



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

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 Final, 2016

Entidade Reguladora de Águas e Resíduos dos Açores, ERSARA

Lisboa • novembro de 2016

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 316/2016 – **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 Final, 2016

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão

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

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 316/2016

Proc. 0605/121/18422

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 Final, 2016

Resumo

Desde 2012 o LNEC tem vindo a realizar 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", através de uma assessoria técnica para a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA). Os trabalhos de reabilitação têm vindo a ser promovidos pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes (65 ABW) e acompanhados pelo LNEC. Este relatório corresponde à assessoria relativa ao período de abril a novembro de 2016.

No relatório apresenta-se uma análise: (1) das novas ações propostas pela 65 ABW para caracterização e otimização do processo de reabilitação; (2) dos resultados dos trabalhos de monitorização desenvolvidos pelo LNEC e (3) dos resultados do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano. No final apresentam-se as principais conclusões e recomendações.

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

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

Final Report, 2016

Abstract

Since 2012 LNEC is carrying out an “Analysis and monitoring of the rehabilitation works for improvement of the environmental situation surrounding the water supply wells of Praia da Vitória municipality, Azores” for the Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA). The rehabilitation works are being promoted by the U.S. Air Force in Lajes (65 ABW). This report corresponds to LNEC analysis related to the period between April and November 2016.

The report presents an analysis of the: (1) new actions proposed by the 65 ABW for the characterization and optimization of the rehabilitation processes; (2) monitoring work conducted by LNEC, and (3) monitoring program results for the water quality for human consumption. Finally, the main conclusions and recommendations are presented.

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

Índice

1	Introdução	1
2	Objetivos e metodologia	2
3	Análise dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela 65 th Air Base Wing	4
3.1	Introdução	4
3.2	Novos desenvolvimentos sobre os trabalhos de monitorização e de reabilitação	4
4	Monitorização da qualidade das águas subterrâneas	8
4.1	Descrição da campanha realizada	8
4.2	Resultados obtidos	13
4.2.1	Metodologia de avaliação	13
4.2.2	Porta de Armas (Main Gate, Site 3001).....	16
4.2.3	South Tank Farm (Site 5001/AOC-1)	22
5	Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano	26
5.1	Breve historial	26
5.2	Resultados obtidos	27
5.2.1	Amostragem pontual.....	27
5.2.2	Amostragem contínua.....	31
6	Síntese, conclusões e recomendações	35
	Referências bibliográficas	38
	Anexos.....	39
	ANEXO I Powerpoints utilizados pela FAA para apoio às reuniões de 19 de abril e de 21 de outubro de 2016.....	41
	ANEXO II Parâmetros medidos nos pontos de águas subterrâneas durante a campanha de setembro de 2016.....	51

Índice de figuras

Figura 4.1 – Localização dos pontos de amostragem do LNEC junto ao Site 3001 e sua posição relativa aos locais classificados entre potencialmente contaminados a contaminados e local do derrame em 2016.....	17
Figura 4.2 – Concentração em PAH, TPH e BTEX em oito piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2016.....	21
Figura 4.3 – Localização dos pontos de monitorização no local referido como contaminado junto à <i>South Tank Farm</i> (Leitão e Mota, 2015)	22
Figura 4.4 – Concentrações acima do limite de quantificação em PAH, TPH e BTEX em piezómetros localizados fora do Site 5001, na área junto à <i>South Tank Farm</i> , entre 2010 e 2016.....	25
Figura 5.1 – Concentrações em diferentes hidrocarbonetos superiores ao limite de quantificação nas águas de consumo humano entre 2011 e 2016, para amostras pontuais.....	31
Figura 5.2 – Amostrador de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) (Morais, 2016)	32
Figura 5.3 – Amostrador de Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH) (Morais, 2016)	32
Figura 5.4 – Concentrações em hidrocarbonetos superiores a zero nas águas de consumo humano	33

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Características dos pontos de água monitorizados entre 2013 e 2016.....	9
Quadro 4.2 – Parâmetros químicos analisados e respetivos métodos de análise e limites de quantificação.....	11
Quadro 4.3 – Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	13
Quadro 4.4 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem analisados em 2016 junto ao Site 3001	19
Quadro 4.5 – Resultados obtidos nos quatro pontos de amostragem analisados entre 2010 e 2016 a jusante da <i>South Tank Farm</i>	23
Quadro 5.1 – Períodos de amostragem das águas para consumo humano	26
Quadro 5.2 – Resultados de análises químicas em furos de captação para abastecimento público.....	29
Quadro 5.3 – Resultados da concentração em hidrocarbonetos em análises contínuas realizadas nos furos de captação para abastecimento público.....	34

Agradecimentos

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

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

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

Lista de acrónimos

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

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

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

DISCO - Discovery of Suspected and Contaminated Site Study

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

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

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

HTP - Hidrocarbonetos Totais do Petróleo

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

LQ - Limiar de Qualidade

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

NP - Nível Piezométrico

PAH - hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

Site 3001 - Porta de Armas ou Main Gate

Site 5001 - South Tank Farm ou AOC-1

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 final de 2016, relativo aos resultados obtidos para o período entre abril e novembro de 2016.

O relatório foi estruturado nos seguintes capítulos: 1 | Introdução; 2 | Objetivos e metodologia; 3 | Análise dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela 65th Air Base Wing; 4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas; 5 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano; e 6 | Síntese, conclusões e recomendações.

2 | Objetivos e metodologia

O objetivo do presente estudo é 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", promovidos pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, 65th Air Base Wing da USAFE (referidas no texto por 65 ABW ou FAA - Força Aérea Americana), através de uma assessoria técnica. Este relatório corresponde à assessoria relativa ao período de abril a novembro de 2016.

O programa de trabalhos que se propôs no contrato COM-ERSARA/2014/2, em vigor para 2015 e 2016, foi discriminado nos seguintes aspetos:

- a) definir o caderno de encargos das análises químicas a serem efetuadas para este estudo, por um laboratório químico acreditado;
- b) propor as melhores soluções técnicas a implementar nas zonas contaminadas e potencialmente contamináveis, por forma a obter a mais rápida reabilitação e melhoria ambiental;
- c) avaliar e emitir breve parecer sobre os trabalhos realizados pela 65 ABW;
- d) avaliar a adequação da proposta de reabilitação das águas subterrâneas promovida pela 65 ABW, na perspetiva da proteção das águas subterrâneas para abastecimento público do Concelho de Praia da Vitória;
- e) analisar, acompanhar e promover a boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela 65 ABW, através da:
 - i. deslocação ao Concelho para acompanhamento parcial dos trabalhos;
 - ii. promoção e realização de três reuniões anuais e presenciais, em coordenação com o Comando da Zona Aérea dos Açores, 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 duas reuniões anuais e presenciais, em coordenação com a ERSARA, com a participação do LNEC e de autoridades regionais e locais a designar pela ERSARA, para apresentação dos trabalhos promovidos pelo LNEC;
 - iv. leitura, avaliação e emissão de parecer dos documentos que forem sendo elaborados para a 65 ABW sobre esta temática;
 - v. monitorização semestral *in situ* de parâmetros globais da qualidade da água (nível piezométrico, condutividade elétrica, temperatura e pH) nos furos e piezómetros instalados em 2010 no âmbito do estudo do LNEC, localizados a montante dos furos de captação;

- vi. recolha semestral de amostras de água para análises químicas, visando o complemento e a fiscalização dos dados obtidos pela 65 ABW (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, incluindo a repetição de algumas das análises de TCE e PCE realizadas pela entidade gestora nos furos de captação; as campanhas terão um intervalo de, pelo menos, 4 meses entre si;
 - vii. tratamento da informação recolhida.
- f) efetuar perfis geofísicos junto à área dos depósitos de combustível com processo de reabilitação em curso (local do Site 3001 onde se tem verificado o aparecimento de hidrocarbonetos flutuando sobre as águas subterrâneas) visando uma análise indireta não destrutiva para localização dos derrames e sua delimitação;
 - g) preparar propostas de atas das reuniões previstas nos pontos ii e iii da alínea g), no prazo de 07 dias úteis após a sua realização e submissão via e-mail, em formato editável, à ERSARA;
 - h) analisar o programa de controlo da qualidade da água para consumo humano apresentado pela entidade gestora (alínea d), do n.º 1, artigo 7.º, do DLR n.º 8/2010/A) e propor eventuais alterações que se julguem necessárias face aos resultados obtidos, incluindo a validação dos métodos analíticos e limites de deteção usados pelos laboratórios que executam as análises (alínea f), n.º 1, artigo 7.º, do DLR n.º 8/2010/A), bem como novas ações que se julguem necessárias;
 - i) elaborar um relatório semestral com a síntese da informação obtida para apresentação à ERSARA;
 - j) elaborar um relatório final com a análise do ponto de situação dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, após integração das recomendações e comentários acordados entre o LNEC e a ERSARA;
 - k) apoiar a ERSARA em qualquer questão técnico-científica que entenda colocar, incluindo a deslocação e o apoio durante as reuniões para que possa ser chamado.

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

3.1 Introdução

No período de análise a que se refere este relatório terá sido produzido um novo documento pela 65 ABW. Contudo, no âmbito dos contactos estabelecidos pela Força Aérea Portuguesa a informação disponibilizada sobre o referido Relatório é que ainda se encontrava em versão "draft" não sendo, por isso, possível facultar o documento.

No âmbito da análise, do acompanhamento e da promoção da boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela 65 ABW foram realizadas as seguintes reuniões, no período a que se refere este relatório:

- inserida no apoio prestado pelo LNEC ao Ministério da Defesa Nacional (MDN), no âmbito do conjunto global de questões ambientais relativas ao processo de devolução de instalações militares e terrenos utilizados pelo contingente da 65 ABW na ilha Terceira, realizaram-se as seguintes reuniões (destacando-se apenas aquelas onde a temática dos sites 3001 e 5001 foi abordada):
 - a 19 de abril de 2016 realizou-se, no LNEC por teleconferência, uma reunião técnica com a presença de elementos do LNEC, do MDN e da FAA, onde foram analisadas as recomendações do relatório do LNEC (Leitão *et al.*, 2015) (ver powerpoint apresentado no Anexo I) e a evolução dos trabalhos de remoção dos pipelines, entretanto finalizados;
 - a 21 de outubro de 2016 realizou-se, no LNEC por teleconferência, uma reunião técnica com a participação de elementos do LNEC, do MDN e da FAA, onde foi apresentada uma proposta de medidas para otimizar as ações de reabilitação em curso, com base numa síntese disponibilizada no powerpoint apresentado no Anexo I e no documento intitulado "Status Report on Technical Evaluation of Remedial Approach", relativo aos Sites 3001 e 5001, onde as ações propostas procuram integrar as recomendações do LNEC, entre diversos outros aspetos.

3.2 Novos desenvolvimentos sobre os trabalhos de monitorização e de reabilitação

No âmbito das duas teleconferências realizadas, a FAA apresentou em traços gerais o planeamento para 2017 e 2018 relativamente às novas ações propostas visando uma caracterização adicional dos Sites 3001 e 5001 e subsequente otimização dos processos de reabilitação, apoiado pelo documento escrito acima mencionado. O documento contém um plano para implementação de atividades a curto prazo, em 2017 (FY2017) e atividades futuras a serem implementadas em 2018 e anos seguintes

(FY2018), em função dos resultados obtidos em 2017 e anos anteriores. São propostas métricas de avaliação da evolução da situação que garantem uma maior eficiência do processo.

Entretanto mantém-se o processo de monitorização e de reabilitação em curso.

Como pressupostos de base do programa delineado pela FAA (pela AFCEC, Air Force Civil Engineering Center) há uma concordância geral entre a FAA e o LNEC na abordagem técnica das principais questões em análise, i.e.:

- O programa de monitorização da atenuação natural é adequado, mas importa otimizar protocolos, nomeadamente em termos de profundidades e processos de amostragem, bem como de parâmetros a analisar (nota do LNEC: acrescenta-se a importância de utilizar limites de quantificação das análises químicas das águas que sejam compatíveis com os limiares de qualidade exigidos pela legislação portuguesa (cf. Secção 4.2.1)).
- O estudo da viabilidade de alternativas de reabilitação, que melhorem de forma mais rápida e eficiente a situação atual, deve ser realizado com a maior brevidade possível.
- A otimização do protocolo de recuperação de combustível deve ser efetivada.

A principal dúvida que subsiste, e que de alguma forma justifica a proposta da AFCEC, abaixo sintetizada, de aprofundar o conhecimento sobre um conjunto de questões antes de decidir os melhores procedimentos de reabilitação, está no facto de a análise da geofísica (feita pela FAA e pelo LNEC em 2010 e repetida pelo LNEC em 2015) indicar anomalias/manchas que parecem resultar da permanência de hidrocarbonetos, aparentemente estacionária desde 2010, mas que podem também resultar de outros fatores relacionados com a heterogeneidade da litologia do local. A FAA baseia estas incertezas no facto de as perfurações feitas em 2010, nos locais onde já existiam as mesmas anomalias, não terem encontrado combustível. Por este motivo são propostas novas ações para avaliar a presença de produto nos principais locais a reabilitar. O LNEC concorda com esta metodologia.

Um outro aspeto que não está clarificado tem a ver com o sentido do escoamento nas formações suspensas, cujo caminho principal aparenta ser para SE, mas que em diversas ocasiões não foi confirmada. Este aspeto levanta a questão de poder não haver interligação hidráulica entre estas formações, cuja extensão pode ser limitada espacialmente.

No contexto do acima exposto, as principais atividades propostas no FY 2017 são:

- Caracterização do local:
 - Continuar o programa atual de monitorização, mas
 - Revendo a rede de monitorização atendendo às conclusões do LNEC (Leitão e Mota, 2015).
 - Atualizando os protocolos de amostragem para melhorar a qualidade dos dados (nota do LNEC: devendo nestas amostragens ser considerada a

questão dos limites de quantificação compatíveis com a legislação portuguesa).

- Medir o nível de água em diversos pontos em simultâneo (*synoptic water level*) para determinar o sentido preferencial do escoamento subterrâneo (nota do LNEC: concorda-se com esta atividade, embora seja importante o uso de sondas de nível com registos contínuos (tipo CTD diver), dadas as oscilações de nível piezométrico induzidas pela maré com variações diárias significativas e diferentes conforme a distância à costa (cf. Lobo-Ferreira *et al.*, 2010 para mais detalhes sobre este fenómeno)).
- Otimização da reabilitação:
 - Desenvolvimento dos piezómetros e análise da sua integridade bem como da zona dos ralos (nota do LNEC: deve analisar-se a questão dos ralos de alguns piezómetros poderem estar abaixo do nível piezométrico, não permitindo a recolha adequada de hidrocarbonetos menos densos do que a água. Esses pontos não devem fazer parte da rede de monitorização ou de reabilitação).
 - Recuperação acelerada de combustível (LNAPL) e realização de testes para avaliar a capacidade de recuperação de LNAPL e estimar a sua afluência média ao piezómetro.
 - Realização de testes de interconexão entre piezómetros (com a mesma estratigrafia e níveis saturados) para fornecer dados para a otimização da reabilitação.
 - Utilização da informação obtida para otimizar protocolos, acelerar a recuperação e identificar necessidades de piezómetros adicionais.
 - Estudo da viabilidade de alternativas de reabilitação.

As principais atividades propostas no FY 2018 serão determinadas com base nos resultados do FY2017, nomeadamente:

- Caracterização do local:
 - Efetuar novas delimitações de outras fontes de LNAPL com base em tecnologias alternativas (p.e. *laser induced fluorescence*).
 - Realizar sondagens para amostragem de solos, onde serão analisados hidrocarbonetos nas amostras onde seja visível a presença de LNAPL.
 - Estender a área de estudo a zonas onde haja lacunas de informação.
 - Otimizar o programa de monitorização, designadamente utilizando métodos de alta resolução, se justificado pelos dados de 2017.

- Melhorar a delineação das áreas onde existem águas subterrâneas com presença de combustível.
- Demonstrar a estabilidade das áreas contaminadas e refinar os sentidos do escoamento.
- Otimização da reabilitação:
 - Estabelecer objetivos de reabilitação a longo prazo e indicadores de desempenho para recuperação do combustível.
 - Se se justificar com os dados de 2017 e/ou estudo de viabilidade de novos processos de reabilitação:
 - Instalar novos pontos de extração de combustível.
 - Implementar tecnologias alternativas de reabilitação.
 - Identificar e instalar novos furos de monitorização e/ou de extração para suportar os objetivos da reabilitação e monitorizar os resultados do desempenho das ações de reabilitação.

Neste programa para 2017 e 2018 propõe-se, ainda, a inclusão dos piezómetros e dos furos instalados durante o estudo do LNEC (Lobo-Ferreira *et al.*, 2010), no programa da FAA em colaboração com o LNEC, assunto para o qual o LNEC está disponível.

4 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas

4.1 Descrição da campanha realizada

Durante os dias 19 e 20 de setembro de 2016 foi realizada pelo LNEC a segunda campanha de monitorização de 2016 para os dez pontos de água que têm vindo a ser monitorizados nos últimos anos pelo LNEC, e que pertencem às formações hidrogeológicas superficial e intermédia.

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

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

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

Quadro 4.1 – Características dos pontos de água monitorizados entre 2013 e 2016

	DESIGNAÇÃO	Local	Coordenadas E	Coordenadas N	Profundidade do furo (m)	Cota do solo (m)	Tubos ralos	
							Profundidade (m)	Cota (m)
Disco Site 3001 e envolvente	MW01, Site 3001	Porta de Armas	493293	4289156	9,80	54,70	6,80 a 9,80	
	MW02, Site 3001		493535	4289352	7,80	53,67	4,80 a 7,80	
	MW05, Site 3001		493454	4289287	6,40	52,86	3,40 a 6,40	
	S6A		493479	4289472	11,00	56,44	2,6 a 8,6	
	S6B		493512	4289400	9,00	54,31	2 a 7	
	FP3A	Exterior da Porta de Armas	493335	4288976	16,50	53,56	7,50 a 8,50 e 13,00 a 15,00	48,31 a 47,31 e 42,81 a 40,81
	FP6A		493491	4289262	42,00	53,56	37,00 a 40,00	
	FP6B		493500	4289260	12,00	53,56	2,00 a 4,00	
Disco Site 5001 e envolvente	S5B	Exterior da <i>South Tank Farm</i>	494571	4287582	5,30	1,66	1,3 a 5,3	
	FP5		494670	4287575	12,00	1,73	5,50 a 8,50	

Página propositadamente deixada em branco

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

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

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

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

4.2 Resultados obtidos

4.2.1 Metodologia de avaliação

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

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

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

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

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Temperatura	°C						
pH	Sorensen		5,5; 9				
Condutividade elétrica	µS/cm (20°C)		2500				
Índice de fenóis	mg/L				0,89	12	2
Carbonatos	mg/L						
Cloretos	mg/L		250		790	2300	
Bicarbonato	mg/L						
Nitratos	mg/L	50					
Sulfato	mg/L		250				
Alumínio - Al	mg/L			0,2			
Antimónio - Sb	mg/L			0,005			0,02

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Arsénio – As	mg/L		0,01		0,025	1,9	0,06
Bário – Ba	mg/L				1	29	0,625
Berílio – Be	mg/L				0,004	0,067	0,015
Boro – B	mg/L				5	45	
Cádmio – Cd	mg/L		0,005		0,0027	0,0027	0,006
Cálcio – Ca	mg/L						
Crómio – Cr	mg/L			0,05	0,05	0,81	0,03
Cobalto – Co	mg/L				0,0038	0,066	0,1
Cobre – Cu	mg/L			2	0,087	0,087	0,075
Ferro – Fe	mg/L			0,2			
Chumbo - Pb	mg/L		0,01		0,01	0,025	0,075
Lítio – Li	mg/L						
Magnésio - Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L			0,05			
Mercurio - Hg	µg/L		1		0,29	0,29	0,3
Molibdeno - Mo	mg/L				0,07	9,2	0,3
Níquel – Ni	mg/L			0,02	0,1	0,49	0,075
Fósforo – P	mg/L						
Potássio – K	mg/L						
Selénio – Se	mg/L			0,01	0,01	0,063	0,16
Prata – Ag	mg/L				0,0015	0,0015	0,04
Sódio – Na	mg/L			200	490	2300	
Tálio – Ta	mg/L				0,002	0,51	0,007
Vanádio – V	mg/L				0,0062	0,25	0,07
Zinco – Zn	mg/L				1,1	1,1	0,8
Hidrocarbonetos Totais do	mg/L				0,75	0,75	
BTEX:							
Benzeno	µg/L		1	1	5	44	30
Etilbenzeno	µg/L		1,3		2,4	2300	150
Meta-para xileno	µg/L		1,3		300	4200	70
Orto-xileno	µg/L		1,3		300	4200	70
Tolueno	µg/L		1,3		24	18000	1000
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados:							
1.1.1.2-Tetracloroetano	µg/L				1,1	3,3	
1.1.1-Tricloroetano	µg/L				200	640	300
1.1.2.2-Tetracloroetano	µg/L				1	3,2	
1.1.2-Tricloroetano	µg/L				4,7	4,7	130
1.1-Dicloroetano	µg/L				5	320	900
1.1-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	10
1.1-Dicloropropileno	µg/L						
1.2.3-Triclorobenzeno	µg/L						
1.2.3-Tricloropropano	µg/L						
1.2.4-Triclorobenzeno	µg/L				70	180	
1.2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L						
1.2-Dibromoetano (EDB)	µg/L						
1.2-Diclorobenzeno	µg/L				3	4600	

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
1.2-Dicloroetano	µg/L			3	1,6	1,6	400
1.2-Dicloropropano	µg/L				5	16	
1.3.5-Triclorobenzeno	µg/L						
1.3-Diclorobenzeno	µg/L				59	9600	
1.3-Dicloropropano	µg/L						
1.4-Diclorobenzeno	µg/L				1	8	
2.2-Dicloropropano	µg/L						
2-Clorotolueno	µg/L						
4-Clorotolueno	µg/L						
Bromobenzeno	µg/L						
Bromoclorometano	µg/L						
Bromodiclorometano	µg/L				16	85000	
Bromofórmio	µg/L				25	380	
Bromometano	µg/L				0,89	5,6	
cis-1.2-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	20
cis-1.3-Dicloropropileno	µg/L				0,5		
Cloro de vinil	µg/L				0,5	0,5	5
Clorobenzeno	µg/L				30	630	180
Cloroetano	µg/L						
Clorofórmio	µg/L				2,4	2,4	400
Clorometano	µg/L						
Dibromoclorometano	µg/L				25	82000	
Dibromometano	µg/L						
Diclorodifluorometano	µg/L				590	4400	
Diclorometano	µg/L						1000
Hexaclorobutadieno	µg/L				0,44	0,44	
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L		0,65		1,6	1,6	40
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroetano	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		0,65		1,6	1,6	500
Triclorofluorometano	µg/L				150	2500	
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados:							
1.2.4-Trimetilbenzeno	µg/L						
1.3.5-Trimetilbenzeno	µg/L						
Isopropilbenzeno	µg/L						
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L				15	190	9200
n-Butilbenzeno	µg/L						
n-Propilbenzeno	µg/L						
p-Isopropiltolueno	µg/L						
sec-Butilbenzeno	µg/L						
Estireno	µg/L				5,4	1300	300
tert-Butil álcool	µg/L						
tert-Butilbenzeno	µg/L						
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs):							
Acenafteno	µg/L		0,0065		4,1	600	

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

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

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

VP - Valor Paramétrico. DL 306/2007 Qualidade da água destinada ao consumo humano

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

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

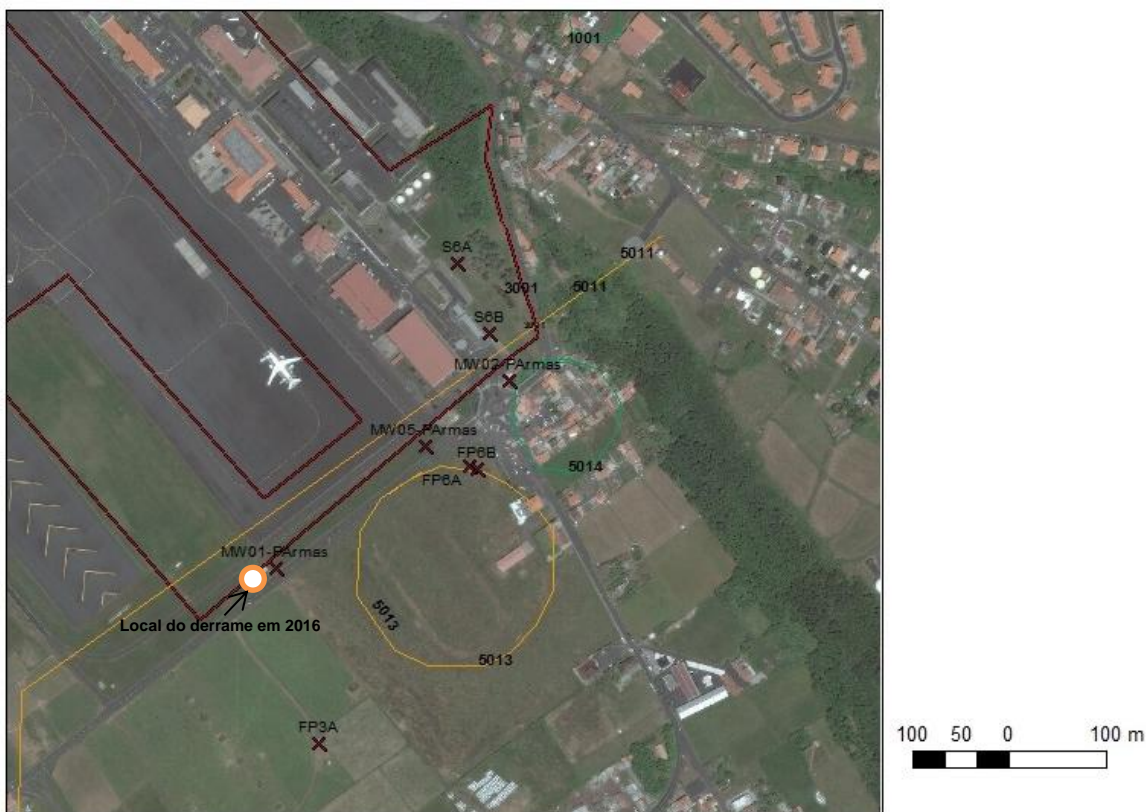
Holanda, IV - Intervention Values

Salienta-se a existência de diferenças assinaláveis entre a legislação Portuguesa e do Canadá (Quadro 4.3). Estas diferenças chegam a ser superiores a 60 000 vezes, como é o caso do fluoreno.

4.2.2 Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)

Nesta área foram efetuadas amostragens nos oito piezómetros que, desde 2013, foram selecionados para avaliar a evolução da situação. Estes pontos estão a ser analisados pelo LNEC desde 2010. Cinco destes localizam-se dentro do Site 3001 ou próximo do seu limite exterior (MW01, MW02, MW05, S6A e S6B), e três fora desse perímetro (FP3A, FP6A e FP6B), conforme indicado na Figura 4.1.

O Quadro 4.4 apresenta os resultados obtidos, onde se assinalam a vermelho os pontos que excederam os limiares de qualidade (também referidos por "norma") utilizados. No Anexo II apresentam-se os dados de campo registados *on site*. Estes limites têm vindo a ser modificados ao longo dos diferentes relatórios do LNEC, à medida que nova legislação é publicada, optando-se sempre por colocar os valores mais recentes. A Figura 4.2 apresenta as concentrações de hidrocarbonetos acima do limite de quantificação observadas em cada ponto de água, desde 2010 até setembro de 2016.



Legenda:

- X Pontos Campanhas LNEC
- Referidos como contaminados
- Referidos como provavelmente contaminados
- Referidos como potencialmente contaminados

Figura 4.1 – Localização dos pontos de amostragem do LNEC junto ao Site 3001 e sua posição relativa aos locais classificados entre potencialmente contaminados a contaminados e local do derrame em 2016

Observa-se que os resultados das análises de 2013 e de 2015 registaram a quase ausência de hidrocarbonetos nos três piezómetros localizados fora do Site 3001 (FP3A, FP6a e FP6B) mas, quer os resultados de março quer de setembro de 2016 (Quadro 4.4), apresentam valores positivos para diversos hidrocarbonetos nesses três pontos (Figura 4.2). Por um lado, este facto deve-se à circunstância de os limites de quantificação à data das campanhas de 2015, e anteriores, serem cerca de uma ordem de grandeza acima dos limites de quantificação possíveis em 2016. Assim, se tivessem sido utilizados os limites anteriores, os pontos FP6a e FP6B não apresentariam valores detetáveis. O mesmo não se passa para o FP3A onde a maioria dos compostos seria detetável, quaisquer que fossem os limites já utilizados.

Importa assinalar que a diminuição dos limites de foi possível pela melhoria das técnicas laboratoriais mas também decorreu da imposição de novos limiares de qualidade (Quadro 4.3), cujos valores eram em muitos casos inferiores aos limites de quantificação, motivo pelo qual estes tiveram que ser decrescidos.

Dos resultados obtidos em setembro de 2016 observa-se que apenas o ponto FP3A apresenta concentrações acima dos limiares de qualidade para benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, dibenz(a,h)antraceno, fluoranteno, fluoreno, fenantreno, pireno e soma de 4 PAH (DL 306/2007). Os três primeiros compostos já haviam apresentado valores acima dos limiares em março de 2016. O aumento significativo das concentrações e dos compostos no FP3A entre as duas campanhas de 2016 poderá estar ligado ao derrame de combustível que se verificou em março de 2016 no pipeline da Cova das Cinzas (assinalado na Figura 4.1).

Nos pontos FP6A e FP6B registou-se em setembro de 2016 a presença de naftaleno, fenantreno e pireno com valores pouco acima do atual limite de quantificação. Estes valores são inferiores aos registados em março de 2016 (Figura 4.2). No entanto regista-se um aumento dos hidrocarbonetos totais de petróleo no FP6A, embora abaixo do limiar (0,75 mg/L).

Na área do Site 3001 mantém-se a presença de diversos elementos e compostos orgânicos nas formações aquíferas suspensas com variações assinaláveis entre campanhas. Registam-se concentrações acima dos limites de quantificação para: (1) PAH (benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, criseno, fluoranteno, fluoreno, naftaleno, fenantreno, pireno e soma de 4 PAH (DL 306/2007)); (2) hidrocarbonetos totais do petróleo e (3) BTEX (meta-para xileno e orto-xileno), embora apenas o pireno, fluoreno e soma de 4 PAH (DL 306/2007) apresentem valores acima dos limiares (Quadro 4.4).

Assinala-se, ainda, a ausência de compostos orgânicos voláteis (cf. Quadro 4.4), possivelmente como resultado favorável das ações de reabilitação em curso, contrariamente ao que acontece para os PAH (mais densos do que a água), presentes na maioria dos pontos amostrados. Mantêm-se, no entanto, a presença de compostos menos densos do que a água, sob a forma de BTEX e HTP. É possível que esta aparente melhoria também se deva à presença de meias absorventes colocadas nalguns MW (cf. Anexo II).

Os metais pesados que ocorrem acima dos limiares de qualidade mantêm-se os mesmos entre as duas campanhas de 2016: Al, Co, Fe, Pb, Mn, Ni e V.

Quadro 4.4 – Resultados obtidos nos pontos de amostragem analisados em 2016 junto ao Site 3001

Parâmetro	Unidade	Designação local	Data amostragem	FP3A	FP6A	FP6B	S6A	S6B	MW01	MW02	MW05	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
				19-09-2016	20-09-2016	19-09-2016	20-09-2016	20-09-2016	19-09-2016	20-09-2016	19-09-2016				
Parâmetros agregados															
Índice de fenóis	mg/L	0,005	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	Canadá	0,89	0	
Inorgênicos não metálicos															
Cloretos	mg/L	1	73	61	56	39	59	44	63	86		LQ e L	250	0	
Nitratos	mg/L	2	13	1,9	0,4	-0,3	0,5	-0,3	32	1,8		NQ	50	0	
Sulphate as SO4 2-	mg/L	5	24	28	45	7,6	7,1	8,4	41	9,5		LQ e L	250	0	
Metais em solução / Cátions maiores															
Alumínio - Al	mg/L	0,01	13	0,31	0,53	4,7	3,4	2,4	0,35	0,9		VP	0,2	8	
Antimónio - Sb	mg/L	0,01	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001		VP	0,005	0	
Arsénio - As	mg/L	0,005	-0,001	0,0011	0,0039	-0,001	0,0026	0,0015	-0,001	-0,001		LQ e L	0,01	0	
Bário - Ba	mg/L	0,0005	0,12	-0,03	-0,03	0,06	-0,03	0,03	-0,03	-0,03		Canadá	1	0	
Bérblio - Be	mg/L	0,0002	0,0034	-0,0004	0,0004	0,0014	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004		Canadá	0,004	0	
Boro - B	mg/L	0,01	0,05	0,08	0,21	0,29	0,38	0,06	0,15	0,16		Canadá	5	0	
Cádmio - Cd	mg/L	0,0004	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001		LQ e L	0,005	0	
Cálcio - Ca	mg/L	0,005	15,2	7,8	64	44	11,7	31	18,1	13,2		-	-	0	
Crómio - Cr	mg/L	0,001	0,003	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002		VP	0,05	0	
Cobalto - Co	mg/L	0,002	0,00007	0,034	0,003	0,015	0,002	0,006	-0,002	0,007		Canadá	0,0038	4	
Cobre - Cu	mg/L	0,002	0,0005	0,0069	0,0012	0,0012	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001		VP	2	0	
Ferro - Fe	mg/L	0,002	8	0,9	26	7,1	8	18	0,28	3,3		VP	0,2	8	
Chumbo - Pb	mg/L	0,005	0,03	0,007	-0,003	0,029	0,004	0,003	-0,003	-0,003		LQ e L	0,01	2	
Lítio - Li	mg/L	0,001	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-	-	0	
Magnésio - Mg	mg/L	0,003	12,9	6,6	33	29	5,6	15	8,8	15		-	-	0	
Manganês - Mn	mg/L	0,0005	0,9	0,8	10	6	0,59	5,2	0,033	1,8		VP	0,05	7	
Mercurio - Hg	µg/L	0,01	0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,06	-0,05		LQ e L	1	0	
Molibdeno - Mo	mg/L	0,002	0,005	0,009	0,012	-0,005	-0,005	-0,005	0,006	0,01		Canadá	0,07	0	
Níquel - Ni	mg/L	0,002	0,026	0,018	-0,005	0,011	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005		VP	0,02	1	
Fósforo - P	mg/L	0,01	0,5	0,31	0,14	0,67	2,1	0,11	0,41	0,27		-	-	0	
Potássio - K	mg/L	0,015	10	11,9	14,9	11,2	4,7	8,1	6,3	13,5		-	-	0	
Selénio - Se	mg/L	0,01	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,0022	-0,0004		VP	0,01	0	
Prata - Ag	mg/L	0,001	-0,001	-0,001	0,0015	-0,001	-0,001	0,001	-0,001	-0,001		Canadá	0,0015	0	
Sódio - Na	mg/L	0,03	55	59	52	65	52	55	81	71		VP	200	0	
Vanádio - V	mg/L	0,001	0,01	-0,01	0,014	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01		Canadá	0,0062	2	
Zinco - Zn	mg/L	0,002	0,19	-0,05	-0,05	0,14	-0,05	0,14	-0,05	-0,05		Canadá	1,1	0	
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP															
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	mg/L	0,05	0,046	0,51	0,049	0,036	-0,013	0,023	-0,013	0,28		Canadá	0,75	0	6
BTEX															
Benzeno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		L	1,3	0	0
Meta-para xileno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,38	-0,2		L	1,3	0	1
Orto-xileno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,29	0,18	-0,1		L	1,3	0	2
Tolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		L	1,3	0	0
Soma BTEX	µg/L	1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6		-	-	0	0
Soma xilenos	µg/L	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,56	-0,3		-	-	0	1
Soma TEX	µg/L	1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4		-	-	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados															
1,1,1,2-Tetracloretoano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloretoano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-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	-0,1		Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
1,2,4-Tricloropropano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2		-	-	0	0
Bromodiclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	16	0	0
Bromofórmio	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		Canadá	25	0	0
Bromometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		Canadá	0,5	0	0
Cloro de vinil	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
Clorofórmio	µg/L	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3		Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10		-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-	-	0	0
Diclorodifluorometano	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		Canadá	590	0	0
Diclorometano	µg/L	6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6		-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		Canadá	0,5	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	0,1</													

Página propositadamente deixada em branco

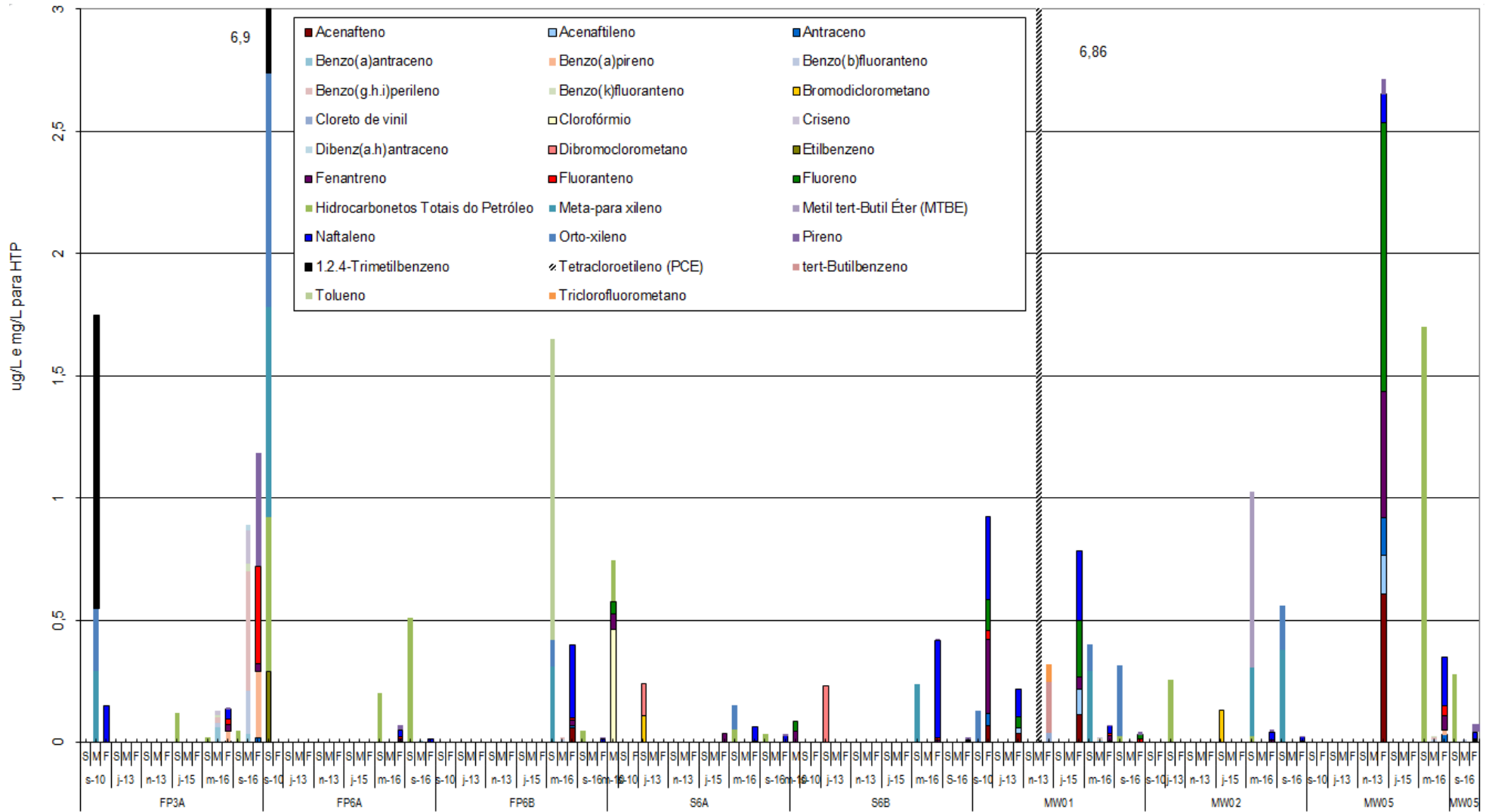


Figura 4.2 – Concentração em PAH, TPH e BTEX em oito piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2016

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

Nesta área foram efetuadas amostragens nos dois piezómetros que, desde 2013, foram seleccionados para avaliar a evolução da situação. Estes pontos estão a ser analisados pelo LNEC desde 2010 (cf. Figura 4.3). Neste local, os pontos de amostragem localizam-se no aquífero basal, uma vez que não há formação hidrogeológica superficial.

Mantiveram-se os procedimentos, profundidades de recolha e análises efetuadas em campanhas anteriores (cf. Secção 4.1). Os resultados das análises químicas são apresentados no Quadro 4.5 e na Figura 4.4. O Anexo II apresenta os dados de campo registados *on site*.

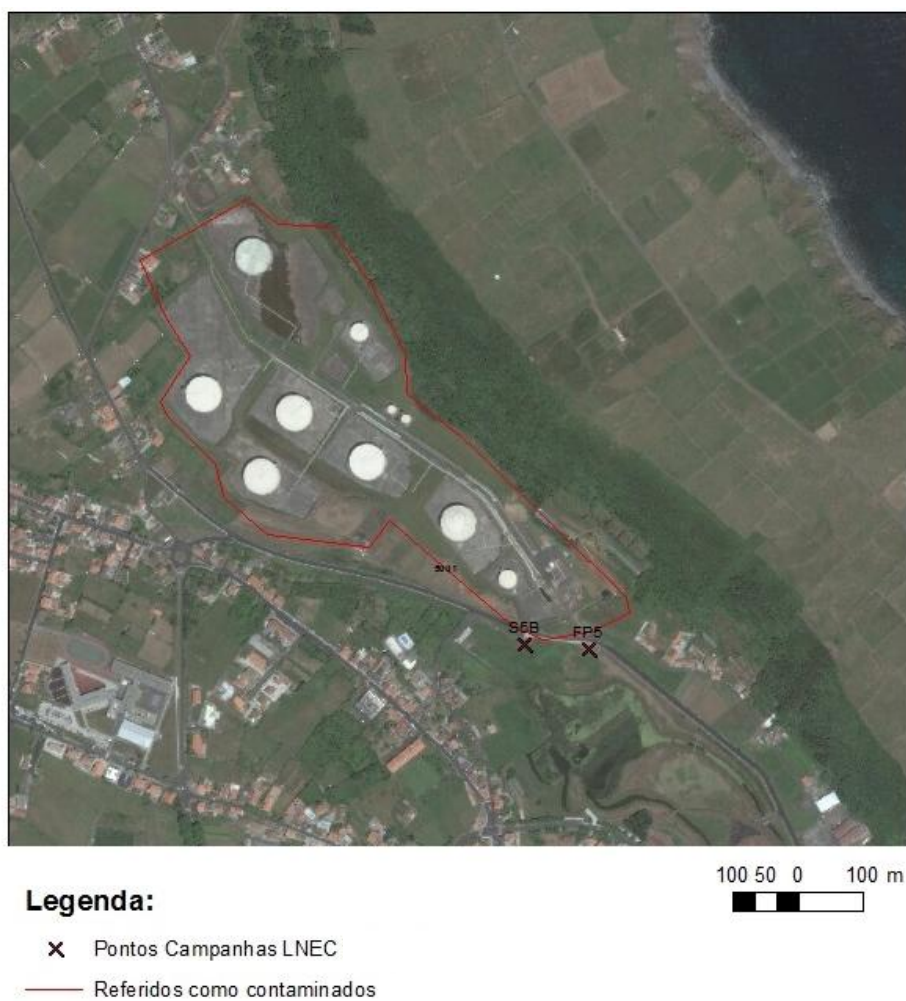


Figura 4.3 – Localização dos pontos de monitorização no local referido como contaminado junto à *South Tank Farm* (Leitão e Mota, 2015)

Página propositadamente deixada em branco

No Quadro 4.5 assinalam-se a vermelho as concentrações que excederam os valores estabelecidos nalguma legislação ou norma. Observa-se a presença de seis hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAH) cujas concentrações ultrapassaram os limiares estabelecidos, com o pireno a exceder nos dois pontos analisados e nas duas campanhas de 2016 (FP5 e S5B). Cinco dos seis PAH referidos já haviam sido identificados na primeira campanha de 2016 (Figura 4.4) no ponto FP5, embora em concentrações superiores. No ponto S5B reaparecem novos compostos menos densos do que a água, contudo com concentrações abaixo dos limiares de qualidade.

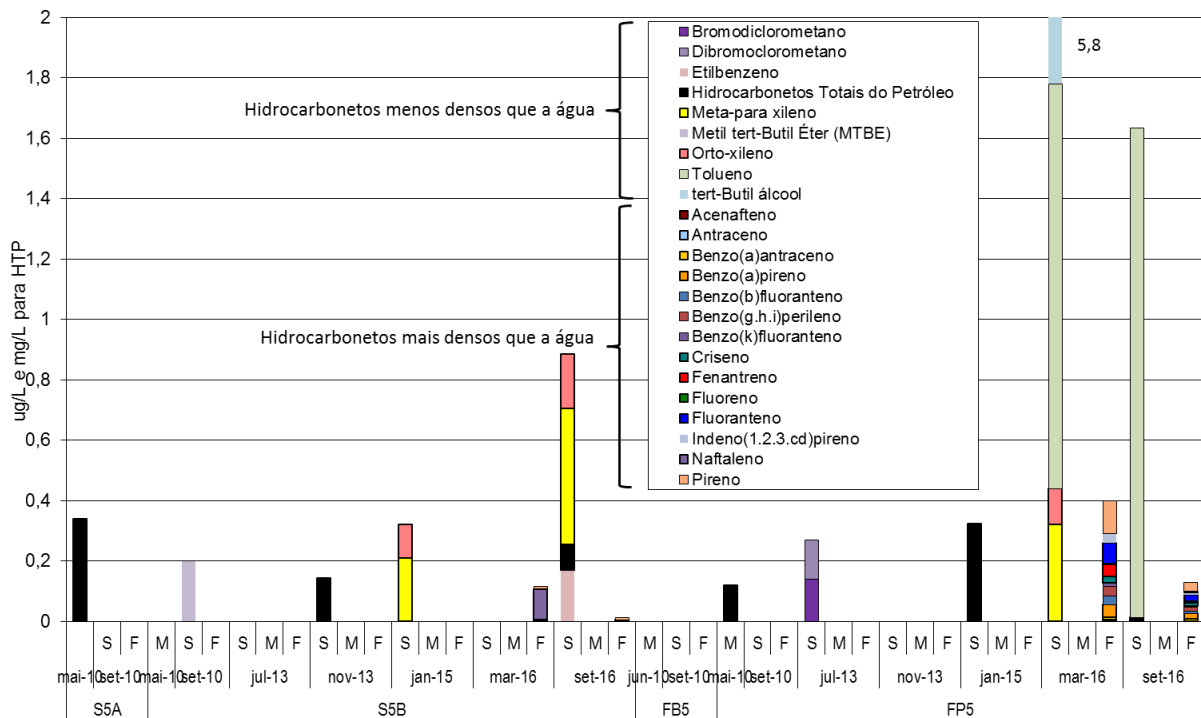


Figura 4.4 – Concentrações acima do limite de quantificação em PAH, TPH e BTEX em piezómetros localizados fora do Site 5001, na área junto à South Tank Farm, entre 2010 e 2016

A confirmação do reaparecimento de hidrocarbonetos nos dois pontos amostrados implica que se faça uma reavaliação das suas causas e formas mais adequadas para incrementar a reabilitação em curso. Este é um assunto que está já a ser considerado pela FAA.

Por outro lado pode-se constatar da leitura do Quadro 4.5 que o alumínio, o cobalto, o ferro, o chumbo, o manganês, o níquel e o vanádio ultrapassaram os Limiares de Qualidade para as águas subterrâneas ou os valores definidos pelas normas do Canadá, de forma equivalente ao observado em campanhas anteriores.

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

5.1 Breve historial

A Praia Ambiente, E.M. é a entidade gestora do sistema de abastecimento responsável pelo programa de controlo da qualidade da água para consumo humano. Nesse contexto, além de garantir o cumprimento das normas de qualidade fixadas no Anexo I do Decreto-Lei 306/2007, de 27 de agosto, esta entidade tem vindo a desenvolver um esforço assinalável em termos de controlo de outras substâncias não fixadas nos valores paramétricos através de programas suplementares e especiais.

Desde 2010 que tem vindo a ser intensificado o conjunto de análises químicas a hidrocarbonetos na água para consumo humano. Este facto resultou da necessidade de acompanhar a evolução da situação da qualidade nestes furos ao mesmo tempo que se estão a monitorizar semestralmente diversos outros furos e piezómetros durante todo o processo de reabilitação dos Sites 3001 e 5001, em curso desde setembro de 2012. O Quadro 5.1 apresenta as datas de amostragem e entidade responsável pela recolha.

Quadro 5.1 – Períodos de amostragem das águas para consumo humano

ID	Entidade	Inicio	Fim	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
				Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
1	LNEC	31-05-2010	31-05-2010																												
2	LNEC	24-09-2010	24-09-2010																												
3	Praiaambiente	03-01-2011	03-01-2011																												
4	Praiaambiente	07-11-2011	07-11-2011																												
5	Praiaambiente	18-01-2012	18-01-2012																												
6	Praiaambiente	11-04-2012	11-04-2012																												
7	Praiaambiente	18-07-2012	18-07-2012																												
8	Praiaambiente	17-10-2012	17-10-2012																												
9	Praiaambiente	14-02-2013	14-02-2013																												
10	Praiaambiente	13-08-2013	13-08-2013																												
11	Praiaambiente	11-03-2014	11-03-2014																												
12	Praiaambiente	08-09-2014	08-09-2014																												
13	LNEC	19-01-2015	19-01-2015																												
14	Praiaambiente	20-01-2015	20-01-2015																												
15	ERSARA	02-03-2015	02-03-2015																												
16	Praiaambiente	12-05-2015	12-05-2015																												
17	Praiaambiente	19-05-2015	19-05-2015																												
18	Praiaambiente	26-05-2015	26-05-2015																												
19	Praiaambiente	02-06-2015	02-06-2015																												
20	Praiaambiente	01-07-2015	01-07-2015																												
21	Praiaambiente	07-07-2015	07-07-2015																												
22	Praiaambiente	14-07-2015	14-07-2015																												
23	Praiaambiente	21-07-2015	21-07-2015																												
24	Praiaambiente	06-10-2015	06-10-2015																												
25	Praiaambiente	15-10-2015	15-10-2015																												
26	Praiaambiente	22-10-2015	22-10-2015																												
27	Praiaambiente	29-10-2015	29-10-2015																												
28	Praiaambiente	16-02-2016	16-02-2016																												
29	Praiaambiente	16-02-2016	16-03-2016																												

No Quadro 5.1 estão representados os seguintes tipos de amostragem:

1. Em 2010, complementarmente ao programa geral de amostragem e análise das águas de abastecimento há muito em vigor, foi realizado um levantamento global da qualidade da água em diversos pontos de água do Concelho de Praia da Vitória, em duas épocas do ano, incluindo os pontos de captação de água de abastecimento (Lobo-Ferreira *et al.*, 2010).
2. Entre 2011 e 2016 têm vindo a ser realizadas as campanhas pela Praia Ambiente, E.M. (entre duas e quatro por ano), sendo numa delas analisado um alargado conjunto de hidrocarbonetos. Além deste programa de base, foram realizadas por esta entidade diversas amostragens especiais, conforme a seguir referido.
3. Em janeiro de 2015, o LNEC procedeu a novas recolhas de água para amostragem complementar (Leitão e Mota, 2015), no âmbito do presente estudo.
4. Em março de 2015 (ERSARA), e entre julho de 2015 e outubro de 2015 (Praia Ambiente, E.M.) foi realizado um plano de monitorização especial, juntamente com a empresa AmbiPar Control. Este plano visou intensificar a frequência de análise de um conjunto de hidrocarbonetos cujos valores terão estado acima dos respetivos limites de quantificação, por forma confirmar a sua presença e a analisar a evolução da situação.
5. Entre fevereiro e março de 2016 a Praia Ambiente, E.M., juntamente com a empresa AmbiPar Control, fizeram uma amostragem contínua de água para avaliar o valor cumulativo de hidrocarbonetos.

Entretanto foi já previsto para 2017 um Plano Especial de Controlo da Qualidade da Água (PECQA 2017), proposto pela Praia Ambiente, E.M.. Este plano foi enviado pela ERSARA ao LNEC para pronúncia. Em termos gerais, concorda-se com a metodologia apresentada, em termos da sequência proposta (em função dos resultados que forem sendo obtidos), dos parâmetros a analisar e dos limites de quantificação propostos. Foram feitas algumas sugestões de pormenor para eventual integração no Plano.

5.2 Resultados obtidos

5.2.1 Amostragem pontual

O Quadro 5.2 apresenta o conjunto dos resultados obtidos em amostras pontuais, relativos à qualidade das águas de abastecimento nos últimos cinco anos (2011-2016). Os resultados apresentados incluem informação referida na secção 5.1, nos pontos 1 e 3, i.e. o programa de base de controlo de qualidade conduzido pela Praia Ambiente, E.M., aos quais se juntaram os resultados de amostras recolhidas pelo LNEC. Não foram incluídos nesse quadro os resultados do plano de monitorização especial efetuado com uma periodicidade tipicamente semanal entre 16/7/2015 e 29/10/2015, num total de 12 campanhas, uma vez que não foi encontrado qualquer valor acima do limite de quantificação para os hidrocarbonetos analisados (só foram analisados hidrocarbonetos).

Chama-se a atenção para o facto de as análises químicas e os limites de quantificação (LQ) nem sempre terem sido iguais nestes últimos anos. No quadro referem-se os LQ mais atuais. Efetivamente, em função dos resultados que foram sendo obtidos, incluindo também a informação dos hidrocarbonetos presentes nas áreas poluídas, foi acrescentado um conjunto de novas análises químicas e foram ajustados alguns limites de quantificação, estes últimos como resultado de terem sido estabelecidos novos valores de limiares estabelecidos para avaliação do estado químico das massas de água subterrâneas - Anexo V dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas 2016/2021 publicados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, cf. Anexo II).

No Quadro 5.2 foram sombreados a amarelo os elementos que apresentaram valores superiores ao limite de quantificação; a vermelho assinalam-se os valores que se encontram acima do valor limite imposto pela legislação nacional, comunitária ou canadiana.

Quadro 5.1 (cont.) – Resultados de análises químicas em furos de captação para abastecimento público

Parâmetro	Valor Limite	Norma	Unidade	Método	Limite Quantificação	Furo do Areeiro										Furo das Covas																
						07-11-2011	18-01-2012	11-04-2012	18-07-2012	17-10-2012	14-02-2013	13-08-2013	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015	15-07-2015	16-02-2016	07-11-2011	18-01-2012	11-04-2012	18-07-2012	17-10-2012	14-02-2013	13-08-2013	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015	15-07-2015	16-02-2016			
Temperatura			°C	SMEWW 2550	0,01	18					19	17,5		19	17,5		17,7	18,5		17	18		18,5	18		17,6						
pH	5,5; 9	LQ	Sorensen	SMEWW 4500 H° B	0,05	7,4					7,4	7,6		7,3	7,6		7,5	6,7		7	7,3		6,8	7,2		6,9						
Condutividade eléctrica	2500	LQ	µS/cm	NP EN 27888:1996	-	674	660				633	576	666	578	638	634	648	528	594	337		464	400	478	370	372	330	397	307			
Índice de Fenóis	0,89	Canadá	mg/L	W-PHI-PHO	0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,01	0,02	0,03	0,02	-0,003	-0,003	-0,003	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,04	-0,002	-0,002	0,04	-0,002	0,02	-0,003	-0,005			
Acidez pH 4.5			mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	-0,15					-0,06	-0,06		-0,06	-0,06		0,947	-0,15			-0,06	-0,06		-0,06	-0,06		1,07					
Acidez pH 8.3			mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	-0,16					0,08	0,07		0,09	-0,06		-0,15	0,268			0,35	0,09		0,11	0,13		-0,15					
Alcalinidade pH 4.5			mmol/L	W-ALK-PCT	0	0,466					0,45	0,41		0,6	0,52		-0,15	0,8			0,64	0,47		0,71	0,71		-0,15					
Cloratos	250	LQ	mg/L	W-CLIC	0,15	141	138				150	143	163	137	131	64	147	127	111	62		95	77	100	70	68	64	80	63,5			
Dióxido de carbono livre, CO2			mg/L	W-CO2F-CC2	0,15	6					7	6		8	3		3,08	24			31	8		10	11		9,24					
Bicarbonato			mg/L	W-CO2F-CC2	0	57					55	51		73	63		57,8	98			78	57		87	87		65,4					
Nitratos	50	NQ	mg/L	W-NO3-IC	1	19					24	30		23,4	16		31,9	12			12	11		10,4	8,4		10,1					
Sulfato SO4 ²⁻	250	LQ	mg/L	W-SO4-IC	0	17,8					20	19		18,4	18		15,2	13,2			12	13		8,9	9,5		10,2					
Total de dióxido de carbono livre, CO2			mg/L	W-CO2F-CC2		62					31	38					44,8	108			61	50					56,4					
Alumínio - Al	0,2	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,1					-0,1	-0,1		-0,01	-0,01		-0,01	-0,01			-0,1	0,013		0,015	0,01		-0,01					
Antimônio - Sb	0,005	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025					-0,0025	-0,0025		-0,0025	-0,0025		-0,01	-0,0025			-0,0025	-0,0025		-0,0025	-0,0025		-0,01					
Ársenio - As	0,01	LQ	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,003					-0,003	-0,003		-0,003	-0,003		-0,005	-0,003			-0,003	-0,003		-0,003	-0,003		-0,005					
Bário - Ba	1	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,0005	0,008	-0,0005	-0,0005	0,0026	0,0007		-0,003	-0,003	0,004	-0,003	-0,003	0,0013	-0,0005	0,008	-0,0005	-0,0005	0,005	0,0006	-0,003	-0,003	0,003	-0,003	-0,003	0,00159		
Berílio - Be	0,004	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,0002	-0,0002					-0,0002	-0,0002		-0,0002	-0,0002		-0,0002	-0,0002			-0,0002	-0,0002		-0,0002	-0,0002		-0,0002					
Boro - B	5	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,1	-0,1	0,06	0,02	0,05	0,04		-0,03	-0,06	0,08	0,08	0,06	0,026	0,08	0,01	0,06	0,05	0,01	0,56	-0,03	-0,06	0,06	0,09	0,06			
Cádmio - Cd	0,005	LQ	mg/L	W-METAXFL1	0,0004	-0,0004					-0,0004	-0,0003		-0,003	-0,0003		-0,0004	-0,0004			-0,0004	-0,0004		-0,0004	-0,0003		-0,003					
Cálcio - Ca			mg/L	W-METAXFL1	0,005	18,2					19,2	17,2		17	16,2		12,6	9,6			13	5,9		5,6	5,77		3,7					
Crómio - Cr	0,05	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,0005					0,0005	0,001		-0,0007	-0,0007		-0,001	0,0034			0,0005	0,0009		0,0008	-0,0007		-0,001					
Cobalto - Co	0,0038	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002					-0,002	-0,002		-0,002	-0,002		-0,002	-0,002			-0,002	-0,002		-0,002	-0,002		-0,002					
Cobre - Cu	2	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,002					-0,002	-0,002		-0,002	-0,002		-0,001	0,008			0,002	-0,002		-0,002	-0,002		-0,001					
Ferro - Fe	0,2	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,01					0,003	0,004		-0,003	0,01		-0,002	0,205			0,143	0,123		0,182	0,269		0,0726					
Chumbo - Pb	0,01	LQ	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,005					-0,005	-0,003		-0,003	-0,003		-0,005	-0,005			-0,005	-0,003		-0,003	-0,003		-0,005					
Lítio - Li			mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001					-0,001	-0,001		-0,001	-0,001		-0,001	-0,001			-0,001	0,005		-0,001	0,005		0,005					
Manganes - Mn	0,05	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,004					-0,0005	0,0024		-0,001	-0,001		-0,0005	-0,004			-0,0005	0,004		0,0015	0,0021		0,00134					
Mercurio - Hg	1	LQ	µg/L	W-HG-APFL	1	-0,1					-0,01	0,11		0,1	0,1		-0,01	-0,01			-0,01	0,12		-0,1	-0,1		-0,1					
Molibdeno - Mo	0,07	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002					-0,002	0,002		-0,002	-0,002		-0,002	0,006			-0,002	0,004		0,004	0,004		0,0045					
Níquel - Ni	0,02	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002					-0,002	0,001		-0,002	-0,002		-0,002	0,005			0,007	0,002		-0,002	-0,002		-0,002					
Fósforo - P			mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,084					0,087	0,088		0,113	0,096		0,071	0,128			0,149	0,141		0,17	0,114		0,134					
Fósforo - P			mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,084					0,087	0,088		0,113	0,096		0,071	0,128			0,149	0,141		0,17	0,114		0,134					
Selénio - Se	0,01	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025					-0,0025	-0,0025		-0,0025	-0,0025		-0,01	-0,0025			-0,0025	-0,0025		-0,0025	-0,0025		-0,01					
Prata - Ag	0,0015	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001					-0,001	-0,001		-0,001	-0,001		-0,001	-0,001			-0,001	-0,001		-0,001	-0,001		-0,001					
Sódio - Na	200	VP	mg/L	W-METAXFL1	0,03	85,9	83,7				88,5	80,4		82,1	76,9		87,7	88,5		49,7	99,7	66,9		79,6	60,3	63,1	59,5	63,7	50,5			
Tálio - Tl			mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001					-0,001	-0,001		-0,001	-0,001		-0,001	-0,001			-0,001	0,005		-0,001	0,005		0,005					
Vanádio - V	0,0062	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,001	0,013	-0,001				0,013	0,012		0,024	0,014		0,011	0,013		0,06	0,0108	0,01	-0,001		0,011	0,011	0,023	0,013	0,015	0,012	0,024	0,0177
Zinco - Zn	1,1	Canadá	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002					-0,002	0,01		-0,007	-0,016		-0,002	0,03			-0,002	0,01		-0,002	0,01		-0,007	-0,016	-0,002			
Hidrocarbonetos Totais	0,75	Canadá	mg/L	W-TPHW-IR	0,05	-0,1					-0,1	-0,1		-0,1	-0,1		-0,1	-0,1			-0,1	-0,1		-0,1	-0,1		-0,1					
BTEX			µg/L																													
Benzeno	1	VP	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2					-0,2	-0,2		-0,2	-0,2		-0,2	-0,2			-0,2	-0,2		-0,2	-0,2		-0,2					
Etilbenzeno	1,3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1					-0,1	-0,3		-0,3	-0,3		-0,1	-0,1			-0,1	-0,3		-0,3	-0,3		-0,1					
Meta-para-xileno	1,3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2					-0,2	-0,3		-0,3	-0,6		-0,2	-0,2			-0,2	-0,3		-0,3	-0,6		-0,2					
Orto-xileno	1,3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1					-0,1	-0,3		-0,3	-0,3		-0,1	-0,1			-0,1	-0,3		-0,3	-0,3		-0,1					
Tolueno	1,3	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1					-1	-1		-1	-1		-1	-1			-1	-1		-1	-1		-1					
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados																																
1,1,1,2-Tetracloretoano	1,1	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1					-0,1	-0,2		-0,2	-0,2		-0,1	-0,1			-0,1	-0,2		-0,2	-0,2		-0,1					
1,1,1-Tricloretoano	200	Canadá	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1					-0,1																					

A Figura 5.1 apresenta uma síntese dos valores registados nas análises pontuais recolhidas, respetivos parâmetros e períodos.

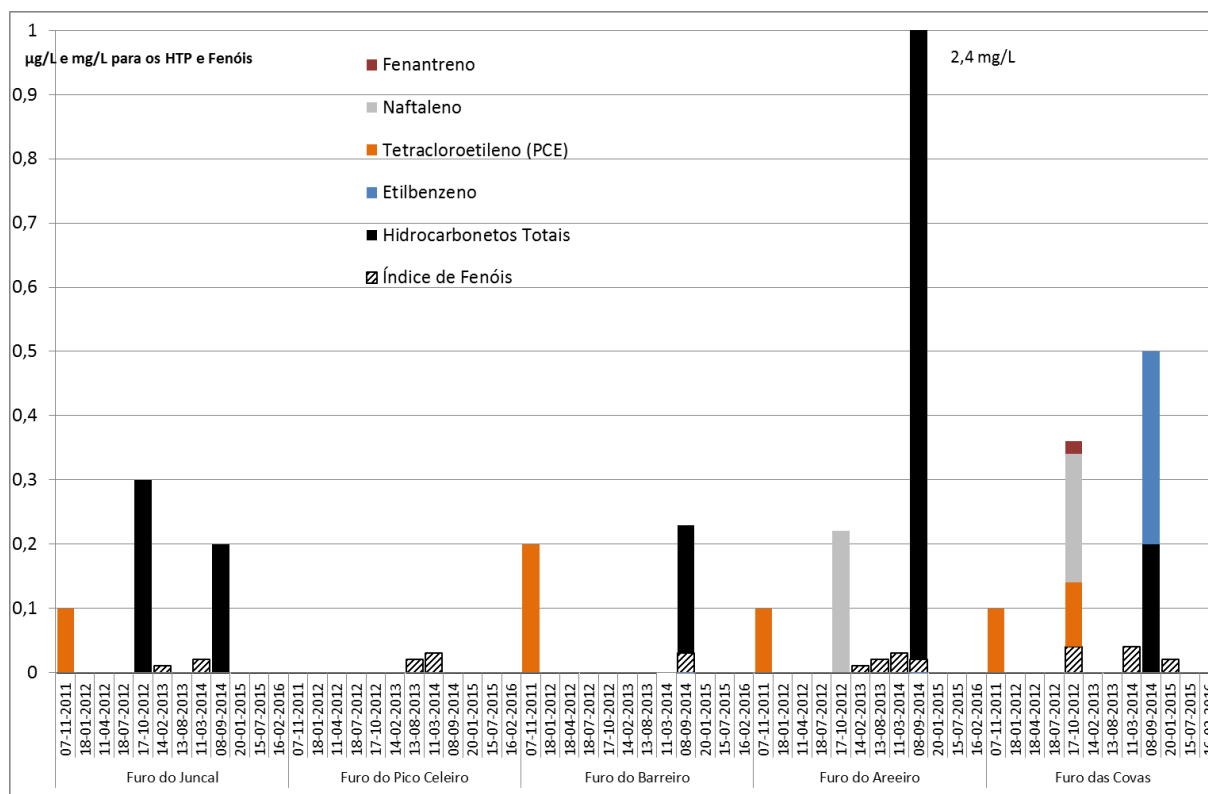


Figura 5.1 – Concentrações em diferentes hidrocarbonetos superiores ao limite de quantificação nas águas de consumo humano entre 2011 e 2016, para amostras pontuais

Como já anteriormente referido, a sua análise confirma que terão existido diferentes períodos onde os valores de hidrocarbonetos terão estado acima dos limites de quantificação, embora apenas em duas situações (atendendo aos novos limites definidos pela APA, cf. Anexo II) acima das normas de qualidade (Furo do Areeiro, dia 08/09/2014, para hidrocarbonetos totais e Furo das Covas, dia 17/10/2012, para fenantreno), cf. Quadro 5.2. Salienta-se que este último valor definido pela APA é de 0,0065 µg/L enquanto o valor definido pela legislação do Canadá é de 1 µg/L, várias ordens de grandeza acima.

Relativamente à evolução da situação, salienta-se a ausência de hidrocarbonetos desde janeiro de 2015. Durante o ano 2015 foram realizadas 14 amostragens (12 da monitorização semanal, não representada na Figura 5.1) cujos resultados foram sempre inferiores aos limites de deteção, com exceção do índice de fenóis em janeiro de 2015 no furo das Covas.

5.2.2 Amostragem contínua

Apesar destes resultados, o facto de as amostras de água recolhidas representarem a qualidade da água pontual, i.e. para um período discreto (durante o qual se está a fazer a amostragem), levou a que se recomendasse montar um sistema de amostragem passiva para deteção contínua cumulativa de hidrocarbonetos totais do petróleo e compostos orgânicos voláteis durante um período alargado.

Esse sistema foi montado pela Praia Ambiente, E.M. com a empresa AmbiPar Control. Assim, entre os dias 17 de fevereiro e 16 de março foi realizada uma amostragem com amostradores passivos - PS Organic (PAH) e PS VOC.

O sistema, desenvolvido e implementado pela AmbiPar Control, consiste na colocação de amostradores passivos em contentores selados de 80 L que receberam continuamente água bombeada dos furos de captação, com caudal controlado. Estima-se que, no final dos 30 dias de amostragem, tenha passado um volume aproximado de 15 m³ de água pelo contentor de cada ponto de colheita.

Citando o "Relatório de Monitorização FR 015_016_17 v2" (Morais, 2016) para cumprimento do objetivo delineado, monitorização de PAH e COV, foram introduzidos no sistema desenvolvido dois tipos de amostradores passivos:

- PS VOC para a colheita de compostos orgânicos voláteis, constituído por tubo de PEBD cerca de 35 cm de comprimento (Figura 5.2) com uma rede de proteção de polietileno na parte externa. O tubo foi cheio com água desionizada, fornecida pelo laboratório contratualizado, através de um bocal de enchimento e fechada com tampão. O tempo de colheita definido foi de 30 dias, atendendo aos parâmetros pesquisados, à temperatura média da água e ao tempo de equilíbrio entre a água proveniente da captação e a água desionizada. No final do tempo, o amostrador foi recuperado e por pressão encheram-se 2 frascos de 40 ml. As amostras foram posteriormente analisadas por método padrão.
- PS Organic para a colheita de PAH, método de amostragem passiva para os compostos orgânicos não-polares (PAH). O amostrador consiste numa aranha de aço inoxidável (Figura 5.3) onde se monta uma membrana que contém um lípido hidrofóbico que absorve facilmente substâncias. O período de amostragem foi, igualmente, de um mês.



Figura 5.2 – Amostrador de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) (Morais, 2016)



Figura 5.3 – Amostrador de Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH) (Morais, 2016)

Ainda citando a mesma fonte, durante este período, os poluentes orgânicos dissolvidos difundem-se através da membrana e são acumulados no lípido. Os compostos orgânicos são, no final, extraídos a partir da membrana e posteriormente analisados por métodos convencionais. A partir da análise, as concentrações na água podem ser calculadas. As concentrações de substâncias solúveis em lípidos são muitas vezes tão baixas que a análise química direta não é conclusiva, mas a pré-concentração obtida pelo amostrador passivo permite-nos uma maior fiabilidade na análise.

Os resultados obtidos nesta amostragem de um mês são apresentados no Quadro 5.3. Como se pode observar no quadro, bem como na Figura 5.4, os valores encontrados são extremamente baixos e só foram detetados graças a limites de deteção muitíssimo baixos, da ordem de picogramas/L (1000000 x abaixo de $\mu\text{gramas/L}$). Estas concentrações acumuladas durante um mês estão várias ordens de grandeza abaixo dos limites referidos no Anexo II).

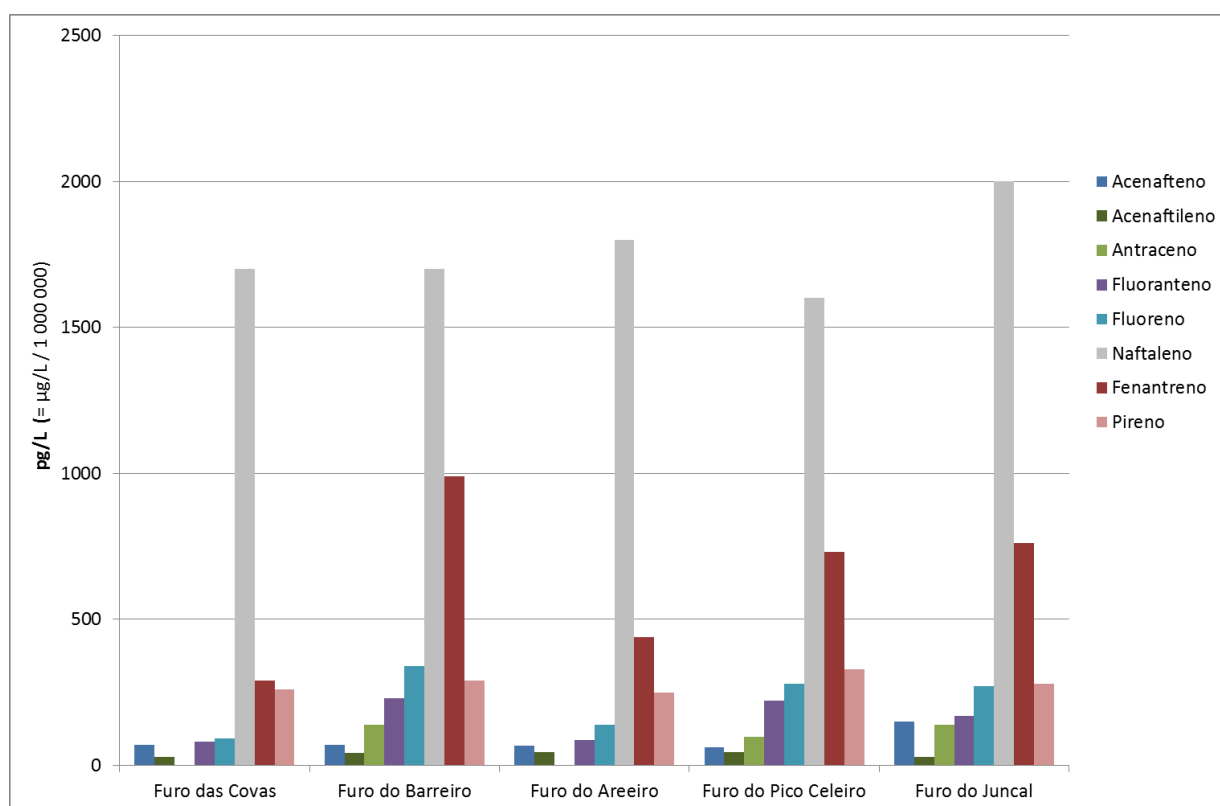


Figura 5.4 – Concentrações em hidrocarbonetos superiores a zero nas águas de consumo humano

Pese embora estes resultados favoráveis, importa manter a monitorização de hidrocarbonetos, tal como já previsto pela Praia Ambiente, E.M. para 2017. A presença dos mesmos tipos de contaminantes (todos eles PAH com maior densidade do que a água) e em concentrações proporcionais equivalentes entre os diferentes furos exhibe um padrão que deve ser seguido. O naftaleno e o fenantreno surgem como os dois compostos com maiores concentrações, facto também detetado em campanhas anteriores (Figura 5.1), juntamente com o tetracloroetileno e o etilbenzeno.

Quadro 5.3 – Resultados da concentração em hidrocarbonetos em análises contínuas realizadas nos furos de captação para abastecimento público

Parâmetro	Unidade	Método	Limite de quantificação	Furo das Covas	Furo do Barreiro	Furo do Areeiro	Furo do Pico Celeiro	Furo do Juncal	Valor Limite	Norma
Data				16/03/2016	16/03/2016	16/03/2016	16/03/2016	16/03/2016		
Benzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	1	VP e L
Etilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1,3	L
Meta-para xileno	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	1,3	L
Orto-xileno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1,3	L
Tolueno	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	1,3	L
Soma BTEX	µg/L	W-VOCGMS01	1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-	-
Soma xilenos	µg/L	W-VOCGMS01	0,3	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-	-
Soma TEX	µg/L	W-VOCGMS01	1,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-	-
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados										
1,1,1,2-Tetracloretoano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1,1	Canadá
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	200	Canadá
1,1,2,2-Tetracloretoano	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	Canadá
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	4,7	Canadá
1,1-Dicloroetano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	5	Canadá
1,1-Dicloroetano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1,6	Canadá
1,1-Dicloropropileno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	70	Canadá
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	3	Canadá
1,2-Dicloroetano	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	3	VP
1,2-Dicloropropano	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-
1,3-Dicloropropano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1	Canadá
2,2-Dicloropropano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
2-Clorotolueno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
4-Clorotolueno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Bromobenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Bromoclorometano	µg/L	W-VOCGMS05	2	-2	-2	-2	-2	-2	-	-
Bromodichlorometano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	16	Canadá
Bromofórmio	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	25	Canadá
Brometano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,89	Canadá
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1,6	Canadá
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,5	Canadá
Cloro de vinil	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,5	Canadá
Clorobenzeno	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	30	Canadá
Cloroetano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Clorofórmio	µg/L	W-VOCGMS01	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	2,4	Canadá
Clorometano	µg/L	W-VOCGMS05	10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-
Dibromoclorometano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	25	Canadá
Dibromometano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Diclorodifluorometano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	590	Canadá
Diclorometano	µg/L	W-VOCGMS01	6	-6	-6	-6	-6	-6	-	-
Hexaclorobutadieno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,44	Canadá
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,65	L
Tetraclorometano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1,6	Canadá
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,5	Canadá
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,65	L
Triclorofluorometano	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	150	Canadá
Soma de 3 Diclorobenzenos	µg/L	W-VOCGMS01	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-	-
Soma de 3 Triclorobenzenos	µg/L	W-VOCGMS01	0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-	-
Soma de 4 Trihalometanos	µg/L	W-VOCGMS01	0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-	-
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados										
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Isopropilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,65	L
n-Butilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
n-Propilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
p-Isopropiltolueno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
sec-Butilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Estireno	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	5,4	Canadá
tert-Butil álcool	µg/L	W-VOCGMS01	5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-
tert-Butilbenzeno	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-
Soma de BTEXs	µg/L	W-VOCGMS01	1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-	-
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs)										
Acenafteno	pg/L	W-PAHGMS01	-	70	71	67	61	150	6500	L
Acenaftileno	pg/L	W-PAHGMS01	-	28	42	45	44	28	13000	L
Antraceno	pg/L	W-PAHGMS01	-	15	140	15	97	140	100000	L
Benzo(a)antraceno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-7,9	-9,3	-9,2	-12	-6,6	6500	L
Benzo(a)pireno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-8,3	-9,4	-9,3	-9,8	-6,6	10000	L
Benzo(b)fluoranteno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-8,6	-9,6	-9,5	-10	-6,8	100000	L
Benzo(g,h,i)perileno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-11	-9,5	-9,4	-9,9	-6,7	100000	L
Benzo(k)fluoranteno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-8	-9,5	-9,4	-9,9	-6,7	100000	L
Criseno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-8,5	-9,5	-9,4	-9,9	-6,7	6500	L
Dibenz(a,h)antraceno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-8,3	-9,9	-9,7	-10	-6,9	6500	L
Fluoranteno	pg/L	W-PAHGMS01	-	81	230	85	220	170	100000	L
Fluoreno	pg/L	W-PAHGMS01	-	91	340	140	280	270	6500	L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	pg/L	W-PAHGMS01	-	-8,3	-9,8	-9,7	-10	-6,8	100000	L
Naftaleno	pg/L	W-PAHGMS01	-	1700	1700	1800	1600	2000	2400000	L
Fenantreno	pg/L	W-PAHGMS01	-	290	990	440	730	760	6500	L
Pireno	pg/L	W-PAHGMS01	-	260	290	250	330	280	3000	L
Soma PAH - Lowerbound	pg/L	W-PAHGMS01	-	2500	3800	2800	3400	3700	-	-
Soma PAH - Upperbound	pg/L	W-PAHGMS01	-	2600	3900	2900	3400	3800	-	-

“-” Equivalente a “<”

Sombreado a amarelo encontram-se os hidrocarbonetos que apresentam valores superiores ao limite de quantificação

6 | Síntese, conclusões e recomendações

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

Síntese e conclusões

- Na área e a jusante dos Sites 3001 e 5001:
 - Foram recolhidas amostras de água em dez piezómetros, a três profundidades diferentes: (1) uma amostra superficial para análise de LNAPL; (2) uma amostra de fundo para análise de DNAPL e (3) uma amostra representativa onde foram analisados os restantes parâmetros, tendo sido analisados 109 parâmetros químicos diferentes.
 - Foram ultrapassados os valores de referência utilizados em diversas amostras de águas subterrâneas, tanto nos piezómetros dentro como fora dos Sites 3001 e 5001.
 - Em muitos dos casos observou-se o reaparecimento de diversos hidrocarbonetos em vários pontos de amostragem dentro e fora dos Sites, confirmando o que já havia sido detetado em março de 2016.
 - Foi observado um aumento significativo das concentrações e dos compostos no piezómetro FP3A (um dos três pontos amostrados, fora do Site 3001) entre as duas campanhas de 2016, facto que poderá estar ligado ao derrame de combustível que se verificou em março de 2016 no pipeline da Cova das Cinzas.
 - Foram encontradas concentrações acima dos valores de referência dentro dos três piezómetros do Site 3001 apenas para o pireno, fluoreno e soma de 4 PAH (DL 306/2007); no caso do MW05 este facto poderá resultar da presença de uma meia absorvente para reabilitação.
- Nos furos de abastecimento de água:
 - Os resultados das análises de 14 amostragens pontuais efetuadas através da Praia Ambiente, E.M. (11), LNEC (2) e ERSARA (1) entre janeiro de 2015 e fevereiro de 2016 apresentaram concentrações em hidrocarbonetos sempre inferiores aos limites de quantificação.
 - Os resultados da análise de uma amostragem contínua, realizada entre 17 de fevereiro e 16 de março, efetuadas através da Praia Ambiente, E.M. (relativos ao período de 30 dias de amostragem, durante o qual se estima que tenha filtrado um volume aproximado de 15 m³ de água) apresentam concentrações em hidrocarbonetos extremamente baixas, da ordem de picogramas/L (1000000 x abaixo

de $\mu\text{gramas/L}$). Estas concentrações acumuladas durante um mês estão várias ordens de grandeza abaixo dos limiares de qualidade referidos no Quadro 4.3.

- Os restantes resultados das análises de monitorização da qualidade da água evidenciaram que todos os parâmetros determinados em 2015 e 2016 se encontram em conformidade com as Normas de Qualidade, Anexo I da DAS e do Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, definidas no DL 208/2008, com Valor Paramétrico definido no DL 306/2007, o qual define as normas da qualidade da água destinada ao consumo humano, e nos Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2) canadianos, com exceção do parâmetro ferro, nos furos das Covas, do parâmetro cloreto, nos furos do Juncal e do Barreiro, e do parâmetro vanádio, em todos os furos. Estes elementos são de origem natural (Fe e V) ou devem-se a processos de sobreexploração do aquífero de base, mas nenhum deles constitui um risco para a saúde pública.

Recomendações

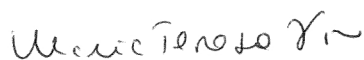
- Na área e a jusante dos Sites 3001 e 5001:
 - O conjunto de medidas proposto (Secção 3.2) contempla as principais ações consideradas relevantes implementar a curto e médio prazo. Importa que sejam iniciadas com celeridade.
 - As ações de caracterização complementar propostas não devem constituir motivo de atraso na implementação urgente das ações de reabilitação necessárias.
 - A análise dos novos derrames de combustível e suas implicações na qualidade das águas subterrâneas (e.g. degradação da qualidade da água no FP3A, cf. Secção 4.2.2) deve ser contemplada nos processos de caracterização e de reabilitação.
- Nos furos de abastecimento de água:
 - Não há recomendações a propor, além das sugestões de pormenor apresentadas por email (enviado pelo LNEC para o Eng. Hugo Pacheco no dia 24/10/2016, às 19:28 de Lisboa) relativamente ao Plano Especial de Controlo da Qualidade da Água previsto para 2017 pela Praia Ambiente, E.M.. Considera-se adequada a metodologia apresentada no referido Plano, quer em termos da sequência de análises proposta (em função dos resultados que forem sendo obtidos), quer dos parâmetros a analisar ou dos limites de quantificação.

Atendendo à evolução da situação aferida pelos resultados da monitorização, o processo de reabilitação das áreas restritas afetadas foi revisto pela 65 ABW e irá ser incrementado em 2017 e anos seguintes, mantendo-se importante haver o acompanhamento do Estado Português, até que as ações levadas a cabo conduzam à efetiva reabilitação dos locais contaminados.

Lisboa, LNEC, novembro de 2016

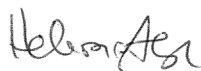
VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



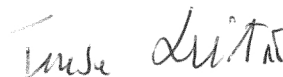
Teresa Viseu

A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente

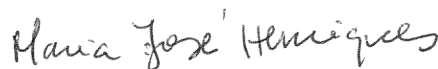


Helena Alegre

AUTORIA



Teresa E. Leitão
Investigadora Principal com Habilitação



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.
- LEITÃO T.E.; LOBO-FERREIRA, J.P.; OLIVEIRA, M.M., 2013 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. LNEC - Relatório Final**. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 407/2013 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R., 2015 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de 2015**. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 287/2015 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E. e HENRIQUES, 2016 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolverte aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório de Progresso 2016**. LNEC - Proc. 0605/121/18422. Relatório 137/2016 – DHA/NRE.

Anexos

ANEXO I

Powerpoints utilizados pela FAA para apoio às reuniões de 19 de abril e de 21 de outubro de 2016

Air Force Civil Engineer Center

Integrity - Service - Excellence



USAF Evaluation of LNEC Remediation Report, Lajes Field, Azores

**Environmental Restoration
Technical Support
Apr 2016**



Purpose of LNEC Study

- **Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) provided an independent assessment of Air Force restoration activities at**
 - **Main Gate Area (Site 3001)**
 - **South Tank Farm (Site 5001)**
- **Study included:**
 - **Review Air Force remediation contractor reports**
 - **Sampled groundwater at selected wells including drinking water wells**
 - **Geophysical survey of fuel product near Main Gate**



Conclusions of LNEC Study

- **No hydrocarbons detected in drinking water samples**
 - **Two dissolved fuel plumes (Main Gate and South Tank Farm)**
 - **Main Gate plume is more extensive**
 - **Fuel recovery is effective but much remains**
 - **Monitoring program for natural attenuation is suitable with small adjustments**
-



Conclusions of LNEC Study: Continued

- **Air Force geophysical survey confirmed by LNEC survey**
 - **LNEC: geophysical anomalies indicate**
 - **Significant mass remains**
 - **No apparent migration of fuel product**
 - **USAF: 2010 drilling does NOT confirm presence of fuel product at anomalies**
-



LNEC Recommends Optimize Remedial Approach

- **LNEC: Conduct feasibility study focused on vadose (unsaturated) zone including soil excavation to water table and bioventing**
 - **USAF concurs with more complete assessment of the alternatives**

 - **LNEC: Optimize fuel-product recovery protocol**
 - **USAF concurs**
-



LNEC Recommendations: Continued

- **LNEC: Install passive samplers in 5 city wells to assure no contaminant pulses are missed**
 - **USAF: Off-base remediation not valid IAW DODI 4715.08**
 - **Claims procedure is the only avenue available to honor host nation off-base remediation requests**

 - **LNEC: Install fuel recovery wells at geophys. anomalies**
 - **USAF: Confirm fuel presence with drilling before committing to recovery**

 - **LNEC: Evaluate effectiveness of fuel recovery by future geophysical survey**
 - **USAF: Past surveys have not been effective for detecting fuel**
-



USAF Recommendations

- **Develop a basewide conceptual site model (CSM) showing relationships between contaminated sites and water-supply wells**
 - **Extend CSM to fuel product fate and transport**
 - **Follow established guidance**
 - **Support mission reduction: Identify areas not impacted by contamination**
 - **Revisit recommendations with LNEC at technical working group level**
-



LNEC Recommendations

- **USAF assessment: Defer these LNEC recommendations until more information is available**
 - **LNEC: Perform sampling and assessment for DNAPLs: liquid that is denser than and does not dissolve in water (i.e. separate phase solvents)**
 - **USAF: Chlorinated VOCs concentrations in water not high enough to indicate DNAPL**
 - **LNEC: Remove pipelines associated with Cabrito and Cova das Cinzas AOCs to eliminate pollution sources**
 - **USAF: This is an on-going SRM project**
-

Air Force Civil Engineer Center

Integrity - Service - Excellence



Environmental Remediation Update, Lajes Field, Sites 3001 and 5001

**Technical Experts Meeting
October 2016**



Overview of Groundwater Contamination

- **Dissolved fuel plumes appear to be stable and limited to the Main Gate Area (Site 3001) and South Tank Farm (Site 5001)**
- **Fuel product is present at water table at both sites**
- **No hydrocarbons detected in drinking water samples**
- **Fuel recovery is on-going**
- **Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) provided recommendations for additional site characterization and remediation (2015).**



LNEC and AFCEC Collaboration

- **Initial teleconference held 19 April 2016 with follow-up exchange of data and reports**
 - **General concurrence on technical approach**
 - **Natural attenuation monitoring program suitable but optimize sampling/analytical protocols**
 - **Conduct feasibility study of remediation alternatives**
 - **Optimize fuel-product recovery protocol**
 - **AFCEC and LNEC conceptual/numerical models differ in form but consistent in substance**
 - **Water supply wells not downgradient of sites**
 - **LNEC wellhead protection zones conservative but reasonable**
-



Remediation Activities Since April 2016 Technical Meeting

- **Monitoring and fuel product recovery continue**
 - **AFCEC Subject Matter Experts provided**
 - **Technical evaluation of site characterization and remedial approach**
 - **Remedy Implementation Plan: 16 June 2016, schedule updated 27 September 2016**
 - **AFCEC seeks LNEC comments and/or concurrence on Remedy Implementation Plan**
 - **Teleconference proposed for 19 October 2016**
-



Proposed Implementation Plan: Future Remedy Optimization

- **Specific characterization activities will be determined using FY2017 results**
 - **Continue monitoring program: Enhance with high-resolution methods if justified by 2017 data**
 - **Improve delineation of groundwater plume & fuel product**
 - **Demonstrate plume stability, refine flow directions**
 - **Establish long-term remedial objectives and performance indicators for plume & fuel product**
 - **If justified by 2017 data and/or feasibility study**
 - **Install new extraction wells**
 - **Implement alternative remediation technologies**
-



Remediation Implementation Plan: FY2017

- **Site Characterization Activities**
 - **Synoptic water level measurement to refine flow paths**
 - **Continue current monitoring well program**
 - **Update sampling protocols to enhance data quality**
 - **Revise monitoring network per LNEC findings**
 - **Remedy Optimization**
 - **Well redevelopment and integrity checks**
 - **Fuel product recovery and well inter-connectivity tests to provide data for optimization**
 - **Use test data to optimize protocols, accelerate recovery, and identify additional well needs**
 - **Feasibility study of remediation alternatives**
-

ANEXO II

Parâmetros medidos nos pontos de águas subterrâneas durante a campanha de setembro de 2016

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 Final, 2016

Ponto de colheita Designação	Tipo Amostragem	Tipo de ponto de água	Análise	Data	Hora	Prof. de Colheita	Piezómetro		T (°C)	pH	CE (mS/cm 25°C)	Eh mV	O2 mg/L %	Obs
							nível (m)	prof. (m)						
FB5 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro (antigo furo de bombagem)	VOC; TPH; Fenóis	20-09-16	15:30	1,65	1,55	9,50						H da boca do furo = 0.5 m
FB5 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro (antigo furo de bombagem)	PAH	20-09-16		9,40		9,50						
FB5 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro (antigo furo de bombagem)	Metais; Inorgânicos	20-09-16		5,50		9,50	20,90	6,70	1522,00	172,20	41,70	
S6B S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	20-09-16	9:48	4,30 a 4,90	4,06	9,00						Nível baixa à medida que a bomba peristáltica extrai água
S6B F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	20-09-16		9,00		9,00						Água turva acastanhada
S6B M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	20-09-16		6,00		9,00	20,30	6,68	328,10	251,00	0,50	
S6A S	BAILER	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	19-09-16	19:10	8,50	7,96	11,00						Água turva com sedimentos escuros, folhas e raízes
S6A F	BAILER	Piezómetro	PAH	19-09-16		10,00		11,00						Água mais limpa
S6A M	BAILER	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	19-09-16		9,00		11,00	19,10	6,62	347,20	-5,90	21,80	
MW02, Site 3001 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	20-09-16	10:30	3,30 a 3,80	3,20	7,80						Nível baixa à medida que a bomba peristáltica extrai água
MW02, Site 3001 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH; Metais; Inorgânicos	20-09-16		5,00		7,80	20,20	6,68	505,00	224,40	0,20	Cheiro a hidrocarbonetos
MW02, Site 3001 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH; Metais; Inorgânicos	20-09-16		6,90		7,80						
FP6B S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	20-09-16	14:35	3,25	3,06	12,00						PZ com problemas, o equipamento não passa dos 5 m; Água turva
FP6B F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	20-09-16		4,00		12,00						Água muito turva com sedimentos
FP6B M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	20-09-16		3,50		12,00	20,10	7,25	707,00	16,60	90,00	Água turva
FP6A S	BAILER	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	19-09-16	17:33	15,20	15,14	37,79						
FP6A F	BAILER	Piezómetro	PAH	19-09-16		36,38		37,79						
FP6A M	BAILER	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	19-09-16		26,00		37,79	20,30	7,11	374,10	188,20	31,50	
S5B S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	20-09-16	9:30	1,15 a 1,90	0,88	5,20						Nível baixa à medida que a bomba peristáltica extrai água
S5B F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	20-09-16		3,70		5,20						Água com sedimentos escuros
S5B M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	20-09-16		3,00		5,20	20,10	7,09	971,00	-123,50	11,50	
MW05, Site 3001 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	19-09-16	17:08	2,15	2,08	5,90						O PZ tem instalada uma meia absorvente que foi retirada para a amostragem. Foi colocada novamente às 17:31
MW05, Site 3001 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	19-09-16		5,90		5,90						
MW05, Site 3001 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	19-09-16		4,00		5,90	20,50	6,83	608,00	185,30	18,70	
FP3A S	BAILER	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	20-09-16	13:50	13,00	12,07	16,06						Água com sedimentos, acastanhada
FP3A F	BAILER	Piezómetro	PAH	20-09-16		15,00		16,06						
FP3A M	BAILER	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	20-09-16		14,00		16,06	19,20	6,56	413,60	199,80	64,10	
MW01, Site 3001 S	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	VOC; TPH; Fenóis	19-09-16	16:00	5,5 a 6,5	5,42	9,80						Nível baixa à medida que a bomba peristáltica extrai água
MW01, Site 3001 F	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	PAH	19-09-16		9,50		9,80						
MW01, Site 3001 M	Low Flow com peristáltica	Piezómetro	Metais; Inorgânicos	19-09-16		7,00		9,80	19,70	6,71	258,80	-30,30	63,00	
Branco de campo (M90); MW01	-	Piezómetro	VOC; Fenóis; Metais; Inorgânicos	19-09-16	16:05				29,40	7,98	9,90	243,60	5,44	
Duplicado MW01, M88	Low Flow com peristáltica	Piezómetro		19-09-16	16:00				19,70	6,71	258,80	-30,30	63,00	

