



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, 2020**

Entidade Reguladora de Águas e Resíduos dos Açores, ERSARA

Lisboa • setembro 2020

**I&D** HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 299/2020 – **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, 2020

## **Autor**

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](mailto:lnec@lnec.pt)

[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

Relatório 299/2020

Proc. 0605/121/22161

# 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, 2020

## 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, CON-ERSARA/2019/3, visa dar seguimento ao estudo que vem sendo desenvolvido.

Neste relatório apresenta-se uma análise dos resultados obtidos no primeiro semestre de 2020 relativamente a: (1) trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela 65 Air Base Group; (2) resultados dos trabalhos de monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvidos pelo LNEC; (3) resultados do programa de controlo da qualidade da água, na origem, para consumo humano promovido pela Praia Ambiente, E.M.; e (4) participação em reuniões. Por fim, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos e respetivas 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, 2020

### 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, CON-ERSARA/2019/3, aims to follow up on the study that has been developed.

This report presents an analysis of the results concerning the first semester of 2020 with respect to: (1) the rehabilitation and monitoring activities promoted by 65<sup>th</sup> Air Base Group; (2) the results of the monitoring work carried out by LNEC; (3) the results of the water quality control program for human consumption carried out by Praia Ambiente. E.M.; and (4) the participation in meetings. At the end, a synthesis, main conclusions and recommendations of the work developed 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 <i>Air Base Group</i> .....	4
4	Monitorização da qualidade das águas subterrâneas .....	5
4.1	Descrição da campanha realizada .....	5
4.2	Metodologia de avaliação .....	6
4.3	Resultados obtidos .....	6
4.3.1	Porta de Armas (Main Gate, Site 3001) .....	6
4.3.2	South Tank Farm (Site 5001/AOC-1) .....	12
5	Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano .....	16
5.1	Resultados da amostragem pontual .....	16
5.2	Resultados da amostragem contínua .....	24
6	Participação em reuniões .....	29
7	Síntese, conclusões e recomendações .....	30
	Referências bibliográficas .....	34
	Anexos .....	37
	ANEXO I Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados .....	39
	ANEXO II Parâmetros medidos <i>on site</i> nos pontos de águas subterrâneas durante a campanha de junho de 2020 .....	45

## Índice de figuras

Figura 4.1 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001 .....	7
Figura 4.2 – Concentração em HTP e tert-butil álcool em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, em 2020.....	11
Figura 4.3 – Concentração em HAP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, em 2020 .....	11
Figura 4.4 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001 .....	12
Figura 4.5 – Concentrações em BTEX, HTP e HAP em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2015 e 2020.....	15
Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente .....	16
Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2018 e 2020, para amostras pontuais .....	17
Figura 5.3 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Juncal 1 entre 2010 e 2020, para amostras pontuais .....	21
Figura 5.4 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Fontinhas-Barreiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais .....	21
Figura 5.5 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo da Canada das Covas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais .....	22
Figura 5.6 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Pico Celeiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais .....	22
Figura 5.7 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Areeiro-Fontinhas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais .....	23
Figura 5.8 – Diagrama box-plot das concentrações em vanádio, entre 2010 e 2020, nas captações para consumo humano do concelho de Praia da Vitória, para amostras pontuais.....	23
Figura 5.9 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2016 e 2020, para amostragem contínua.....	25
Figura 5.10 – Principais propriedades de 16 HAP (segundo Mackay <i>et al.</i> , 1992) .....	26

## Índice de quadros

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados .....	5
Quadro 4.2 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em 2020 .....	9
Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em 2020 .....	13
Quadro 5.1 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em 2020 .....	19
Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em 2020.....	27

## Agradecimentos

Agradece-se todo o apoio do Comando Português da Zona Aérea dos Açores para a realização deste trabalho, na pessoa do Senhor Major César Fernandes, bem como às Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, através do Eng.º Vítor Berbereia.

Ao Dr. Tiago Martins agradece-se a ajuda na realização da campanha de monitorização.

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.



## Lista de acrónimos

65 ABG - Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, 65<sup>th</sup> *Air Base Group* da USAFE

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

BTEX - Benzeno, tolueno, etilbenzeno, meta-para xileno e orto-xileno

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

DISCO - *Discovery of Suspected and Contaminated Site Study*

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

ERSARA - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores

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

HAP - Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

HTP - Hidrocarbonetos totais do petróleo

L - Limiar ou valores do Limiar definidos nos PGRH (APA, 2015)

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

LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da Diretiva das Águas Subterrâneas DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009)

MDN - Ministério da Defesa Nacional

MW - Piezómetro (*Monitoring well*)

NAPL - Fase líquida não aquosa (*Non-Aqueous Phase Liquid*)

NP - Nível piezométrico

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da Diretiva das Águas Subterrâneas, DAS, DL 208/2008

PCQA - Programa de Controlo da Qualidade da Água

PMECQA - Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água

Site 3001 - Porta de Armas ou *Main Gate*

Site 5001 - *South Tank Farm* ou AOC-1

USAFE - *United States Air Force*

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



## 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 de progresso relativo aos trabalhos desenvolvidos pelo LNEC em 2020.

Estes relatórios de progresso têm uma periodicidade aproximadamente semestral e destinam-se a reportar e analisar os resultados do acompanhamento da evolução da situação de qualidade das águas subterrâneas, analisada mais aprofundadamente no relatório anual. Nestes relatórios são, ainda, analisados os trabalhos promovidos pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes (65<sup>th</sup> Air Base Group ou 65 ABG). Os relatórios produzidos neste âmbito para a ERSARA, desde 2012, são: Leitão, Lobo-Ferreira e Oliveira (2013); Leitão e Mota (2015); Leitão e Henriques (2016a, 2016b, 2018a, 2018b, 2018c, 2019).

O relatório mantém a estrutura dos anteriores, contendo nos seguintes capítulos: 1 |Introdução; 2 |Objetivos e metodologia; 3 | Acompanhamento dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela 65 *Air Base Group*; 4 |Monitorização da qualidade das águas subterrâneas; 5 |Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano; 6 |Participação em reuniões e 7 |Síntese, conclusões e recomendações.

## 2 | Objetivos e metodologia

O objetivo do estudo em curso 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 pela 65 ABG, embora no ano 2020 não tenha sido reportada nenhuma ação de reabilitação ou de monitorização.

O programa de trabalhos do contrato CON-ERSARA/2019/3, em vigor para dois anos (2019/21), inclui os seguintes aspetos:

- a) manter atualizada a base de dados em Access® com a informação relativa à qualidade das águas subterrâneas, tanto a obtida no âmbito dos estudos do LNEC para a ERSARA, como a fornecida pela entidade gestora;
- b) avaliar e emitir breve parecer sobre os trabalhos de monitorização e de reabilitação em curso pela USAFE;
- c) avaliar as propostas de reabilitação das águas subterrâneas preconizadas pela USAFE para os anos 2019 e seguintes, 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 USAFE, 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 USAFE 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, num total de quatro campanhas, visando o complemento e a aferição dos dados obtidos pela USAFE (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. recolha de amostras de água para sua datação em cinco furos, incluindo furos no aquífero basal e nas duas formações hidrogeológicas intermédias;
  - viii. 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 na origem 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 o LNEC possa ser chamado.

### **3 | Acompanhamento dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela 65 Air Base Group**

Em 2020, até à data, a 65 ABG não reportou a realização de ações de reabilitação ou de monitorização dos Sites 3001 ou 5001.

Foi elaborado um "Medical Report - Substantial Impact to Human Health and Safety (SIHS) – Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001", apresentado em três volumes: Determination of Substantial Impact to Human Health and Safety - Lajes Field; Review of SIHS Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001 e Lajes SIHS High Level Overview (cf. Department of the Air Force de Ohio, 2019; USAFE, 2020 e Department of the Air Force de Washington DC, 2020). O LNEC emitiu um parecer sobre o mesmo (cf. Leitão e Antunes, 2020) apresentando-se aqui uma breve síntese desse parecer.

O objetivo do trabalho foi reapreciar os Sites 3001 e 5001, no sentido de avaliar se estes apresentam um "impacto substancial para a saúde e segurança humana, SIHS", com base nos resultados da monitorização anual de águas subterrâneas efetuada pela USAFE em 2018 e em 2019 (23 piezómetros no Site 3001 e 8 piezómetros no 5001) e na análise de risco, efetuada em 2008 para ambos os locais.

A reapreciação apresentada foi feita ao abrigo das instruções do Departamento de Defesa dos EUA (DoDI 4715.08, de 31 de agosto de 2018) relativas a procedimentos de reabilitação da contaminação ambiental fora dos Estados Unidos e das instruções da USAFE (AFI 32-7091, de 18 de março de 2016) para procedimentos de gestão da contaminação ambiental fora dos Estados Unidos. Nestas instruções considera-se que existe um impacte substancial para a saúde e segurança humana se houver um nível de exposição em curso, ou iminente nos próximos 3 a 5 anos, que exceda padrões estabelecidos e publicados pelos EUA para trabalhadores dentro dos perímetros militares.

Os três documentos analisados apresentam conclusões equivalentes, i.e. consideram que a contaminação das águas subterrâneas e solos nos Sites 3001 e 5001 não representa um impacto substancial para a saúde e segurança humana atendendo à exposição de trabalhadores nesses locais. Contudo, a análise do risco efetuada deixa de fora o risco potencialmente existente fora das áreas militares. Nesse contexto não abrange os interesses de proteção da saúde pública da ilha Terceira como um todo.

O parecer do LNEC apresenta quatro razões principais que, independentemente da análise do risco ser considerado inexistente dentro das áreas militares, fundamentam a necessidade de dar continuidade à reabilitação dos Sites, visando minimizar o risco de contaminação das águas subterrâneas no concelho de Praia da Vitória. Apresenta-se, ainda, um conjunto de nove recomendações que elencam diversas ações concretas a realizar a curto e médio prazo (cf. Leitão e Antunes, 2020).

## 4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas

### 4.1 Descrição da campanha realizada

A campanha de monitorização realizada pelo LNEC, a 22 e 23 de junho de 2020, incidiu sobre os mesmos dez piezómetros que têm vindo a ser monitorizados nos últimos anos pelo LNEC para a ERSARA para os Sites 3001 e 5001. À semelhança da última campanha, o piezómetro MW01 foi substituído pelo MW01R, instalado no mesmo local e com características idênticas. Estas campanhas permitiram monitorizar: (1) a qualidade das águas subterrâneas de oito piezómetros dentro e junto ao Site 3001, nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, complementar à informação recolhida nos furos do aquífero basal pela Praia Ambiente, cujos dados também são analisados pelo LNEC (cf. Capítulo 5 ) e (2) a qualidade das águas subterrâneas de dois piezómetros à saída do Site 5001, no aquífero basal (neste local não há formações hidrogeológicas mais superficiais uma vez que o aquífero basal está a cerca de 1-2 m abaixo da superfície do terreno). Os locais, objetivos, metodologias e análises químicas utilizados nesta campanha são equivalentes aos das últimas campanhas efetuadas pelo LNEC (e.g. Leitão e Henriques, 2018c).

No Quadro 4.1 apresentam-se as características dos piezómetros e dos furos monitorizados.

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados

	Designação	Aquífero	Coordenada E	Coordenada N	Profundidade do furo (m)	Cota do solo (m)	Tubos ralos	
							Profundidade (m)	Cota (m)
Disco Site 3001 e envolvente	MW01R	Superficial	493291	4289157	9	54,70	1,9 a 8	52,8 a 46,7
	MW02	Superficial	493535	4289352	7,80	53,67	4,80 a 7,80	48,87 a 45,87
	MW05	Superficial	493454	4289287	6,40	52,86	3,40 a 6,40	49,46 a 46,46
	S6A	Superficial	493479	4289472	11,00	56,44	2,6 a 8,6	53,84 a 47,84
	S6B	Superficial	493512	4289400	9,00	54,31	2 a 7	52,26 a 47,26
	FP3A	Intermédio	493335	4288976	16,50	53,56	7,50 a 8,50 e 13,00 a 15,00	46,06 a 45,06 e 40,56 a 38,56
	FP6A	Intermédio	493491	4289262	42,00	53,56	37,00 a 40,00	16,56 a 13,56
	FP6B	Superficial	493500	4289260	12,00	53,56	2,00 a 4,00	51,56 a 49,56
Disco Site 5001 e envolvente	S5B	Basal	494571	4287582	5,30	1,66	1,3 a 5,3	0,36 a -3,64
	FB5	Basal	494670	4287575	12,00	1,73	5,50 a 8,50	-3,77 a -6,77

## 4.2 Metodologia de avaliação

Por forma a tornar este relatório autónomo, transcreve-se a metodologia já apresentada em relatórios anteriores. Assim, a qualidade das águas subterrâneas foi analisada como até à data utilizando a 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 das Águas Subterrâneas (DAS) e da Lei da Água (LA). Para os parâmetros não contemplados nas legislações anteriormente mencionadas foram utilizados os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 152/2017 para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Complementarmente foi utilizada a legislação do Canadá relativa aos padrões para condições de águas subterrâneas potáveis, tendo também sido consultadas as normas para condições de águas subterrâneas não potáveis e a legislação da Holanda relativa aos valores a partir dos quais deve haver intervenção.

No Anexo I deste relatório apresenta-se uma síntese das normas utilizadas.

Em síntese, e por sequência, são utilizados os seguintes documentos normativos:

- LQ - Limiares de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008, e L - Limiares definidos em APA (2015).
- VP - Valor Paramétrico, DL 152/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano.
- Canadá - Standards in a Potable Groundwater Condition (T2), ME (2011).
- Canadá - Standards in a non-Potable Groundwater Condition (T3) ME (2011).
- Holanda – *Intervention Value* (IV), VROM (2000).

## 4.3 Resultados obtidos

### 4.3.1 Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)

A Figura 4.1 apresenta os locais de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2020.



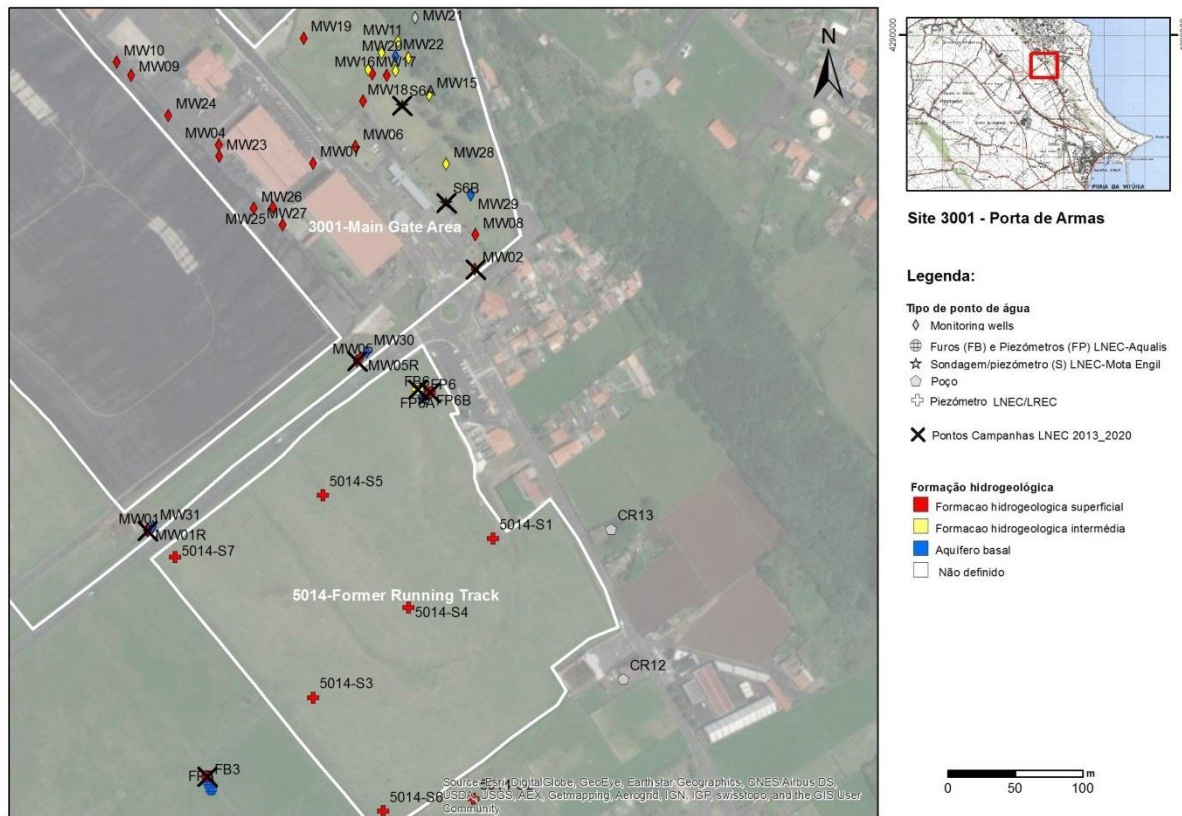


Figura 4.1 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001

Os resultados das análises químicas das amostras de água analisadas em junho de 2020 são apresentados no Quadro 4.2. 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), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação. No Anexo II deste relatório apresentam-se os dados de campo registados *on site* para a campanha de junho de 2020.

Em relação aos resultados de hidrocarbonetos não foi registada a presença de BTEX na campanha de junho de 2020. Os resultados de campanhas anteriores (2017 a 2019) mostram a presença de BTEX em piezómetros dentro do Site 3001 que, na única campanha realizada em 2019, em setembro/outubro, ocorreram inclusivamente em dois piezómetros localizados fora do Site 3001 (FP6A e FP6B, cf. Leitão e Henriques, 2019), embora em concentrações inferiores às respetivas normas.

Por outro lado, há valores de HTP acima do limite de quantificação em diversos pontos (Figura 4.2), de forma idêntica ao que se observou em campanhas anteriores. Contudo, o piezómetro 3001-MW05 apresentou concentração superior à norma do Canadá (Quadro 4.2), facto que apenas tinha acontecido para aquele piezómetro, em maio de 2016 (1,7 mg/L).

Relativamente à presença de COV, apenas se observou no piezómetro S6A (dentro Site 3001, cf. Figura 4.1) a presença de tert-butil álcool (15,7 µg/L, cf. Figura 4.2), que não tem norma definida (cf.

Anexo I). Em setembro de 2018 este elemento também tinha sido observado (7,2 µg/L) e em outubro de 2019 observou-se 3,99 µg/L de clorofórmio (que poderá ser um produto de reação do tert-butil álcool) acima da norma do Canadá (2,4 µg/L).

Em relação aos HAP observa-se uma melhoria geral da qualidade da água, uma vez que apenas o piezómetro FP3A apresenta diversos parâmetros com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 4.2 e Figura 4.3), embora quase todos com concentrações inferiores às das normas de outros países (Canadá e Holanda), sendo novamente a exceção o benzo(a)pireno. Em 2019 apenas os piezómetros SB6 e FP6A não continham HAP.

Os metais pesados com concentrações acima das normas são idênticos aos observados nos anos anteriores (Al, Fe, Mn, V, entre outros), estando a sua origem ligada à natureza vulcânica da ilha.

A análise mais aprofundada das variações das concentrações dos contaminantes, em especial de hidrocarbonetos, será feita no relatório final de 2020, juntamente com os dados da campanha pós-verão, a realizar em outubro de 2020, bem como com a informação das campanhas em curso para o Ministério da Defesa Nacional, e que abrangem diversos outros piezómetros dentro do Site 3001. Recorda-se que as principais conclusões dos relatórios de 2019, incluindo a análise de uma área mais vasta pela USAFE (Tetra Tech, Inc, 2019) e pelo LNEC para o MDN (cf. Leitão e Antunes, 2019) são o reaparecimento de uma assinalável espessura de LNAPL nos piezómetros 3001-MW04 e 3001-MW23 (instalados na formação hidrogeológica superficial) e no piezómetro 3001-MW20 (instalado na formação hidrogeológica intermédia), registando um retrocesso no processo de reabilitação do Site 3001, facto que explicou os resultados de perfis geofísicos realizados recentemente nessa zona (Leitão, Mota e Antunes, 2019).



Página propositadamente deixada em branco

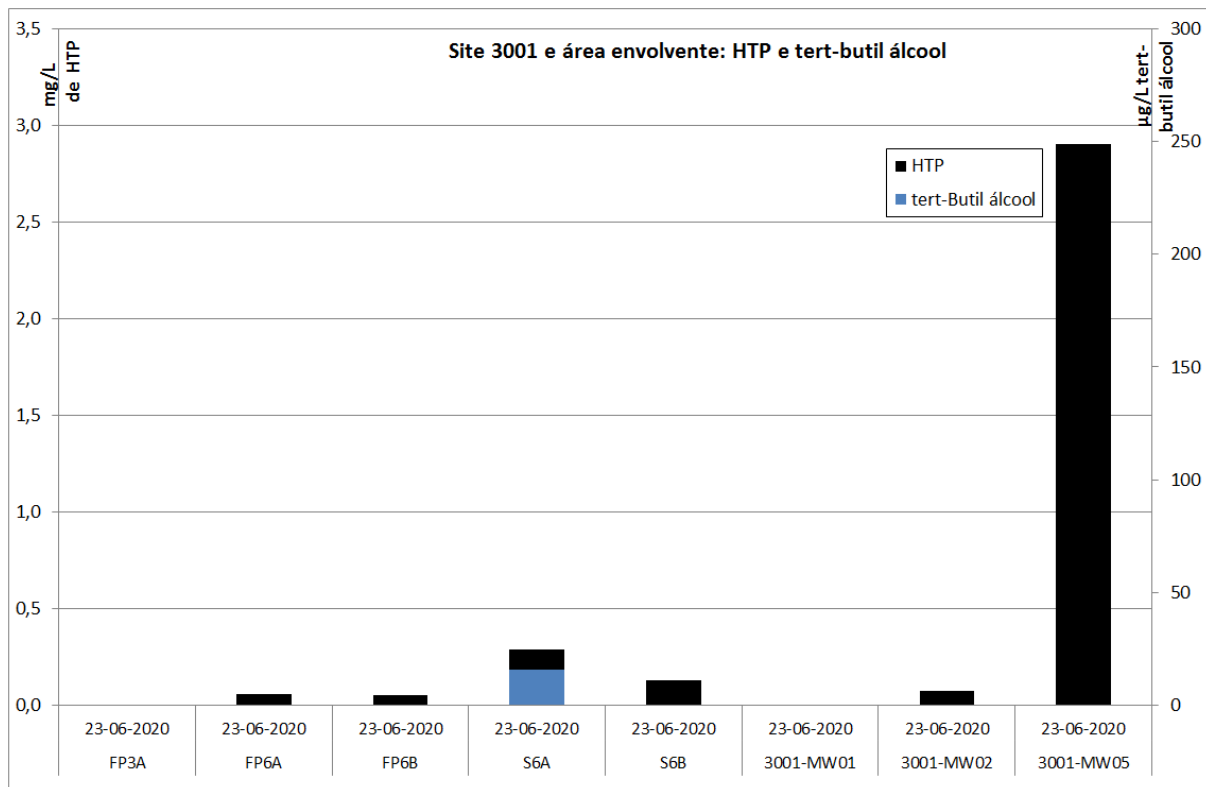


Figura 4.2 – Concentração em HTP e tert-butil álcool em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, em 2020

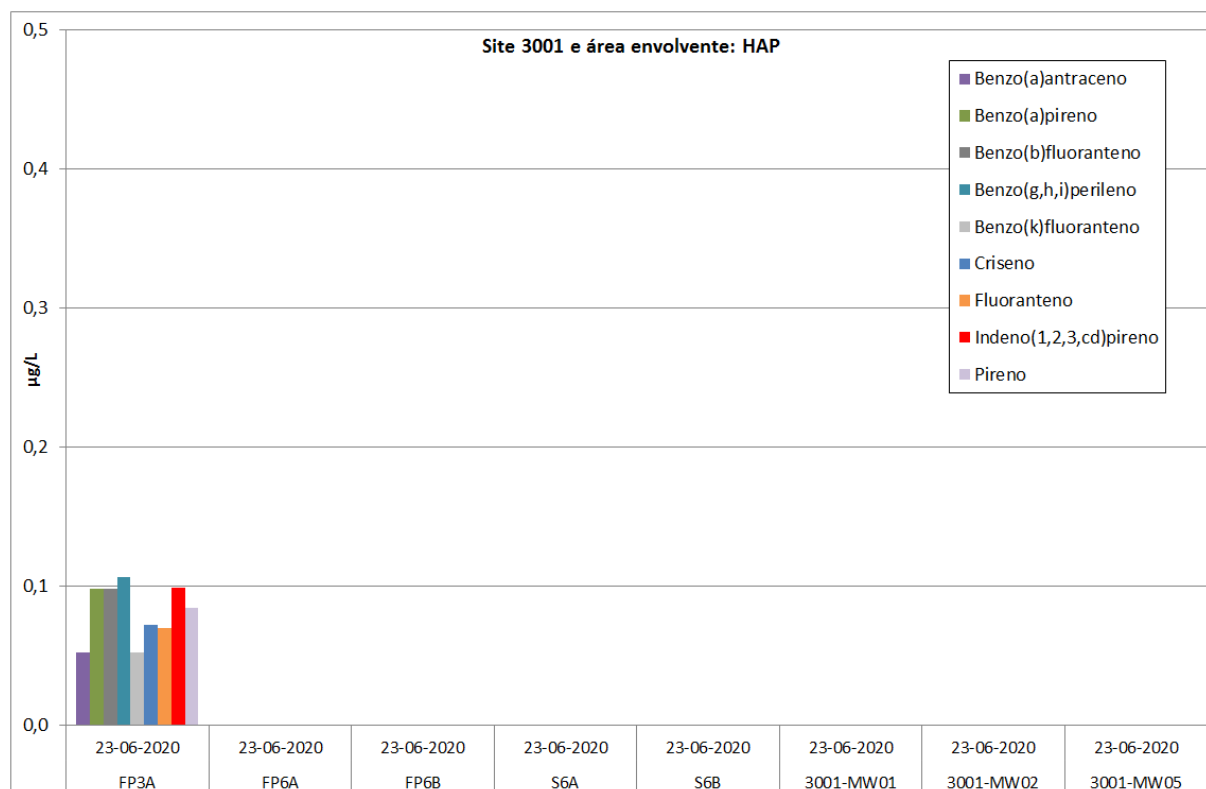


Figura 4.3 – Concentração em HAP em piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, em 2020

### 4.3.2 South Tank Farm (Site 5001/AOC-1)

A Figura 4.4 apresenta os locais de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2020, também correspondentes aos mesmos dois piezómetros que, desde 2013, foram seleccionados para avaliar a evolução da situação a jusante do Site 5001. Todos os pontos de amostragem localizam-se no aquífero basal, uma vez que apenas há formação hidrogeológica superficial na área norte do Site 5001.

Mantiveram-se os procedimentos de recolha, as profundidades de amostragem e as análises efetuadas em campanhas anteriores. O piezómetro S5A foi vandalizado através da inserção de material dentro do mesmo, tendo sido difícil a amostragem. A possibilidade de voltar a amostrar aquele piezómetro terá que ser avaliada na próxima campanha.

Os resultados das análises químicas são apresentados no Quadro 4.3, 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), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação do método analítico usado. No Anexo II deste relatório apresentam-se os dados de campo registados *on site* em junho de 2020.

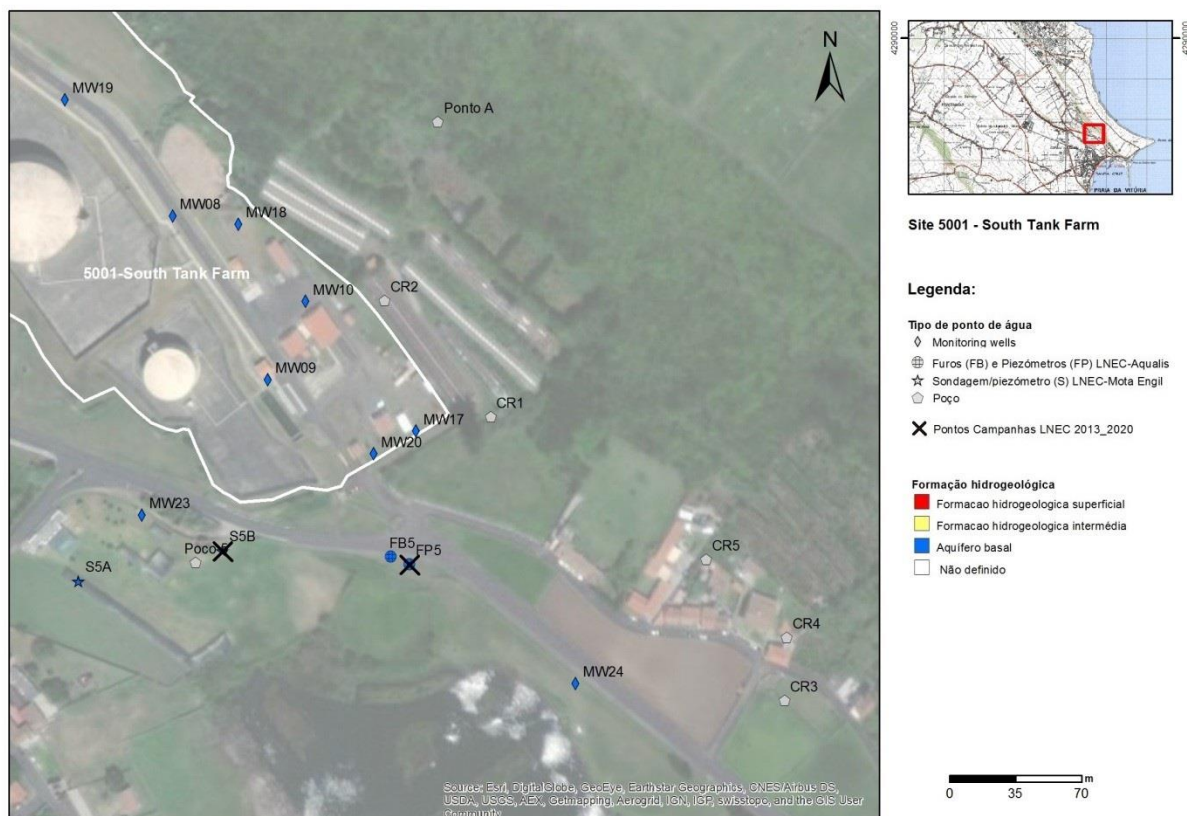


Figura 4.4 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001

Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em 2020

Parâmetro	Unidade	Data amostragem		Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		SSB 23-06-2020	FBS 23-06-2020				
<b>In situ</b>							
Temperatura	°C	21,1	20,7	-	-	-	-
pH	Sorensen	7,0	6,6	LQ e L	5,5; 9	0	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	700,0	1498,0	LQ e L	2500	0	-
Potencial redox (Eh)	mV	-183,0	134,0	-	-	-	-
<b>Parâmetros agregados</b>							
Índice de fenóis	mg/L	0,024	0,007	Canadá	0,89	0	-
<b>Inorgénicos não metálicos</b>							
Cloretos	mg/L	35	385	LQ e L	250	1	-
Nitratos	mg/L	0,6	21,0	NQ	50	0	-
Sulfatos	mg/L	1,1	48,0	LQ e L	250	0	-
<b>Metais em solução / Cátions maiores</b>							
Alumínio - Al	mg/L	0,063	0,008	VP	0,2	0	-
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	-
Arsénio - As	mg/L	-0,0014	0,0011	LQ e L	0,01	0	-
Bário - Ba	mg/L	0,05	0,04	Canadá	1	0	-
Bérblio - Be	mg/L	-0,0004	-0,0004	Canadá	0,004	0	-
Boro - B	mg/L	0,08	0,09	Canadá	5	0	-
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	-
Cálcio - Ca	mg/L	62	27	-	-	0	-
Chumbo - Pb	mg/L	-0,003	-0,003	LQ e L	0,01	0	-
Cobalto - Co	mg/L	-0,002	-0,002	Canadá	0,0038	0	-
Cobre - Cu	mg/L	-0,002	0,0027	VP	2	0	-
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	0,07	VP	0,05	1	-
Ferro - Fe	mg/L	12	0,8	VP	0,2	1	-
Fósforo - P	mg/L	1,5	0,23	-	-	0	-
Lítio - Li	mg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	-
Magnésio - Mg	mg/L	22	29	-	-	0	-
Manganés - Mn	mg/L	3,2	0,028	VP	0,05	0	-
Mercurio - Hg	µg/L	-0,015	0,025	LQ e L	1	0	-
Molibdeno - Mo	mg/L	0,011	0,01	Canadá	0,07	0	-
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	0,06	VP	0,02	1	-
Potássio - K	mg/L	11	11	-	-	0	-
Prata - Ag	mg/L	-0,001	-0,001	Canadá	0,0015	0	-
Selénio - Se	mg/L	-0,003	0,0036	VP	0,01	0	-
Sódio - Na	mg/L	107	227	VP	200	1	-
Vanádio - V	mg/L	0,004	0,011	Canadá	0,0062	1	-
Zinco - Zn	mg/L	0,012	-0,01	Canadá	1,1	0	-
<b>Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP</b>							
HTP	mg/L	1,40	0,05	Canadá	0,75	0	1
<b>BTEX</b>							
Benzeno	µg/L	-0,2	-0,2	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0
Meta-para xileno	µg/L	-0,2	-0,2	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,1	-0,1	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	1,48	-1,0	L	1,3	0	0
<b>Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados</b>							
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	59	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-2,0	-2,0	-	-	0	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromofórmio	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	25	0	0
Bromometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0	0
Cloreto de vinil	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Clorofórmio	µg/L	-0,3	-0,3	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-10,0	-10,0	-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Diclorodifluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	590	0	0
Diclorometano	µg/L	-6,0	-6,0	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,2	-0,2	L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	0,5	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	-1,0	-1,0	Canadá	150	0	0
<b>Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados</b>							
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Estireno	µg/L	-0,2	-0,2	Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,2	-0,2	L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
sec-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L	-5,0	-5,0	-	-	0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-1,0	-1,0	-	-	0	0
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH)</b>							
Acenafteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Acenaftileno	µg/L	-0,010	-0,010	L	0,013	0	0
Antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Benzo(a)antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Benzo(a)pireno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,01	0	0
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Criseno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Fenantreno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Fluoranteno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Fluoreno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,0065	0	0
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,1	0	0
Naftaleno	µg/L	-0,01	-0,01	L	2,4	0	0
Pireno	µg/L	-0,002	-0,002	L	0,003	0	0
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	µg/L	-0,008	-0,008	VP	0,1	0	0

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 "<," com exceção do valor do Eh  
**A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada**  
**A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação**

Página propositadamente deixada em branco



Observou-se a presença de um BTEX (tolueno, com 1,48 µg/L, no piezómetro S5B) em concentrações acima do limiar estabelecido pela APA (1,3 µg/L) embora abaixo da norma do Canadá (24 µg/L). Tirando este ponto, os resultados obtidos nesta campanha são equivalentes aos das campanhas de 2018, não se tendo registado outros BTEX nem COV.

As concentrações em HTP estão acima da norma estabelecida pelo Canadá para o S5B, apresentando uma subida em relação a 2019.

Não se observaram concentrações acima do limite de quantificação para os HAP (Quadro 4.3). Nas últimas campanhas estes valores têm-se apresentado muito baixos ou inexistentes.

Na Figura 4.5 apresentam-se as concentrações acima do limite de quantificação observadas nestes dois pontos desde 2015, onde se registam os factos atrás referidos para o piezómetro S5B.

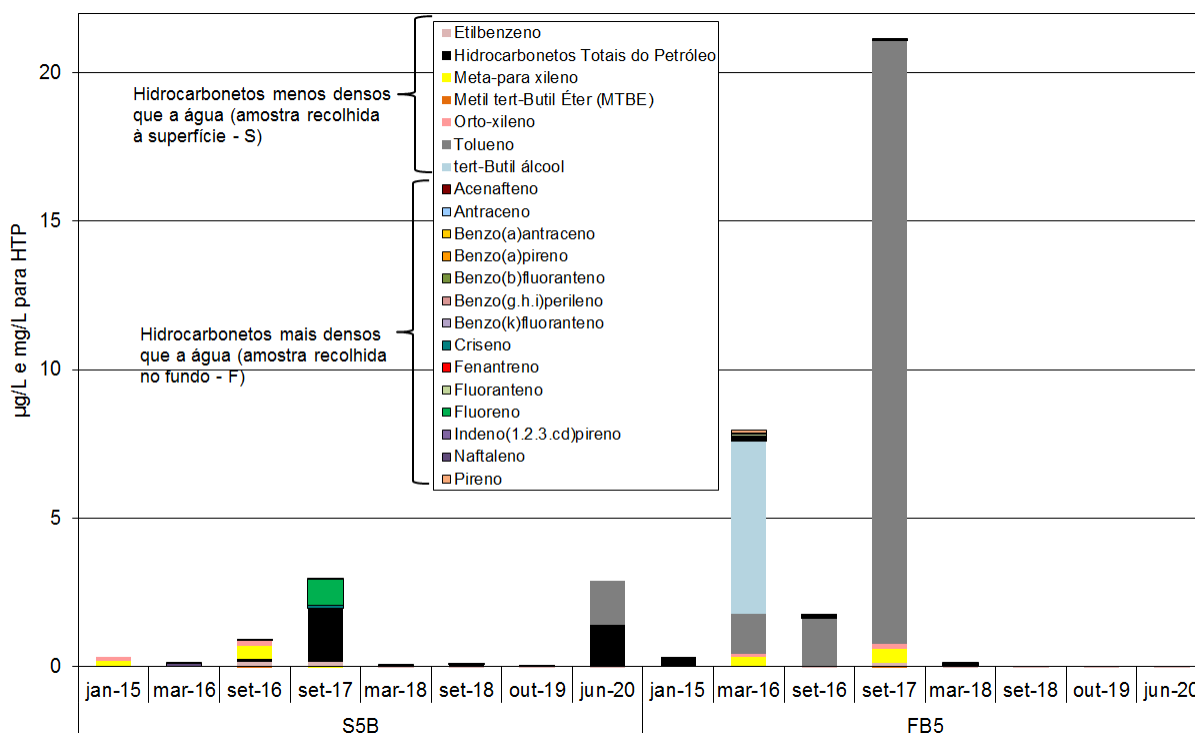


Figura 4.5 – Concentrações em BTEX, HTP e HAP em piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2015 e 2020

O Site 5001 está a ser alvo de uma análise mais abrangente, a ser realizada para o MDN, através da análise da qualidade dos solos e da geofísica. Estes resultados, juntamente com os dados da campanha a realizar em outubro de 2020, serão reapreciados no relatório final de 2020.

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

### 5.1 Resultados da amostragem pontual

No primeiro semestre de 2020 foram realizadas pela Praia Ambiente as duas amostragens habitualmente previstas para os meses de abril e junho, embora a amostragem de abril tenha sido realizada no início de maio devido a impedimentos resultantes da pandemia. O Programa de Controlo da Qualidade da Água (PCQA) e o Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água (PMECQA), que integra a realização de análises químicas complementares de um conjunto de 85 hidrocarbonetos (dos grupos BTEX, COV, e HAP) na origem, foram efetuados através da recolha e análise química de amostras pontuais de água em seis furos de captação (Figura 5.1). Em junho, as análises químicas incidiram exclusivamente na determinação da concentração em hidrocarbonetos.

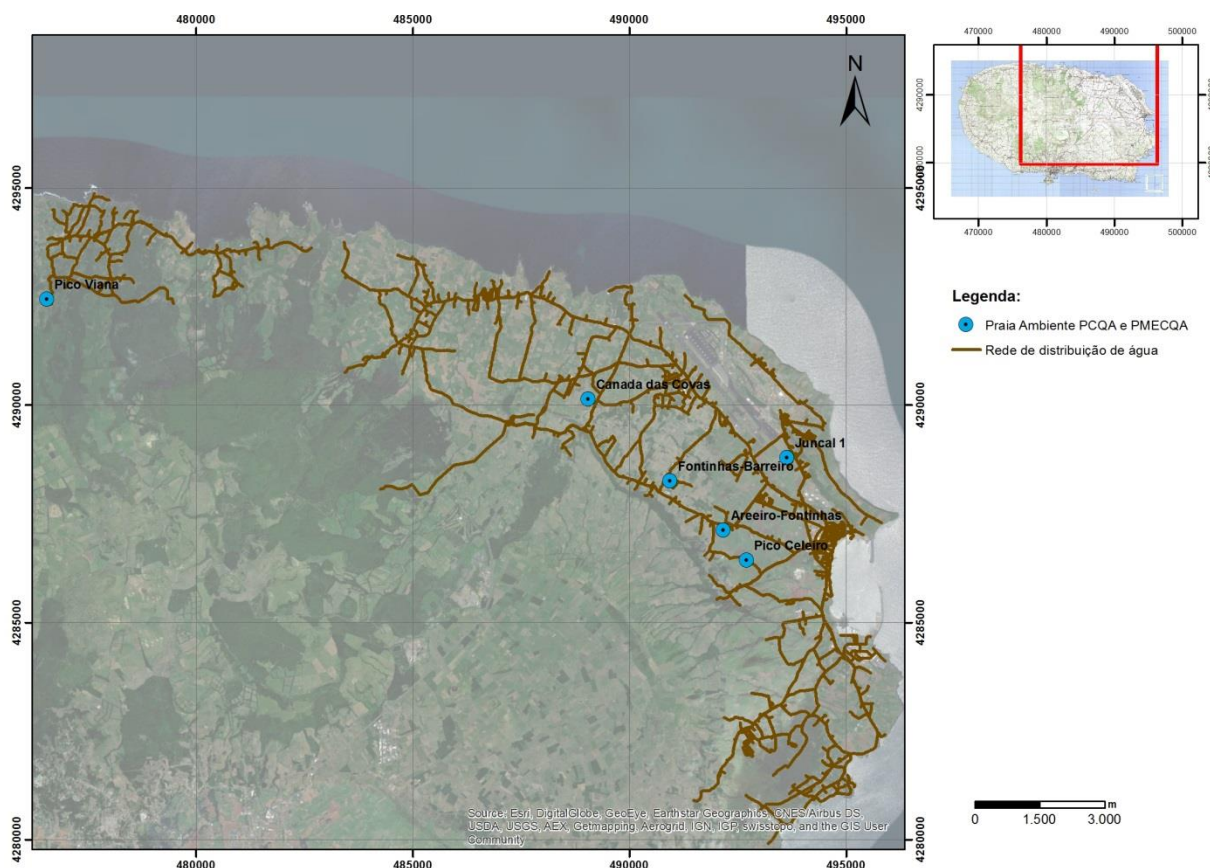


Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente

Os resultados obtidos para os parâmetros analisados em 2020 são apresentados no Quadro 5.1. Assinalam-se a vermelho os parâmetros que excederam alguma das normas referidas no Anexo I (cf.

secção 4.2). Nenhum hidrocarboneto apresentou valores acima do limite de quantificação. Não foram incluídos nesse quadro os resultados de análises efetuadas às cadeias dos hidrocarbonetos totais do petróleo (C5 - C6, C6 - C8, C8 - C10, C10 - C12, C12 - C16, C16 - C21, C21 - C35, C35 - C40 e C5 - C40), uma vez que estiveram todos abaixo do limite de quantificação.

A Figura 5.2 apresenta os resultados das concentrações em hidrocarbonetos acima dos limites de quantificação, nos últimos três anos, entre 2018 e 2020. Das 3461 análises a hidrocarbonetos efetuadas naquele período houve 10 casos com valores positivos, mas que não excederam as normas utilizadas (cf. Quadro 5.1). Nas últimas quatro campanhas, incluindo as de 2020, os valores de hidrocarbonetos estiveram abaixo dos limites de quantificação.

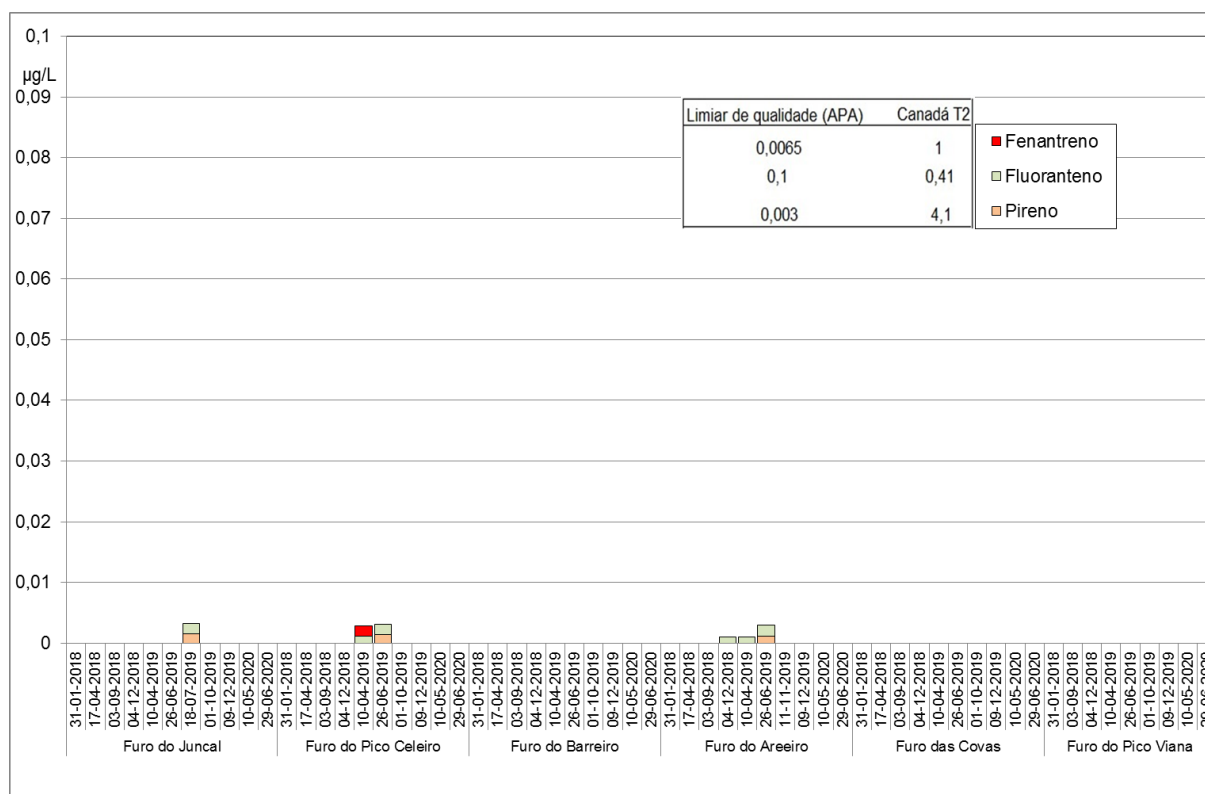


Figura 5.2 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2018 e 2020, para amostras pontuais

Como se pode observar no Quadro 5.1, os furos do Juncal 1 e de Fontinhas-Barreiro são os que apresentam maior salinidade (cloreto e o sódio), habitualmente com cloreto acima da norma, e o furo do Pico Viana, localizado nas formações hidrogeológicas suspensas, a menor salinidade, mantendo o já comentado em relatórios anteriores. O furo do Pico Viana apresenta fluoreto acima da norma, característica dos aquíferos suspensos da ilha (cf. Quadros *et al.*, 2018). Um outro elemento que surge acima da norma é o vanádio e deve-se às características próprias das águas subterrâneas que circulam em formações geológicas de origem vulcânica (cf. Leitão e Henriques, 2018c).

Página propositadamente deixada e branco



Página propositadamente deixada em branco

Fazendo um balanço da última década (2010 a 2020), observa-se que as características gerais da qualidade dos furos para iões maiores se mantiveram relativamente estáveis (cf. Figura 5.3 à Figura 5.9), embora com situações pontuais de variação (e.g. Canada das Covas, em março de 2018) e com um ligeiro aumento da concentração em cloretos nos últimos anos no furo do Pico Celeiro. Dos furos utilizados para abastecimento são o cloreto e, por vezes, o sódio, os elementos que apresentam valores acima da norma nos furos do Juncal 1 e Fontinhas-Barreiro.

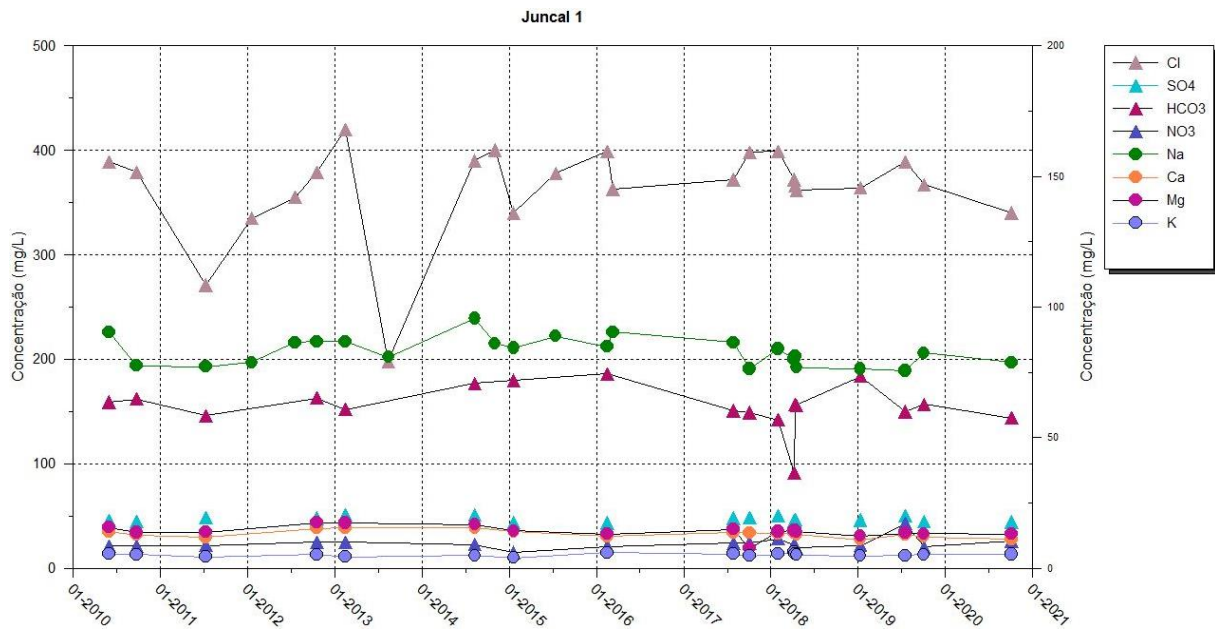


Figura 5.3 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Juncal 1 entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

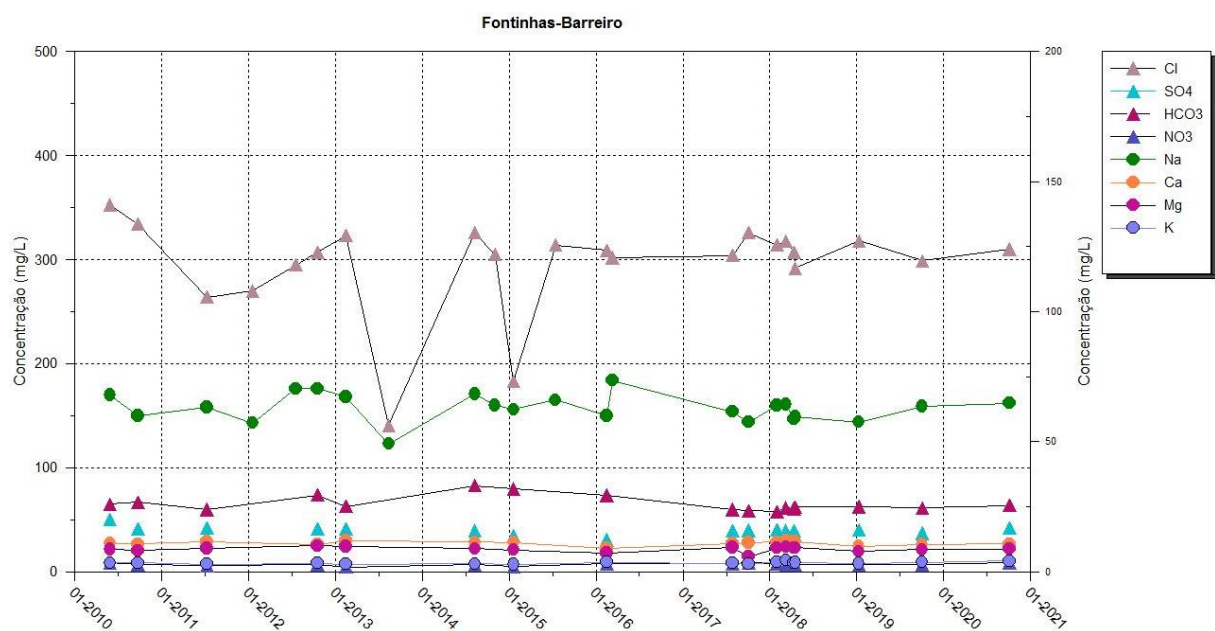


Figura 5.4 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Fontinhas-Barreiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

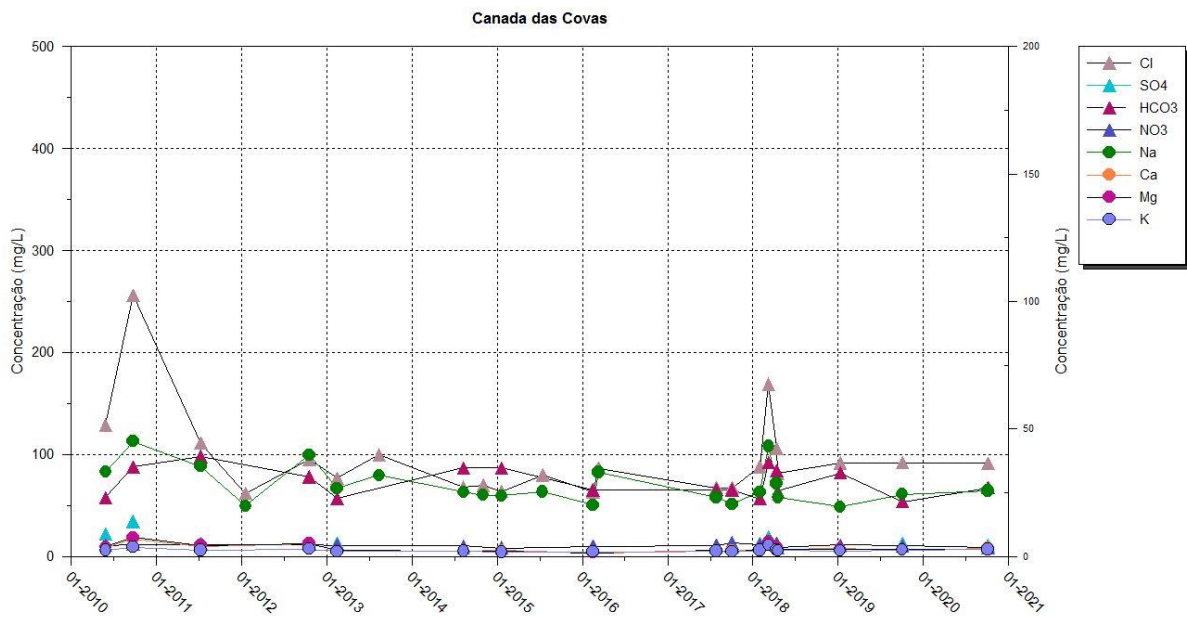


Figura 5.5 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo da Canada das Covas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

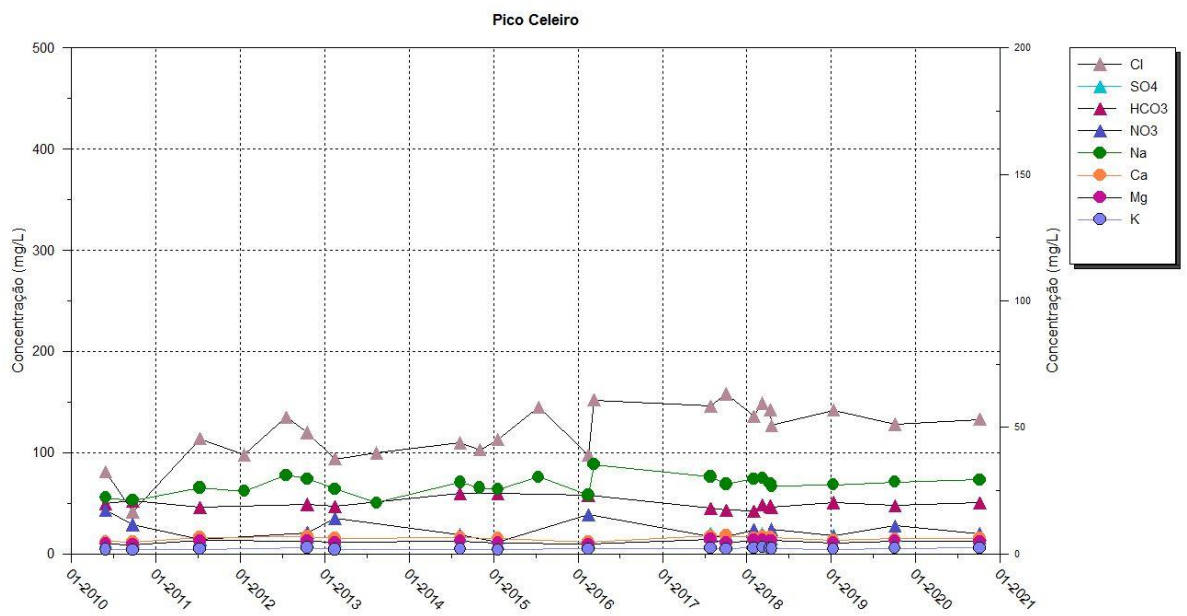


Figura 5.6 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Pico Celeiro entre 2010 e 2020, para amostras pontuais



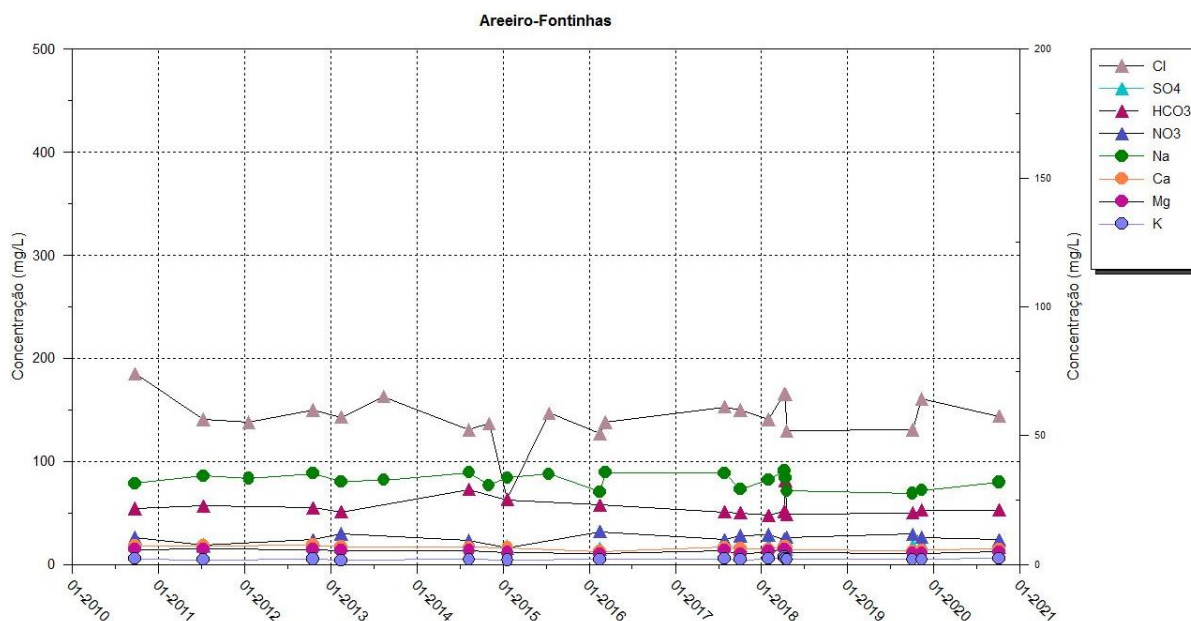


Figura 5.7 – Concentrações em iões maiores nas águas do furo Areiro-Fontinhas entre 2010 e 2020, para amostras pontuais

Além do cloreto e do sódio, observa-se ainda a presença de vanádio acima dos valores definidos para água potável pela legislação do Canadá (cf. Figura 5.8). Destaca-se que não há consenso a nível mundial da perigosidade deste metal para a saúde, motivo pelo qual este metal está ausente da lista da Organização Mundial da Saúde (OMS), entre outras entidades. A sua génese está associada à origem vulcânica da ilha (cf. Leitão e Henriques, 2018c).

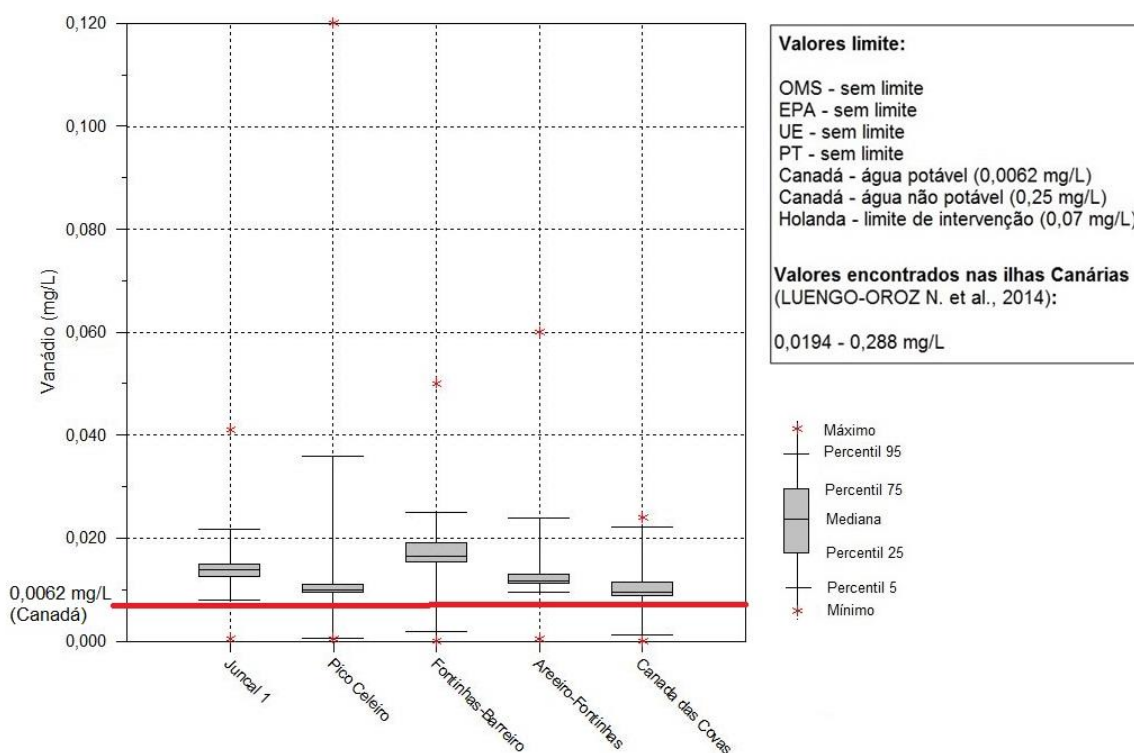


Figura 5.8 – Diagrama box-plot das concentrações em vanádio, entre 2010 e 2020, nas captações para consumo humano do concelho de Praia da Vitória, para amostras pontuais

Relativamente à presença de hidrocarbonetos nos últimos 10 anos, constata-se que houve duas situações, de entre os milhares de análises efetuadas nos seis furos, com valores de hidrocarbonetos acima das normas de qualidade: 1) furo do Areeiro, a 08/09/2014, para HTP (com 2,4 mg/L, sendo a norma do Canadá 0,75 mg/L) e 2) furo da Canada das Covas, a 07/11/2011, para o fenantreno (com 0,02 µg/L, sendo o valor estabelecido pela APA 0,0065 µg/L e a norma do Canadá para condições de águas subterrâneas potáveis 1 µg/L). Nesta década houve 26 ocasiões em que a concentração de hidrocarbonetos foi superior ao limite de quantificação, motivo pelo qual se considera relevante manter o Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água (PMECQA).

## 5.2 Resultados da amostragem contínua

A amostragem contínua (ou passiva) realizada em 2020 foi efetuada pela empresa AmbiPar Control para a Praia Ambiente, mantendo os mesmos procedimentos (descritos em Leitão e Henriques, 2016b) e dando continuidade ao que tem vindo a ser desenvolvido desde 2016. Esta amostragem tem como principal objetivo obter informação cumulativa sobre a qualidade da água durante um período de amostragem com cerca de um mês. Para o efeito, os contentores selados de 80 L recebem continuamente água bombeada dos furos de captação, com caudal controlado, de modo a que no final dos 30 dias previstos para a amostragem, em cada ponto, passem aproximadamente 15 m<sup>3</sup> de água.

Os locais de amostragem foram os mesmos da amostragem pontual (cf. Figura 5.1).

Os resultados obtidos para o conjunto de amostragens contínuas são apresentados no Quadro 5.2 e na Figura 5.9. A leitura da Figura 5.9 deve ser feita comparando a concentração obtida com o valor obtido no furo do Pico Viana para o mesmo período, uma vez que este serve de branco e o seu valor serve para testar o lote de produção e os contaminantes daí resultantes.

Nos diversos períodos de monitorização desde 2016, incluindo no ano de 2020, os únicos hidrocarbonetos acima do limite de quantificação foram HAP. Os valores registados para as concentrações acumuladas durante cerca de um mês são todos bastante inferiores aos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA e ainda mais se comparados com as normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda) (cf. Anexo I). Salienta-se que os limites de quantificação laboratoriais são os mais baixos possíveis, da ordem de picogramas/L = 10<sup>-6</sup> µg/L, sendo que a grande maioria dos parâmetros não se encontra legislada para a água de consumo humano nem em Portugal (DL 152/2017), nem noutros países, por não haver informação suficiente sobre o seu efeito na saúde humana.

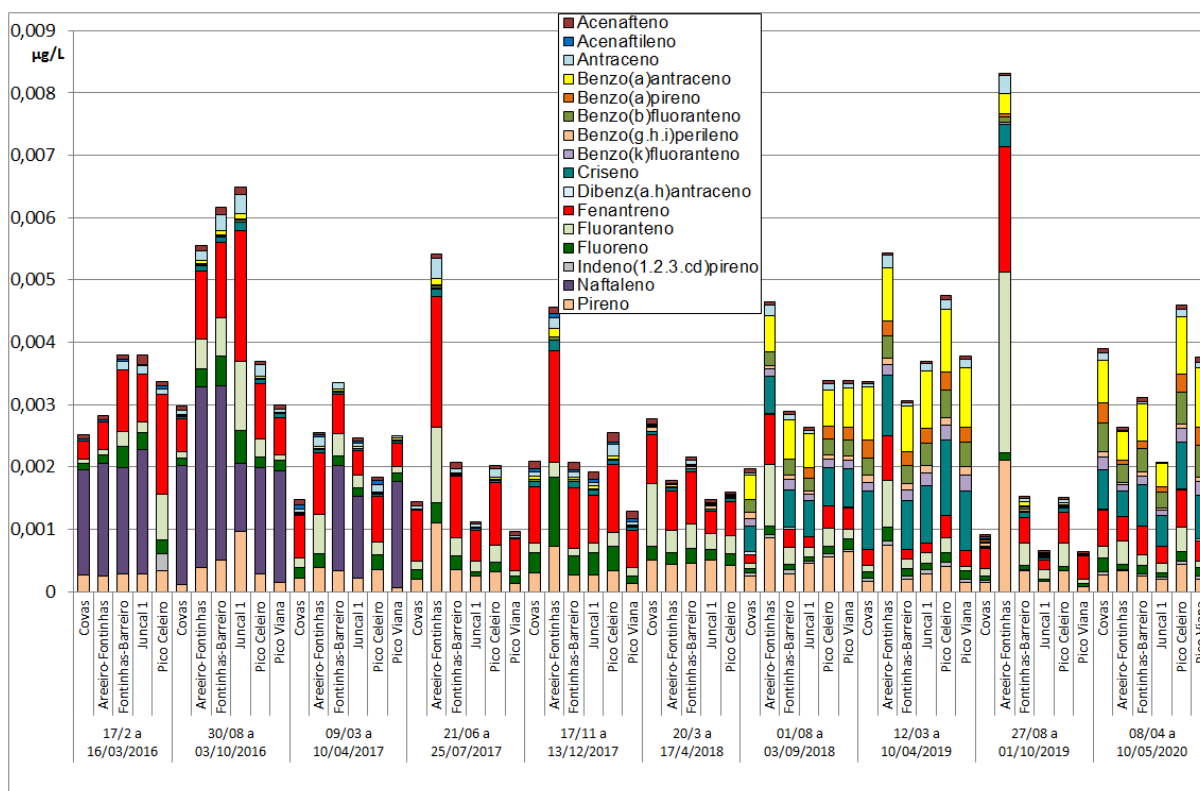


Figura 5.9 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2016 e 2020, para amostragem contínua

Na amostragem de 2020, as concentrações obtidas são equivalentes às do furo do Pico Viana (padrão) (cf. Figura 5.9), facto que denota baixa ou nula contaminação. O fenantreno, o fluoranteno e o pireno serão os HAP que apresentam valores ligeiramente acima do padrão (e.g. Pico Celeiro), sendo também estes os hidrocarbonetos que já surgiram acima do limite de quantificação nas amostras pontuais anteriores a 2020 (cf. Figura 5.2). Pelo contrário, o naftaleno e o acenafileno são dois HAP que nunca foram detetados (e.g. Quadro 5.2 para os dados de 2020). Mesmo sendo estes dois elementos os mais solúveis em água é natural que a sua ausência se deva à elevada pressão de vapor apresentada por estes HAP (cf. Figura 5.10), quando comparados com os restantes, propriedade que lhes confere uma elevada volatilidade.

WHO (2003) referem que os níveis de HAP em águas subterrâneas não contaminadas estão geralmente na faixa de 0 a 0,005 µg/L e que a sua presença resulta da adsorção dos compostos das partículas do ar durante a deposição húmida e posterior recarga. Os mesmos autores referem que, na água potável, os HAP detetados em concentrações mais altas são o fluoranteno, o fenantreno, o pireno e o antraceno, sendo o fluoranteno o único HAP detetado de forma significativa. Esta informação está em sintonia com o observado nos últimos anos para as águas para consumo humano nos furos analisados.

Properties of the 16 US-EPA PAHs					
	Number of rings	Molecular weight	Aqueous solubility (mg/l)	Vapor press. (Pa)	Log $K_{ow}$
Naphthalene	2	128	31	$1.0 \times 10^2$	3.37
Acenaphthylene	3	152	16	$9.0 \times 10^{-1}$	4.00
Acenaphthene	3	154	3.8	$3.0 \times 10^{-1}$	3.92
Fluorene	3	166	1.9	$9.0 \times 10^{-2}$	4.18
Phenanthrene	3	178	1.1	$2.0 \times 10^{-2}$	4.57
Anthracene	3	178	0.045	$1.0 \times 10^{-3}$	4.54
Pyrene	4	202	0.13	$6.0 \times 10^{-4}$	5.18
Fluoranthene	4	202	0.26	$1.2 \times 10^{-3}$	5.22
Benzo[ <i>a</i> ]anthracene	4	228	0.011	$2.8 \times 10^{-5}$	5.91
Chrysene	4	228	0.006	$5.7 \times 10^{-7}$	5.91
Benzo[ <i>b</i> ]fluoranthene	5	252	0.0015	-	5.80
Benzo[ <i>k</i> ]fluoranthene	5	252	0.0008	$5.2 \times 10^{-8}$	6.00
Benzo[ <i>a</i> ]pyrene	5	252	0.0038	$7.0 \times 10^{-7}$	5.91
Dibenzo[ <i>a,b</i> ]anthracene	6	278	0.0006	$3.7 \times 10^{-10}$	6.75
Indeno[1,2,3- <i>cd</i> ]pyrene	6	276	0.00019	-	6.50
Benzo[ <i>ghi</i> ]perylene	6	276	0.00026	$1.4 \times 10^{-8}$	6.50

Figura 5.10 – Principais propriedades de 16 HAP (segundo Mackay *et al.*, 1992)

Mantém-se a observação feita em relatórios anteriores de que a amostragem contínua deverá ser mantida dada a relevância de informação que aporta, em termos da acumulação de contaminantes por um período de cerca de um mês, sendo informação complementar aos resultados da amostragem pontual.

Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em 2020

Parâmetro	Valor Limite	Norma	Unidade	Método	Limite de quantificação	08/04 a 10/05/2020					
						Furo das Covas	Furo do Areeiro	Furo do Barreiro	Furo do Juncal	Furo do Pico Celeiro	Furo do Pico Viana
Data											
Benzeno	1	VP e L	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-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
Meta-para xileno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	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
Tolueno	1,3	L	µg/L	W-VOCGMS01	1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
<b>Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados</b>											
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
1.1.1-Tricloroetano	200	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1.2-Tetracloroetano	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	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
1.1-Dicloroetano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloropropileno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	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
1.2.3-Tricloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	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
1.2-Dibromo-3-cloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	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
1.2-Diclorobenzeno	3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	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
1.2-Dicloropropano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	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
1.3-Diclorobenzeno	59	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	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
1.4-Diclorobenzeno	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	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
2-Clorotolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4-Clorotolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Bromobenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Bromoclorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	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
Bromofórmio	25	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	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
cis-1.2-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,25	-0,15	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
cis-1.3-Dicloropropileno	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cloreto de vinil	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	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
Cloroetano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	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
Clorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	10	-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
Dibromometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Diclorodifluorometano	590	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	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
Hexaclorobutadieno	0,44	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	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
Tetraclorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1.2-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1.3-Dicloropropano	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	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
Triclorofluorometano	150	Canadá	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
<b>Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados</b>											
1.2.4-Trimetilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.3.5-Trimetilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Disopropil éter (DIPE)	-	-	-	-	-	-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
Éter etil terciário-butílico (ETBE)	-	-	-	-	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Isopropilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	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
n-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
n-Propilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
p-Isopropiltolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
sec-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
TAE	-	-	-	-	-	-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
tert-Butil álcool	-	-	µg/L	W-VOCGMS01	5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
tert-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)</b>											
Acenafteno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000065	0,000043	0,000059	0,000017	0,000069	0,000088
Acenaftileno	0,013	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	-0,000033	-0,000031	-0,000033	-0,000031	-0,000032	-0,000033
Antraceno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00013	0,00003	0,000032	0,00001	0,00013	0,000071
Benzo(a)antraceno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00068	0,00045	0,0006	0,00038	0,00092	0,00096
Benzo(a)pireno	0,01	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00032	0,000075	0,00013	0,000079	0,00029	0,0003
Benzo(b)fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00046	0,00029	0,00037	0,00026	0,0005	0,0005
Benzo(g,h,i)perileno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000079	0,000032	0,000061	0,000034	0,00007	0,000079
Benzo(k)fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00021	0,000096	0,00014	0,000087	0,00022	0,00021
Criseno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00063	0,00042	0,00066	0,00048	0,00075	0,00071
Dibenz(a,h)antraceno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000017	-0,0000072	-0,0000087	0,0000077	0,000015	0,000021
Fenantreno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00058	0,00038	0,00046	0,00028	0,00061	0,00033
Fluoranteno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00018	0,00039	0,00017	0,00015	0,00038	0,0001
Fluoreno	0,0065	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00022	0,00007	0,00014	0,000071	0,00016	0,00014
Indeno(1.2.3.cd)pireno	0,1	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,000055	0,000028	0,000036	0,000025	0,000047	0,000057
Naftaleno	2,4	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	-0,0011	-0,0011	-0,0011	-0,0011	-0,0011	-0,0011
Pireno	0,003	L	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,00027	0,00033	0,00025	0,0002	0,00044	0,00019
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	0,1	-	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,0039	0,0026	0,0031	0,0021	0,0046	0,0038
Soma de 8 HAP	-	-	µg/L	W-PAHGMS01	-	0,005	0,0037	0,0042	0,0032	0,0057	0,0049

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 amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

Página propositadamente deixada em branco

## 6 | Participação em reuniões

No âmbito da análise e do acompanhamento visando a promoção da boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela 65 ABG foram realizadas as seguintes reuniões em 2020, igualmente inseridas no apoio prestado pelo LNEC ao Ministério da Defesa Nacional (MDN):

- A 18 de junho realizou-se, no MDN e por Zoom, a 59.<sup>a</sup> reunião da Comissão Técnica onde foram apresentados, analisados os conteúdos, e discutidas as novas ações a desenvolver decorrentes da informação dos Relatórios 452/2019 e 462/2019 do LNEC, relativos aos resultados da monitorização das águas subterrâneas em 2019 nos dez locais em aberto (3001, 3003, 5001, 5002, 5003, 5008, 5009, 5010, 5013 e 5014) e do Medical Report (cf. secção 3 ). Esta reunião foi precedida de uma reunião preparatória realizada na véspera no MDN e por Zoom.
- A 13 de julho realizou-se, por Zoom, uma reunião de peritos dos USA e de Portugal com a presença de elementos do MDN, Governo Regional dos Açores (GRA), ERSARA, Universidade dos Açores e LNEC. Foram analisados os principais aspetos que, na perspetiva do LNEC, podem influenciar a situação ambiental bem como as abordagens mais adequadas para a reabilitação das áreas contaminadas, nomeadamente em relação (1) ao modelo hidrogeológico conceptual; (2) à situação de contaminação; (3) às possibilidades de reabilitação e (4) à monitorização de longo prazo da qualidade das águas subterrâneas.

## 7 | Síntese, conclusões e recomendações

Em 2020, a análise de informação relativa à qualidade das águas subterrâneas que incluiu os seguintes trabalhos: (1) a campanha de monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC em outubro e (2) o programa de controlo da qualidade da água na origem, promovido pela Praia Ambiente, E.M.. Apresenta-se uma síntese dos mesmos, bem como as principais conclusões e recomendações.

### Na área e a jusante do Site 3001:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em junho de 2020, em oito piezómetros e a três profundidades diferentes, tendo sido analisados os resultados obtidos para 112 parâmetros químicos diferentes.
- Não foi registada a presença de BTEX na campanha de junho de 2020, ao contrário do que sucedeu entre 2017 e 2019 (embora em concentrações inferiores às respetivas normas).
- Observaram-se concentrações em HTP idênticas às das campanhas anteriores para a maioria dos piezómetros, embora no caso do piezómetro 3001-MW05 (dentro Site 3001) os valores tenham sido acima da norma do Canadá (o último registo com valores acima daquela norma havia sido em maio de 2016).
- Registou-se apenas um COV no piezómetro S6A (dentro Site 3001), o tert-butil álcool. Este elemento não tem norma definida.
- Observou-se a presença de HAP apenas no piezómetro FP3A, com diversos parâmetros com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA, embora apenas benzo(a)pireno acima das normas do Canadá.
- Mantêm-se as recomendações apresentadas no relatório anterior, tendo as mesmas sido apresentadas e discutidas na reunião havida com os peritos da USAFE em 13 de junho, no âmbito do contrato entre o LNEC e o MDN:
  - Elaboração de um programa que permita remover, de forma eficaz e continuada no tempo, os contaminantes identificados nas áreas poluídas do Site 3001, em especial as áreas Apron A e Area 5).
  - Registo contínuo dos níveis da água subterrânea em piezómetros mais afastados da falha de Santiago, procurando analisar se as variações nos três níveis hidrogeológicos são equivalentes, ou não, às encontradas nos piezómetros junto à falha (Tetra Tech, Inc, 2019), e identificar a extensão da zona de maior vulnerabilidade à contaminação.



- Manutenção da monitorização para análise da evolução da situação. No caso das campanhas promovidas pela USAFE importa atender a que os limites de quantificação das análises químicas sejam inferiores aos Limiares de Qualidade propostos pela APA (APA, 2015) (cf. Anexo I).
- A recomendação da extração da água poluída do MW30, apontando-se para um volume total a extrair de cerca de 10 000 L de água, e monitorização da sua qualidade a cada 1 000 L extraídos (caso se venha a verificar um decréscimo das concentrações ao longo da amostragem, significará que se tratou de um problema pontual) foi já contratualizada pelo MDN e será realizada no próximo mês de outubro.

#### **Na área a jusante do Site 5001:**

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em junho de 2020, em dois piezómetros e a três profundidades diferentes, tendo sido analisados os resultados obtidos para 112 parâmetros químicos diferentes.
- Observou-se a presença de um BTEX (tolueno, no piezómetro S5B) em concentrações acima do limiar estabelecido pela APA embora abaixo da norma do Canadá. Tirando este ponto, os resultados obtidos nesta campanha são equivalentes aos das campanhas anteriores onde não se tinham registado outros BTEX nem COV.
- As concentrações em HTP estão acima da norma estabelecida pelo Canadá para o S5B.
- Não se observaram concentrações acima do limite de quantificação para os HAP. Nas últimas campanhas estes valores têm-se apresentado muito baixos ou inexistentes.
- Mantêm-se as recomendações apresentadas no relatório anterior, tendo as mesmas sido apresentadas e discutidas na reunião havida com os peritos da USAFE em 13 de junho, no âmbito do contrato entre o LNEC e o MDN:
  - Elaboração de um programa que permita remover, de forma eficaz e continuada no tempo, os contaminantes identificados nas áreas poluídas do Site 5001.
  - Continuação da monitorização integrada e mais abrangente do Site 5001.
- A recomendação da análise da qualidade dos solos nas áreas por onde passam as redes de abastecimento de água já foi realizada e será alvo de uma análise mais aprofundada em relatório autónomo a realizar no âmbito do contrato entre o LNEC e o MDN.

#### **Nos furos de abastecimento de água:**

- Analisaram-se os resultados das análises químicas de amostras pontuais de água em seis furos de captação, recolhidas nos meses de maio e de junho.

- Analisaram-se os resultados das análises químicas de amostras passivas em seis furos de captação, recolhidas durante o mês de junho.
- As análises das amostras pontuais não excedem as normas utilizadas para nenhum hidrocarboneto.
- As análises das amostragens contínuas (relativas a um período de 30 dias de amostragem, durante o qual se terá filtrado um volume de cerca de 15 m<sup>3</sup> de água, dependendo dos furos) apresentam concentrações em hidrocarbonetos extremamente baixas, da ordem de picogramas/L (1000000 x abaixo de µg/L) e confirmam os resultados das análises pontuais.
- Os restantes resultados das análises de monitorização da qualidade da água evidenciaram que todos os parâmetros se encontram em conformidade com as normas, com exceção dos parâmetros cloreto, sódio e vanádio. 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.
- O balanço da qualidade da água na origem nos últimos 10 anos mostra haver uma estabilidade na qualidade da água, com cloreto, sódio e vanádio por vezes com valores acima das normas, e com duas amostras com hidrocarbonetos acima da norma nos anos 2011 e 2014.
- Recomenda-se a manutenção do Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) previsto para 2020 pela Praia Ambiente, E.M..

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

Lisboa, LNEC, setembro de 2020

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

- 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.
- Department of the Air Force de Ohio, 2019 – **Review of SIHS Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001**. Memorandum USAFSAM/OE, novembro de 2019.
- Department of the Air Force de Washington DC, 2020 – **Determination of Substantial Impact to Human Health and Safety - Lajes Field**. Memorandum SAF/IEE, março 2020.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2016a – **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.; HENRIQUES, M.J., 2016b – **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 Final, 2016**. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 316/2016 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2018a – **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. Análise dos Resultados da Monitorização**. LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 57/2018 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2018b – **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, 2018**. LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 247/2018 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2018c – **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 Final, 2018**. LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 421/2018 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2019 – **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 do ano 2019**. LNEC - Proc. 0605/121/22161. Relatório 462/2019 – DHA/NRE.
- 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. 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.; MOTA, R.; ANTUNES, M.L., 2019 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Relatório Final, 2019.** LNEC - Proc. 0102/121/21350. Relatório 145/2019 – CD.
- MACKAY D.; SHIU W.Y.; MA K.C., 1992 – **Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Dioxins and Dibenzofurans.** Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, USA.
- ME, 2011 – **Groundwater and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act.** Ministry of the Environment April 15, 2011.
- QUADROS, S.; COTA RODRIGUES, F.; MESQUITA, E.; LEITÃO, T.E.; ROSA, M.J., 2018 – **Análise das Origens de Água para Abastecimento Público em Diversas Ilhas dos Açores Visando Otimizar a Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano. Tratamento da Informação Disponível e Análise Preliminar de Propostas de Soluções.** LNEC - Proc. 0605/121/2068601. Relatório Conjunto 347/2018 – DHA/NES.
- U.S. Air Force, USAFE, 2020 – **Determination of no Substantial Impact to Human Health and Safety: Lajes Field Sites 3001 and 5001.** AFAFRICA N0379-20//20200504, 2020, maio 2020.
- VROM, 2000 – **Dutch Target and Intervention Values.** Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2000.
- WHO, 2003 – **Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Drinking Water.** Background document for development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality.  
[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/chemicals/polyaromahydrocarbons.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/chemicals/polyaromahydrocarbons.pdf).



## Anexos

---





## ANEXO I

### 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	≥ 6,5; ≤ 9,5			
Condutividade elétrica	μS/cm (20°C)		2500	2500			
Índice de fenóis	mg/L				0,89	12	2
Carbonatos	mg/L						
Cloretos	mg/L		250	250	790	2300	
Bicarbonatos	mg/L						
Nitratos	mg/L	50		50			
Sulfatos	mg/L		250	250			
Alumínio - Al	mg/L			0,2			
Antimônio - 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						
Chumbo - Pb	mg/L		0,01	0,01	0,01	0,025	0,075
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			
fluoretos - F	mg/L			1,5			
Lítio - Li	mg/L						
Magnésio - Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L			0,05			
Mercurio - Hg	μg/L		1	1	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
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	mg/L				0,75	0,75	
<b>BTEX:</b>							
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

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
<b>Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados:</b>							
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						
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						
Bromodichlorometano	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		
Cloreto 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	10	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		

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		0,65	10	1,6	1,6	500
Triclorofluorometano	µg/L				150	2500	
<b>Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados:</b>							
1.2.4-Trimetilbenzeno	µg/L						
1.3.5-Trimetilbenzeno	µg/L						
Isopropilbenzeno	µg/L						
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L		0,65		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						
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)</b>							
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		0,0065		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 HAP (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 152/2017 - Qualidade da água destinada ao consumo humano

Canadá T2 - *Standards in a Potable Groundwater Condition*

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

Holanda, *Intervention value*



## ANEXO II

Parâmetros medidos *on site* nos pontos de águas subterrâneas durante a campanha de junho de 2020





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, 2020

Ref.	Amostrador	Parâmetro	Data	Prof. Colheita (m)	NA (m)	Prof.(m)	T (°C)	pH	CE (uS/cm 25°C)	Eh (mv)	O2 (mg/l)	Hboca (m)	
3001-MW01R, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	5-5.5	4,97	7,73						0	
3001-MW01R, F		PAHs (1x500ml)		7,5									
3001-MW01R, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		7,5			23,3	6,68	556	-60,7	1,12		
3001-MW02, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	2.48-3	2,48	7,8						-0,055	
3001-MW02, F		PAHs (1x500ml)		7.8-7.50									
3001-MW02, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		6			20,7	6,47	602	120,3	3,18		
3001-MW05, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	23/06/2020	1.88-2.10	1,88	5,9							
3001-MW05, F		PAHs (1x500ml)		5,9									
3001-MW05, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		4			19,7	6,63	939	-125	1,63	-0,05	
S6A, S	Amostrador manual	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	7,8	6,8	11						0	
S6A, F		PAHs (1x500ml)		11									
S6A, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		9			21	6,53	703	-66,8	2,18		
S6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)		3.67-4.5	3,67	8,64						-0,075	Água com sedimentos acastanhados
S6B, F		PAHs (1x500ml)		8,64									
S6B, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		6			21,4	6,45	604	57,8	2,28		
FP3A, S	Amostrador manual	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	23/06/2020	15	12,78	16,06						0,18	A boca original foi cortada
FP3A, F		PAHs (1x500ml)		15									
FP3A, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		15			20,6	6,32	447	30,03	6,01		
FP6A, S	Amostrador	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	16	15,23	37,31						0,5	
FP6A, F		PAHs (1x500ml)		16									
FP6A, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		16			20	6,86	394,6	-33,6	2,55		
FP6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	2.65-3	2,65	6,02						0,5	
FP6B, F		PAHs (1x500ml)		6,02									
FP6B, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		3,5			20,9	7,09	907	-68	1,47		
FBS, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	22/06/2020	1,4	1,4	9,5						0,5	
FBS, F		PAHs (1x500ml)		9,5									
FBS, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		6,5			20,7	6,63	1498	134	3,78		
SSB, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	VOC(3vialsx20ml);TPH(1L);Fenóis(1L)	23/06/2020	0.9-2	0,9	5,3						-0,08	Boca destruída e parcialmente obstruído
SSB, F		PAHs (1x500ml)		4,7									
SSB, M		Metais(1x250ml+Hg(1shotx50ml); Fósfi(1x125ml);Inor(1x150ml)		3			21,1	6,97	700	-183	2,28		
Duplicado (ERSARA)-M88; FBS			22-06-2020										
Branco de Campo (ERSARA)-M90; 3001-MW05			23-06-2020										



