos pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, 65th Air Base Wing da USAFE (referidas no texto por 65 ABW ou FAA - Força Aérea Americana ou USAFE).

O programa de trabalhos que se propôs no contrato AJD-ERSARA/2017/10, em vigor para 2017 e 2018, foi discriminado nos seguintes aspetos:

- a) organizar os dados hidrogeológicos e a informação relativa à qualidade das águas subterrâneas, gerada desde 2010, numa base de dados em Access®. Esta Base facilitará o armazenamento, a consulta, a análise e a partilha dos dados referentes a captações, furos e piezómetros;
- b) avaliar e emitir breve parecer sobre os trabalhos de monitorização e de reabilitação em curso pela Força Aérea Americana;
- c) avaliar as propostas de reabilitação das águas subterrâneas preconizadas pela FAA para os anos 2017 e 2018, e avaliar o seu desempenho, na perspetiva da proteção das águas subterrâneas para abastecimento público do Concelho de Praia da Vitória;
- d) analisar, acompanhar e promover a boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela FAA, através da:
 - i. deslocação ao Concelho para acompanhamento parcial dos trabalhos;
 - ii. promoção e realização de reuniões anuais e presenciais, em coordenação com o Comando da Zona Aérea dos Açores e o Ministério da Defesa, com a participação do LNEC, da ERSARA e de representantes do destacamento das Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, para acompanhamento do desenvolvimento e da eficácia dos trabalhos em curso;
 - iii. promoção e realização de reuniões anuais e presenciais, em coordenação com a ERSARA, com a participação do LNEC e de autoridades regionais e locais a designar pela ERSARA, para apresentação dos trabalhos promovidos pelo LNEC;
 - iv. leitura, avaliação e emissão de parecer dos documentos que forem sendo elaborados para a FAA sobre esta temática;
 - v. monitorização semestral *in situ* e *on site* de parâmetros globais da qualidade da água (nível piezométrico, condutividade elétrica, temperatura, pH) nos dez furos e piezómetros que têm vindo a ser monitorizados desde 2013;
 - vi. recolha semestral de amostras de água para análises químicas, visando o complemento e a fiscalização dos dados obtidos pela FAA (dentro dos locais

contaminados) e da entidade gestora da água para consumo humano (furos de captação), na perspetiva da salvaguarda da água para consumo humano; as campanhas terão um intervalo de, pelo menos, quatro meses entre si;

vii. tratamento da informação recolhida.

- e) preparar propostas de atas das reuniões previstas nos pontos ii e iii, no prazo de sete dias úteis após a sua realização e submissão via e-mail, em formato editável, à ERSARA;
- f) analisar o programa de controlo da qualidade da água para consumo humano apresentado pela entidade gestora (alínea d), do n.º 1, artigo 7.º, do DLR n.º 8/2010/A) e propor eventuais alterações que se julguem necessárias face aos resultados obtidos;
- g) elaborar um relatório semestral com a síntese da informação obtida para apresentação à ERSARA;
- h) elaborar um relatório final com a análise do ponto de situação dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, após integração das recomendações e comentários acordados entre o LNEC e a ERSARA;
- i) apoiar a ERSARA em qualquer questão técnico-científica que entenda colocar, incluindo a deslocação e o apoio durante as reuniões para que possa ser chamado.

3 | Acompanhamento dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela 65th Air Base Wing

Neste último semestre, a 65 ABW apresentou um relatório designado "Perform Remedial Action: Light Non-Aqueous Phase Liquid Extraction at Sites 3001 and 5001 Lajes Field, Azores, Portugal. Semi-Annual Monitoring Report - Final", de 17 de Novembro de 2017 (Tetra Tech, Inc., 2017b), cujo objetivo foi desenvolver um conjunto de ações visando otimizar a estratégia de remoção de LNAPL nos Sites 3001 e 5001. Este relatório foi alvo de um Parecer do LNEC (cf. LEITÃO, 2017), motivo pelo qual não é abordado neste relatório.

No âmbito da análise, do acompanhamento e da promoção da boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela 65 ABW foram realizadas as seguintes reuniões em 2017 e 2018:

- inserida no apoio prestado pelo LNEC ao Ministério da Defesa Nacional (MDN), no âmbito do conjunto global de questões ambientais relativas ao processo de devolução de instalações militares e terrenos utilizados pelo contingente da 65 ABW na ilha Terceira, realizaram-se as seguintes reuniões (destacando-se apenas aquelas onde a temática dos sites 3001 e 5001 foi abordada):
 - A 28 de março de 2017 realizou-se, no MDN, a 53.^a reunião da Comissão Técnica onde foram analisadas medidas de reabilitação adicionais para os Sites 3001 e 5001, onde foi discutido o relatório do LNEC sobre todos os locais contaminados (ANTUNES *et al.*, 2016), entre diversos outros aspetos. Esta reunião foi precedida de duas reuniões preparatórias realizadas a 24 de março (por Skype com LNEC, FAA e MDN) e a 27 de março (no MDN).
 - A 2 de maio de 2017 realizou-se, no LNEC por teleconferência, uma reunião técnica com a participação de elementos do LNEC, do MDN e da FAA, onde a FAA apresentou o planeamento dos trabalhos e o início das ações de monitorização e caracterização previstos para julho de 2017. Foram analisados alguns detalhes sobre os trabalhos a realizar.
 - A 14 de julho de 2017 realizou-se, no LNEC por teleconferência, uma reunião técnica com a participação de elementos do LNEC, do MDN e da FAA. O LNEC apresentou o seu ponto de vista sobre os trabalhos planeados.
 - A 7 de setembro de 2017 realizou-se, na Base Aérea n.º 5, a 54.^a uma reunião da Comissão Técnica na qual participaram o LNEC, o MDN e peritos ambientais da FAA. Foi realizada uma visita e uma reunião nas proximidades do Site 3001. Esta reunião foi precedida de uma reunião preparatória realizada na véspera no mesmo local.
 - A 19 de setembro de 2017 realizou-se, no LNEC por teleconferência, uma reunião técnica com a participação de elementos do LNEC, do MDN e da FAA, onde a FAA

partilhou os resultados alcançados nas campanhas realizadas entre julho e setembro de 2017, relativos à recuperação de LNAPL, à interconectividade entre piezómetros e aos níveis piezométricos. Foram analisados os resultados obtidos e propostos trabalhos subsequentes.

- A 19 de abril de 2018 realizou-se, no MDN, a 55.^a reunião da Comissão Técnica onde foi apresentado o ponto de situação relativamente aos Sites 3001 e 5001, designadamente com a apresentação pela FAA dos resultados do segundo conjunto de análises das águas dos piezómetros localizados naquele Site. Os resultados mostraram a valores muito baixos ou não detetáveis de LNAPL. Atendendo à remoção/inertização das principais fontes de contaminação e à remoção dos LNAPL foi analisada a implementação de uma fase final de reabilitação dos solos e das águas através de bioreabilitação. Esta reunião foi precedida de uma reunião preparatória realizada na véspera no mesmo local.

- inserida no apoio prestado pelo LNEC à ERSARA:
 - A 29 de maio de 2018 o LNEC, através da Dr.^a Teresa Leitão, participou na "Sessão de esclarecimentos sobre a eventual contaminação de solos e de águas da Praia da Vitória" com a apresentação dos principais resultados dos relatórios referentes à análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória.

4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas

4.1 Descrição da campanha realizada

Durante os dias 11 e 12 de março de 2018 foi realizada pelo LNEC a primeira campanha de monitorização semestral de 2018 para os dez pontos de água que têm vindo a ser monitorizados nos últimos anos pelo LNEC, e que pertencem às formações hidrogeológicas superficial e intermédia, e aquífero basal.

À semelhança do referido nos relatórios anteriores, mantêm-se os objetivos e as metodologias utilizados nas campanhas precedentes, i.e.:

- O objetivo das campanhas é complementar a informação obtida pela 65 ABW, efetuada essencialmente dentro dos Sites 3001 e 5001, de forma a acompanhar a evolução da qualidade da água nos níveis suspensos (formações hidrogeológicas superficial e intermédia) à saída das áreas poluídas e antes de poder atingir os potenciais meios recetores, nomeadamente dos pontos de captação de água para consumo humano que captam o aquífero basal.
- A amostragem em cada um dos 10 pontos consiste em três tipos de amostras de água, procurando, com as duas primeiras, obter a pior situação relativamente à concentração de hidrocarbonetos: (1) uma amostra superficial (S) no contacto do nível piezométrico, para analisar a potencial presença de hidrocarbonetos sobrenadantes (menos densos do que a água que, quando estão presentes em quantidade, formam Light Non-Aqueous Phase Liquids, LNAPL); (2) uma amostra no fundo do piezómetro (F), procurando encontrar os hidrocarbonetos mais densos do que a água (que, quando estão presentes em quantidade, formam Dense Non-Aqueous Phase Liquid, DNAPL) e (3) uma amostra representativa obtida a meio da coluna de água (M), no final das amostragens anteriores, retirada após a purga do piezómetro confirmada pela estabilização dos valores de temperatura, pH e condutividade elétrica da água retirada.
- Além do conjunto de análises referidas foram efetuadas amostras completas de duplicados e de brancos de campo que confirmaram a fiabilidade dos resultados obtidos.

Os locais de amostragem e as respetivas características são apresentados no Quadro 4.1. As campanhas incluíram a monitorização *in situ* e *on site* de parâmetros globais da qualidade da água (nível piezométrico, condutividade elétrica, temperatura e pH, cf. Anexo) e a recolha de amostras de água para análise química. Nesses pontos foram realizadas recolhas para análise química dos mesmos 109 parâmetros químicos que têm vindo a ser analisados, que incluem elementos de campo, iões maiores, metais pesados e hidrocarbonetos (cf. Quadro 4.2).

Quadro 4.1 – Características dos pontos de água monitorizados entre 2013 e 2018

	DESIGNAÇÃO	Local	Coordenadas E	Coordenadas N	Profundidade do furo (m)	Cota do solo (m)	Tubos ralos	
							Profundidade (m)	Cota (m)
Disco Site 3001 e envolvente	MW01, Site 3001	Porta de Armas	493293	4289156	9,80	54,70	6,80 a 9,80	
	MW02, Site 3001		493535	4289352	7,80	53,67	4,80 a 7,80	
	MW05, Site 3001		493454	4289287	6,40	52,86	3,40 a 6,40	
	S6A		493479	4289472	11,00	56,44	2,6 a 8,6	53,84 a 47,84
	S6B		493512	4289400	9,00	54,31	2 a 7	52,26 a 47,26
	FP3A	Exterior da Porta de Armas	493335	4288976	16,50	53,56	7,50 a 8,50 e 13,00 a 15,00	48,31 a 47,31 e 42,81 a 40,81
	FP6A		493491	4289262	42,00	53,56	37,00 a 40,00	16,56 a 13,56
	FP6B		493500	4289260	12,00	53,56	2,00 a 4,00	51,56 a 49,56
Disco Site 5001 e envolvente	S5B	Exterior da South Tank Farm	494571	4287582	5,30	1,66	1,3 a 5,3	0,36 a -3,64
	FB5		494670	4287575	12,00	1,73	5,50 a 8,50	-3,77 a -6,77

Quadro 4.2 – Parâmetros químicos analisados, respetivos métodos de análise e limites de quantificação

Parâmetro	Método	Unidade	Limite quantificação
Parâmetros agregados			
Índice de fenóis	W-PHI-PHO	mg/L	0,005
Inorgânicos não metálicos			
Cloretos	W-CL-IC	mg/L	1
Bicarbonato	W-CO2F-CC2	mg/L	
Nitratos	W-NO3-IC	mg/L	2
Sulfatos as SO4 2-	W-SO4-IC	mg/L	5
Metais em solução / Cátions maiores			
Alumínio - Al	W-METAXFL1	mg/L	0,01
Antimónio - Sb	W-METAXFL1	mg/L	0,01
Arsénio - As	W-METAXFL1	mg/L	0,005
Bário - Ba	W-METAXFL1	mg/L	0,0005
Berílio - Be	W-METAXFL1	mg/L	0,0002
Boro - B	W-METAXFL1	mg/L	0,01
Cádmio - Cd	W-METAXFL1	mg/L	0,0004
Cálcio - Ca	W-METAXFL1	mg/L	0,005
Crómio - Cr	W-METAXFL1	mg/L	0,001
Cobalto - Co	W-METAXFL1	mg/L	0,002
Cobre - Cu	W-METAXFL1	mg/L	0,001
Ferro - Fe	W-METAXFL1	mg/L	0,002
Chumbo - Pb	W-METAXFL1	mg/L	0,005
Lítio - Li	W-METAXFL1	mg/L	0,001
Magnésio - Mg	W-METAXFL1	mg/L	0,003
Manganês - Mn	W-METAXFL1	mg/L	0,0005
Mercúrio - Hg	W-HG-AFSFL	µg/L	0,01
Molibdeno - Mo	W-METAXFL1	mg/L	0,002
Níquel - Ni	W-METAXFL1	mg/L	0,002
Fósforo - P	W-METAXFL1	mg/L	0,01
Potássio - K	W-METAXFL1	mg/L	0,015
Selénio - Se	W-METAXFL1	mg/L	0,01
Prata - Ag	W-METAXFL1	mg/L	0,001
Sódio - Na	W-METAXFL1	mg/L	0,03
Tálio - Ta	W-METAXFL1	mg/L	0,01
Vanádio - V	W-METAXFL1	mg/L	0,001
Zinco - Zn	W-METAXFL1	mg/L	0,002
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP			
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	W-TPHW-IR	mg/L	0,05
BTEX			
Benzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
Etilbenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
Meta-para xileno	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
Orto-xileno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
Tolueno	W-VOCGMS01	µg/L	1
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados			
1,1,1,2-Tetracloroetano	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,1,1-Tricloroetano	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,1,2,2-Tetracloroetano	W-VOCGMS01	µg/L	1
1,1,2-Tricloroetano	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
1,1-Dicloroetano	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,1-Dicloroetano	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,1-Dicloropropileno	W-VOCGMS05	µg/L	1
1,2,3-Triclorobenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,2,3-Tricloropropano	W-VOCGMS05	µg/L	1
1,2,4-Triclorobenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,2-Dibromo-3-cloropropano	W-VOCGMS05	µg/L	1
1,2-Dibromoetano (EDB)	W-VOCGMS05	µg/L	1
1,2-Diclorobenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,2-Dicloroetano	W-VOCGMS01	µg/L	1

Quadro 4.2 (cont.) – Parâmetros químicos analisados e respetivos métodos de análise e limites de quantificação

Análise	Método	Unidade	Limite quantificação
Inorgânicos não metálicos			
1,2-Dicloropropano	W-VOCGMS01	µg/L	1
1,3,5-Triclorobenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
1,3-Diclorobenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
1,3-Dicloropropano	W-VOCGMS05	µg/L	1
1,4-Diclorobenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
2,2-Dicloropropano	W-VOCGMS05	µg/L	1
2-Clorotolueno	W-VOCGMS05	µg/L	1
4-Clorotolueno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Bromobenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Bromoclorometano	W-VOCGMS05	µg/L	2
Bromodichlorometano	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
Bromofórmio	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
Bromometano	W-VOCGMS05	µg/L	1
cis-1,2-Dicloroeteno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
cis-1,3-Dicloropropileno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Cloreto de vinil	W-VOCGMS01	µg/L	1
Clorobenzeno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
Cloroetano	W-VOCGMS05	µg/L	1
Clorofórmio	W-VOCGMS01	µg/L	0,3
Clorometano	W-VOCGMS05	µg/L	10
Dibromoclorometano	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
Dibromometano	W-VOCGMS05	µg/L	1
Diclorodifluorometano	W-VOCGMS05	µg/L	1
Diclorometano	W-VOCGMS01	µg/L	6
Hexaclorobutadieno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Tetracloroetileno (PCE)	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
Tetraclorometano	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
trans-1,2-Dicloroeteno	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
trans-1,3-Dicloropropeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Tricloroetileno (TCE)	W-VOCGMS01	µg/L	0,1
Triclorofluorometano	W-VOCGMS05	µg/L	1
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados			
1,2,4-Trimetilbenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
1,3,5-Trimetilbenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Isopropilbenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
n-Butilbenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
n-Propilbenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
p-Isopropiltolueno	W-VOCGMS05	µg/L	1
sec-Butilbenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Estireno	W-VOCGMS01	µg/L	0,2
tert-Butil álcool	W-VOCGMS01	µg/L	5
tert-Butilbenzeno	W-VOCGMS05	µg/L	1
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs)			
Acenafteno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Acenaftileno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Antraceno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Benzo(a)antraceno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Benzo(a)pireno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Benzo(b)fluoranteno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Benzo(g,h,i)perileno	W-PAHGMS01	µg/L	0,0003
Benzo(k)fluoranteno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Criseno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Dibenz(a,h)antraceno	W-PAHGMS01	µg/L	0,0006
Fluoranteno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Fluoreno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Indeno(1,2,3,cd)pireno	W-PAHGMS01	µg/L	0,0003
Naftaleno	W-PAHGMS01	µg/L	0,007
Fenantreno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001
Pireno	W-PAHGMS01	µg/L	0,001

4.2 Resultados obtidos

4.2.1 Metodologia de avaliação

A qualidade das águas subterrâneas foi analisada à luz da legislação Portuguesa em vigor, nomeadamente para os parâmetros definidos para a qualidade das águas subterrâneas na origem, decorrente da aplicação da Diretiva-Quadro da Água (DQA), da Diretiva de Águas Subterrâneas (DAS) e da Lei da Água. Nesse âmbito foram definidos, em 2015, novos Limiares para avaliação do estado químico das massas de água subterrâneas - Anexo V dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas 2016/2021 publicados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2015), envolvendo muitas das substâncias analisadas neste estudo.

Para os parâmetros não contemplados nas legislações anteriormente mencionadas foram utilizados os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 306/2007 para a qualidade da água destinada ao consumo humano, entretanto atualizado pelo Decreto-Lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro, mas que não introduz alterações relativamente aos parâmetros analisados. Por fim, para os restantes parâmetros não definidos na legislação Portuguesa, foram utilizadas as normas do Canadá relativas aos padrões para condições de águas subterrâneas potáveis, tendo também sido consultadas as normas para condições de águas subterrâneas não potáveis e a legislação holandesa relativa aos valores a partir dos quais deve haver intervenção. Em síntese, e por sequência, são utilizados os seguintes documentos normativos (Quadro 4.3):

- NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008;
- LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiares definidos nos PGRH (APA, 2015);
- VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 Qualidade da água destinada ao consumo humano, alterado pelo Decreto-Lei n.º 152/2017;
- Canadá - *Standards in a Potable Groundwater Condition* (T2).
- Canadá - *Standards in a non-Potable Groundwater Condition* (T3).
- Holanda – *Intervention Values* (IV)

Quadro 4.3 – Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Temperatura	°C						
pH	Sorensen		5,5; 9				
Condutividade elétrica	µS/cm (20°C)		2500				
Índice de fenóis	mg/L				0,89	12	2
Carbonatos	mg/L						
Cloretos	mg/L		250		790	2300	
Bicarbonato	mg/L						
Nitratos	mg/L	50					
Sulfato	mg/L		250				

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Alumínio – Al	mg/L			0,2			
Antimónio – Sb	mg/L			0,005			0,02
Arsénio – As	mg/L		0,01	0,01	0,025	1,9	0,06
Bário – Ba	mg/L				1	29	0,625
Berílio – Be	mg/L				0,004	0,067	0,015
Boro – B	mg/L			1	5	45	
Cádmio – Cd	mg/L		0,005	0,005	0,0027	0,0027	0,006
Cálcio – Ca	mg/L						
Crómio – Cr	mg/L			0,05	0,05	0,81	0,03
Cobalto – Co	mg/L				0,0038	0,066	0,1
Cobre – Cu	mg/L			2	0,087	0,087	0,075
Ferro – Fe	mg/L			0,2			
Chumbo – Pb	mg/L		0,01	0,01	0,01	0,025	0,075
Lítio – Li	mg/L						
Magnésio – Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L			0,05			
Mercúrio – Hg	µg/L		1	1,0	0,29	0,29	0,3
Molibdeno - Mo	mg/L				0,07	9,2	0,3
Níquel – Ni	mg/L			0,02	0,1	0,49	0,075
Fósforo – P	mg/L						
Potássio – K	mg/L						
Selénio – Se	mg/L			0,01	0,01	0,063	0,16
Prata – Ag	mg/L				0,0015	0,0015	0,04
Sódio – Na	mg/L			200	490	2300	
Tálio – Ta	mg/L				0,002	0,51	0,007
Vanádio – V	mg/L				0,0062	0,25	0,07
Zinco – Zn	mg/L				1,1	1,1	0,8
HTP	mg/L			0,0001	0,75	0,75	
BTEX:							
Benzeno	µg/L		1	1	5	44	30
Etilbenzeno	µg/L		1,3		2,4	2300	150
Meta-para xileno	µg/L		1,3		300	4200	70
Orto-xileno	µg/L		1,3		300	4200	70
Tolueno	µg/L		1,3		24	18000	1000
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados:							
1.1.1.2-Tetracloroetano	µg/L				1,1	3,3	
1.1.1-Tricloroetano	µg/L				200	640	300
1.1.2.2-Tetracloroetano	µg/L				1	3,2	
1.1.2-Tricloroetano	µg/L				4,7	4,7	130
1.1-Dicloroetano	µg/L				5	320	900
1.1-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	10
1.1-Dicloropropileno	µg/L						
1.2.3-Triclorobenzeno	µg/L						
1.2.3-Tricloropropano	µg/L						
1.2.4-Triclorobenzeno	µg/L				70	180	
1.2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L						

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
1.2-Dibromoetano (EDB)	µg/L						
1.2-Diclorobenzeno	µg/L				3	4600	
1.2-Dicloroetano	µg/L			3	1,6	1,6	400
1.2-Dicloropropano	µg/L				5	16	
1.3.5-Triclorobenzeno	µg/L						
1.3-Diclorobenzeno	µg/L				59	9600	
1.3-Dicloropropano	µg/L						
1.4-Diclorobenzeno	µg/L				1	8	
2.2-Dicloropropano	µg/L						
2-Clorotolueno	µg/L						
4-Clorotolueno	µg/L						
Bromobenzeno	µg/L						
Bromoclorometano	µg/L						
Bromodiclorometano	µg/L				16	85000	
Bromofórmio	µg/L				25	380	
Bromometano	µg/L				0,89	5,6	
cis-1.2-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	20
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L				0,5		
Cloro de vinilo	µg/L			0,5	0,5	0,5	5
Clorobenzeno	µg/L				30	630	180
Cloroetano	µg/L						
Clorofórmio	µg/L				2,4	2,4	400
Clorometano	µg/L						
Dibromoclorometano	µg/L				25	82000	
Dibromometano	µg/L						
Diclorodifluorometano	µg/L				590	4400	
Diclorometano	µg/L						1000
Hexaclorobutadieno	µg/L				0,44	0,44	
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L		0,65		1,6	1,6	40
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		0,65		1,6	1,6	500
Triclorofluorometano	µg/L				150	2500	
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados:							
1.2.4-Trimetilbenzeno	µg/L						
1.3.5-Trimetilbenzeno	µg/L						
Isopropilbenzeno	µg/L						
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L				15	190	9200
n-Butilbenzeno	µg/L						
n-Propilbenzeno	µg/L						
p-Isopropiltolueno	µg/L						
sec-Butilbenzeno	µg/L						
Estireno	µg/L				5,4	1300	300
tert-Butil álcool	µg/L						
tert-Butilbenzeno	µg/L						

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs):							
Acenafteno	µg/L		0,0065		4,1	600	
Acenaftileno	µg/L		0,013		1	1,8	
Antraceno	µg/L		0,1		2,4	2,4	5
Benzo(a)antraceno	µg/L		0,0065		1	4,7	0,5
Benzo(a)pireno	µg/L		0,01	0,01	0,01	0,81	0,05
Benzo(b)fluoranteno	µg/L		0,1		0,1	0,75	0,05
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L		0,1		0,2	0,2	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L		0,1		0,1	0,4	
Criseno	µg/L		0,0065		0,1	1	0,2
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L				0,2	0,52	
Fluoranteno	µg/L		0,1		0,41	130	1
Fluoreno	µg/L		0,0065		120	400	
Indeno(1.2.3.cd)pireno	µg/L		0,1		0,2	0,2	0,05
Naftaleno	µg/L		2,4		11	1400	70
Fenantreno	µg/L		0,0065		1	580	5
Pireno	µg/L		0,003		4,1	68	
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	µg/L			0,1			

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008

LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiar definido nos PGRH

VP - Valor Paramétrico. DL 306/2007 Qualidade da água destinada ao consumo humano alterado pelo Decreto-Lei n.º 152/2017

Canadá T2 – Table 2 - *Standards in a Potable Groundwater Condition*

Canadá T3 – Table 3 - *Standards in a Non-Potable Ground Water Condition*

Holanda, IV - *Intervention Values*

4.2.2 Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)

Nesta área procurou-se efetuar amostragens nos oito piezómetros que, desde 2013, foram seleccionados para avaliar a evolução da situação. Contudo, manteve-se o problema com o ponto S6A que tinha a tampa calcinada à data da campanha não tendo sido possível recolher amostra. Cinco destes pontos localizam-se dentro do Site 3001 ou próximo do seu limite exterior (MW01, MW02, MW05, S6A e S6B), e três fora desse perímetro (FP3A, FP6A e FP6B), conforme indicado na Figura 4.1.

Mantiveram-se os procedimentos de recolha, as profundidades de amostragem e as análises efetuadas nas campanhas anteriores (cf. secção 4.1). Os resultados das análises químicas são apresentados no Quadro 4.4, onde se assinalam a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (também referidos por "norma", de acordo com a metodologia é apresentada na secção 4.2.1), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação. No Anexo apresentam-se os dados de campo registados *on site*.

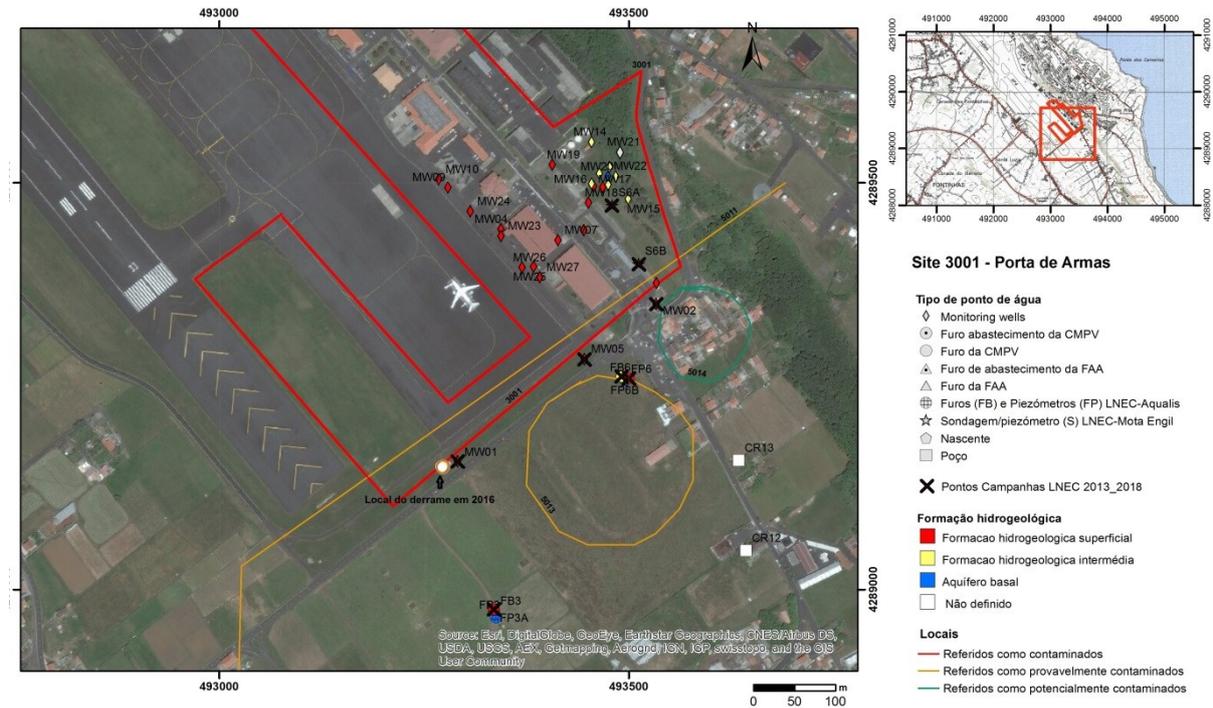


Figura 4.1 – Localização dos pontos de monitorização do LNEC junto ao Site 3001

A Figura 4.2 apresenta as concentrações de hidrocarbonetos acima do limite de quantificação observadas nos diferentes pontos de água, entre 2015 e 2018. Pese embora os limites de quantificação dos PAH nas campanhas de 2015, e anteriores, terem sido cerca de uma ordem de grandeza acima dos limites de quantificação em 2016, não permitindo uma comparação direta dos resultados, observa-se uma diminuição das concentrações registadas desde 2016, sendo os valores com concentrações mais baixas os registados em 2018.

Nos pontos amostrados fora do Site 3001 (FP3A, FP6A e FP6B) apenas o FP6B apresentou concentração em benzo(a)antraceno acima do limiar de qualidade (Quadro 4.4), representando uma melhoria global da situação relativamente às campanhas anteriores. No ponto FP3A não se observaram PAH com concentrações acima dos limiares de qualidade, facto que denota uma evolução positiva relativamente ao historial de monitorização com valores acima dos limiares (cf. Figura 4.2 onde se apresentam os valores acima dos limites de quantificação): março de 2016 [benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, fenantreno, pireno]; setembro de 2016 [benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenz(a,h)antraceno, fluoranteno, fenantreno, pireno e soma de 4 PAH (DL 306/2007)] e setembro de 2017 [benzo(a)pireno e fenantreno]. Nos pontos FP6A e FP6B todas as concentrações, excepto a de benzo(a)antraceno, apresentaram valores inferiores ao limite de quantificação (Figura 4.2). Nos três pontos observa-se, ainda, um valor residual de hidrocarbonetos totais de petróleo.

Quadro 4.4 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem analisados em março de 2018 junto ao Site 3001

Parâmetro	Unidade	Limite quantificação	Designação local								Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas	
			FP3A	FP6A	FP6B	MW01	MW02	MW05	S6B	Data amostragem					
In situ															
Temperatura	oC	0,01	17,6	17,8	17,4	19,8	17,1	18,3	19,4						
pH	Sorensen	0,05	6,85	7,45	6,88	7,09	7,03	6,94	6,63	LQ e L	5,5; 9	0			
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	-	377,6	485	890	516	530	700	567	LQ e L	2500	0			
Potencial redox (Eh)	mV	-	-	-	-	-	-	-	-						
Parâmetros agregados															
Índice de fenóis	mg/L	0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	Canadá	0,89	0			
Inorgênicos não metálicos															
Cloretos	mg/L	0,03	67	66	76	52	54	75	141	LQ e L	250	0			
Nitratos	mg/L	0,3	10	1,5	13	10	0,7	0,6	0,4	NQ	50	0			
Sulfatos	mg/L	0,3	24	28	44	17	12	4,8	3,3	LQ e L	250	0			
Metais em solução / Cátions maiores															
Alumínio - Al	mg/L	0,003	0,16	0,17	0,63	1	0,33	1,1	0,14	VP	0,2	4			
Antimónio - Sb	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0			
Arsénio - As	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	0,0031	-0,001	-0,001	-0,001	0,0014	LQ e L	0,01	0			
Bário - Ba	mg/L	0,03	-0,03	-0,03	-0,03	0,06	-0,03	-0,03	-0,03	Canadá	1	0			
Berílio - Be	mg/L	0,0004	0,0004	-0,0004	-0,0004	0,0009	-0,0004	0,0004	0,0004	Canadá	0,004	0			
Boro - B	mg/L	0,03	0,05	0,07	0,15	0,1	0,08	0,16	0,37	Canadá	5	0			
Cádmio - Cd	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	LQ e L	0,005	0			
Cálcio - Ca	mg/L	0,3	10	9,2	117	42	39	54	23						
Chumbo - Pb	mg/L	0,003	0,003	-0,003	-0,003	0,013	0,004	0,007	0,003	LQ e L	0,01	1			
Cobalto - Co	mg/L	0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	Canadá	0,0038	0			
Cobre - Cu	mg/L	0,003	0,022	0,02	0,004	0,015	0,003	0,004	-0,002	VP	2	0			
Crómio - Cr	mg/L	0,001	0,005	0,03	0,0015	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,05	0			
Ferro - Fe	mg/L	0,003	0,31	0,9	11	3,1	0,66	10	4,4	VP	0,2	7			
Fósforo - P	mg/L	0,05	0,16	0,18	0,62	0,47	0,34	0,21	0,82						
Lítio - Li	mg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1						
Magnésio - Mg	mg/L	0,1	12	6,6	37	15	19	24	13						
Manganês - Mn	mg/L	0,005	0,021	0,31	1	0,09	0,21	3,9	0,61	VP	0,05	6			
Mercúrio - Hg	µg/L	0,0005	0,068	-0,015	-0,015	-0,015	0,015	-0,015	-0,015	LQ e L	1	0			
Molibdeno - Mo	mg/L	0,005	-0,005	0,008	0,005	-0,005	-0,005	0,006	-0,005	Canadá	0,07	0			
Níquel - Ni	mg/L	0,005	0,006	0,15	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	1			
Potássio - K	mg/L	0,0001	9	11	10	2,7	3,6	15	4,6						
Prata - Ag	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,0015	0			
Selénio - Se	mg/L	0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,0027	0,0013	-0,0004	-0,0004	VP	0,01	0			
Sódio - Na	mg/L	0,03	50	60	44	50	61	70	70	VP	200	0			
Vanádio - V	mg/L	0,01	-0,002	-0,002	0,014	0,004	-0,002	0,002	0,002	Canadá	0,0062	1			
Zinco - Zn	mg/L	0,05	0,05	0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1,1	0			
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP															
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	mg/L	0,012	0,043	0,048	0,015	-0,015	0,019	0,029	-0,015	Canadá	0,75	0	5		
BTEX															
Benzeno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	VP e L	1	0	0		
Etilbenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0		
Meta-para xileno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	L	1,3	0	0		
Orto-xileno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0		
Tolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	L	1,3	0	0		
Soma BTEX	µg/L	1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6			0	0		
Soma xilenos	µg/L	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3			0	0		
Soma TEX	µg/L	1,4	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3			0	0		
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados															
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0	0		
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0		
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	1	0	0		
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	0		
1,1-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0		
1,1-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0		
1,1-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1			0	0		
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0		
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0		
1,2-Dicloroetano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	VP	3	0	0		
1,2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2			0	0		
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1			0	0		
1,3-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0		
2,2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
2-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
4-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
Bromobenzeno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
Bromoclorometano	µg/L	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2			0	0		
Bromodifluorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0		
Bromofórmio	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	25	0	0		
Bromometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	0,89	0	0		
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0		
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	0,5	0	0		
Cloreto de vinil	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	0,5	0	0		
Clorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0		
Cloroetano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
Clorofórmio	µg/L	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	Canadá	2,4	0	0		
Clorometano	µg/L	10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
Dibromoclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0		
Dibromometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			0	0		
Diclorodifluorometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	590	0	0		
Diclorometano	µg/L	6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6			0	0		
Hexaclorobutadieno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	0,44	0	0		
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	L	0,65	0	0		
Tetraclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1			0	0		
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0		
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Canadá	0,5	0	0		

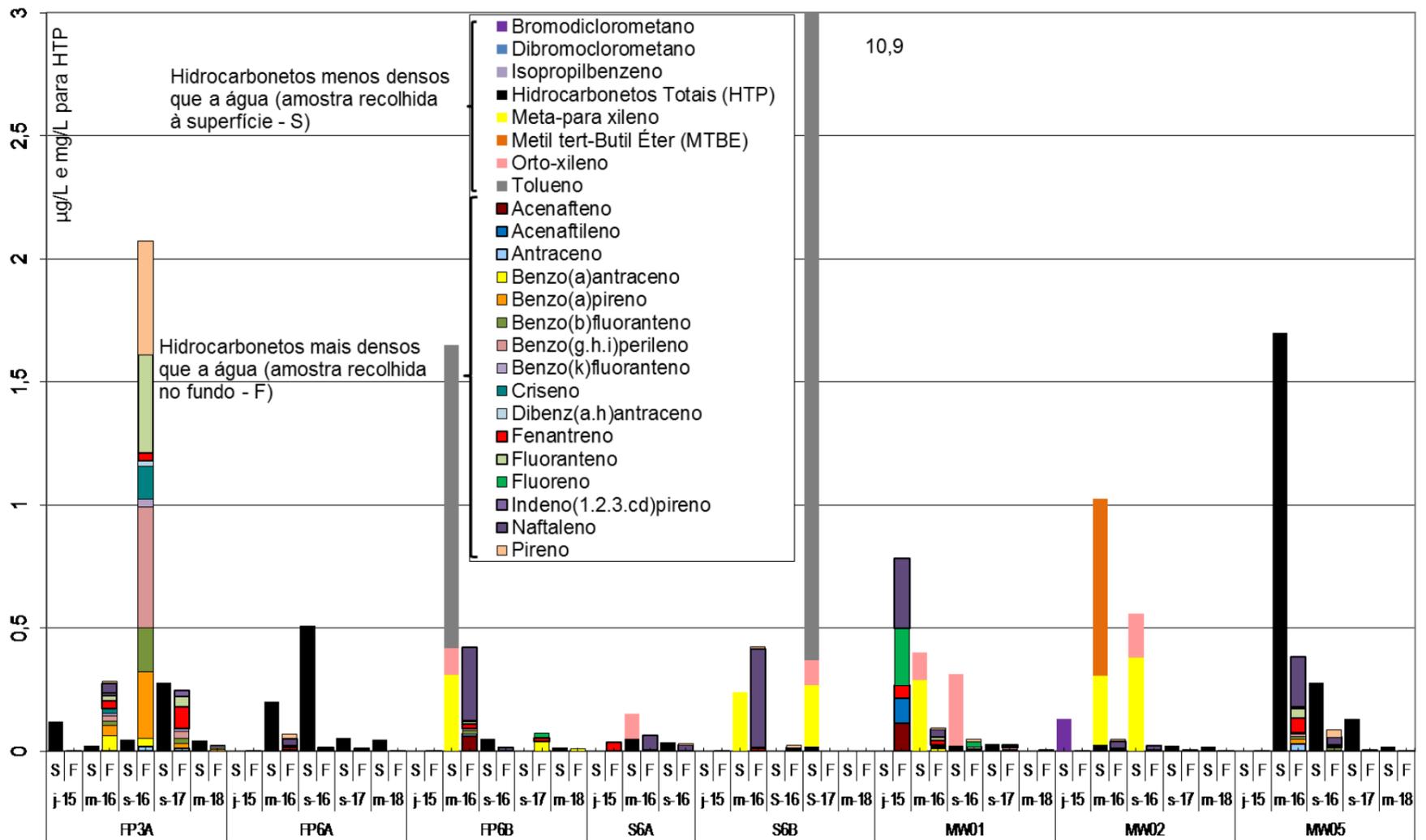


Figura 4.2 – Concentração em PAH, TPH e BTEX em piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, dentro e fora do Site 3001, entre 2015 e 2018

Na área dentro do Site 3001 não se observou nem a presença de BTEX (meta-para xileno, orto-xileno e tolueno) nem de compostos orgânicos voláteis (cf. Quadro 4.4), mantendo-se a evolução favorável que se crê resultar das ações de reabilitação realizadas. Esta evolução deverá continuar a ser acompanhada nas próximas campanhas previstas. Não obstante, ainda se registam hidrocarbonetos totais do petróleo e observa-se alguma oscilação na concentração de PAH, com a presença de diversos elementos e compostos orgânicos nas formações hidrogeológicas suspensas. Os parâmetros que apresentaram valores acima dos limiares (Quadro 4.4) foram o benzo(a)pireno, fenantreno e pireno, no ponto MW05.

Em relação aos metais pesados, aqueles que ocorreram acima dos limiares de qualidade nas campanhas entre 2016 e 2018 foram o Al, Co, Fe, Mn, Ni, Pb e V. Tem vindo a ser referido que se crê que a origem destes elementos é natureza geológica. De facto, as águas subterrâneas que circulam em solos ou rochas ricas em minerais tendem a adquirir maior mineralização, também em função de outras características do meio como o pH e potencial oxidação-redução. Assim, é espectável que solos vulcânicos possam dar origem a águas mais mineralizadas em metais e metalóides. No Quadro 4.5 apresentam-se alguns valores das concentrações médias em metais pesados nos solos em função do tipo de rocha-mãe. Estes são os valores de base (fundo geoquímico) dos solos, não considerando quaisquer pressões.

Quadro 4.5 – Concentração média em metais pesados e metalóides em função do tipo de rocha-mãe

Elemento	Concentração (mg/kg)			
	Rochas máficas (tipo basaltos)		Rochas sedimentares (tipo calcário)	Rochas sedimentares (tipo arenitos)
	Alloway (1990)	Merian (1991)	Alloway (1990)	
Cobalto, Co	35	48	0,1	0,3
Manganés, Mn	1500	1390	620	460
Níquel, Ni	150	134	7	9
Chumbo, Pb	3	3,5	5,7	10
Vanádio, V	250	251	45	20

O vanádio é um dos metais cuja origem nas águas subterrâneas da ilha Terceira tem sido questionada, atendendo a que nos motores jet são, por vezes, usadas ligas contendo aquele elemento. Contudo, as análises químicas realizadas indicam que a sua génese está associada à origem vulcânica da ilha. Efetivamente, como se pode concluir pela observação da Figura 4.3, contendo uma síntese do conjunto das análises químicas realizadas nos últimos oito anos, os pontos localizados nos Sites 3001 e 5001 são os que apresentam valores mais baixos em V (mais junto ao lado direito do gráfico), juntamente com as concentrações nos poços (com a sigla CR, mais junto ao lado esquerdo do gráfico). Os pontos localizados no aquífero basal (cf. furos para abastecimento e furos no basal, FBs) são os que apresentam valores mais elevados resultantes do maior tempo de interação água-rocha, entre o período de recarga e a chegada ao aquífero basal. O furo do Pico Viana, localizado na freguesia dos Biscoitos, apresenta valores equivalentes aos restantes furos. Os pontos FB5 e FP5, apesar captarem no aquífero basal, apresentam o nível piezométrico muito

próximo da superfície e, por isso, têm concentração baixa em V. Os pontos FP3A, FP6A, FP6B, S1B, S5A, S5B, S6A e S6B captam nas formações hidrogeológicas superficiais e intermédias apresentando, por isso, valores de concentração intermédia.

As concentrações observadas em ilhas com origem vulcânica semelhante, p.e. as ilhas Canárias, apresentam valores de concentração em V entre 0,0194 e 0,288 mg/L, sendo estes valores superiores às medianas das concentrações de todos os furos na ilha Terceira. Finalmente refere-se que os valores observados nos furos estão acima dos valores definidos para a água potável pela legislação do Canadá, não havendo contudo consenso a nível mundial da perigosidade deste metal para a saúde, estando este metal ausente na lista da Organização Mundial da Saúde (OMS), entre outras entidades.

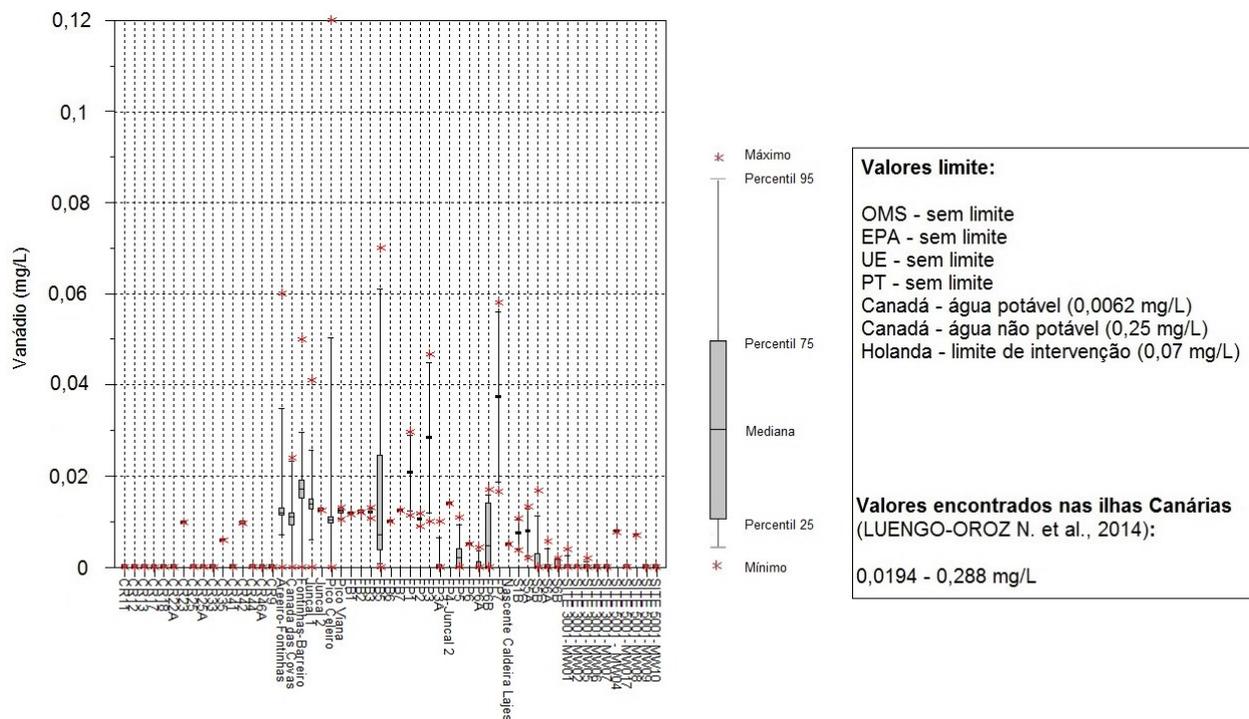


Figura 4.3 – Concentrações em vanádio em furos e piezómetros no concelho de Praia da Vitória, entre 2010 e 2018

No relatório final de 2018 será apresentada uma análise equivalente para os restantes metais.

Os principais aspetos a reter sobre os resultados da campanha de 2018 foram a total ausência de BTEX e de compostos orgânicos voláteis em todos os pontos analisados, confirmando o decréscimo que se vinha verificando nas últimas campanhas. Nos pontos fora do Site 3001 também se regista uma diminuição dos PAH relativamente às últimas campanhas. Dentro do Site 3001, os PAH ainda apresentam alguma oscilação nas concentrações, embora com uma tendência para decréscimo na soma dos parâmetros analisados (Figura 4.2). Salienta-se que todos estes parâmetros surgem em concentrações que estão muito abaixo dos valores definidos pelas normas do Canadá ou Holandesas, cujos valores são muito menos restritivos (Quadro 4.3).

4.2.3 South Tank Farm (Site 5001/AOC-1)

Nesta área foram efetuadas amostragens nos dois piezómetros que, desde 2013, foram seleccionados para avaliar a evolução da situação (cf. Figura 4.4). Neste local, os pontos de amostragem localizam-se no aquífero basal, uma vez que praticamente não há formação hidrogeológica superficial nesta zona.

Mantiveram-se os procedimentos de recolha, as profundidades de amostragem e as análises efetuadas em campanhas anteriores (cf. secção 4.1). Os resultados das análises químicas são apresentados no Quadro 4.6, onde se assinalam a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (também referidos por "norma", de acordo com a metodologia que é apresentada na secção 4.2.1), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação. No Anexo apresentam-se os dados de campo registados *on site*.

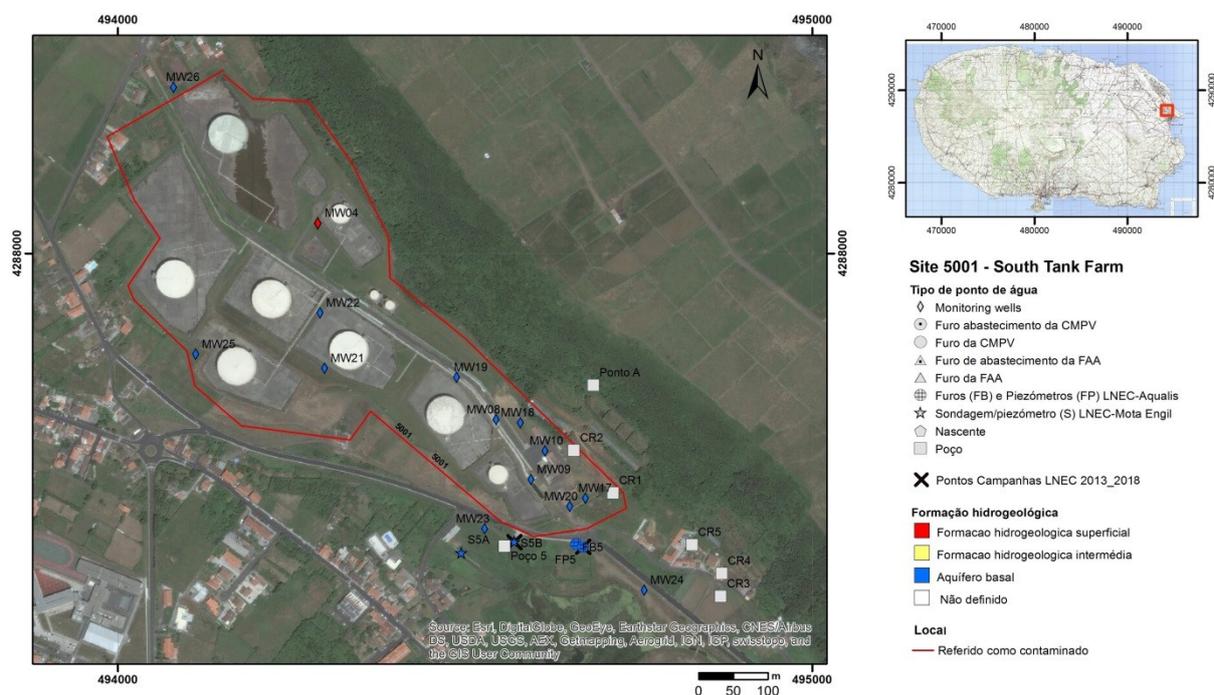


Figura 4.4 – Localização dos pontos de monitorização do LNEC junto ao Site 5001

A Figura 4.5 apresenta as concentrações de hidrocarbonetos acima do limite de quantificação observadas nos pontos S5B e FB5 desde 2010. O aparecimento ou aumento de diversos hidrocarbonetos que se vinha observando nas últimas campanhas registou uma significativa diminuição na primeira campanha de 2018, para os dois pontos, não se tendo registado BTEX nem compostos orgânicos voláteis (Quadro 4.6). As concentrações em hidrocarbonetos totais foram mais baixas que nas campanhas anteriores. Não obstante observaram-se diversos PAH acima da norma. No caso do FB5, para os hidrocarbonetos mais densos do que a água, regista-se em 2018 a presença de três PAH acima da norma (benzo-a-antraceno, benzo-a-pireno e criseno), estando em 2017 apenas o fenantreno nessas condições (Quadro 4.6). Para o S5B, registou-se a presença de dois PAH acima da norma (criseno e fluoreno), embora em concentrações bastante inferiores às de 2017 onde também o pireno se encontrava acima da norma.

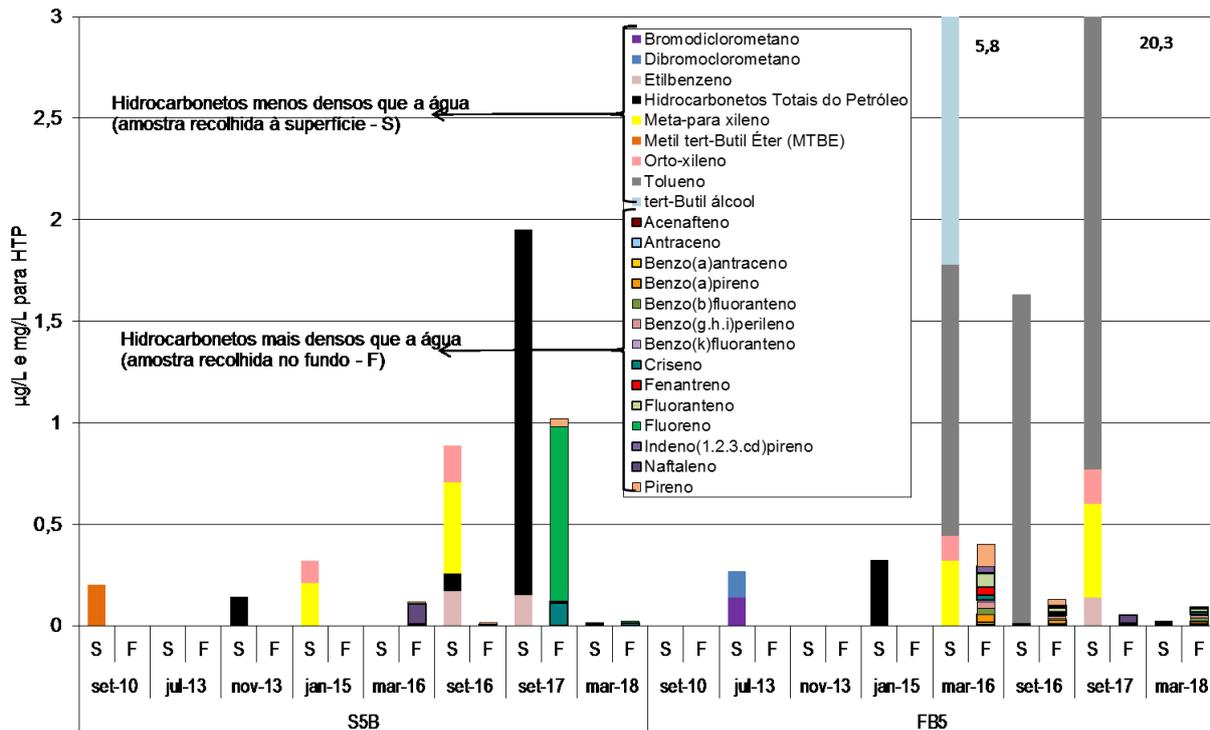


Figura 4.5 – Concentrações em PAH, TPH e BTEX em piezômetros localizados fora do Site 5001, entre 2010 e 2018

Por outro lado, pode constatar-se da leitura do Quadro 4.6 que o ferro, o manganês, o vanádio, o sódio e o níquel ultrapassaram os Limiares de Qualidade para as águas subterrâneas, de forma equivalente ao observado em campanhas anteriores.

Os principais aspetos a reter para o Site 5001 são a ausência de BTEX e VOC, e a diminuição de hidrocarbonetos totais. Contudo, ainda há um conjunto de PAH com concentrações acima do Limiares de Qualidade definidos pela APA. Salienta-se que nenhum dos parâmetros mencionados ultrapassou as normas definidas pelo Canadá e Holandesa.

Apesar da melhoria global da situação observada nos dois pontos amostrados, importa compreender as suas causas e eventuais novas formas para incrementar a reabilitação no Site 5001. Não se dispõe de elementos sobre novas ações neste local. Por outro lado, estes dois pontos de controlo da qualidade, que haviam sido mantidos deste 2010 apenas como pontos de observação de um eventual aparecimento de hidrocarbonetos, acabaram por identificar uma situação de contaminação que deve ser reabilitada. Para complementar esta informação, o LNEC, através do MDN, irá monitorizar outros locais que irão permitir acompanhar melhor a extensão desta situação. Com base nos resultados desse estudo serão otimizados os procedimentos de monitorização a realizar em futuras campanhas.

Quadro 4.6 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem analisados em março de 2018 junto ao Site 5001

Parâmetro	Unidade	Limite quantificação	Designação local		Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
			F85	S5B				
			Data amostragem					
			11-03-2018	11-03-2018				
In situ								
Temperatura	oC	0,01	18,7	18,3				
pH	Sorensen	0,05	7,04	7,34	LQ e L	5,5; 9	0	
Condutividade eléctrica	S/cm (20°C)	-	1504	705	LQ e L	2500	0	
Potencial redox (Eh)	mV	-	251,5	-134				
Parâmetros agregados								
Índice de fenóis	mg/L	0,004	0,075	-0,004	Canadá	0,89	0	
Inorgênicos não metálicos								
Cloretos	mg/L	0,03	422	17	LQ e L	250	1	
Nitratos	mg/L	0,3	22	-0,3	NQ	50	0	
Sulphate as SO4 2-	mg/L	0,3	53	6,2	LQ e L	250	0	
Metais em solução / Cátions maiores								
Alumínio - Al	mg/L	0,003	0,083	0,042	VP	0,2	0	
Antimónio - Sb	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	
Arsénio - As	mg/L	0,001	-0,001	0,0026	LQ e L	0,01	0	
Bário - Ba	mg/L	0,03	0,05	0,07	Canadá	1	0	
Bérblio - Be	mg/L	0,0004	-0,0004	-0,0004	Canadá	0,004	0	
Boro - B	mg/L	0,03	0,09	0,1	Canadá	5	0	
Cádmio - Cd	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	LQ e L	0,005	0	
Cálcio - Ca	mg/L	0,3	28	81			0	
Chumbo - Pb	mg/L	0,003	-0,003	-0,003	LQ e L	0,01	0	
Cobalto - Co	mg/L	0,002	-0,002	-0,002	Canadá	0,0038	0	
Cobre - Cu	mg/L	0,003	0,007	0,008	VP	2	0	
Crómio - Cr	mg/L	0,001	0,09	-0,001	VP	0,05	1	
Ferro - Fe	mg/L	0,003	0,8	14	VP	0,2	2	
Fósforo - P	mg/L	0,05	0,65	1,2			0	
Lítio - Li	mg/L	0,1	-0,1	-0,1			0	
Magnésio - Mg	mg/L	0,1	34	23			0	
Manganês - Mn	mg/L	0,005	0,026	4,4	VP	0,05	1	
Mercurio - Hg	µg/L	0,0005	-0,015	0,032	LQ e L	1	0	
Molibdeno - Mo	mg/L	0,005	0,013	-0,005	Canadá	0,07	0	
Níquel - Ni	mg/L	0,005	0,064	-0,005	VP	0,02	1	
Potássio - K	mg/L	0,0001	12	7,4			0	
Prata - Ag	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,0015	0	
Selénio - Se	mg/L	0,0004	-0,0004	-0,0004	VP	0,01	0	
Sódio - Na	mg/L	0,03	235	49	VP	200	1	
Vanádio - V	mg/L	0,01	0,011	0,003	Canadá	0,0062	1	
Zinco - Zn	mg/L	0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1,1	0	
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTTP								
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	mg/L	0,012	0,023	0,015	Canadá	0,75	0	2
BTEX								
Benzeno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0
Meta-para xileno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	1	-1	-1	L	1,3	0	0
Soma BTEX	µg/L	1,6	-1,6	-1,6			0	0
Soma xilenes	µg/L	0,3	-0,3	-0,3			0	0
Soma TEX	µg/L	1,4	-1,3	-1,3			0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados								
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	1	-1	-1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1			0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1			0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	1	-1	-1			0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	1	-1	-1			0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	1	-1	-1			0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	1	-1	-1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1			0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2			0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1			0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1			0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1			0	0
2-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1			0	0
4-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1			0	0
Bromobenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
Bromoclorometano	µg/L	2	-2	-2			0	0
Bromodiorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromofórmio	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	Canadá	25	0	0
Bromometano	µg/L	1	-1	-1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1	Canadá	0,5	0	0
Cloro de vinil	µg/L	1	-1	-1	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	1	-1	-1			0	0
Clorofórmio	µg/L	0,3	-0,3	-0,3	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	10	-1	-1			0	0
Dibromoclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	1	-1	-1			0	0
Diclorodifluorometano	µg/L	1	-1	-1	Canadá	590	0	0
Diclorometano	µg/L	6	-6	-6			0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	1	-1	-1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1			0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	1	-1	-1	Canadá	0,5	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	1	-1	-1	Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados								
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
Estireno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
n-Propilbenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	1	-1	-1			0	0
sec-Butilbenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
tert-Butil álcool	µg/L	5	-5	-5			0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	1	-1	-1			0	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH)								
Acenafteño	µg/L	0,002	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Acenafteño	µg/L	0,004	-0,004	-0,004	L	0,013	0	0
Antraceno	µg/L	0,002	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,002	0,007	-0,002	L	0,0065	1	1
Benzo(a)pireno	µg/L	0,002	0,013	-0,002	L	0,01	1	1
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,002	0,016	-0,002	L	0,1	0	1
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	0,002	0,013	-0,002	L	0,1	0	1
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,002	0,007	-0,002	L	0,1	0	1
Criseno	µg/L	0,002	0,011	0,013	L	0,0065	2	2
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	0,002	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L	0,002	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Fluoranteno	µg/L	0,002	0,014	-0,002	L	0,1	0	1
Fluoreno	µg/L	0,002	-0,002	0,007	L	0,0065	1	1
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	0,002	0,011	-0,002	L	0,1	0	1
Naftaleno	µg/L	0,002	-0,002	-0,002	L	2,4	0	0
Pireno	µg/L	0,002	-0,002	-0,002	L	0,003	0	0
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	µg/L	0,008	0,034	0,001	VP	0,1	0	2

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008
LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiares definidos nos PGRH
VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 e 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano
Canadá - *Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)*
"-." significa "<"
A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada
A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página propositadamente deixada em branco

5 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano

5.1 Resultados da amostragem pontual

O Quadro 5.1 apresenta os resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas em furos da Praia Ambiente, E.M. nos últimos cinco anos (2014-2018), sendo a maioria deles furos utilizados para abastecimento. Assinalam-se a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (também referidos por "norma", de acordo com a metodologia apresentada na secção 4.2.1), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação.

Os resultados apresentados incluem essencialmente os dados do programa de base de controlo de qualidade conduzido pela Praia Ambiente, E.M., aos quais se juntaram os resultados de amostras recolhidas pelo LNEC. Não foram incluídos nesse quadro os resultados do plano de monitorização especial efetuado com uma periodicidade tipicamente semanal entre 16/7/2015 e 29/10/2015, num total de 12 campanhas, uma vez que não foi encontrado qualquer valor acima do limite de quantificação para os hidrocarbonetos analisados (só foram analisados hidrocarbonetos).

A Figura 5.1 apresenta as concentrações em hidrocarbonetos medidas nas águas para consumo humano entre 2014 e 2018, para amostras pontuais.

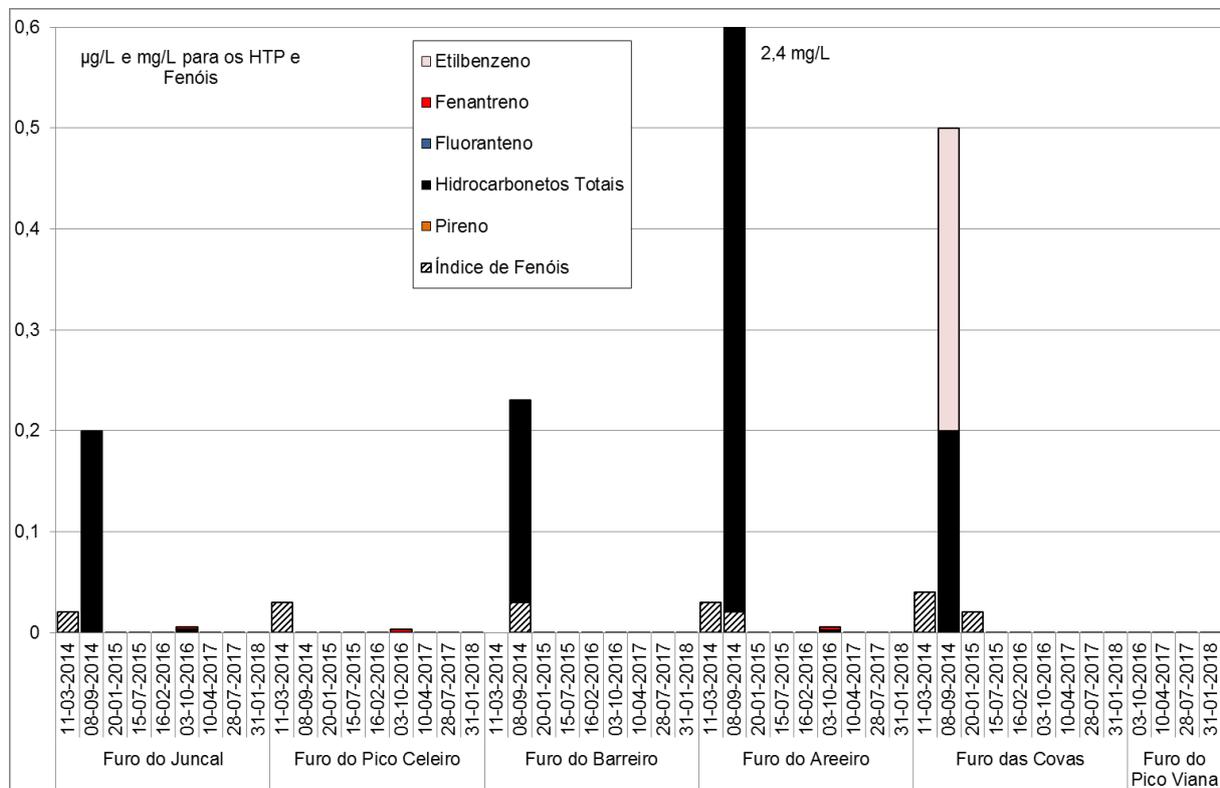


Figura 5.1 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2014 e 2018, para amostras pontuais

Embora a concentração em hidrocarbonetos tenha estado acima dos limites de quantificação em algumas amostras, em especial até 2015, nas análises efetuadas desde janeiro de 2015 apenas a amostragem de outubro de 2016 apresentou indícios de hidrocarbonetos, em três furos (Figura 5.1): fenantreno (furo do Juncal, do Pico Celeiro e do Areeiro) e fluoranteno e pireno (furo do Juncal e do Areeiro). Não obstante, em apenas uma situação nos últimos cinco anos (

Quadro 5.1) houve uma amostra acima das normas de qualidade (Furo do Areeiro, dia 08/09/2014, para hidrocarbonetos totais).

Quadro 5.1 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, entre 2014 e 2018

Parâmetro	Valor Limite	Norma	Unidade	Método	Limite Quantificação	Furo do Juncal						Furo do Pico Celeiro											
						11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015	15-07-2015	16-02-2016	03-10-2016	10-04-2017	28-07-2017	31-01-2018	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015	15-07-2015	16-02-2016	03-10-2016	10-04-2017	28-07-2017	31-01-2018
Temperatura			°C	SMEWW 2550	0,01	21	18		22,3		22,4	23,9	23,9		18	18		18,6		18,1	20,5	20,5	
pH	5,5-9	LQ		Sorensen	0,05	6,8	6,9		6,7		6,8	6,7	6,7		7,3	7,5		7,3		7,3	7,5	7,5	
Condutividade eléctrica	2500	LQ	µS/cm	NP EN 27888:1996	-	1590	1500	1560	1479	1590	1624	1440	1440	513	548	538	608	446	662	638	583	583	
Índice de Fenóis	0,89	Canadá	mg/L	W-PHI-PHO	0,005	0,02	-0,002	-0,003	-0,003	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,03	-0,002	-0,003	-0,003	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	
Acidez pH 4.5	-		mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	-0,06	-0,06		3,05		2,43	2,48	2,33		-0,06	-0,06		0,955		0,708	0,738	0,694	
Acidez pH 8.3	-		mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	0,41	0,41		-0,15		-0,15	-0,15	-0,15		0,12	-0,06		-0,15		-0,15	-0,15	-0,15	
Alcalinidade pH 4.5	-		mmol/L	W-ALK-PCT	0	-0,06	-0,06		-0,15		-0,15	-0,15	-0,15		0,49	0,49		-0,15		-0,15	-0,15	-0,15	
Cloretos	250	LQ	mg/L	W-CL-IC	0,15	400	390	340	378	399	398	372	399	103	110	113	145	97,4	152	158	146	136	
Dióxido de carbono livre, CO2	-		mg/L	W-CO2F-CC2	0,15	147	36		29		22,5	17,6	21,9		53	4		3,52		3,78	3,04	4,36	
Bicarbonato	-		mg/L	W-CO2F-CC2	0	177	180		186		149	151	142		60	60		58,2		43,2	45	42,4	
Nitratos	50	NQ	mg/L	W-NO3-IC	1	22,9	15,4		21,1		24,4	24,1	28,5		19,1	11,3		38,8		17,5	17,6	23,7	
Sulfato SO4 ²⁻	250	LQ	mg/L	W-SO4-IC	0	51	44		43,5		48,7	48	50,1		17,4	15,6		11,8		18,7	19,9	17,9	
Total de dióxido de carbono livre,	-		mg/L	W-CO2F-CC2		163			130		130	127	124		45,5			34,9		35,5	34,9		
Alumínio - Al	0,2	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,01	-0,01		-0,01		-0,01	0,01	-0,01		-0,01	-0,01		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01	
Antimónio - Sb	0,005	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025	-0,0025		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01		-0,0025	-0,0025		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01	
Arsénio - As	0,01	LQ	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,003	-0,003		-0,005		-0,005	-0,005	-0,005		-0,003	-0,003		-0,005		-0,005	-0,005	-0,005	
Bário - Ba	1	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,003	0,013	0,006	0,0109	0,012	0,0105	0,0135	0,0118	-0,003	0,004	-0,003	0,005	0,0032	0,00566	0,00461	0,00561	0,00472	
Berílio - Be	0,004	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,0002	-0,0002	-0,0006		-0,0002		-0,0002	-0,0002	-0,0002		0,002	-0,0006		-0,0002		-0,0002	-0,0002	-0,0002	
Boro - B	5	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,1	-0,06	0,11	0,103	0,123	0,122	0,128	0,123	-0,06	0,16	-0,06	0,06	0,022	0,029	0,026	0,027	0,027	
Cádmio - Cd	0,005	LQ	mg/L	W-METAXFL1	0,0004	-0,0003	-0,0003		-0,0004		-0,0004	-0,0004	-0,0004		-0,0003	-0,0003		-0,0004		-0,0004	-0,0004	-0,0004	
Cálcio - Ca	-		mg/L	W-METAXFL1	0,005	39,1	35,4		30,9		34,1	34,5	32,8		16,2	15,7		11,7		18,2	17,8	16,1	
Crómio - Cr	0,05	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,0007	-0,0007		-0,001		-0,001	-0,001	-0,001		0,0008	-0,0007		-0,001		-0,001	-0,001	-0,001	
Cobalto - Co	0,0038	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002	-0,002		-0,002		-0,002	-0,002	-0,002		-0,002	-0,002		-0,002		-0,002	-0,002	-0,002	
Cobre - Cu	2	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,002	-0,002		-0,001		0,0022	0,0016	-0,001		0,002	-0,002		-0,001		-0,001	0,0017	-0,001	
Ferro - Fe	0,2	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,005	0,006		0,023		0,0057	-0,002	-0,002		0,018	0,02		-0,002		-0,002	-0,002	-0,002	
Chumbo - Pb	0,01	LQ	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,003	-0,003		-0,005		-0,005	-0,005	-0,005		-0,003	-0,003		-0,005		-0,005	-0,005	-0,005	
Lítio - Li	-		mg/L	W-METAXFL1	0,001	-5	-5		0,0034		0,0058	0,0052	0,0043		-5	-5		-0,001		-0,001	-0,001	-0,001	
Magnésio - Mg	-		mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,001	-0,01		0,00137		19,2	37,5	35,5		11	11		11		14,4	13,7		
Manganês - Mn	0,05	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,001	-0,01		0,00137		-0,0005	-0,0005	-0,0005		-0,001	0,0009		-0,0005		-0,0005	-0,0005	-0,0005	
Mercurio - Hg	1	LQ	µg/L	W-HG-AFSFL	0,01	-0,1	-0,1		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01		-0,1	-0,1		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01	
Molibdênio - Mo	0,07	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,002	0,002		-0,002		-0,002	-0,002	-0,002		-0,002	-0,002		-0,002		-0,002	-0,002	-0,002	
Níquel - Ni	0,02	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002	-0,002		-0,002		-0,002	-0,002	-0,002		-0,002	-0,002		-0,002		-0,002	-0,002	-0,002	
Níquel - Ni	-		mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,126	0,149		0,117		0,126	0,135	0,143		0,107	0,116		0,095		0,09	0,088	0,095	
Potássio - K	-		mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,126	0,149		0,117		12	13,7	13,7		0,107	0,116		0,095		5,1	5,68	5,84	
Selénio - Se	0,01	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025	-0,0025		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01		-0,0025	-0,0025		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01	
Prata - Ag	0,0015	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001	-0,001		-0,001		-0,001	-0,001	-0,001		-0,001	-0,001		-0,001		-0,001	-0,001	-0,001	
Sódio - Na	200	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,03	215	239	211	222	212	226	191	216	210	65,4	70,8	64	76	58,1	88,4	69,1	76,3	74,2
Tálio - Tl	-		mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,01	-0,01		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01		-0,01	-0,01		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01	
Vanádio - V	0,0062	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,001	0,015	0,013	0,015	0,041	0,0124	0,0138	0,013	0,0144	0,0139	0,012	0,12	0,011	0,038	0,0102	0,0106	0,0095	0,0096	0,0093
Zinco - Zn	1,1	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,1	-0,016		-0,002		0,0319	0,0058	0,0271		-0,007	-0,016		-0,002		0,0091	0,0207	0,0182	
Hidrocarbonetos Totais	0,75	Canadá	mg/L	W-TPHW-IR	0,05	0,2	-0,1		-0,05		-0,05	-0,05	-0,05		-0,1	-0,1		-0,05		-0,05	-0,05	-0,05	
BTEX	-		µg/L			-	-		-		-	-	-		-			-		-	-	-	
Benzeno	1	VP e L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,02	-0,02		-0,2		-0,1	-0,2	-0,2		-0,2	-0,2		-0,2		-0,1	-0,2	-0,2	
Etilbenzeno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,3	-0,3		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1		-0,3	-0,3		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1	
Meta-para xileno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,3	-0,6		-0,2		-0,5	-0,2	-0,2		-0,3	-0,6		-0,2		-0,5	-0,2	-0,2	
Orto-xileno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,3	-0,3		-0,1		-0,2	-0,1	-0,1		-0,3	-0,3		-0,1		-0,2	-0,1	-0,1	
Tolueno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1		-1		-1	-1	-1		-1	-1		-1		-0,1	-0,1	-0,1	
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados			µg/L																				
1.1.1.2-Tetracloretoano	1,1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,2	-0,2		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1		-0,2	-0,2		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1	
1.1.1.1-Tricloroetano	200	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1	
1.1.2.2-Tetracloretoano	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1	
1.1.2.1-Tricloroetano	4,7	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,2	-0,2		-0,1		-0,1	-0,2	-0,2		-0,2	-0,2		-0,1		-0,1	-0,2	-0,2	
1.1.1-Dicloroetano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1	
1.1.1-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-0,1		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1	
1.1.1-Dicloropropano	-		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-1	-1		-1		-1	-1	-1		-1	-1		-1		-1	-1	-1	
1.2.3-Triclorobenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,05	-0,05		-0,1		-0,1	-0,1	-0,1		-0,05								

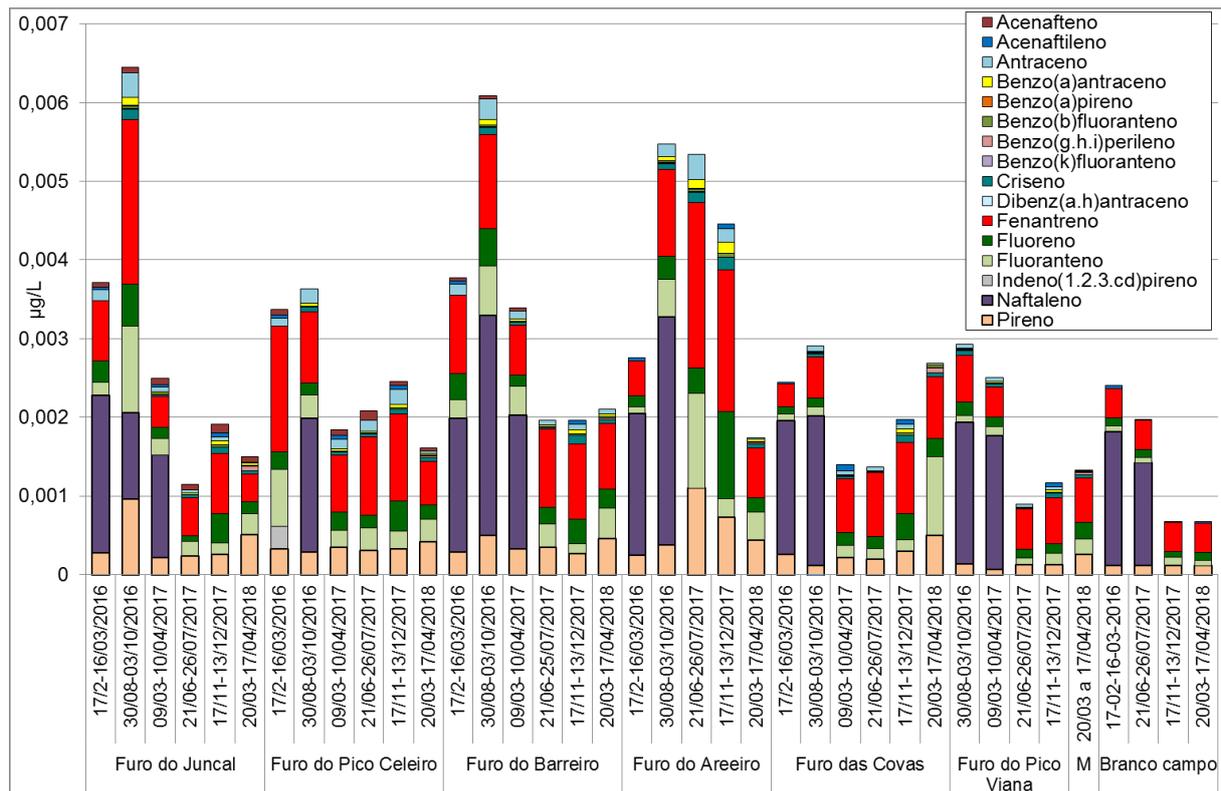
Página propositadamente deixada em branco

5.2 Resultados da amostragem contínua

Em complemento à amostragem pontual, efetuada bianualmente, mantém-se o sistema de amostragem passiva para deteção contínua cumulativa de hidrocarbonetos durante um período alargado. Esse sistema foi montado pela Praia Ambiente, E.M. com a empresa AmbiPar Control. Mantêm-se os procedimentos de amostragem que têm vindo a ser utilizados até à data. Não obstante, o furo do Pico Viana que havia sido selecionado nas campanhas anteriores foi substituído pelo furo da Canada de São Mateus, seguindo a sugestão do LNEC de acrescentar uma amostragem contínua num furo localizado em Angra do Heroísmo para confirmar a existência de uma concentração de fundo geoquímico natural em PAH nas águas subterrâneas da ilha Terceira.

Neste período estima-se que, no final de cerca de 30 dias de amostragem, se tenha filtrado um volume entre 11,8 e 24,8 m³ de água, dependendo dos furos, pelo contentor de cada ponto de colheita. Os resultados obtidos para o conjunto de amostragens contínuas são apresentados no Quadro 5.2.

Conforme se observou nos diversos períodos de monitorização desde 2016, os únicos hidrocarbonetos acima do limite de quantificação foram PAH, com o naftaleno e o fenantreno surgindo como os dois compostos com maiores concentrações (Figura 5.2). Os valores registados para as concentrações acumuladas durante cerca de um mês estão várias ordens de grandeza abaixo dos limites referidos no Quadro 4.3.



Nota: M = Furo da Canada de São Mateus

Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2016 e 2018, para amostras contínuas

Os resultados que vinham sendo obtidos para o furo do Pico Viana, localizado nos Biscoitos, juntamente com os resultados agora obtidos em 2018 para o furo da Canada de São Mateus, localizado no concelho de Angra do Heroísmo, evidenciam a existência de uma muito ligeira concentração de fundo geoquímico de PAH nestas rochas vulcânicas, cuja origem é pirogénica e não resultante de impactes dos Sites potencialmente contaminados, dado o afastamento dos dois pontos referidos desses locais. Por outro lado mantêm-se as concentrações observadas no branco de campo (amostra de água destilada cuja tampa está aberta durante o processo de amostragem, visando detetar alguma possível contaminação por contacto atmosférico) nas últimas campanhas. Há furos onde se observaram, nalgumas campanhas, mas não a de 2018, concentrações mais elevadas relativamente a esta provável concentração de fundo geoquímico natural. Contudo, com estes valores tão baixos e não constantes ao longo do tempo (pode-se identificar uma vez nos furos Juncal e do Barreiro e três vezes no Areeiro) não é possível justificar que se possa dever a qualquer contaminação.

Comparando a amostragem pontual e contínua verifica-se que as maiores concentrações, para o período comum de análises, comparando a Figura 5.1 com a Figura 5.2, se verifica na campanha de outubro de 2016.

Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em 2018

Parâmetro	Valor Limite	Norma	Unidade	Método	Limite de quantificação	Furo do Juncal	Furo do Pico Celeiro	Furo do Barreiro	Furo do Areeiro	Furo das Covas	Furo Canada de S. Mateus	Branco campo
Data						20/03-17/04/2018	20/03-17/04/2018	20/03-17/04/2018	20/03-17/04/2018	20/03-17/04/2018	20/03 a 17/04/2018	20/03-17/04/2018
Benzeno	1	VP e L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Etilbenzeno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Meta-para xileno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Orto-xileno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Tolueno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados												
1.1.1.2-Tetracloroetano	1,1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1.1-Tricloroetano	200	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1.2.2-Tetracloroetano	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.1.2-Tricloroetano	4,7	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloroetano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloroeteno	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloropropileno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.2.3-Triclorobenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2.3-Tricloropropano	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.2.4-Triclorobenzeno	70	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2-Dibromo-3-cloropropano	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.2-Dibromoetano (EDB)	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
1.2-Diclorobenzeno	3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2-Dicloroetano	3	VP	µg/L	W-VOCGMS01	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2-Dicloropropano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.3.5-Triclorobenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.3-Diclorobenzeno	59	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.3-Dicloropropano	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.4-Diclorobenzeno	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
2.2-Dicloropropano	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2-Clorotolueno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4-Clorotolueno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Bromobenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Bromoclorometano	-		µg/L	W-VOCGMS05	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Bromodichlorometano	16	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Bromofórmio	25	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Bromometano	0,89	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
cis-1.3-Dicloroeteno	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
cis-1.3-Dicloropropileno	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cloroto de vinil	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Clorobenzeno	30	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Cloroetano	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Clorofórmio	2,4	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Clorometano	-		µg/L	W-VOCGMS05	10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Dibromoclorometano	25	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Dibromometano	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Diclorodifluorometano	590	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Diclorometano	-		µg/L	W-VOCGMS01	6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Hexaclorobutadieno	0,44	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Tetracloroetileno (PCE)	0,65	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Tetraclorometano	-		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1.2-Dicloroeteno	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1.3-Dicloropropeno	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Tricloroetileno (TCE)	0,65	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Triclorofluorometano	150	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados												
1.2.4-Trimetilbenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.3.5-Trimetilbenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Disopropil éter (DIPE)	-					-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Estireno	5,4	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Éter etil terciário-butílico (ETBE)	-					-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Isopropilbenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	0,65	L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
n-Butilbenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
n-Propilbenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
p-Isopropiltolueno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
sec-Butilbenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
TAAE	-					-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
TAME	-					-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
tert-Butil álcool	-		µg/L	W-VOCGMS01	5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
tert-Butilbenzeno	-		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs)												
Acenafeno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000041	0,000032	0,000051	0,00004	0,000075	0,000056	0,00004
Acenafileno	0,013	L	µg/L	W-PAHGMS01		-0,000016	-0,000016	-0,000016	-0,000016	-0,000017	-0,000016	0,000016
Antraceno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000012	0,000026	0,000055	0,000022	0,000026	0,000013	-0,00001
Benzo(a)antraceno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000024	0,000021	0,000029	0,000027	0,000019	0,000094	-0,000084
Benzo(a)pireno	0,01	L	µg/L	W-PAHGMS01		-0,0000069	-0,0000076	-0,0000079	-0,0000082	-0,0000085	-0,0000077	-0,0000085
Benzo(b)fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000015	0,000011	0,00002	0,000013	0,000016	0,000012	-0,0000087
Benzo(g,h,i)perileno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000055	0,000021	0,000024	0,000018	0,000066	0,000031	-0,0000086
Benzo(k)fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01		-0,000007	-0,0000077	-0,000008	-0,0000083	-0,0000086	-0,0000078	-0,0000086
Criseno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000042	0,000047	0,000052	0,000048	0,000043	0,000037	-0,0000086
Dibenz(a,h)antraceno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01		-0,0000072	-0,000008	-0,0000083	-0,0000086	-0,0000089	-0,0000081	-0,0000089
Fenantreno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000035	0,000055	0,000083	0,000063	0,000079	0,000057	0,0000375
Fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000026	0,000028	0,000039	0,000036	0,001	0,000019	0,000067
Fluoreno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000016	0,000019	0,000024	0,000018	0,000023	0,000021	0,0000102
Indeno(1.2.3.cd)pireno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01		-0,0000072	-0,0000079	-0,0000083	-0,0000086	-0,0000088	-0,000008	-0,0000089
Naftaleno	2,4	L	µg/L	W-PAHGMS01		-0,0011	-0,0011	-0,0011	-0,0011	-0,0011	-0,0011	-0,0011
Pireno	0,003	L	µg/L	W-PAHGMS01		0,000051	0,000042	0,000046	0,000044	0,00005	0,000026	0,0000115
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	0,1	-	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,0015	0,0016	0,0022	0,0018	0,0028	0,0014	0,0013
Soma de 8 PAH	-	-	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,0026	0,0027	0,0033	0,0029	0,0039	0,0025	0,0018

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008

LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009) e L - Limiares definidos nos PGRH

VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 e 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano

Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)

"-" significa "<"

A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada

A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página propositadamente deixada em branco

6 | Síntese, conclusões e recomendações

Da análise dos resultados relativos à qualidade das águas subterrâneas (1) na área e a jusante dos Sites 3001 e 5001, obtidos pelo LNEC, e (2) nos furos de abastecimento de água, obtidos pela Praia Ambiente, E.M., destacam-se os seguintes aspetos como síntese, conclusões e recomendações:

Síntese e conclusões

- Na área e a jusante do Site 3001:
 - Recolheram-se amostras de água em sete piezómetros, a três profundidades diferentes: (1) uma amostra superficial para análise de LNAPL; (2) uma amostra de fundo para análise de DNAPL e (3) uma amostra representativa onde foram analisados os restantes parâmetros, tendo sido analisados 109 parâmetros químicos diferentes.
 - Registou-se a total ausência de BTEX e de compostos orgânicos voláteis em todos os pontos analisados, confirmando o decréscimo que se vinha verificando nas últimas campanhas.
 - Observou-se uma diminuição dos PAH relativamente às últimas campanhas (Figura 4.2) nos pontos fora do Site 3001
 - Observou-se, dentro do Site 3001, que os PAH ainda apresentam alguma oscilação nas concentrações, embora com uma tendência para decréscimo na soma dos parâmetros analisados (Figura 4.2). Salienta-se que todos estes parâmetros surgem em concentrações que estão muito abaixo dos valores definidos pelas normas do Canadá ou Holandesas, cujos valores são muito menos restritivos.
 - Confirmou-se que a presença de vanádio nas águas subterrâneas da ilha Terceira estará associada à circulação profunda da água nas rochas vulcânicas desta ilha.
- Na área a jusante do Site 5001:
 - Recolheram-se amostras de água em dois piezómetros, a três profundidades diferentes: (1) uma amostra superficial para análise de LNAPL; (2) uma amostra de fundo para análise de DNAPL e (3) uma amostra representativa onde foram analisados os restantes parâmetros, tendo sido analisados 109 parâmetros químicos diferentes.
 - Registou-se a ausência de BTEX e VOC invertendo a tendência da campanha anterior onde se havia observado um aumento de alguns BTEX, incluindo tolueno, xilenos e etilbenzeno.

- Observou-se ainda haver um conjunto de PAH com concentrações acima do Limiars de Qualidade definidos pela APA, embora abaixo das normas definidas pelo Canadá e Holanda.
- Nos furos de abastecimento de água:
 - Os resultados das análises de amostras pontuais recolhidas através da Praia Ambiente, E.M. em 2018 foram equivalentes aos das duas campanhas de 2017, i.e. com concentrações inferiores aos limites de quantificação em todos os 85 hidrocarbonetos analisados.
 - Os resultados das análises das amostragens contínuas (relativas a um período de 30 dias de amostragem, durante o qual se terá filtrado um volume entre 11,8 e 24,8 m³ de água, dependendo dos furos) apresentam concentrações em hidrocarbonetos extremamente baixas, da ordem de picogramas/L (1000000 x abaixo de µgramas/L).
 - Os resultados que vinham sendo obtidos para o furo do Pico Viana, localizado nos Biscoitos, juntamente com os resultados agora obtidos em 2018 para o furo da Canada de São Mateus, localizado no concelho de Angra do Heroísmo, evidenciam a existência de uma muito ligeira concentração de fundo geoquímico de PAH nestas rochas vulcânicas, cuja origem é pirogénica e não resultante de impactes dos Sites potencialmente contaminados, dado o afastamento dos dois pontos referidos desses locais. Estas concentrações acumuladas durante um mês estão várias ordens de grandeza abaixo dos limiars de qualidade referidos no Quadro 4.3.
 - Os restantes resultados das análises de monitorização da qualidade da água evidenciaram que todos os parâmetros determinados em 2016 e 2017 se encontram em conformidade com as Normas de Qualidade, Anexo I da DAS e do Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, definidas no DL 208/2008, com Valor Paramétrico definido no DL 306/2007 e DL 152/2017, relativos às normas da qualidade da água destinada ao consumo humano, e nos Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2) canadianos, com exceção do parâmetro cloreto, nos furos do Juncal e do Barreiro, e do parâmetro vanádio, em todos os furos. Estes elementos são de origem natural ou devem-se a processos de sobreexploração do aquífero de base, mas nenhum deles constitui um risco para a saúde pública.

Recomendações

- Na área e a jusante dos Sites 3001 e 5001:
 - No Site 3001, a análise do derrame de combustível de 2016 e suas implicações na qualidade das águas subterrâneas (e.g. degradação da qualidade da água no FP3A, cf. secção 4.2.2) irá ser caracterizada pelo LNEC através de um estudo em curso para o MDN. Em face dos resultados a obter poderá ter que ser equacionado um novo processo de reabilitação dos locais potencialmente afetados.

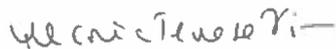
- No Site 3001 deve ser mantida a monitorização para análise da evolução da situação de melhoria da qualidade da água.
 - No Site 5001, embora se tenha registado uma melhoria da qualidade da água, deve ser feita uma reavaliação das causas das oscilações verificadas e dos procedimentos mais adequados para incrementar a reabilitação do Site 5001.
 - No Site 5001 foram selecionados novos locais de monitorização pelo LNEC, através de um estudo em curso para o MDN. Em face dos resultados a obter poderão ter que ser reavaliados os procedimentos de reabilitação.
- Nos furos de abastecimento de água:
 - Sugere-se a manutenção do Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) previsto para 2018 pela Praia Ambiente, E.M..

Mantém-se importante o acompanhamento do Estado Português dos processos de monitorização e de reabilitação em curso até que as ações levadas a cabo conduzam à efetiva reabilitação dos locais contaminados.

Lisboa, LNEC, junho de 2018

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



Teresa Viseu

AUTORIA



Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação



A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



Helena Alegre



Maria José Henriques

Técnica Superior

Referências bibliográficas

- ALLOWAY, B.J., 1990 – **Heavy Metals in Soils**. John Wiley and Sons, Inc., 339 pp.
- ANTUNES, M.L.; LEITÃO T.E.; JEREMIAS, T., 2016 – **Assessoria Técnica aos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA**. LNEC - Proc. 0102/121/20098. Relatório 375/2016 – CD, 170 pp.
- APA, 2015 – **Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Minho e Lima**. 2.º Ciclo de Planeamento. Anexo V dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas 2016/2021 publicados pela Agência Portuguesa do Ambiente.
- LEITÃO T.E.; LOBO-FERREIRA, J.P.; OLIVEIRA, M.M., 2013 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores**. LNEC - Relatório Final. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 407/2013 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R., 2015 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores**. Relatório de 2015. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 287/2015 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2016 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores**. Relatório de Progresso 2016. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 137/2016 – DHA/NRE.
- LEITÃO, T.E., 2017 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores**. Parecer sobre o relatório "Perform Remedial Action: Light Non-Aqueous Phase Liquid Extraction at Sites 3001 and 5001 Lajes Field, Azores, Portugal. Semi-Annual Monitoring Report. November 2017". LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 449/2017 – DHA/NRE.
- LUENGO-OROZ, N.; BELLOMO, S.; D'ALESSANDRO, W., 2014 – **High Vanadium Concentrations in Groundwater at El Hierro (Canary Islands, Spain)**. 10th International Hydrogeological Congress of Greece, Thessaloniki, 2014, pp. 427 – 435.
- MERIAN, E., 1991 – **Metals and Their Compounds in the Environment. Occurrence, Analysis and Biological Relevance**. VCH, Alemanha, ISBN 3-527-26521-X, 1438 pp.
- OLIVEIRA, M.M.; LEITÃO, T.E.; HENRIQUES, M.J., 2017 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores**. Descrição da Base de Dados. LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 437/2017 – DHA/NRE.

ANEXO

Parâmetros medidos *on site* nos pontos de águas subterrâneas durante a campanha de março de 2018

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de Progresso, 2018

Ponto de colheita Designação	Tipo Amostragem	Tipo de ponto de água	Análise	Data	Hora	Prof. de Colheita	Piezómetro		T (°C)	pH	Condutividade (mS/cm 25°C)	Eh (mV)	Oxig. Dissolvido (%)	Oxig. Dissolvido (mg/L)	Observação
							nível (m)	prof. (m)							
FB5 S	Low Flow com peristáltica	Furo de bombagem	VOC; TPH; Fenóis	11-03-18	9:18	1,27	1,27	10,05							
FB5 F	Low Flow com peristáltica	Furo de bombagem	PAH	11-03-18		9,50		10,05							
FB5 M	Low Flow com peristáltica	Furo de bombagem	Metais; Inorgânicos	11-03-18		6,50		10,05	18,70	7,04	1504,00	251,5	34,70	3,21	
S6B S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	12-03-18	10:15	2,53	2,53	8,64							A profundidade ao nível vai baixando à medida que a bomba peristáltica extrai água para a amostragem; água turva acastanhada com sedimentos acastanhados, restos de m.o. (raízes e folhas)
S6B F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	12-03-18		8,64		8,64							
S6B M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	12-03-18		6,00		8,64	19,40	6,63	567,00	302,4	22,10	2,03	
S6A S		Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tampa do piezómetro calcinada. Não se conseguiu abrir
S6A F		Piezómetro	PAH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S6A M		Piezómetro	Metais; Inorgânicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MW02, Site 3001 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	12-03-18	11:00	1,98 a 2,18	1,98	7,80							A profundidade ao nível vai baixando à medida que a bomba peristáltica extrai água para a amostragem; água turva com sedimentos acastanhados, ligeiro cheiro a hidrocarbonetos
MW02, Site 3001 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH; Metais; Inorgânicos	12-03-18		5,00		7,80	17,10	7,03	530,00	258,4	43,50	4,17	
MW02, Site 3001 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH; Metais; Inorgânicos	12-03-18		7,80 a 7,70		7,80							
FP6B S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	11-03-18	13:50	1,75	1,75	6,02							Água ligeiramente turva com precipitado amarelado
FP6B F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	11-03-18		6,02		6,02							Profundidade inicial do piezómetro após a construção: 12 m
FP6B M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	11-03-18		3,50		6,02	17,40	6,88	890,00	214,0	9,80	0,91	
FP6A S	BAILER	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	11-03-18	14:50	14,85	14,85	37,42							
FP6A F	BAILER	Piezómetro	PAH	11-03-18		37,42		37,42							Profundidade inicial do piezómetro após a construção: 42 m; localização do ralo: 37-40 m
FP6A M	BAILER	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	11-03-18		26,00		37,42	17,80	7,45	485,00	197,0	33,80	3,20	
S6B S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	11-03-18	10:21	0,46 a 1,14	0,46	5,00							Piezómetro sem tampa; a profundidade ao nível baixa à medida que a bomba peristáltica extrai água para a amostragem; água com muitos sedimentos escuros, raízes, folhas e com mau cheiro (todo?)
S6B F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	11-03-18		5,00 a 4,70		5,00							O tubo cristal ficou obstruído com os sedimentos do fundo e optou-se por subir, tendo-se completado a amostra do fundo com o tubo aos 4,70 m
S6B M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	11-03-18		3,00		5,00	18,30	7,34	705,00	###	8,50	0,80	
MW05, Site 3001 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	12-03-18	8:30	1,61	1,61	5,90							Água com cheiro a hidrocarbonetos e precipitado acastanhado; película sobrenadante de hidrocarbonetos na água
MW05, Site 3001 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	12-03-18		5,90		5,90							
MW05, Site 3001 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	12-03-18		4,00		5,90	18,30	6,94	700,00	37,5	10,20	0,94	
FP3A S	BAILER	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	11-03-18	16:15	10,86	10,86	16,06							Água turva com sedimentos escuros
FP3A F	BAILER	Piezómetro	PAH	11-03-18		16,06		16,06							Profundidade inicial do piezómetro após a construção é 16,5 m; localização do último ralo: 13-15 m
FP3A M	BAILER	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	11-03-18		14,00	-	16,06	17,60	6,85	377,60	248,8	65,10	6,15	
MW01, Site 3001 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	12-03-18	12:10	2,08	2,08	9,38							A profundidade ao nível baixa à medida que a bomba peristáltica extrai água para a amostragem; cheiro ligeiro a hidrocarbonetos
MW01, Site 3001 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	12-03-18		9,38		9,38							Profundidade inicial do piezómetro após a construção: 9,80 m
MW01, Site 3001 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	12-03-18		7,50		9,38	19,80	7,09	516,00	288,1	44,30	4,02	
Branco de campo (M99); junto ao MW05	-	Piezómetro	Todos os parâmetros	12-03-18	13:10				16,00	7,23	6,60	232,0	68,40	6,72	
Duplicado MW05, M88 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro		12-03-18	12:10										
Duplicado MW05, M88 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro		12-03-18											
Duplicado MW05, M88 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro		12-03-18					18,30	6,94	700,00	37,5	10,20	0,94	

