



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 do ano 2023



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 do ano 2023

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

Lisboa • dezembro 2023

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 414/2023 – **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 do ano 2023

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

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Tiago N. Martins

Técnico 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 414/2023

Proc. 0605/1201/23463

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 do ano 2023

Resumo

Neste relatório apresentam-se os trabalhos desenvolvidos no ano de 2023 no âmbito do contrato CON-ERSARA/2022/5, relativos à 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", em curso para a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) desde 2012.

O relatório apresenta os resultados (1) dos trabalhos promovidos pela 65 Air Base Group, (2) da monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC e (3) do programa de controlo da qualidade da água, na origem, para consumo humano promovido pela Praia Ambiente, E.M.. Apresenta-se, igualmente, uma síntese das reuniões havidas no domínio das questões ambientais em 2023. O relatório termina com uma síntese dos resultados obtidos, respetivas conclusões e uma atualização das 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

Final Report, 2023

Abstract

This report presents the work carried out in 2023 under contract CON-ERSARA/2022/5, relating to technical advice for the "Analysis and monitoring of rehabilitation work to improve the environmental situation surrounding the boreholes for the water supply of the municipality of Praia da Vitória, Azores", in progress for The Water and Waste Services Regulation Authority of the Azores (ERSARA) since 2012.

The report presents the results of (1) the works promoted by the 65th Air Base Group, (2) the groundwater quality monitoring developed by LNEC, and (3) the water quality control program for human consumption promoted by Praia Ambiente, EM. It also presents a summary of the meetings held in 2023 concerning environmental issues. The report ends with a summary result obtained, respective conclusions and an update of the recommendations.

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

Índice

1	Introdução	1
2	Objetivos e metodologia	2
3	Acompanhamento dos trabalhos promovidos pelo 65 <i>Air Base Group em relação aos Sites 3001 e 5001</i>	4
4	Monitorização da qualidade das águas subterrâneas	6
4.1	Descrição da campanha realizada	6
4.2	Critérios para a classificação da qualidade das águas subterrâneas	7
4.3	Resultados obtidos	8
4.3.1	Porta de Armas (<i>Main Gate</i> , Site 3001)	8
4.3.2	<i>South Tank Farm</i> (Site 5001/AOC-1)	15
5	Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano	21
5.1	Resultados da amostragem pontual	21
5.2	Resultados da amostragem contínua	30
6	Participação em reuniões	35
7	Síntese, conclusões e recomendações	37
	Referências bibliográficas	41

Índice de figuras

Figura 3.1 – Pormenor do pipeline que atravessa perpendicularmente a pista de aviação, junto ao edifício T-705 (que engloba os edifícios anteriormente designados por T-705 e T 706) (Leitão, 2023)	4
Figura 3.2 – Perímetro de proteção intermédio e alargado em redor da captação Juncal 1 para o caudal de 5 L/s e de 10 L/s (Henriques, Martins e Lobo Ferreira, 2013)	4
Figura 4.1 – Localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas	6
Figura 4.2 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001	11
Figura 4.3 – Concentração em HTP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2020 e 2023	12
Figura 4.4 – Variação da concentração em HTP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, desde 2010	12
Figura 4.5 – Concentração em COV na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2020 e 2023	14
Figura 4.6 – Concentração em HAP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2020 e 2023	15
Figura 4.7 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001	16
Figura 4.8 – Concentrações em HTP e em PCE na água de piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023	19
Figura 4.9 – Concentrações em HAP na água de piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023	20
Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente	22
Figura 5.2 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais	25
Figura 5.3 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais	25
Figura 5.4 – Tendência crescente de cloretos nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)	28
Figura 5.5 – Tendência crescente de zinco nas águas subterrâneas do furo da Canada das Covas ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)	28
Figura 5.6 – Tendência crescente de sulfatos nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)	29
Figura 5.7 – Diagrama de box-plot das concentrações em cloreto nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público.....	29
Figura 5.8 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2020 e 2023, para amostragem contínua	33

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Características dos piezómetros e dos furos monitorizados	7
Quadro 4.2 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em abril (e junho) de 2023	9
Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em outubro de 2023	10
Quadro 4.4 – Resultados dos testes de Mann-Kendall original e sazonal aplicados aos resultados das águas subterrâneas dos piezómetros dentro e fora do Site 3001 nos últimos 10 anos	13
Quadro 4.5 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem a sul do Site 5001, em 2023	17
Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial dos Furos para o ano 2023 proposto pela Praia Ambiente	21
Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas de amostras pontuais recolhidas nos furos de captação para eventual abastecimento público, em 2023	23
Quadro 5.3 – Resultados dos testes de Mann-Kendall original e sazonal aplicados aos resultados das águas subterrâneas dos furos de captação nos últimos 14 anos	26
Quadro 5.4 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em maio de 2023	31

Agradecimentos

Agradece-se todo o apoio do Comando Português da Zona Aérea dos Açores para a realização deste trabalho, bem como às Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes.

Ao Dr. Tiago Martins agradece-se a ajuda na preparação 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, 65th *Air Base Group* da USAFE

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

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

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

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 definido pela Autoridade Nacional da Água (APA, 2021)

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

LQ - Limite de quantificação do método analítico usado pelo laboratório de análises químicas

MDN - Ministério da Defesa Nacional

MW - Piezómetro (*Monitoring well*)

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

NQA - Norma de Qualidade Ambiental, conjunto de valores de referência de qualidade da água: NQ, L, VP, normas do Canadá e da Holanda

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 DL 152/2017 e pelo DL 69/2023

VPGR - Vice-Presidência do Governo Regional dos Açores

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 do ano 2023.

O relatório foi estruturado nos seguintes sete capítulos: 1 | Introdução, 2 | Objetivos e metodologia, 3 | Acompanhamento dos trabalhos promovidos pelo 65 *Air Base Group em relação aos Sites 3001 e 5001*, 4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas, 5 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano, 6 | Participação em reuniões, terminando com 7 | Síntese, conclusões e recomendações.

Os relatórios de análise e acompanhamento da situação ambiental têm vindo a ser produzidos semestralmente para a ERSARA, desde 2012, e são os seguintes: Leitão, Lobo-Ferreira e Oliveira (2013); Leitão e Mota (2015); Leitão e Henriques (2016a, 2016b, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b, 2021, 2023a e 2023b).

2 | Objetivos e metodologia

O objetivo deste 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.

O programa de trabalhos do contrato CON-ERSARA/2022/5, em vigor para dois anos (julho de 2022 a julho de 2024), 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 pelo 65 ABG da USAFE;
- c) avaliar as propostas de reabilitação das águas subterrâneas preconizadas pela Força Aérea Americana (USAFE - United States Air Force) para os anos 2022 e seguintes, 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 Nacional (MDN), 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 Vice-Presidência do Governo Regional dos Açores (VPGR), a ERSARA, com a participação do LNEC e de autoridades regionais e locais a designar pela VPGR e pela ERSARA, para apresentação dos trabalhos promovidos pelo LNEC;
 - iv. leitura, avaliação e emissão de parecer relativo aos documentos que forem sendo elaborados para a USAFE sobre esta temática;
 - v. monitorização semestral *in situ* 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. tratamento da informação recolhida.

- e) contribuir para as atas das reuniões previstas nas subalíneas ii e iii, a realizar pela entidade indicada em cada ocasião;
- f) analisar os Planos de Monitorização Especial e 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 a VPGR, o LNEC e a ERSARA;
- i) apoiar a VPGR e a ERSARA em qualquer questão técnico-científica que entenda colocar, incluindo a deslocação e o apoio durante as reuniões para as quais o LNEC possa ser chamado.

3 | Acompanhamento dos trabalhos promovidos pelo 65 Air Base Group em relação aos Sites 3001 e 5001

No final de 2022, a posição dos EUA relativamente a não haver potenciais impactes da contaminação dos solos e das águas subterrâneas na saúde humana "NO-SIHHS" (No Substantial Impact to Human Health and Safety) (USAFE, 2020) foi revogada para o Site 3001, o que permitiu retomar em 2023 diversas ações de monitorização e de reabilitação.

As ações de monitorização e de reabilitação previstas são apresentadas nos documentos "Perform Spill Response Activities and a Well Survey at Lajes Field, Azores, Portugal" e "Lajes Field, Site 3001 – Proposed Well Drilling Approach" (ambos sem autoria), tendo sido obtido financiamento para a sua implementação. Os trabalhos incluem: (1) a inertização de um pipeline inativo; (2) a remoção dos solos envolventes contaminados; (3) o levantamento do estado de conservação de diversos furos do Site 3001 e elaboração de uma proposta tendo em vista a sua manutenção ou selagem; (4) a construção de novos piezómetros; e (5) a monitorização das águas subterrâneas.

Em relação à inertização do pipeline que passa junto ao 3001-MW04, junto ao edifício T-705 (cf. Figura 3.1), julga-se ser uma obra da maior importância já que se destina a remover os hidrocarbonetos presentes nos solos e nas águas subterrâneas (com *Light Non-Aqueous Phase Liquid* ou *hidrocarbonetos sobrenadantes*, LNAPL, no piezómetro 3001-MW04), numa das áreas mais contaminadas do Site 3001, localizada muito próximo do limite do perímetro de proteção alargada do furo de captação para abastecimento do Juncal 1 (cf. Figura 3.2).



Figura 3.1 – Pormenor do pipeline que atravessa perpendicularmente a pista de aviação, junto ao edifício T-705 (que engloba os edifícios anteriormente designados por T-705 e T 706) (Leitão, 2023)



Figura 3.2 – Perímetro de proteção intermédio e alargado em redor da captação Juncal 1 para o caudal de 5 L/s e de 10 L/s (Henriques, Martins e Lobo Ferreira, 2013)

Os trabalhos preveem a avaliação de cerca de 550 m de pipelines inativos, por suspeita de poder haver derrames, e a sua inertização. Desconhecem-se detalhes sobre a existência de alguns troços, o seu diâmetro e a existência de combustível, pelo que são apresentadas várias opções de acordo com o

encontrado, sempre assegurando a remoção de eventual LNAPL e de solos contaminados descobertos.

Sobre o ponto (3) foi recentemente terminada a análise do estado de conservação de 58 piezómetros, designadamente onde há suspeitas de má execução com possível contacto entre estratos hidrogeológicos distintos (e.g., 3001-MW29, 3001-MW30 e 3001-MW31), que incluiu a inspeção visual e com recurso a uma câmara (em 15 piezómetros). Os resultados vão servir de base para decidir sobre o destino dos piezómetros, incluindo recomendações e procedimentos para a inertização/destruição dos piezómetros.

Conforme discutido na reunião de 5 de maio (cf. capítulo 6 I), o LNEC concorda com o trabalho previsto no ponto (3), embora considere que os furos só devem ser destruídos no caso de estarem mal contruídos (e.g., permitirem o contacto entre estratos hidrogeológicos diferentes ou serem uma conduta preferencial para contaminação), estarem em mau estado de conservação, ou de estarem secos sem perspectiva de vir a conter água. O argumento de serem piezómetros próximos e, por isso, de darem informação redundante não nos parece ser suficiente para destruir piezómetros, atendendo a que poderão vir a ser úteis em ensaios de traçador, entre outros aspetos. Também o facto de não serem usados na monitorização não deve servir de justificação para destruir o piezómetro, já que pode haver alterações na qualidade da água que justifiquem voltar a incluir aqueles piezómetros nos programas de monitorização. Os resultados obtidos serão reportados e apresentados em reuniões de peritos, permitindo a análise e discussão de diferentes opções por ambas as delegações.

Relativamente ao ponto (4) está previsto construir três furos para monitorização/extração de águas subterrâneas no aquífero basal, cada um com uma profundidade de aproximadamente 65 metros. A sua localização aproximada será numa área do Site 3001 sem informação, localizada entre o piezómetro 3001-MW04 (onde se registam LNAPL) e os furos de abastecimento do 65 ABG. O LNEC considera esta ação válida, tendo chamado a atenção para a necessidade de se evitar a contaminação do aquífero basal durante o processo de furação.

Finalmente, o ponto (5) sobre a monitorização semestral de águas subterrâneas, está prevista a medição dos níveis piezométricos de 43 furos/piezómetros e a espessura de LNAPL. Foram também recolhidas amostras de 31 furos/piezómetros para analisar um conjunto de hidrocarbonetos equivalente aos que vêm sendo solicitados para análise química pelo LNEC. Considera-se que esta ação e o seu reporte são bem vindos.

Em relação ao Site 5001 foram demolidos dois tanques de armazenamento (T-1635 e T-1641) e recuperado um tanque de combustível (T-1626-1). Os trabalhos propostos incluem a remoção de cerca de 18 m³ (24 cubic yards) de solos contaminados na envolvente dos tanques, ações que se enquadram nas medidas de reabilitação julgadas necessárias para o Site 5001. No entanto, não se antevê que estes trabalhos sejam suficientes para remover os níveis de LNAPL e demais hidrocarbonetos presentes nas águas subterrâneas daquele local, atendendo a que a área afetada é mais vasta que a área de intervenção prevista. Nesse contexto, considera-se que devem ser realizadas novas ações de monitorização e de reabilitação deste local.

4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas

4.1 Descrição da campanha realizada

As campanhas de monitorização realizadas incidiram sobre os mesmos dez piezómetros que têm vindo a ser monitorizados nos últimos anos pelo LNEC para a ERSARA nos Sites 3001 e 5001 (cf. Figura 4.1). Trata-se de pontos de amostragem localizados na periferia dos sites, visando avaliar se há migração de contaminantes para jusante dos mesmos.

A primeira campanha teve lugar de 20 a 21 de abril. Devido a problemas havidos com a conservação das amostras para a análise de compostos orgânicos voláteis (COV) foi necessário fazer nova amostragem para COV em 1 de junho. A segunda campanha realizou-se nos dias 22 e 23 de outubro.

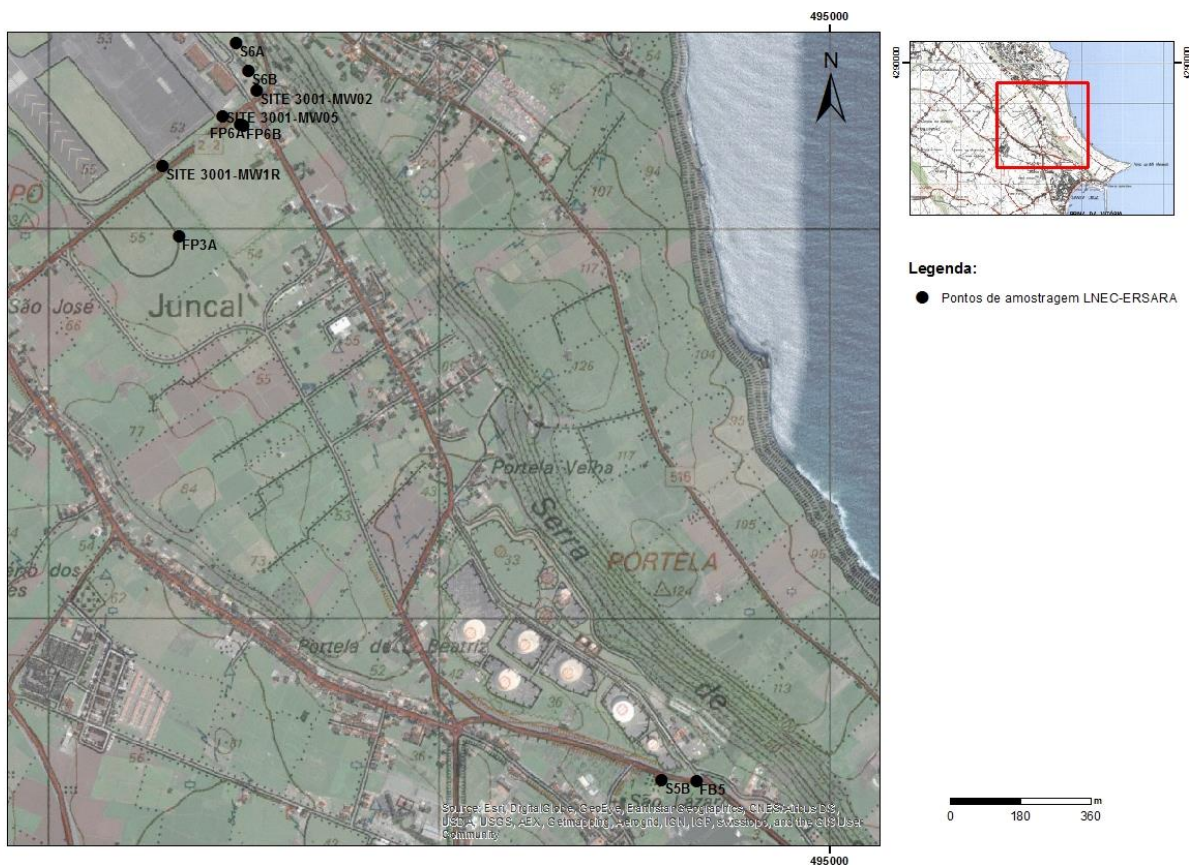


Figura 4.1 – Localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas

Os pontos de amostragem dentro e junto ao Site 3001 incluem oito piezómetros, nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia e (2) no Site 5001 incluem dois piezómetros localizados à saída, 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

Ponto	Coordenadas		Profundidade do furo (m)	Cota do solo (m)	Tubos ralos	
	E	N			Profundidade (m)	Cota (m)
3001-MW01R	493291	4289157	9,00	54,70	1,9 a 8,0	52,80 a 46,70
3001-MW02	493535	4289352	7,80	53,67	4,8 a 7,8	48,87 a 45,87
3001-MW05	493454	4289287	6,40	52,86	3,4 a 6,4	49,46 a 46,46
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	493335	4288976	16,50	53,56	7,5 a 8,5 e 13,0 a 15,0	48,31 a 47,31 e 42,81 a 40,81
FP6A	493491	4289262	42,00	53,56	37,0 a 40,0	16,56 a 13,56
FP6B	493500	4289260	12,00	53,56	2,0 a 4,0	51,56 a 49,56
S5B	494571	4287582	5,30	1,66	1,3 a 5,3	0,36 a -3,64
FB5	494670	4287575	12,00	1,73	5,5 a 8,5	-3,77 a -6,77

4.2 Critérios para a classificação da qualidade das águas subterrâneas

Os critérios que têm vindo a ser utilizados para a classificação do estado químico das águas subterrâneas da área em estudo mantêm-se, através da legislação portuguesa em vigor, nomeadamente as Normas de Qualidade (NQ, cf. Anexo I) definidas na Diretiva das Águas Subterrâneas (DAS), transposta pelo Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, embora com atualização dos Limiares definidos pela Autoridade Nacional da Água, revistos em 2021, apresentando novas substâncias e valores (APA, 2021).

Para os parâmetros químicos não contemplados na DAS nem nos Limiares, continuam a utilizar-se como referência os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 69/2023, de 21 de agosto (que substitui o Decreto-Lei n.º 152/2017), para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Complementarmente é, ainda, utilizada a legislação do Canadá, relativa aos padrões para condições de águas subterrâneas potáveis, tendo também sido listadas as normas para condições de águas subterrâneas não potáveis e a legislação da Holanda relativa aos valores a partir dos quais deve haver intervenção.

O conjunto de documentos normativos usado tem a seguinte ordem de prioridade (considera-se o primeiro valor de referência ou Norma de Qualidade Ambiental, NQA, que existe):

- NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008 Diretiva das Águas Subterrâneas.
- L - Limiares (APA, 2021).
- VP - Valor Paramétrico, DL 69/2023 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).

Os baixos valores dos Limiares estabelecidos pela APA em 2021 conduziram a que ainda haja limites de quantificação (LQ) das análises químicas superiores ao Limiar, o que se traduz na potencial presença de elementos acima do respetivo Limiar, mas que não são detetáveis se a sua concentração estiver abaixo do LQ. Até à data, os laboratórios de análises ainda não conseguiram baixar todos os LQ por dificuldades analíticas e protocolos previamente estabelecidos com laboratórios subcontratados. Assim, apesar de alguns valores estarem mais baixos (e.g., HTP), os LQ dos seguintes elementos/compostos ainda têm valores iguais ou superiores ao Limiar: antraceno, benzo(a)antraceno, Dibenz(a,h)antraceno (apenas nas análises feitas pelo LAIST, cf. capítulo 4), 1.1.2.2-Tetracloroetano, Bromometano, cis-1.3-Dicloropropileno, Hexaclorobutadieno, trans-1.3-Dicloropropeno, Hidrocarbonetos Totais do Petróleo e Antimónio (apenas nas análises feitas pela AmbiPar Control, cf. capítulo 5).

4.3 Resultados obtidos

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

A Figura 4.1 apresenta os pontos de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2023. Os pontos de amostragem das campanhas para a ERSARA mantêm-se os mesmos desde 2013 e incluem piezómetros nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia.

Desde 2018, através de protocolos celebrados entre o MDN e o LNEC, a monitorização está a ser complementada nestes e em diversos outros Sites, procurando adquirir informação que vinha sendo obtida pelo 65 ABG, descontinuada nos últimos anos, embora parcialmente retomada em 2023. Os pontos incluem furos e piezómetros nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, e no aquífero basal (cf. Figura 4.2).

Os resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas em abril (e junho) de 2023 são apresentados no Quadro 4.2. No Quadro 4.3 apresentam-se os resultados de outubro. Nos quadros assinalam-se a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (cf. secção 4.2 e Anexo I), e a amarelo os hidrocarbonetos com valores acima do limite de quantificação da análise química. No Anexo II deste relatório apresentam-se os dados de campo registados *on site* nas campanhas de 2023.

Quadro 4.3 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem dentro e fora do Site 3001, em outubro de 2023

Parâmetro	Designação local	FP3A			FP6A			FP6B			S6A			S6B			3001-MW01R			3001-MW02			3001-MW05			Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas				
		Data amostragem	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023					22/10/2023	22/10/2023	22/10/2023	
in situ																																	
Temperatura	oC	17,9	18,6	19,1	19,1	19,5	19,7	19,6	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
pH	Sorensen	6,4	8,0	7,7	6,6	6,4	6,8	6,9	5,5; 9	L	5,5; 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	365,8	369,7	884,0	647,0	560,0	488,9	540,0	461,0	L	2500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Potencial redox (Eh)	mV	101,2	66,3	73,5	89,0	126,2	111,0	103,3	-80,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Parâmetros agregados																																	
Índice de fenóis	mg/L	-0,005	-0,005	0,006	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,89	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Inorgânicos não metálicos																																	
Cloretos	mg/L	65	69	64	28	120	38	44	89	L	250	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Nitratos	mg/L	6	3,4	4	-0,3	-0,3	1,5	1	-0,3	NQ	50	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Sulfatos	mg/L	21	13	28	13	6,2	10	17	7,4	L	250	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Metais em solução / Cátions maiores																																	
Alumínio - Al	mg/L	0,410	0,019	0,136	0,092	0,200	0,099	0,000	0,234	L	0,2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	L	0,01	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Arsénio - As	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	L	0,01	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bário - Ba	mg/L	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	L	1,3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Berílio - Be	mg/L	0,00082	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	Canadá	0,004	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Boro - B	mg/L	0,058	0,058	0,130	0,260	0,340	0,061	0,089	0,120	L	2,4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	L	0,005	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cálcio - Ca	mg/L	11	12	112	64	23	44	37	49	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chumbo - Pb	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	L	0,01	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
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	-0,002	-0,002	0,0041	-0,0020	-0,0020	0,0032	-0,002	-0,002	L	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crómio - Cr	mg/L	0,0091	0,0026	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,0038	L	0,05	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro - Fe	mg/L	0,62	1,2	8,5	2,1	4,1	7,5	0,42	5,5	L	0,2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fósforo - P	mg/L	-0,05	-0,05	0,22	0,16	0,67	0,45	0,3	0,32	L	0,13	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lítio - Li	mg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	1,65	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésio - Mg	mg/L	12	6,7	34	37	13	19	19	22	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Manganês - Mn	mg/L	0,052	0,019	0,290	2,200	0,210	0,420	0,180	4,200	L	0,05	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Merúrio - Hg	µg/L	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	L	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	0,16	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L	0,02	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potássio - K	mg/L	9,6	12,0	14,0	8,9	6,1	3,5	6,2	16,0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sódio - Na	mg/L	51	58	40	67	72	46	64	62	VP	200	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vanádio - V	mg/L	-0,002	-0,002	0,011	-0,002	-0,002	0,0026	-0,002	-0,002	Canadá	0,0062	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco - Zn	mg/L	0,014	-0,01	-0,01	0,02	0,011	0,026	0,019	0,026	L	0,05	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP																																	
HTP	mg/L	0,025	0,018	0,620	0,070	0,260	0,270	0,110	0,180	L	0,01	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BTEX																																	
Benzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	L	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meta-para-xileno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Σ	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orto-xileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Σ	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tolueno	µg/L	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	L	7	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xilenos	µg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	L	2,4	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.1.1.1-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	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	Canadá	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.1.2.1-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	-	-	-	-	-															

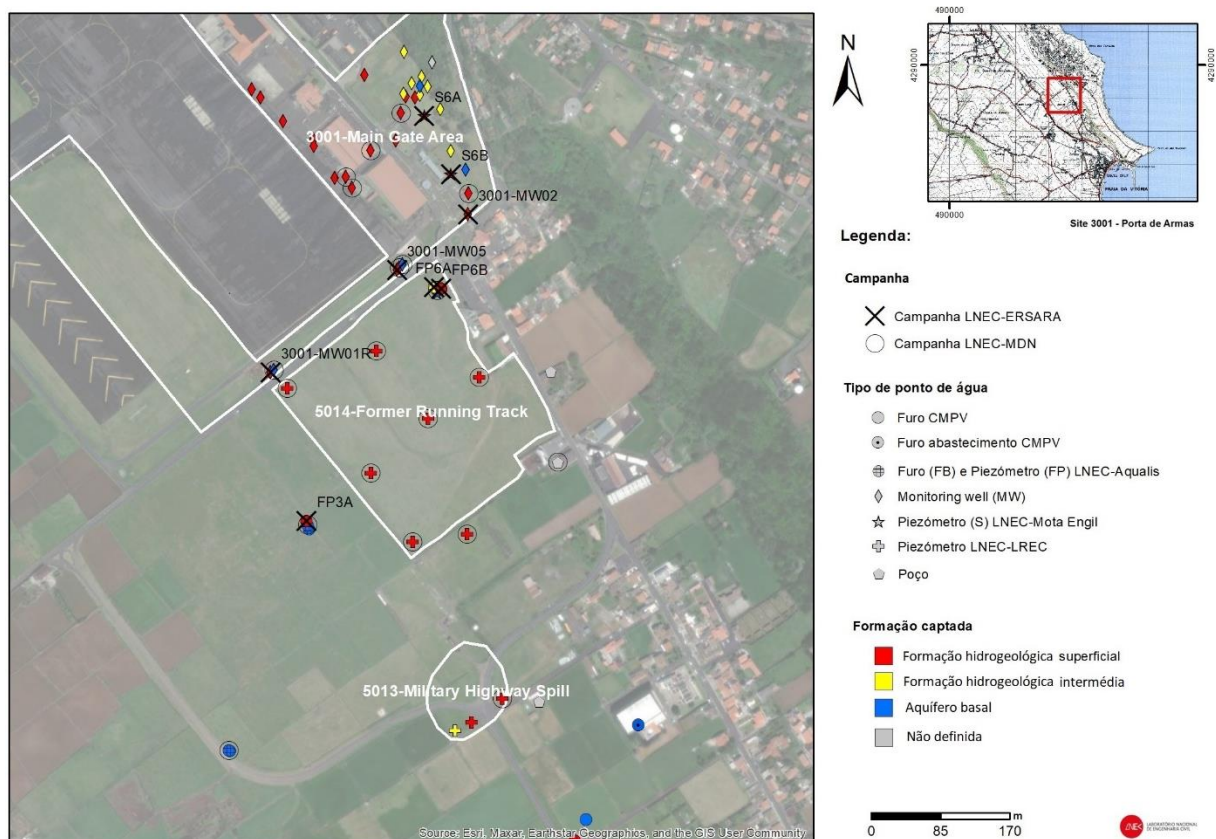


Figura 4.2 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas dentro e fora do Site 3001

Em 2023, todos os piezómetros amostrados apresentaram concentrações em Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (HTP) superiores ao limite de quantificação (LQ = 0,012 mg/L) e do Limiar (L = 0,01 mg/L, cujo valor anteriormente considerado era o da legislação do Canadá de 0,75 mg/L) em, pelo menos, uma das campanhas (cf. Figura 4.3). As concentrações em finais de outubro são geralmente superiores às de julho, possivelmente em resultado da lixiviação dos solos para horizontes mais profundos após o início do período de maior precipitação.

O piezómetro 3001-MW05, que tipicamente apresenta variações mais acentuadas da concentração em HTP (cf. Figura 4.4), em 2023 apresentou valores equivalentes aos restantes piezómetros localizados dentro do Site 3001.

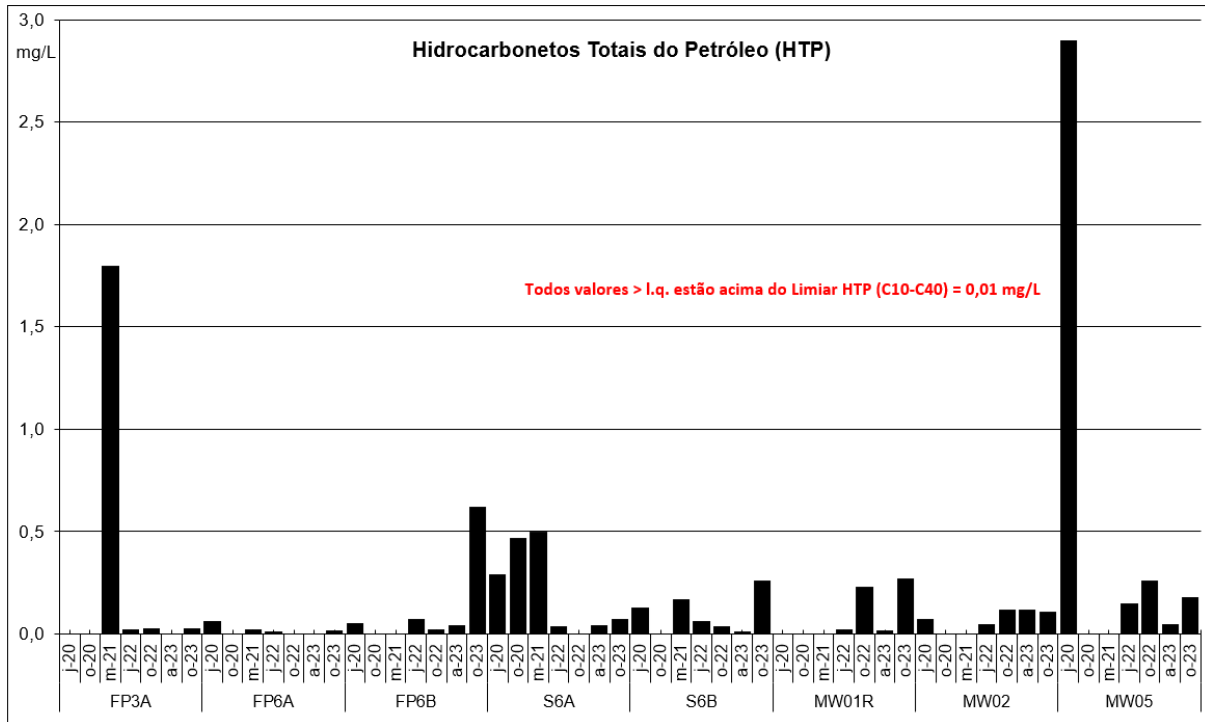


Figura 4.3 – Concentração em HTP na água de piezômetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2020 e 2023

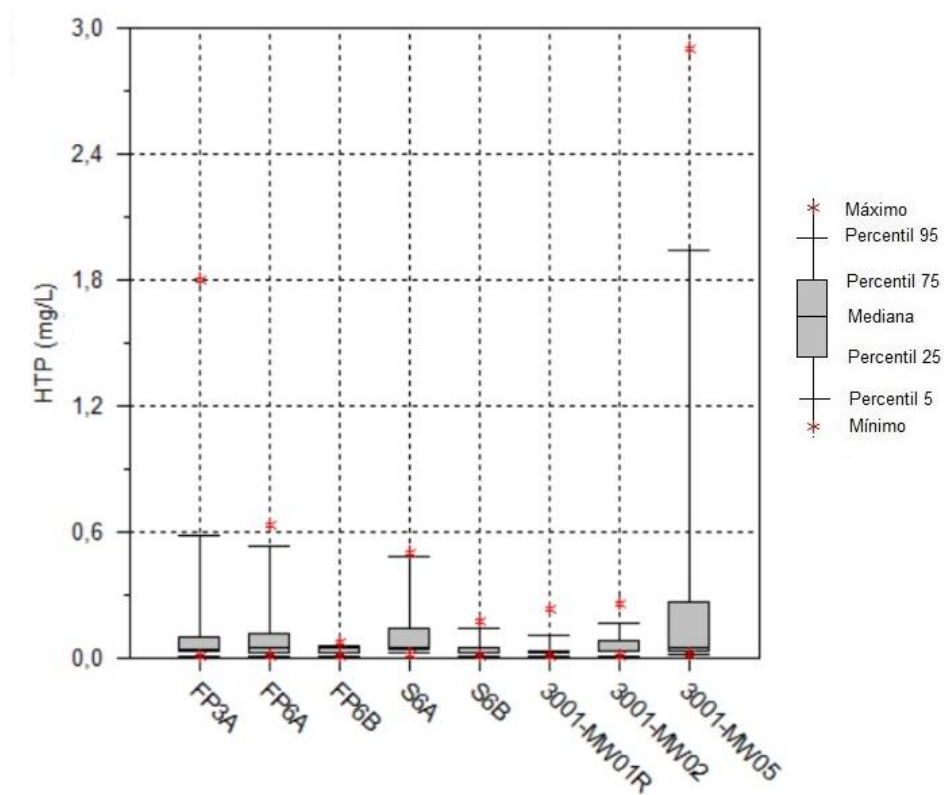


Figura 4.4 – Variação da concentração em HTP na água de piezômetros localizados dentro e fora do Site 3001, desde 2010

Por forma a analisar se existe alguma tendência estatisticamente significativa de subida ou descida dos seus valores de HTP foram aplicados testes de Mann-Kendall (MK) e MK sazonal usando o pacote de tendências do software AquaChem 2014.2 (<https://www.waterloohydrogeologic.com/>) considerando quatro épocas (temporada de três meses) e um nível de significância de 1% (nível de confiança para teste de tendência de 99%). Como se pode observar no Quadro 4.4 não se registam tendências de subida ou de descida nas concentrações de HTP dos piezómetros amostrados para os dois testes em simultâneo.

Quadro 4.4 – Resultados dos testes de Mann-Kendall original e sazonal aplicados aos resultados das águas subterrâneas dos piezómetros dentro e fora do Site 3001 nos últimos 10 anos

Piezómetro	ND	N.º de amostras	Anos com dados	Mann Kendall				MK Seasonal				
				S	Z	Prob (%)	Resultado	S	Z	Prob (%)	Slope	Resultado
FP3A	6	16	10	-8	-0,35	36,44	sem tend.	16	2,55	0,54	0,839	aumento
FP6A	6	16	10	-37	-1,78	3,72	sem tend.	-24	-3,91	0,00	-0,1165	decrécimo
FP6B	9	16	10	2	0,05	48,02	sem tend.	-8	-1,19	11,73	-0,03	sem tend.
S6A	5	14	9	25	1,47	7,12	sem tend.	12	2,87	0,20	0,12	aumento
S6B	9	16	10	24	1,14	12,72	sem tend.	8	1,19	11,73	0,052	sem tend.
3001-MW01R	10	16	11	-10	-0,45	32,80	sem tend.	0	0	50,0	-0,038	sem tend.
3001-MW02	7	15	10	-7	-0,30	38,30	sem tend.	-16	-2,55	0,54	-0,0105	sem tend.
3001-MW05	6	15	10	8	0,35	36,44	sem tend.	-8	-1,19	11,73	0,695	decrécimo

Em 2023, à semelhança do ocorrido em 2022, não foi registada a presença de BTEX em nenhum dos oito piezómetros amostrados (cf. Quadro 4.2). Desde 2016, apenas se observaram BTEX nas campanhas de março de 2016 (FP6B), de setembro/outubro de 2019 (FP6A, FP6B, MW01R e MW02) e de março de 2021 (FP6A), em concentrações sempre abaixo dos Limiares.

Em 2023 também não se observou a presença de COV em nenhuma das águas amostradas (cf. Figura 4.5). Desde 2016 que o único composto com valores acima da norma de qualidade nas águas amostradas (de entre os que têm normas definidas) foi o cis-1.3-dicloropropileno, em outubro de 2019, no piezómetro S6A. A presença de tert-butil álcool (um intensificador das octanas no combustível sem norma definida, cf. Anexo I) nas águas subterrâneas do piezómetro S6A deverá estar relacionada com a sua proximidade a derrames junto aos antigos depósitos de combustível que existiam naquele local. Este composto foi observado em diversos outros piezómetros no interior do Site 3001 (cf. Leitão, Martins e Antunes, 2023).

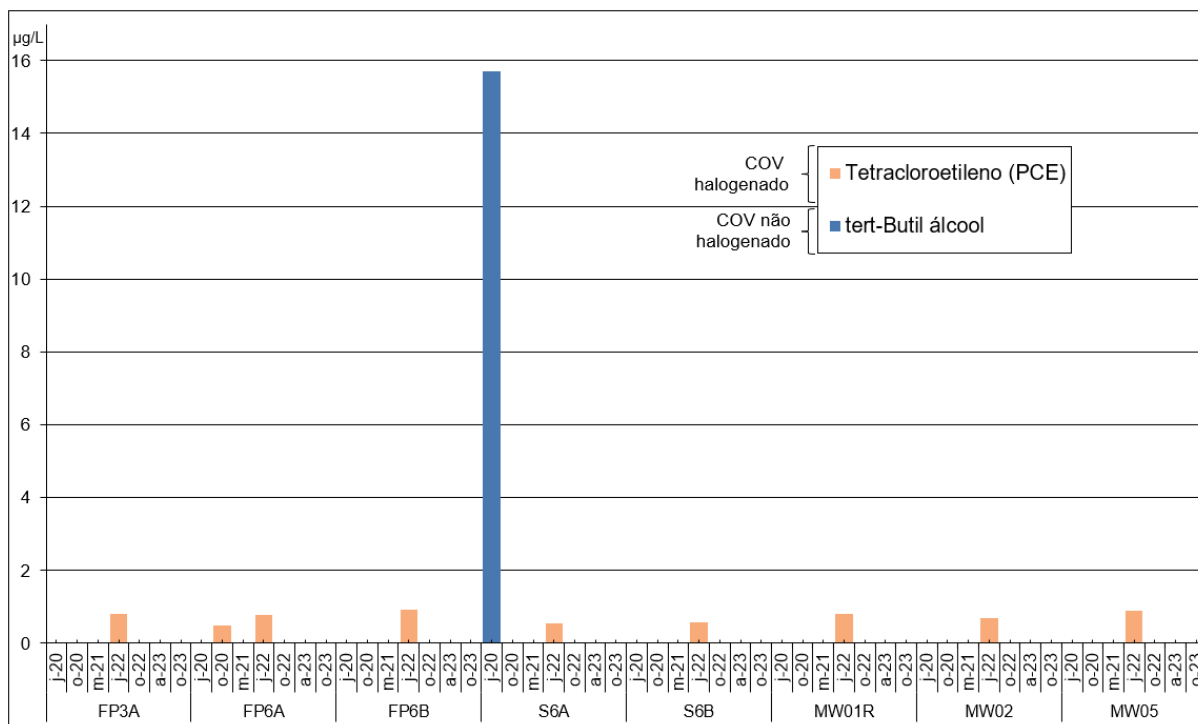


Figura 4.5 – Concentração em COV na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2020 e 2023

De referir que na campanha de julho de 2022 se observam concentrações em PCE em todos os pontos e com valores equivalentes. O branco de campo, feito junto ao 3001-MW02, apresentou 21,7 µg/L de PCE e o duplicado, também relativo à água daquele piezómetro, apresentou uma concentração de 1,23 µg/L (cerca do dobro da concentração de 0,68 µg/L observada no 3001-MW02). Estes factos denotam contaminação atmosférica na altura das amostragens ou contaminação laboratorial.

Em relação à concentração em HAP nas águas amostradas em 2023, quatro dos cinco piezómetros no interior do Site 3001 (S6A, 3001-MW01R, 3001-MW02 e 3001-MW05) apresentaram concentrações em algum HAP com valores acima do Limiar (cf. Anexo I) (Quadro 4.2 e Figura 4.6), em pelo menos uma das campanhas, embora muito inferiores às normas estabelecidas por outros países (Canadá e Holanda, cf. Anexo I). As concentrações nas águas dos piezómetros 3001-MW05 e FP3A denotam contaminação de fontes próximas, designadamente pipelines inertizados que podem ainda conter algum produto. Espera-se que as obras recentemente concluídas no pipeline que vem da South Tank Farm para a Porta de Armas (substituição do pipeline em zonas onde a tubagem estava em piores condições), bem como as obras perspectivadas para outro pipeline já desativado, contribuam para a melhoria desta situação.

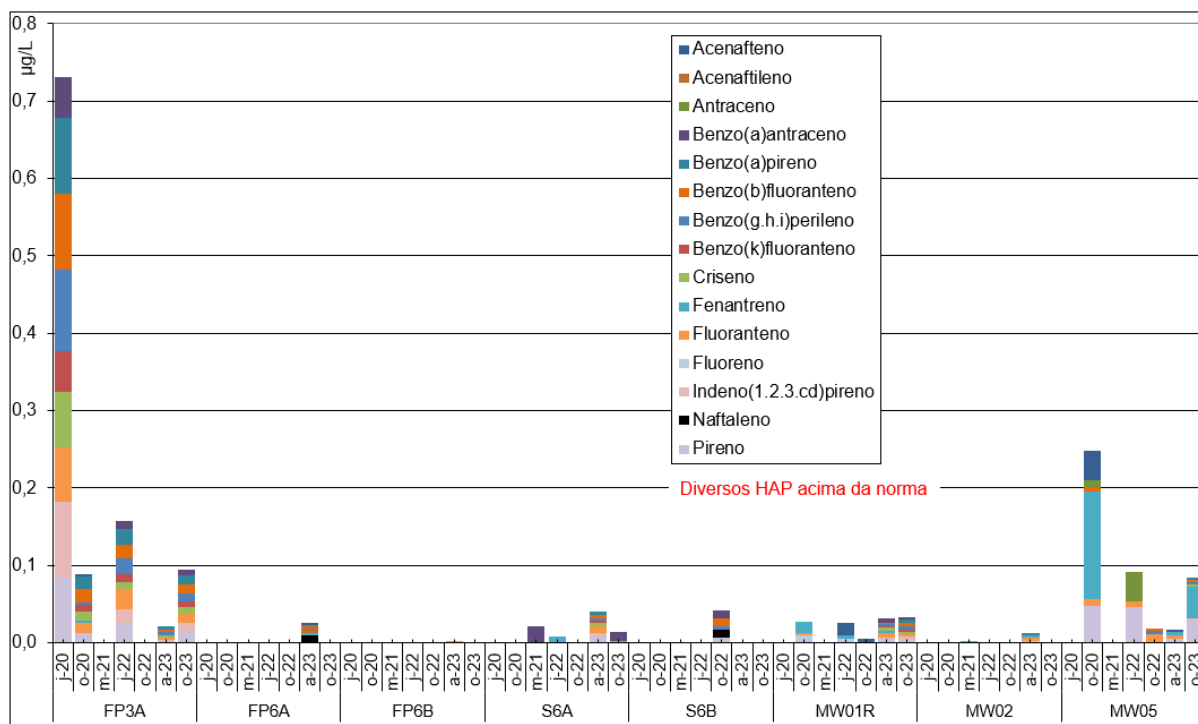


Figura 4.6 – Concentração em HAP na água de piezómetros localizados dentro e fora do Site 3001, entre 2020 e 2023

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

Em síntese, as concentrações em HTP nas águas subterrâneas dos pontos de amostragem analisados (periferia do Site 3001) continuam a apresentar oscilações entre campanhas, denotando a sua presença nos solos e posterior lixiviação para horizontes mais profundos após episódios de precipitação. Os valores quantificados encontram-se acima do Limiar, mas não se observam tendências estatisticamente significativas de aumento de HTP. As concentrações em BTEX e em COV têm sido residuais ou mesmo ausentes nas campanhas desde 2020. No caso de BTEX as concentrações foram, desde 2016, inferiores aos Limiares, o mesmo se passando para os COV, com exceção do cis-1.3-dicloropropileno, em outubro de 2019. A variação de concentração em HAP nas águas amostradas em diferentes campanhas é assinalável e com valores acima dos Limiares, embora abaixo de outras normas (Anexo I).

Espera-se que as ações de monitorização, o levantamento da situação dos piezómetros e as ações de reabilitação previstas para o Site 3001 pelos USA (cf. capítulo 3 |) permitam a melhoria da situação ambiental e, em particular, da qualidade das águas subterrâneas.

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

A Figura 4.1 apresenta os locais de recolha de amostras de águas subterrâneas para análise química em 2023, também correspondentes aos mesmos dois piezómetros que, desde 2013, que foram seleccionados para monitorizar a evolução da situação a jusante do Site 5001. Os dois pontos de

amostragem localizam-se no aquífero basal, uma vez que apenas há formação hidrogeológica superficial na área norte do Site 5001.

Complementarmente, é possível observar na Figura 4.7 que há diversos outros pontos que estão a ser analisados pelo LNEC para o MDN, também em resultado do 65 ABG ter deixado de realizar a habitual monitorização semestral dentro do Site. Esta situação mantém-se em 2023.

Os resultados das análises químicas realizadas para a ERSARA são apresentados no Quadro 4.5, onde se assinalam a vermelho os parâmetros que excederam os valores de referência (cf. Anexo I), 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 2023.

Mantiveram-se os procedimentos de recolha, as profundidades de amostragem e as análises efetuadas em campanhas anteriores.

Em 2023, as concentrações em HTP foram superiores ao limite de quantificação (e, portanto, superiores ao Limiar de 0,01 mg/L) em três das quatro amostras analisadas (Quadro 4.5 e Figura 4.8). Apesar de disso, estes valores estão muito abaixo do Limiar do Canadá (0,75 mg/L) (cf. Anexo I).

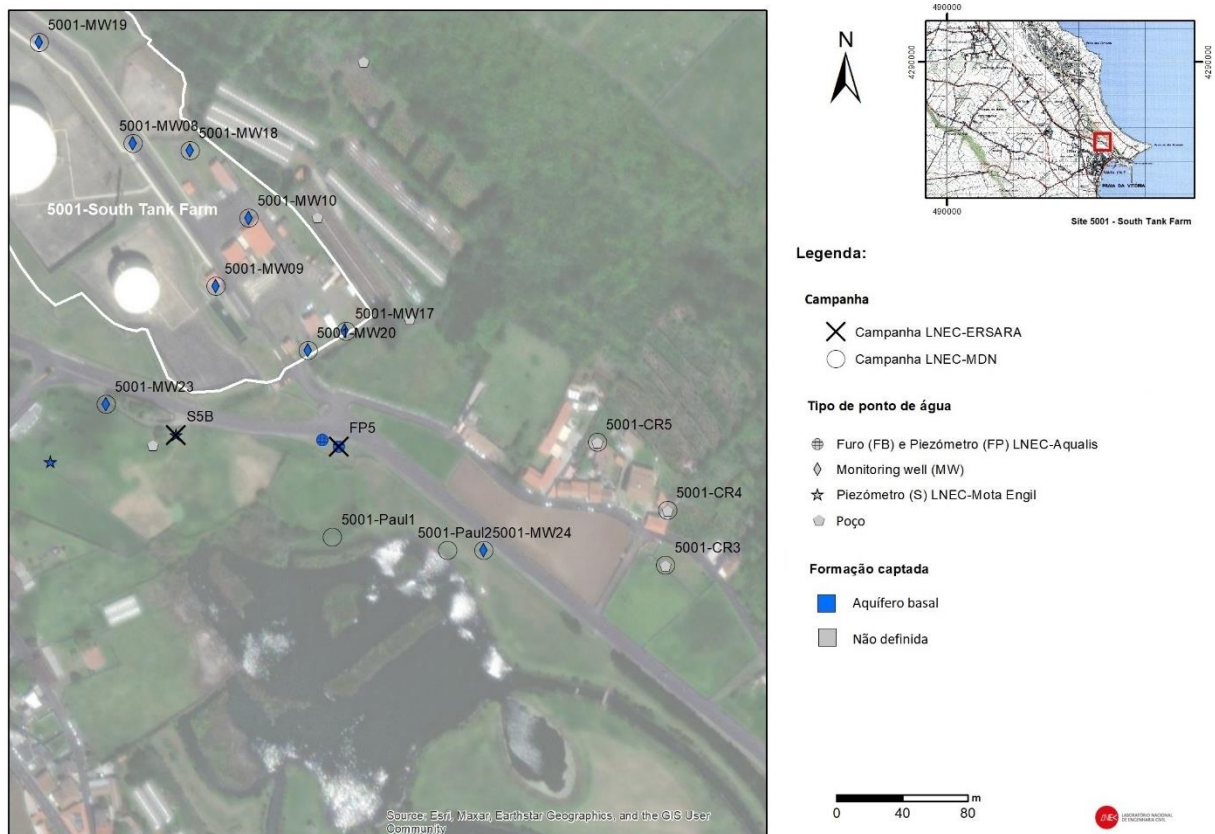


Figura 4.7 – Mapa dos pontos de amostragem de águas subterrâneas a sul do Site 5001

Página intencionalmente deixada em branco

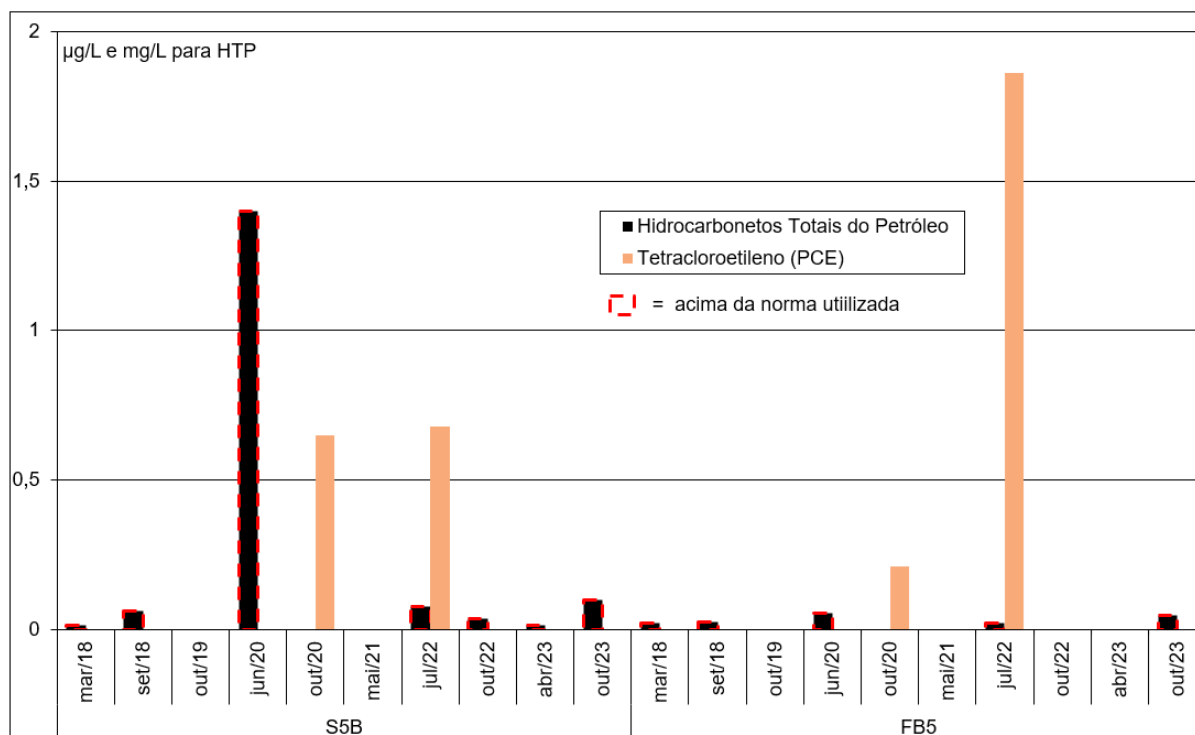


Figura 4.8 – Concentrações em HTP e em PCE na água de piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023

Em 2023 não se observou a presença nem de BTEX nem de COV (Figura 4.8) nas águas subterrâneas amostradas a jusante do Site 5001. Desde 2018 apenas se registou a presença do BTEX tolueno (1,48 µg/L) no piezómetro S5B, em junho de 2020, com concentrações abaixo do Limiar (7 µg/L) e do COV Tetracloroetileno (PCE) (cf. Figura 4.8), em ambos os piezómetros amostrados, em outubro de 2020 e em julho de 2022, com concentrações entre 0,21 e 1,86 µg/L (muito abaixo do Limiar estabelecido para a soma de PCE+TCE=10 µg/L). Como se referiu na secção 4.3.1, não se descarta a possibilidade de ter havido contaminação atmosférica ou laboratorial durante a amostragem de julho de 2022, atendendo à concentração equivalente de PCE em todas as amostras, incluindo no branco de campo.

Relativamente à concentração em HAP nas águas subterrâneas amostradas em 2023, apenas o piezómetro FB5 apresentou concentrações acima do limite de quantificação para três HAP na campanha de julho (Quadro 4.5), dois deles com valores ligeiramente superiores aos respetivos Limiares, mas muito abaixo das demais normas internacionais (cf. Anexo I). A Figura 4.9 mostra a variação em HAP nas últimas campanhas, onde se pode verificar que concentrações são muito baixas ou inexistentes. É possível que as concentrações mais elevadas observadas em outubro de 2020 no piezómetro S5B tenham resultado do facto de este ter estado aberto durante algum tempo, portanto sujeito a contaminação atmosférica direta, encontrando-se o mesmo sob o corredor aéreo da pista de aviação das Lajes.

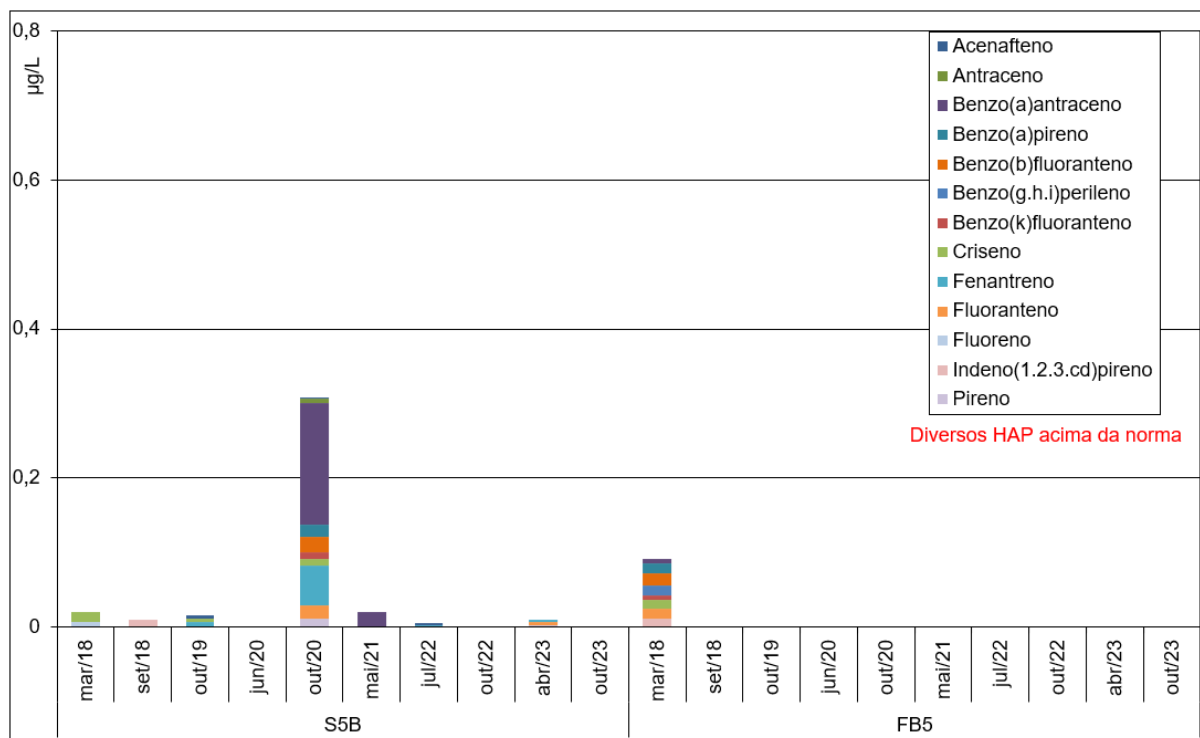


Figura 4.9 – Concentrações em HAP na água de piezómetros localizados fora do Site 5001, entre 2018 e 2023

Não obstante as concentrações em hidrocarbonetos nos dois piezómetros amostrados fora do Site 5001 serem baixas, as águas subterrâneas dentro do Site 5001 apresentam LNAPL (e.g., piezómetros 5001-MW08 e 5001-MW09), com diversas áreas com águas subterrâneas contaminadas em HTP, BTEX e HAP (cf. Leitão e Antunes, 2023).

A USAFE tem em curso a demolição de dois tanques de armazenamento e a reabilitação de outro tanque de combustível neste Site, ações que incluem a remoção de cerca de 18 m³ de solos contaminados na envolvente dos tanques (cf. capítulo 3 |). A realização destas obras permitirá a melhoria parcial da situação em relação a águas subterrâneas e solos contaminados. Contudo, estas ações não permitirão reabilitar a área onde ocorrem LNAPL, conforme transmitido nas reuniões (e.g., 70.^a reunião da Comissão Técnica referida no capítulo 6 |).

Nesse contexto, importa que sejam tomadas medidas que evitem a propagação dos contaminantes presentes nas áreas contaminadas do Site 5001 para fora deste, visando proteger as águas do Paul e as águas subterrâneas desta área.

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

5.1 Resultados da amostragem pontual

O controlo da qualidade da água na origem é realizado pela Praia Ambiente E.M., de acordo com o programa de controlo da qualidade da água (PCQA) referido no Decreto-Lei n.º 69/2023, de 21 de agosto. Complementarmente, a Praia Ambiente promove há vários anos um Plano de Monitorização Especial para Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) que visa analisar de forma preventiva um vasto conjunto de outros parâmetros relacionados com a contaminação de alguns Sites localizados no concelho de Praia da Vitória.

Em 2023 foram entregues ao LNEC os resultados: (1) da última campanha de 2022, realizada em dezembro (cujos resultados são apresentados em Leitão e Henriques, 2023b), (2) das duas primeiras campanhas pontuais previstas no PMEQA para os meses de janeiro e de fevereiro e (3) das campanhas pontual e contínua previstas para março/abril, mas que tiveram lugar em maio (cf. Quadro 5.1 e Figura 5.1).

Quadro 5.1 – Plano de Monitorização Especial dos Furos para o ano 2023 proposto pela Praia Ambiente

Designação do furo	Jan	Fev	Mar/abr (final período húmido)	Mai	Jun	Jul	Ago/set (final período seco)	Out	Nov	Dez
Areeiro-Fontinhas	P	P	P/C	P	P	P	P/C	P	P	P
Canada das Covas			P/C		PA		P/C			PA
Fontinhas-Barreiro			P/C		PA		P/C			PA
Juncal 1	P	P	P/C	P	P	P	P/C	P	P	P
Pico Celeiro			P/C		PA		P/C			PA
Pico Viana			P/C		PA		P/C			PA

Nota: P - Análise pontual da totalidade dos parâmetros; C - Análise contínua, com amostradores passivos, de BTEX, COV e HAP; PA - Análise pontual de BTEX, COV e HAP

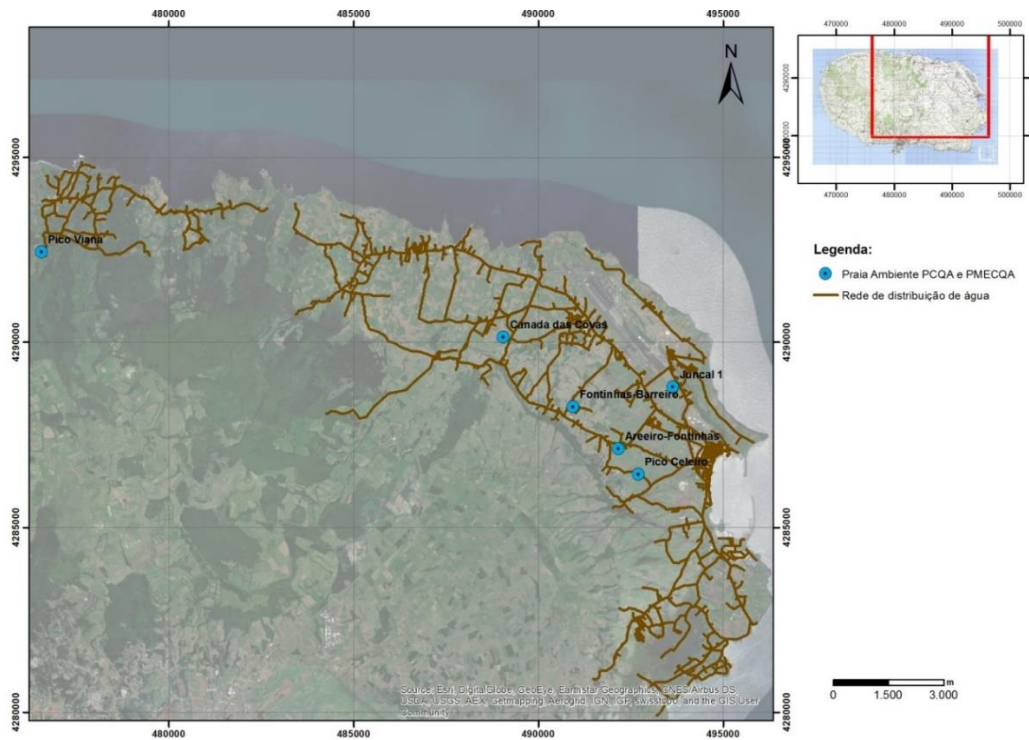


Figura 5.1 – Localização dos furos monitorizados pela Praia Ambiente

O Quadro 5.2 apresenta os resultados das análises químicas recebidas em 2023, onde se observa que os únicos hidrocarbonetos (entre HTP, BTEX, COV e HAP) acima dos respetivos limites de quantificação foram o bromofórmio (em concentrações muito abaixo da norma do Canadá, não existindo Limiar definido em Portugal) e o fluoranteno (abaixo do Limiar), nos furos do Areiro-Fontinhas e Pico Celeiro, respetivamente.

A Figura 5.2 apresenta os resultados das concentrações em COV nas águas subterrâneas desde 2021, onde é possível observar a presença de bromofórmio na água amostrada na campanha de janeiro de 2023 no furo Areiro-Fontinhas. Já em abril de 2022, neste mesmo furo, tinha sido registada a presença de três COV (os trihalometanos: bromodiclorometano, bromofórmio e dibromoclorometano) acima do limite de quantificação, embora abaixo das respetivas normas de qualidade definidas pela legislação do Canadá (16 µg/L, 25 µg/L e 25 µg/L, respetivamente) e no furo de Fontinhas-Barreiro bromofórmio em abril de 2022 (Figura 5.2). É possível que a formação destes compostos se deva à reação da matéria orgânica (ou compostos de petróleo) com as águas subterrâneas ricas em cloretos e brometos.

A Figura 5.3 apresenta os resultados das concentrações em HAP nas águas subterrâneas acima dos limites de quantificação nos últimos três anos. Nas campanhas de 2023 apenas se observou a presença de fluoranteno no furo do Pico Celeiro, com valores inferiores ao Limiar. Mantem-se, assim, a situação não haver excedências das normas de qualidade utilizadas (cf. Quadro 5.2), pese embora em 2022 também ter havido registo de dois HAP acima dos limites de quantificação (benzo(g,h,i)perileno, indeno(1.2.3 cd)pireno) em três furos, contudo abaixo do Limiar definido pela APA em 2021, fixado enquanto a soma de quatro HAP (0,1 µg/L – soma de benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(k)fluoranteno e indeno(1.2.3.cd)pireno) (Figura 5.3).

Página intencionalmente deixada em branco

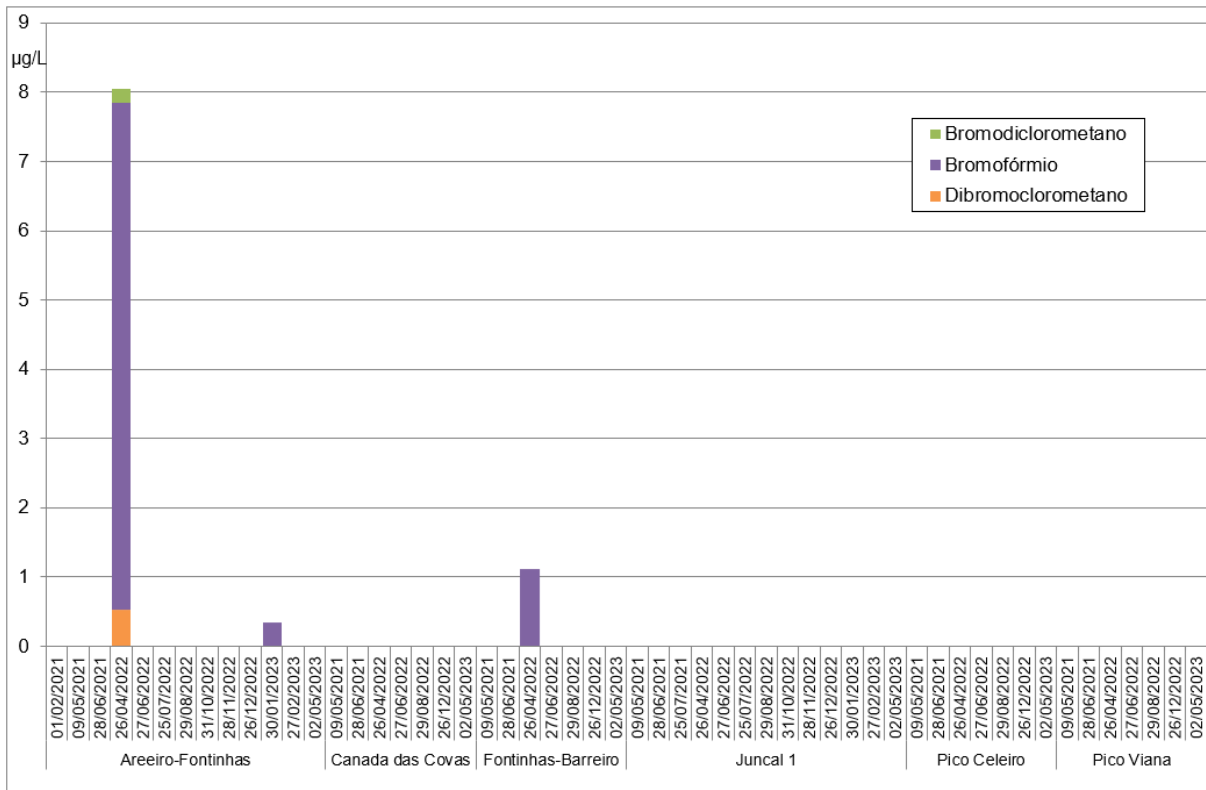


Figura 5.2 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais

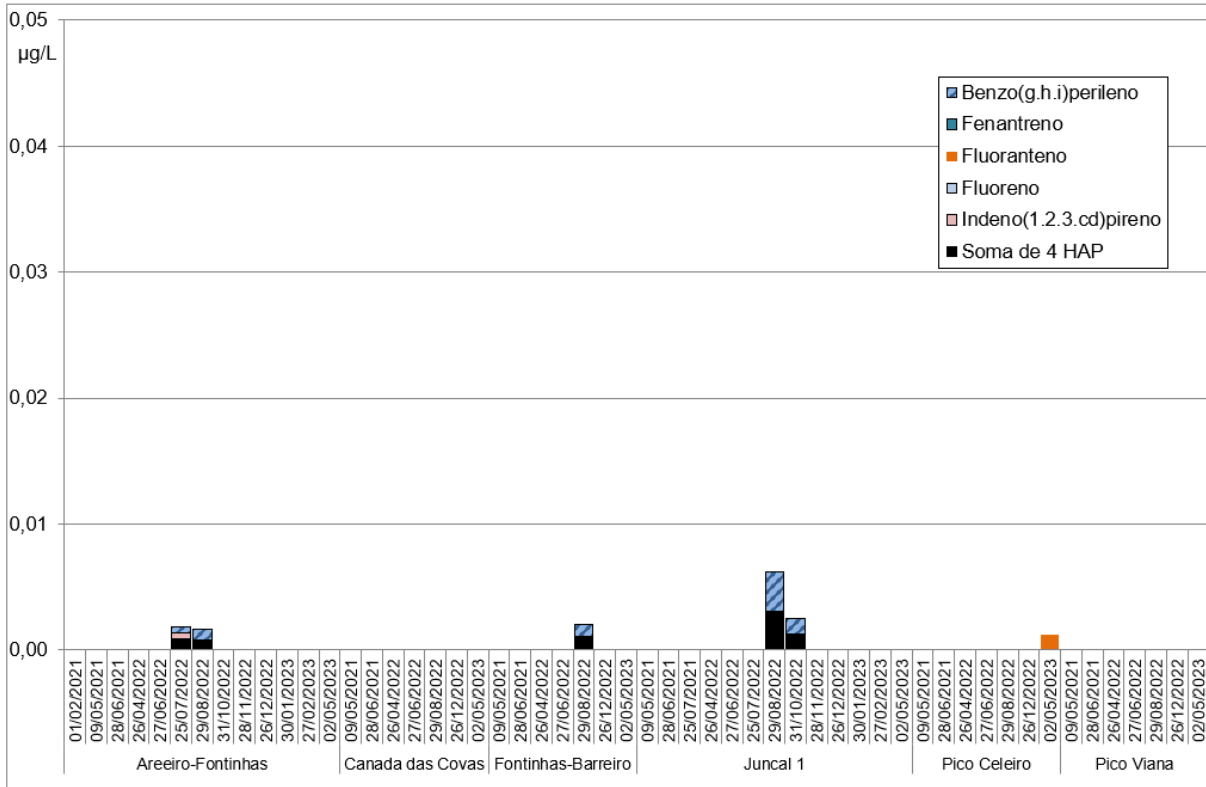


Figura 5.3 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público entre 2021 e 2023, para amostras pontuais

Em relação aos restantes parâmetros analisados nas águas subterrâneas amostradas mantêm-se as habituais concentrações acima das NQA (cf. Quadro 5.2): (1) os iões cloreto e sódio (traduzindo a salinidade da água), no furo do Juncal 1 e Fontinhas-Barreiro; (2) o vanádio, em todos os furos, como consequência da circulação das águas subterrâneas em formações geológicas de origem vulcânica (cf. Leitão e Henriques, 2018c) e (3) o zinco, essencialmente no furo do Juncal 1. A concentração em fósforo (P) tem apresentado valores muito ligeiramente acima da norma em algumas ocasiões. O flúor (F) é um elemento que geralmente apresenta excedências no furo do Pico Viana, facto que também se deve à circulação em formações vulcânicas ricas neste elemento.

Procurando analisar a evolução das concentrações dos parâmetros que surgem habitualmente em concentrações acima das NQA ao longo do tempo, foi feita uma análise de tendências para avaliar se existe alguma tendência estatisticamente significativa de subida ou descida dos seus valores. Foram aplicados testes de Mann-Kendall (MK) e MK sazonal para os cinco¹ parâmetros acima mencionados usando o pacote de tendências do software AquaChem 2014.2 (<https://www.waterloohydrogeologic.com/>) considerando quatro épocas (temporada de três meses) e um nível de significância de 1% (nível de confiança para teste de tendência de 99%).

Com todos os dados de 2023, observa-se que o furo do Pico Celeiro apresenta águas com uma tendência estatisticamente significativa de subida do cloreto e o furo da Canada das Covas para o Zn (nos dois testes MK e MK sazonal), possivelmente em resultado de intrusão marinha (a concentração média de Zn na água do mar ronda os 0,014 mg/L, e.g., <https://web.stanford.edu/group/Urchin/mineral.html>). No furo do Pico Celeiro, os valores de Na e Zn também apresentam tendência de aumento, mas apenas num dos testes. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 5.3 e os gráficos das tendências de aumento são apresentados na Figura 5.4 e Figura 5.5.

Regista-se que nos furos de Fontinhas-Barreiro e do Juncal 1, cujas concentrações históricas em cloreto e sódio na água estão maioritariamente acima da NQA (cf. Figura 5.7 para cloreto cujo L = 205 mg/L), apresentam tendências estatisticamente significativas de descida daqueles valores num dos testes realizado.

Quadro 5.3 – Resultados dos testes de Mann-Kendall original e sazonal aplicados aos resultados das águas subterrâneas dos furos de captação nos últimos 14 anos

Furo	Parametro	ND	N.º de amostras	Anos com dados	Mann Kendall				MK Seasonal				
					S	Z	Prob (%)	Resultado	S	Z	Prob (%)	Slope	Resultado
Areeiro-Fontinhas	Cl	0	33	14	-7	-0,2	42,8	sem tend.	-8	-1	19,6	-22,8	sem tend.
	Na	0	33	14	-34	-1,0	16,0	sem tend.	-16	-2	3,3	-0,2	sem tend.
	P	1	28	14	-51	-2,1	2,0	sem tend.	0	0	50,0	0,0	sem tend.
	V	1	33	14	-33	-1,0	16,7	sem tend.	16	2	3,3	0,0	sem tend.

¹ No caso do flúor apenas o furo do Pico Viana tinha um conjunto de resultados acima do limite de quantificação suficiente para permitir aplicar os testes de MK.

Furo	Parametro	ND	N.º de amostras	Anos com dados	Mann Kendall				MK Seasonal				
Canada das Covas	Zn	11	28	14	53	2,1	1,6	sem tend.	16	3	0,5	0,0	aumento
	Cl	0	27	14	16	0,4	33,6	sem tend.	-20	-2	3,7	-15,7	sem tend.
	Na	0	27	14	-29	-0,8	21,5	sem tend.	-28	-3	0,6	17,1	decrécimo
	P	0	22	14	-68	-2,5	0,6	decrécimo	-8	-1	11,7	0,0	sem tend.
	V	1	28	14	-36	-0,9	17,8	sem tend.	4	0	38,9	0,0	sem tend.
Fontinhas-Barreiro	Zn	4	22	14	64	2,4	0,9	aumento	24	4	0,0	0,0	aumento
	Cl	0	28	14	-32	-0,8	20,7	sem tend.	-36	-3	0,1	-34,8	decrécimo
	Na	0	28	14	-65	-1,7	4,5	sem tend.	-44	-4	0,0	1,0	decrécimo
	P	0	22	14	-67	-2,5	0,6	decrécimo	-8	-1	11,7	0,0	sem tend.
	V	0	29	14	-13	-0,3	38,3	sem tend.	12	1	15,1	0,0	sem tend.
Juncal 1	Zn	2	22	14	-16	-0,6	28,5	sem tend.	8	1	11,7	0,0	sem tend.
	Cl	0	36	14	53	1,2	11,2	sem tend.	-28	-3	0,6	-23,3	decrécimo
	Na	0	36	14	-3	0,0	48,1	sem tend.	-28	-3	0,6	-1,9	decrécimo
	P	0	30	14	-71	-2,3	1,2	sem tend.	0	0	50,0	0,0	sem tend.
	V	1	37	14	-1	0,0	50,0	sem tend.	4	0	38,9	0,0	sem tend.
Pico Celeiro	Zn	4	30	14	70	2,2	1,3	sem tend.	16	2	2,9	0,0	sem tend.
	Cl	0	28	14	141	3,7	0,0	aumento	36	3	0,1	39,0	aumento
	Na	0	28	14	119	3,1	0,1	aumento	20	2	3,7	18,9	sem tend.
	P	0	22	14	-93	-3,5	0,0	decrécimo	-24	-4	0,0	0,0	decrécimo
	V	3	29	14	-30	-0,7	23,6	sem tend.	20	2	3,7	0,0	sem tend.
Pico Viana	Zn	5	22	14	55	2,0	2,0	sem tend.	24	4	0,0	0,0	aumento
	Cl	0	14	8	-11	-0,8	21,8	sem tend.	-4	-1	21,7	-0,8	sem tend.
	Na	0	14	8	1	0,0	50,0	sem tend.	-4	-1	21,7	-1,1	sem tend.
	P	0	13	7	-14	-1,2	12,3	sem tend.	-4	-2	6,7	0,0	sem tend.
	V	0	14	8	-9	-0,6	26,7	sem tend.	4	1	21,7	0,0	sem tend.
	Zn	0	13	7	1	0,0	50,0	sem tend.	4	2	6,7	0,0	sem tend.
	F	0	28	14	-32	-0,8	20,7	sem tend.	-36	-3	0,1	-34,8	decrécimo

ND – Não detetado
sem tend. – sem tendência

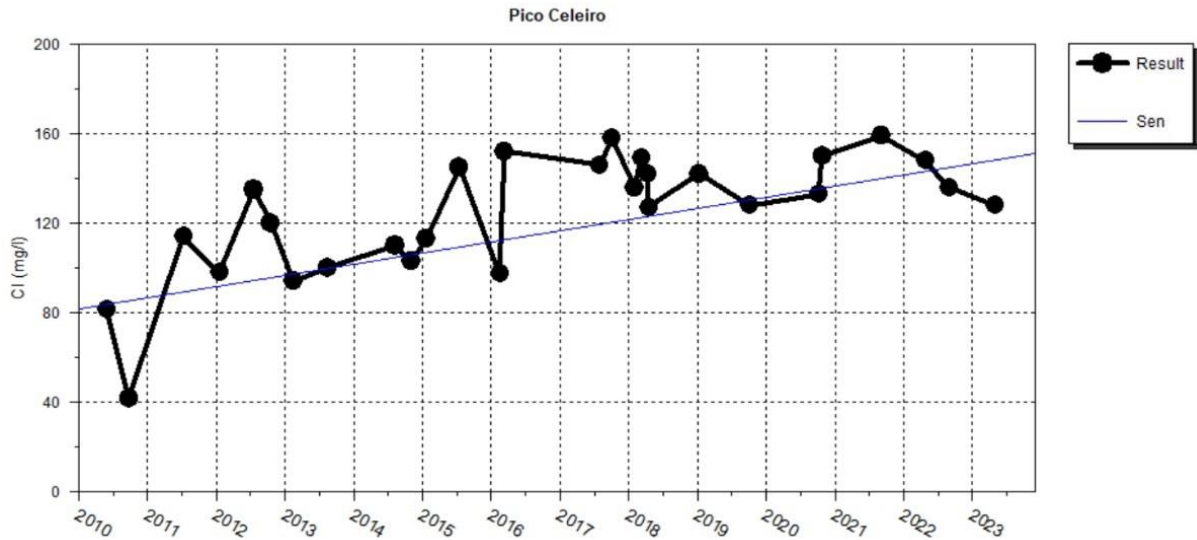


Figura 5.4 – Tendência crescente de cloretos nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)

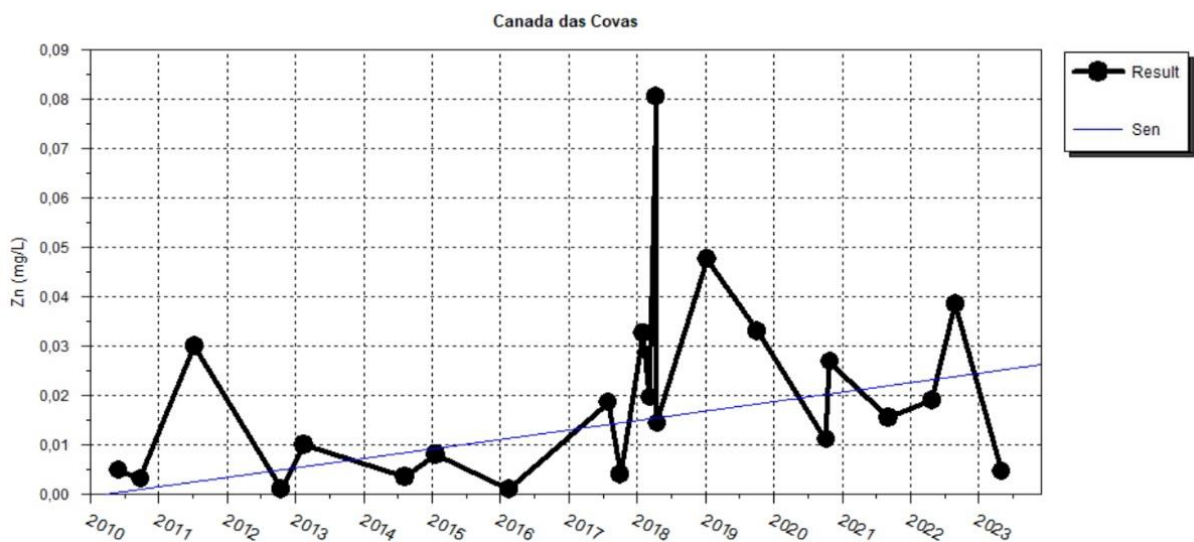


Figura 5.5 – Tendência crescente de zinco nas águas subterrâneas do furo da Canada das Covas ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)

O aumento em cloreto resulta do facto dos volumes das extrações de água serem superiores à recarga. De facto, embora muito abaixo do Limiar (250 mg/L), também os sulfatos apresentam uma tendência significativamente crescente, corroborando a tese de intrusão marinha (cf. Figura 5.6).

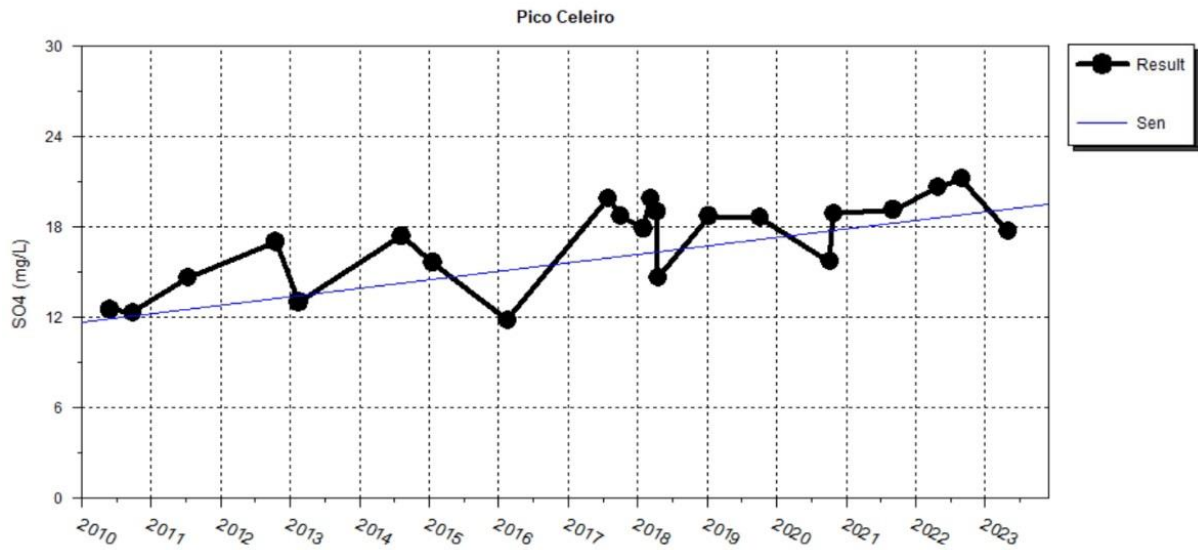


Figura 5.6 – Tendência crescente de sulfatos nas águas subterrâneas do furo do Pico Celeiro ("Sen" – traduz a magnitude da tendência)

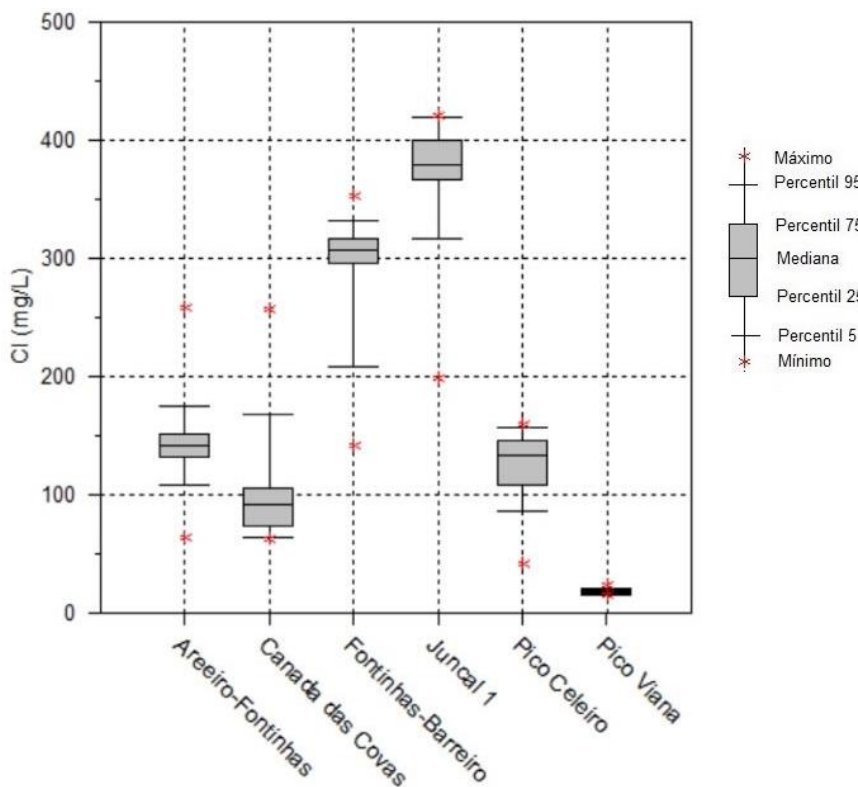


Figura 5.7 – Diagrama de box-plot das concentrações em cloreto nas águas subterrâneas dos furos de captação para eventual abastecimento público

Importa controlar os caudais de extração deste furo no sentido de não se induzir intrusão marinha, procurando contrariar as tendências de aumento verificadas e não ultrapassar as NQA (e.g., 250 mg/L para o Cl⁻). Este controlo parece ter sido conseguido no último ano, onde se observa uma diminuição das concentrações em Cl (cf. Figura 5.4).

5.2 Resultados da amostragem contínua

A amostragem contínua (ou passiva) foi realizada pela empresa AmbiPar Control para a Praia Ambiente, mantendo os procedimentos desenvolvidos desde 2016 (descritos em Leitão e Henriques, 2016b). Esta amostragem tem como principal objetivo obter informação cumulativa sobre a qualidade da água durante um período de amostragem com cerca de um mês, permitindo dar uma informação mais integrada quando comparada com uma amostra pontual. Para o efeito, foram instalados contentores selados de 80 L que recebem continuamente água bombeada dos furos de captação, com caudal controlado, de modo que, no final dos 30 dias previstos para a amostragem, e em cada ponto, passem aproximadamente 15 m³ de água.

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

Os resultados obtidos em 2023 para o conjunto de amostragens contínuas são apresentados no Quadro 5.4. Observa-se a presença de quatro COV, os trihalometanos bromodiclorometano, bromofórmio, clorofórmio e dibromoclorometano, nas amostras contínuas do furo Fontinhas-Barreiro, embora abaixo das respetivas normas de qualidade e/ou Limiares (16 µg/L, 25 µg/L, 6 µg/L e 25 µg/L, respetivamente). Embora estes parâmetros não tenham aparecido nos resultados das amostras pontuais de 2023 deste furo, em anos anteriores foram observadas concentrações nalguns destes COV.

Em relação aos HAP, apresentam-se na Figura 5.8 os resultados dos últimos quatro anos. A leitura da Figura 5.8 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 referência, além do seu valor servir para testar o lote de produção e os contaminantes daí resultantes.

Quadro 5.4 – Resultados de análises químicas de amostras contínuas de água recolhida nos furos de captação em maio de 2023

Parâmetro	Valor Limite	Norma	Unidade	Método	Limite de quantificação	Areiro-Fontinhas	Canada das Covas	Fontinhas-Barreiro	Juncal 1	Pico Celeiro	Pico Viana
Data	28/03/2023 - 02/05/2023										
Benzeno	1	L	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Etilbenzeno	4	L	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Meta-para xileno	-	Σ	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Orto-xileno	-	Σ	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Tolueno	7	L	µg/L	W-VOCGMS09	1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Xilenos	2,4	L	µg/L	W-VOCGMS09	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados											
1.1.1.2-Tetracloroetano	1,1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1.1-Tricloroetano	200	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1.2.2-Tetracloroetano	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.1.2-Tricloroetano	4,7	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloroetano	5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.1-Dicloropropileno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.2.3-Triclorobenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2.3-Tricloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.2.4-Triclorobenzeno	70	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2-Dibromo-3-cloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.2-Dibromoetano (EDB)	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
1.2-Diclorobenzeno	3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2-Dicloroetano	3	L	µg/L	W-VOCGMS09	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.2-Dicloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.3.5-Triclorobenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.3-Diclorobenzeno	59	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1.3-Dicloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.4-Diclorobenzeno	1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
2.2-Dicloropropano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2-Clorotolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4-Clorotolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Bromobenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Bromoclorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Bromodiclorometano	16	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	0,42	-0,1	-0,1	-0,1
Bromofórmio	25	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,2	-0,2	0,44	-0,2	-0,2	-0,2
Bromometano	0,89	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
cis-1.2-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
cis-1.3-Dicloropropileno	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cloreto de vinilo	0,5	L	µg/L	W-VOCGMS09	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Clorobenzeno	30	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Cloroetano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Clorofórmio	6	L	µg/L	W-VOCGMS09	0,3	-0,1	-0,1	0,52	-0,1	-0,1	-0,1
Clorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	10	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Dibromoclorometano	25	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	0,38	-0,1	-0,1	-0,1
Dibromometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Diclorodifluorometano	590	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Diclorometano	20	L	µg/L	W-VOCGMS09	6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Hexaclorobutadieno	0,44	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Tetracloroetileno (PCE)	-	Σ	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Tetraclorometano	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	0,21	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1.2-Dicloroetano	1,6	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1.3-Dicloropropano	0,5	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Tricloroetileno (TCE)	-	Σ	µg/L	W-VOCGMS09	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Triclorofluorometano	150	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PCE + TCE	10	L	µg/L	W-VOCGMS09	-	0	0	0	0	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados											
1.2.4-Trimetilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1.3.5-Trimetilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Disopropil éter (DIPE)	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	-	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Estireno	5,4	Canadá	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Éter etil terciário-butílico (ETBE)	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Isopropilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	0,65	L	µg/L	W-VOCGMS09	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
n-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
n-Propilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
p-Isopropiltolueno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
sec-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
TAE	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
TAME	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
tert-Butil álcool	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
tert-Butilbenzeno	-	-	µg/L	W-VOCGMS09	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)											
Acenafteno	0,06	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000069	0,000054	0,000033	0,000046	0,000034	0,000039
Acenaftileno	1,3	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	-0,000018	-0,000015	-0,000016	0,000039	-0,000016	0,000022
Antraceno	0,0007	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000019	0,00001	0,000026	0,00003	0,000012	0,000086
Benzo(a)antraceno	0,0001	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000013	0,000057	0,000023	0,000011	0,000088	0,000074
Benzo(a)pireno	0,01	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000049	0,000017	0,000022	0,000047	0,00002	0,000025
Benzo(b)fluoranteno	-	Σ	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000039	0,000019	0,000032	0,00006	0,000031	0,000012
Benzo(g,h,i)perileno	-	Σ	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000011	0,00001	0,00002	0,000012	0,000039	0,000022
Benzo(k)fluoranteno	-	Σ	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000027	0,000063	0,000013	0,000022	0,000029	0,00001
Criseno	0,003	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000017	0,000071	0,00003	0,000013	0,000098	0,000093
Dibenz(a,h)antraceno	0,0014	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000015	-0,000065	-0,000075	0,000015	-0,000075	0,000025
Fenantreno	0,003	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,00007	0,000046	0,000043	0,000077	0,000075	0,000058
Fluoranteno	0,003	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000029	0,000012	0,000021	0,000031	0,000027	0,000011
Fluoreno	1,5	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000017	0,000012	0,000016	0,000024	0,00002	0,000045
Indeno(1.2.3.cd)pireno	-	Σ	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000014	0,000052	0,000004	0,000008	0,000045	0,000012
Naftaleno	10	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000011	0,000013	0,000014	0,000015	0,000012	-0,000011
Pireno	0,0023	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,000035	0,000019	0,000096	0,000043	0,000034	0,000012
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	0,1	L	µg/L	W-PAHHMS02	-	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000

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

L - Limiar definido em "Critérios para a Classificação das Massas de Água" (APA, 2021); Σ - Limiar apenas definido enquanto soma com outro elemento

VP - Valor Paramétrico, DL 112/2017 Qualidade da água destinada ao consumo humano

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

A vermelho estão os parâmetros acima da norma utilizada

A amarelo estão os hidrocarbonetos acima do limite de quantificação

"-" significa "<", exceto para os valores de potencial redox (Eh)

Este Limiar é 10 000 vezes inferior ao definido nas normas do Canadá (cf. Anexo I) e não tem em conta que as águas subterrâneas circulam em litologias vulcânicas com concentrações residuais em HAP

Página intencionalmente deixada em branco

Desde 2016 que os únicos hidrocarbonetos que tinham apresentado concentrações acima do limite de quantificação tinham sido HAP, com valores bastante inferiores aos Limiares estabelecidos pela APA em 2015. Contudo, a revisão dos Limiares em 2021 (APA, 2021) para o caso do benzo(a)antraceno, com valores ainda mais restritivos que os de 2015 (APA, 2015) (cf. Anexo II) e 10 000 vezes inferiores às normas do Canadá (cf. Anexo I) conduzem a que quase todas as medições deste parâmetro feitas até à data estejam acima do Limiar. Em formações de natureza vulcânica é natural que as águas subterrâneas apresentem valores residuais de HAP, pelo que não se considera haver contaminação, devendo estes Limiares ser revistos para estas condições geológicas. Disso é prova a concentração medida na água do furo do Pico Viana, localizado fora da área potencialmente afetada pela atividade da Base das Lajes (cf. Figura 5.8). WHO (2003) referem que os níveis de HAP em águas subterrâneas não contaminadas estão geralmente na faixa de inferior ao limite de quantificação a 0,005 µg/L.

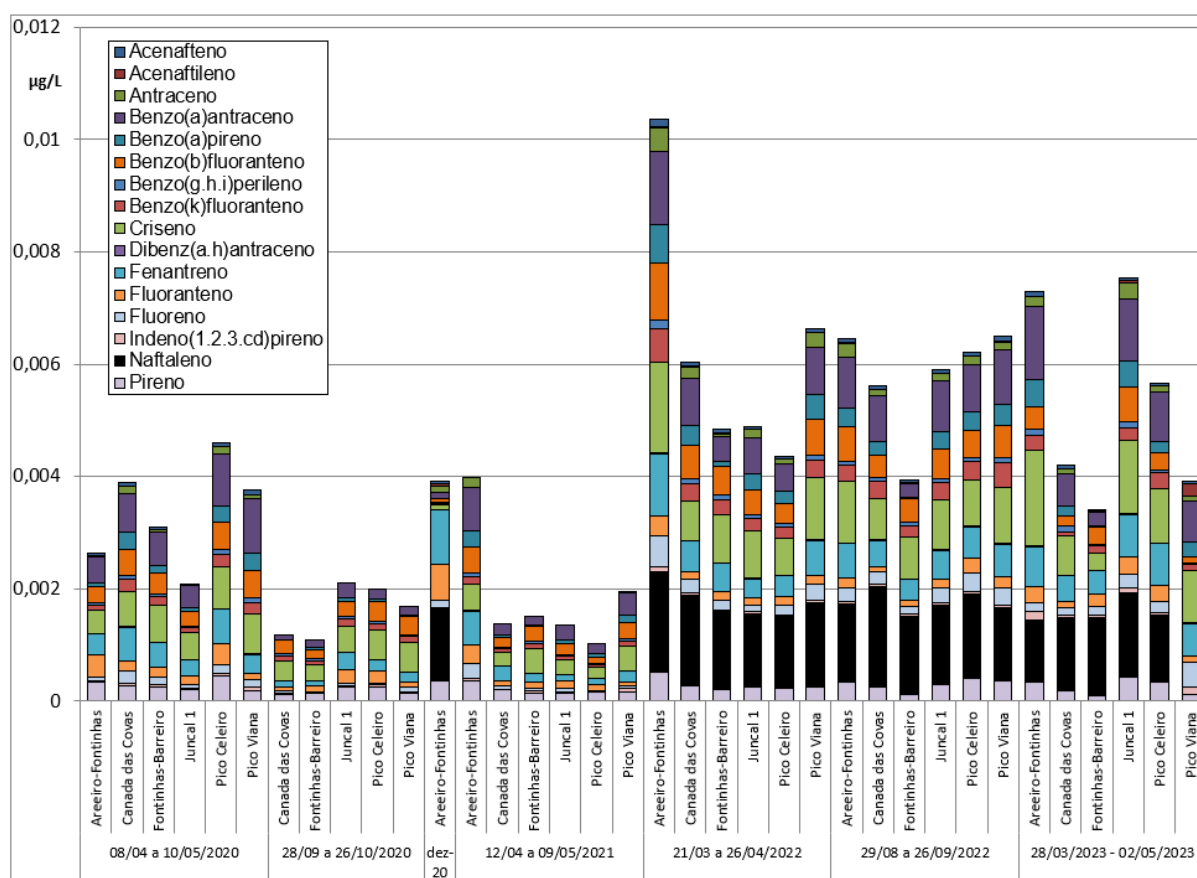


Figura 5.8 – Concentrações em hidrocarbonetos nas águas para consumo humano entre 2020 e 2023, para amostragem contínua

Nas amostragens de 2023 observa-se a ausência de naftaleno no furo de referência do Pico Viana (que se encontra fora de qualquer área potencialmente contaminada). Em relação às restantes concentrações, os valores obtidos são equivalentes às do furo Pico Viana, com exceção dos furos do Areeiro-Fontinhas e do Juncal 1 (cf. Figura 5.8) que apresentam valores superiores. O conjunto dos resultados apresenta valores sempre muito abaixo dos Limiares (agora com a exceção do benzo(a)antraceno).

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.

6 | Participação em reuniões

No âmbito da análise e do acompanhamento da situação ambiental do concelho de Praia da Vitória, visando a promoção da boa execução dos trabalhos de monitorização e de reabilitação diligenciados pelo 65 ABG, foram realizadas as seguintes reuniões em 2023, igualmente inseridas no apoio prestado pelo LNEC ao MDN (das quais apenas se referem os aspetos relativos aos sites 3001 e 5001, em análise neste estudo):

- A 6 de janeiro realizou-se, por videoconferência, a 66.^a reunião da Comissão Técnica (66 CT), antecedida da reunião preparatória. O LNEC apresentou uma síntese dos resultados da segunda campanha de monitorização de 2022 e, ainda, um resumo dos resultados das últimas reuniões de peritos.
- A 2 de fevereiro realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. O LNEC apresentou uma síntese dos trabalhos de monitorização desenvolvidos em 2022, que consta do relatório 1/2023 – DHA/NRE, bem como a evolução da qualidade da água entre 2018 e 2022. Foram, ainda, apresentados os novos "Critérios para a classificação das massas de água" emitidos pela Agência Portuguesa do Ambiente e as suas implicações nos trabalhos em curso. Os resultados foram brevemente discutidos entre os presentes.
- A 6 de abril realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. Foram apresentados pela USAFE mais alguns pormenores sobre os trabalhos em curso visando monitorizar e reabilitar a qualidade das águas subterrâneas no Site 3001.
- A 19 de abril realizou-se, na Base das Lajes, Açores, a 68.^a reunião da Comissão Técnica. O LNEC conduziu uma visita técnica a diversos dos Sites em análise (5010, 5001, 5014, 3001 e 3003), apresentando uma síntese da situação ambiental e dos trabalhos de reabilitação previstos ou em falta para permitir reabilitar os locais. Foi discutida a situação da renovação prevista no edifício T-705 e as suas implicações com os trabalhos de inertização do pipeline antigo previstos para aquele local.
- A 5 de maio realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. Foi apresentado pela USAFE o documento "Perform Spill Response Activities and a Well Survey at Lajes Field, Azores, Portugal". As ações previstas foram analisadas e as questões levantadas discutidas, havendo diversos pontos de discórdia, designadamente quanto aos Sites que foram considerados fechados pela USAFE.
- A 7 de junho realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do MDN e do LNEC. Esta reunião teve como objetivo principal

fazer um ponto de situação das campanhas de monitorização a realizar pela USAFE e pelo LNEC.

- A 3 de novembro realizou-se, por videoconferência, a 70.^a reunião da Comissão Técnica (70 CT), precedida da respetiva reunião preparatória. O LNEC apresentou uma síntese dos resultados da segunda campanha de monitorização de 2023 e, ainda, um resumo dos resultados das últimas reuniões de peritos, chamando a atenção para os trabalhos de reabilitação necessários, mas ainda não programados (e.g., 5014 e 5001).
- A 9 de novembro realizou-se, por videoconferência, uma reunião de peritos da USAFE e de Portugal onde participaram elementos do LNEC. Esta reunião teve como objetivo principal saber do andamento dos trabalhos da USAFE para a perfuração dos três novos furos no Site 3001, da inertização do pipeline antigo que passa no 3001, e obter um ponto de situação dos demais locais. O LNEC salientou os principais resultados a reter da campanha realizada em julho de 2023.

Refere-se, ainda, que a 9 de março e a 5 de julho se realizaram, por videoconferência, a 67.^a e a 69.^a reunião da Comissão Técnica, respetivamente, onde o LNEC não participou por não ter sido previsto abordarem-se questões ambientais.

7 | Síntese, conclusões e recomendações

Em 2023, a análise da informação relativa à qualidade das águas subterrâneas dos Sites 3001 e 5001 incluiu os seguintes trabalhos realizados para a ERSARA: (1) as duas campanhas semestrais de monitorização da qualidade das águas subterrâneas desenvolvida pelo LNEC em abril (e em julho) e 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, em 2023:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em oito piezómetros nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia da área limite do Site 3001, tendo sido analisados os resultados obtidos para 117 parâmetros químicos diferentes.
- HTP: observaram-se concentrações que excederam o Limiar em todos piezómetros amostrados. Salienta-se que o Limiar recentemente estabelecido pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2021) de 0,01 mg/L (o valor anteriormente considerado era de 0,75 mg/L) é inferior ao limite de quantificação conseguido pelos laboratórios de análise, pelo que todos os valores positivos automaticamente excedem o Limiar. Não se observam tendências estatisticamente significativas de subida ou de descida de HTP.
- BTEX: não foi registada a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- COV: não se observou a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- HAP: as águas subterrâneas de quatro dos cinco piezómetros no interior do Site 3001 (S6A, 3001-MW01R, 3001-MW02 e 3001-MW05) apresentaram concentrações em algum HAP com valores acima do Limiar, embora muito inferiores às normas estabelecidas por outros países (Canadá e Holanda, cf. Anexo I). As concentrações em HAP das águas dos piezómetros fora do Site 3001 não excederam os Limiares.

Estão em curso novos trabalhos no Site 3001, com as campanhas de monitorização e o levantamento da situação dos piezómetros e furos realizados. As ações de reabilitação das áreas contaminadas (cf. capítulo 3 |) estão previstas para breve. O acompanhamento da eficácia dessas ações será realizado por forma a verificar o seu impacto na melhoria da situação ambiental e, em particular, da qualidade das águas subterrâneas não só dos piezómetros localizados mais a jusante (analisados neste estudo) como dos piezómetros dentro do Site.

Na área a jusante do Site 5001, em 2023:

- Realizou-se a monitorização e amostragem de águas subterrâneas para análise química em dois piezómetros localizados no aquífero basal, tendo sido analisados os resultados obtidos para 117 parâmetros químicos diferentes.
- HTP: as concentrações excederam o Limiar em três das quatro amostras recolhidas.
- BTEX: não foi registada a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- COV: não se observou a sua presença nas águas subterrâneas amostradas.
- HAP: apenas o piezómetro S5B, na campanha de abril de 2023, apresenta concentrações acima do limite de quantificação para três HAP, dois deles com valores ligeiramente superiores aos respetivos Limiares, mas muito abaixo das demais normas internacionais (Anexo I).

Não obstante as concentrações em hidrocarbonetos nos dois piezómetros amostrados fora do Site 5001 serem baixas, as águas subterrâneas dentro do Site 5001 apresentam LNAPL em mais do que um piezómetro, com diversas áreas com águas subterrâneas contaminadas em HTP, BTEX e HAP.

A USAFE efetuou a demolição de dois tanques de armazenamento e a recuperação de um tanque de combustível neste Site que inclui a remoção de cerca de 18 m³ de solos contaminados na envolvente dos tanques. A realização destas obras permitirá a melhoria parcial da situação em relação a águas subterrâneas e solos contaminados, mas a área onde ocorrem LNAPL é outra e não será essa ação que permitirá reabilitar o local.

Nos furos de abastecimento de água:

- Analisaram-se os resultados das análises químicas de amostras pontuais de água recolhidas em seis furos de captação, nos meses de janeiro, fevereiro e maio de 2023.
- As análises das amostras pontuais não excedem as normas utilizadas para nenhum hidrocarboneto.
- 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, vanádio, fósforo (ligeiramente superior ao Limiar) e zinco. O vanádio é de origem natural, enquanto o cloreto, o sódio e o zinco se devem a processos de sobre-exploração do aquífero de base.
- Recomenda-se a manutenção do Plano de Monitorização Especial de Controlo da Qualidade da Água (PMECQA) previsto para 2023 pela Praia Ambiente, E.M..

Atendendo a que o contrato feito entre o LNEC e o laboratório de análises do IST foi feito no início do contrato, não foi ainda possível reduzir os limites de quantificação dos seguintes elementos/compostos, por terem valores iguais ou superiores ao Limiar: antraceno, benzo(a)antraceno, Dibenz(a,h)antraceno

(apenas nas análises feitas pelo LAIST, cf. capítulo 4), 1.1.2.2-Tetracloroetano, Bromometano, cis-1.3-Dicloropropileno, Hexaclorobutadieno, trans-1.3-Dicloropropeno, Hidrocarbonetos Totais do Petróleo e Antimónio (apenas nas análises feitas pela AmbiPar Control, cf. capítulo 5).

Mantém-se importante o acompanhamento do Estado Português dos processos de monitorização e de reabilitação em curso até que se verifique a efetiva reabilitação dos locais contaminados.

Lisboa, LNEC, dezembro de 2023

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



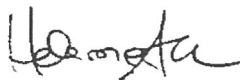
Teresa Viseu

AUTORIA

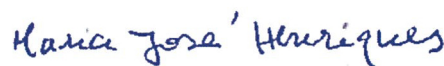


Teresa E. Leitão
Investigadora Principal com Habilitação

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.
- APA, 2021 – **Critérios para a Classificação das Massas de Água**. DRH/DEQA, 2021. https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRH/2022-2027/3_Fase/PGRH_3_SistemasClassificacao.pdf
- HENRIQUES, M.J.; MARTINS, T.M.; LOBO FERREIRA, J.P., 2013 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Mapeamento Regional de Perímetros de Proteção de Captações de Águas Subterrâneas destinadas ao Abastecimento Público no Concelho de Praia da Vitória – Aplicação do Método de Krijgsman e Lobo Ferreira**. LNEC - Proc. 0607/01/18422. Relatório 15/2013 – NAS.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020a – **Assessoria Técnica aos Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Apreciação Sumária do "Medical Report – Substantial Impact to Human Health and Safety – Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001"**. LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 201/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020b – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Resultados da Monitorização de Águas Subterrâneas realizada em 2020**. LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 467/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2023 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Resultados da Monitorização de Águas Subterrâneas realizada em 2022 e Pareceres sobre Projetos ou Estudos Promovidos pela USAFE**. LNEC - Proc. 0605/1201/23626. Relatório 1/2023 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2016a – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve 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 Envolve 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 Envolve 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 Envolve 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 Envolve 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 Envolve 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.; HENRIQUES, M.J., 2020 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso, 2020.** LNEC - Proc. 0605/121/22161. Relatório 299/2020 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2021 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso, 2021.** LNEC - Proc. 0605/1201/22161. Relatório 274/2021 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2023a – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório do ano 2022.** LNEC - Proc. 0605/1201/23463. Relatório 27/2023 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; HENRIQUES, M.J., 2023b – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso, 2023.** LNEC - Proc. 0605/1201/23463. Relatório 279/2023 – 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 Envolve 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 Envolve 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.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R.; ANTUNES, M.L., 2020 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Prospeção geofísica e caracterização da qualidade dos solos junto ao Site 5001.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 308/2020 – CD.
- LEITÃO, T.E., 2023 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Parecer sobre os Projetos: P-281 HAAZ Request Renovate T-705, P-290-22-HAAZ Request to Convert T-169, P-291-22 Request to Convert T-827, P-294 Request to Renovate T-810 and Demolish T-815,** 6 pp.
- LEITÃO, T.E.; MARTINS, T.; ANTUNES, M.L., 2023 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Resultados da Monitorização de Águas Subterrâneas Realizada em 2022 e Pareceres sobre Projetos ou Estudos Promovidos pela USAFE.** LNEC - Proc. 0605/1201/23217. Relatório 1/2023 – DHA/NRE.
- 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. 0606/121/20686. 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.

ANEXOS

ANEXO I

Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	L (2021) ²	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	0,2			
Antimónio - Sb	mg/L		0,01	0,01			0,02
Arsénio - As	mg/L		0,01	0,01	0,025	1,9	0,06
Bário - Ba	mg/L		1,3		1	29	0,625
Berílio - Be	mg/L				0,004	0,067	0,015
Boro - B	mg/L		2,4	1,5	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	0,05	0,81	0,03
Cobalto - Co	mg/L				0,0038	0,066	0,1
Cobre - Cu	mg/L		2	2	0,087	0,087	0,075
Ferro - Fe	mg/L		0,2	0,2			
Fluoreto - F	mg/L		1,5	1,5			
Fósforo - P	mg/L		0,13				
Lítio - Li	mg/L		1,65				
Magnésio - Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L		0,05	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	0,02	0,1	0,49	0,075
Potássio - K	mg/L						
Prata - Ag	mg/L				0,0015	0,0015	0,04
Selénio - Se	mg/L		0,03	0,03	0,01	0,063	0,16
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		0,05		1,1	1,1	0,8
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo HTP (C10-C40)	mg/L		0,01		0,75	0,75	
BTEX:							
Benzeno	μg/L		1	1	5	44	30
Etilbenzeno	μg/L		4		2,4	2300	150

² Estes Limiares são os definidos pela APA (2021). A vermelho encontram-se as concentrações que foram alteradas.

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	L (2021) ²	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Meta-para xileno	µg/L		2,4		300	4200	70
Orto-xileno	µg/L				300	4200	70
Tolueno	µg/L		7		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						
1.2-Dibromoetano (EDB)	µg/L						
1.2-Diclorobenzeno	µg/L				3	4600	
1.2-Dicloroetano	µg/L		3	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		
Cloreto de vinilo	µg/L		0,5	0,5	0,5	0,5	5
Clorobenzeno	µg/L				30	630	180
Cloroetano	µg/L						
Clorofórmio	µg/L		6		2,4	2,4	400
Clorometano	µg/L						
Dibromoclorometano	µg/L				25	82000	
Dibromometano	µg/L						
Diclorodifluorometano	µg/L				590	4400	
Diclorometano	µg/L		20				1000
Hexaclorobutadieno	µg/L				0,44	0,44	
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L		10	10	1,6	1,6	40

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	L (2021) ²	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Tricloroetileno (TCE)	µg/L				1,6	1,6	500
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroeteno	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		
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		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						
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)							
Acenafteno	µg/L		0,06		4,1	600	
Acenaftileno	µg/L		1,3		1	1,8	
Antraceno	µg/L		0,0007		2,4	2,4	5
Benzo(a)antraceno	µg/L		0,0001		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	0,75	0,05
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L		0,1	0,1	0,2	0,2	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L				0,1	0,4	
Indeno(1.2.3.cd)pireno	µg/L				0,2	0,2	0,05
Criseno	µg/L		0,003		0,1	1	0,2
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L		0,0014		0,2	0,52	
Fenantreno	µg/L		0,003		1	580	5
Fluoranteno	µg/L		0,003		0,41	130	1
Fluoreno	µg/L		1,5		120	400	
Naftaleno	µg/L		10		11	1400	70
Pireno	µg/L		0,0023		4,1	68	

NQ - Normas de Qualidade para águas subterrâneas. Anexo I da DAS. DL 208/2008 Diretiva das Águas Subterrâneas

L (2021) - Limiar definido no documento "Critérios para a Classificação das Massas de Água" (APA, 2021)

VP - Valor Paramétrico. DL 69/2023 - 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 as campanhas de 2023

Abril de 2023

Ponto de amostragem	Amostrador	Data	Prof. Colheita (m)	n.p. (m)	Prof. (m)	T(°C)	pH	C.E. (µS/cm 25° C)	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	Observação
3001-MW01R, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	2.94-3.50	2,94	7,73						Formação hidrogeológica superficial. Amostra de água com sedimentos ferrosos de cor acastanhada.
3001-MW01R, F			7,5								
3001-MW01R, M			7,5			15,4	7,19	484,3	115,9	3,04	
3001-MW02, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	2.79-3.8	2,79	7,8						Formação hidrogeológica superficial.
3001-MW02, F			7,5								
3001-MW02, M			6			17,2	7,27	470	108,2	4,39	
3001-MW05, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	1.83-2.50	1,83	5,9						Formação hidrogeológica superficial. Amostra com cheiro a hidrocarbonetos, com sedimentos escuros (mais abundantes no fundo).
3001-MW05, F			5,9								
3001-MW05, M			4			15,8	7,12	698	-45,2	1,81	
S6A, S	Amostrador manual	20/04/2023	6,50	6,13	11						Formação hidrogeológica superficial. Amostra de água com cheiro a sulfuretos.
S6A, F			11								
S6A, M			9			17	7,71	627	119,5	2,77	
S6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	3.55-4	3,55	8,64						Formação hidrogeológica superficial. Amostra com sedimentos acastanhados (mais abundantes no fundo).
S6B, F			8,5								
S6B, M			6			17,4	7,33	540	119,1	2,39	
FP3A, S	Amostrador manual	20/04/2023	9	8,14	16,06						Formação hidrogeológica intermédia. Amostra de água com sedimentos escuros.
FP3A, F			16								
FP3A, M			13			16,6	7,75	330,1	120,5	4,2	
FP6A, S	Amostrador manual	20/04/2023	15	14,04	37,31						Formação hidrogeológica intermédia. Em 2020 ficou um amostrador no interior do piezómetro.
FP6A, F			17								
FP6A, M			17			15,1	7,98	390,6	86	4,7	
FP6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	20/04/2023	2.43-3	2,43	5,99						Formação hidrogeológica superficial. Amostra com sedimentos acastanhados (mais abundantes no fundo).
FP6B, F			5								
FP6B, M			4			17	7,52	732	112,2	1,92	
FB5, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	19/4/2023	1.26-1.5	1,26	9,5						Aquífero basal.
FB5, F			6								
FB5, M			6			17,1	7,88	1387	96,1	4,78	
S5B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	19/4/2023	0.68-1	0,68	5,3						Aquífero basal. Amostra de água com sedimentos escuros.
S5B, F			4,7								
S5B, M			3			17,4	7,31	850	-78,1	1,6	
Duplicado (ERSARA)-M88;FB5		19/4/2023	6								Aquífero basal. Fez-se a amostragem completa e de seguida efetuou-se a amostragem do duplicado aos 6 m de profundidade para todos os parâmetros.
Branco de Campo (ERSARA)-M90;FB5		19/4/2023									

Junho de 2023

Ponto de amostragem	Amostrador	Data	Prof. Colheita	n.p. (m)	Prof. (m)	T(°C)	pH	C.E. (µS/cm 25°)	Eh (mV)	O ₂ (mg/l)	Observação
3001-MW01R, S	Amostrador bailer	01/06/2023	5,49	4,59	7,73	19,60	7,68	538,00	-13,40	1,75	Formação hidrogeológica superficial. Amostra de água com sedimentos ferrosos de cor acastanhada.
3001-MW02, S	Amostrador bailer	01/06/2023	4,04	3,14	7,80	21,20	7,03	495,50	130,60	3,05	Formação hidrogeológica superficial.
3001-MW05, S	Amostrador bailer	01/06/2023	2,84	1,94	5,90	20,30	7,24	803,00	-90,50	1,12	Aquífero superficial. Amostra com cheiro a hidrocarbonetos.
S6A, S	Amostrador bailer	01/06/2023	7,56	6,66	11,00	20,60	7,65	661,00	112,30	1,87	Formação hidrogeológica.
S6B, S	Amostrador bailer	01/06/2023	4,77	3,87	8,64	21,50	6,99	532,00	133,10	1,45	Formação hidrogeológica.
FP3A, S	Amostrador bailer	01/06/2023	10,16	9,26	16,06	21,00	6,95	337,70	156,20	5,20	Formação hidrogeológica intermédia.
FP6A, S	Amostrador bailer	01/06/2023	15,16	14,26	37,31	20,70	7,96	406,90	89,80	3,28	Formação hidrogeológica intermédia. Em 2020 ficou um amostrador no interior do piezômetro.
FP6B, S	Amostrador bailer	01/06/2023	3,50	2,60	5,99	19,80	7,28	789,00	28,00	1,26	Formação hidrogeológica superficial.
FB5, S	Amostrador bailer	01/06/2023	2,25	1,35	9,50	21,30	7,15	1471,00	118,40	4,14	Aquífero basal.
S5B, F	Amostrador bailer	01/06/2023	1,90	1,00	5,30	20,40	7,45	928,00	-118,10	1,43	Aquífero basal.
Duplicado - M88 (FB5)	Amostrador bailer	01/06/2023									Aquífero basal. Amostra do duplicado recolhida durante a amostragem do FB5
Branco de Campo - M90 (FP6A)	Amostrador bailer	01/06/2023									Branco de campo efetuado durante a amostragem do piezômetro FP6A.

Outubro de 2023

Ref.	Amostrador	Data	Hora	Prof. Colheita (m)	NA (m)	Prof. (m)	T(°C)	pH	C.E. (uS/cm 25° C)	Eh (mV)	O2 (mg/l)	Alt. boca (m)	Obs.
3001-MW01R, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	23/10/2023	10:30	4,07-4,5	4,07	7,73						0	Aquífero superficial; Amostra de água com sedimentos ferrosos de cor acastanhada
3001-MW01R, F				7,5									
3001-MW01R, M				7,5			19,7	6,55	488,9	111	3,22		
3001-MW02, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	23/10/2023	8:42	2,49-3,80	2,49	7,8						-0,055	Aquífero superficial
3001-MW02, F				7,5									
3001-MW02, M				6			19,6	6,75	540	103,3	3,39		
3001-MW05, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	23/10/2023	10:00	1,7-2,50	1,7	5,9						0	Aquífero superficial; Amostra de água com sedimentos escuros e cheiro forte a sulfuretos
3001-MW05, F				5,5									
3001-MW05, M				4			20,4	6,9	461	-80,5	1,76		
S6A, S	Amostrador manual	22/10/2023	10:30	6,49-7	6,49	11						0	Aquífero superficial; Amostra de água com sedimentos escuros e cheiro a sulfuretos
S6A, F				11									
S6A, M				9			19,1	6,64	647	89	1,76		
S6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	23/10/2023	9:05	3,36-4	3,36	8,64						-0,075	Aquífero superficial; Amostra com sedimentos acastanhados mais abundantes no fundo e cheiro a sulfuretos
S6B, F				8,5									
S6B, M				6			19,5	6,37	560	126,2	2,72		
FP3A, S	Amostrador manual	22/10/2023	9:23	11	12,04	16,06						0,18	Aquífero intermédio; Amostra de água com sedimentos escuros; A base do piezómetro é atualmente 15,5 m; Aproximação e aterragem de um avião
FP3A, F				16									
FP3A, M				13			17,9	6,42	365,8	101,2	6,28		
FP6A, S	Amostrador manual	22/10/2023	9:06	15,1	15,07	37,31						0,5	Aquífero intermédio; Em 2020 perdeu-se um amostrador no interior do piezómetro
FP6A, F				17									
FP6A, M				17			18,6	7,96	369,7	66,3	3,15		
FP6B, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	22/10/2023	8:18	2,19-3	2,19	5,99						0,5	Aquífero superficial; Amostra com sedimentos acastanhados mais abundantes no fundo
FP6B, F				5,5									
FP6B, M				4			19,1	7,69	884	73,5	2,5		
FB5, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	22/10/2023	9:55	1,31-1,5	1,31	9,5						0,5	Aquífero basal
FB5, F				6									
FB5, M				6			19,1	7,85	1408	100,1	4,08		
SSB, S	Bomba peristáltica de baixo fluxo	23/10/2023	11:00	0,63-1	0,63	5,3						0,18	Aquífero basal; Amostra de água com sedimentos escuros e cheiro a lodo
SSB, F				4,7									
SSB, M				3			20,2	7,27	828	-95,6	2,61		
Duplicado (ERSARA)-M88;S6A		22/10/2023	10:30										PAHs colhidos um pouco acima da base uma vez que o amostrador vinha com sedimentos
Branco de Campo (ERSARA)-M90; FB5													Circulação de viaturas durante a amostragem



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt