



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Análise dos resultados da monitorização de águas subterrâneas realizada em 2020

Ministério da Defesa Nacional

Lisboa • dezembro 2020

I&D CONSELHO DIRETIVO

RELATÓRIO 467/2020 – CD

Título

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Análise dos resultados da monitorização de águas subterrâneas realizada em 2020

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão

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

CONSELHO DIRETIVO

Maria de Lurdes Antunes

Investigadora-Coordenadora, Vogal do Conselho Diretivo

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Tiago N. Martins

Técnico Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 467/2020

Proc. 0102/121/22465

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Análise dos resultados da monitorização de águas subterrâneas realizada em 2020

Resumo

O LNEC encontra-se a apoiar o Ministério da Defesa Nacional (MDN) num conjunto de questões técnico-ambientais relacionadas com a presença, nos últimos 60 anos, do contingente da Força Aérea Americana (USAFE) na Base das Lajes, ilha Terceira.

De entre o vasto conjunto de trabalhos desenvolvidos em 2020 está a monitorização e amostragem de águas subterrâneas nos locais onde foi identificada a necessidade de acompanhamento da evolução da sua qualidade.

Neste relatório apresentam-se os resultados da caracterização da superfície piezométrica do aquífero basal, a descrição e análise dos trabalhos de purga do furo 3001-MW30, e a análise dos resultados das campanhas de monitorização de águas subterrâneas realizadas em 2020, comparando-a com os resultados de campanhas anteriores. Por fim, apresenta-se um conjunto de conclusões e de recomendações sobre os locais analisados.

Palavras-chave: Base das Lajes / Análise do estado / Águas subterrâneas / Recomendações

COMPLEMENTARY STUDIES CONCERNING ENVIRONMENTAL REHABILITATION RELATED TO THE USE OF LAJES BASE BY THE USA

Analysis of the groundwater monitoring results from 2020

Abstract

LNEC is providing technical support to the Ministry of National Defense of Portugal (MDN) in the assessment of environmental issues arising from the presence of the United States Air Force (USAFE) at Lajes Air Base, in Terceira Island, Azores.

Among the vast set of works developed in 2020 is the monitoring and sampling of groundwater in places where the need to monitor the evolution of its quality was identified.

This report presents the results of the characterization of the piezometric surface of the basal aquifer, the description and analysis of the purging works of the 3001-MW30 well, and the analysis of the results of the groundwater monitoring campaigns carried out in 2020, comparing them with the results from previous campaigns. The report finalises with a set of conclusions and recommendations on the sites analysed.

Keywords: Lajes Base / State analysis / Groundwater / Recommendations

Índice

1	Síntese dos trabalhos desenvolvidos e contextualização deste relatório.....	1
2	Caracterização da superfície piezométrica do aquífero basal	4
2.1	Introdução	4
2.2	Trabalhos desenvolvidos	4
2.3	Resultados obtidos	5
3	Purga do furo 3001-MW30 e análise dos resultados da qualidade da água extraída	9
3.1	Trabalhos desenvolvidos	9
3.2	Resultados obtidos	10
4	Campanhas realizadas, procedimentos de amostragem e métodos de avaliação utilizados	14
5	Caracterização da evolução da qualidade das águas subterrâneas	16
5.1	Site 3001: Main Gate	16
5.1.1	Contexto histórico	16
5.1.2	Plano de monitorização e espessuras de LNAPL	17
5.1.3	Resultados obtidos	18
5.1.4	Conclusões e recomendações	24
5.2	Site 3003: Main Power Plant.....	25
5.2.1	Contexto histórico	25
5.2.2	Plano de monitorização	26
5.2.3	Resultados obtidos	26
5.2.4	Conclusões e recomendações	31
5.3	Site 5001: South Tank Farm	32
5.3.1	Contexto histórico	32
5.3.2	Plano de monitorização	34
5.3.3	Resultados obtidos	34
5.3.4	Conclusões e recomendações	45
5.4	Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks	46
5.4.1	Contexto histórico	46
5.4.2	Plano de monitorização	47
5.4.3	Resultados obtidos	47
5.4.4	Conclusões e recomendações	51
5.5	Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall	52
5.5.1	Contexto histórico	52
5.5.2	Resultados obtidos	52
5.5.3	Conclusões e recomendações	56
5.6	Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	56
5.6.1	Contexto histórico	56
5.6.2	Plano de monitorização	57
5.6.3	Resultados obtidos	57
5.6.4	Conclusões e recomendações	61
5.7	Site 5010: Medium Port Command.....	62
5.7.1	Contexto histórico	62
5.7.2	Plano de monitorização	63
5.7.3	Resultados obtidos	63
5.7.4	Conclusões e recomendações	69
5.8	Site 5013: Military Highway Spill.....	70

5.8.1	Contexto histórico	70
5.8.2	Plano de monitorização	71
5.8.3	Resultados obtidos	71
5.8.4	Conclusões e recomendações	75
5.9	Site 5014: Former Running Track.....	76
5.9.1	Contexto histórico	76
5.9.2	Plano de monitorização	77
5.9.3	Resultados obtidos	78
5.9.4	Conclusões e recomendações	84
6	Conclusões e recomendações.....	85
	Referências bibliográficas	92
	ANEXOS.....	95
	ANEXO I Apresentações realizadas na reunião de 13 de julho de 2020	97
	ANEXO II Apresentações realizadas na reunião de 11 de novembro de 2020	119
	ANEXO III Condições técnicas a incluir em Cadernos de Encargos com vista à remediação dos problemas encontrados no aquífero basal no furo MW30	127
	ANEXO IV Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	133

Índice de figuras

Figura 1.1 – Mapa dos Sites em análise pelo LNEC em 2020	3
Figura 2.1 – Representação esquemática da cota da boca de um furo, profundidade ao nível piezométrico e cota piezométrica	5
Figura 2.2 – Superfície piezométrica do aquífero basal definida com base em medições efetuadas a 15 de outubro de 2020.....	7
Figura 2.3 – Superfície piezométrica do aquífero basal definida com base em medições efetuadas a 16 de outubro de 2020.....	7
Figura 3.1 – Aspeto dos dez depósitos contendo 10 000L de água subterrânea extraída do furo 3001-MW30 do aquífero basal.....	9
Figura 3.2 – Concentração em hidrocarbonetos no furo 3001-MW30 ao longo da sua purga	13
Figura 5.1 – Mapa do Site 3001	16
Figura 5.2 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente.....	21
Figura 5.3 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente.....	22
Figura 5.4 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	23
Figura 5.5 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente.....	23
Figura 5.6 – Mapa do Site 3003.....	25
Figura 5.7 – Concentração em BTEX nos piezómetros do Site 3003	29
Figura 5.8 – Concentração em COV nos piezómetros do Site 3003	30
Figura 5.9 – Concentração em HAP nos piezómetros do Site 3003	31
Figura 5.10 – Mapa do Site 5001	32
Figura 5.11 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 5001	37
Figura 5.12 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5001	38
Figura 5.13 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 5001.....	38
Figura 5.14 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001	39
Figura 5.15 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001.....	40
Figura 5.16 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001	41
Figura 5.17 – Mapa do Site 5002	46
Figura 5.18 – Mapa do Site 5003.....	52
Figura 5.19 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5003.....	55
Figura 5.20 – Mapa do Site 5008	57
Figura 5.21 – Mapa do Site 5010	62
Figura 5.22 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5010	67
Figura 5.23 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5010	68
Figura 5.24 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5010	68
Figura 5.25 – Mapa do Site 5013.....	71
Figura 5.26 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5013	75
Figura 5.27 – Mapa do Site 5014	77
Figura 5.28 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014.....	81
Figura 5.29 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5014	82
Figura 5.30 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5014	82
Figura 5.31 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014	83

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Resultado das medições da cota da boca dos furos, profundidade ao nível piezométrico e cota piezométrica em furos do aquífero basal, a 15 de outubro de 2020	5
Quadro 2.2 – Resultado das medições da cota da boca dos furos, profundidade ao nível piezométrico e cota piezométrica em furos do aquífero basal, a 16 de outubro de 2020	6
Quadro 3.1 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo 3001-MW30	11
Quadro 5.1 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3001 e outros furos do aquífero basal	17
Quadro 5.2 – Espessuras de LNAPL nalguns piezómetros do Site 3001	17
Quadro 5.3 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e furos do Site 3001 e outras áreas, junho de 2020	19
Quadro 5.4 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e furos do Site 3001 e outras áreas, outubro de 2020	20
Quadro 5.5 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente	24
Quadro 5.6 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3003	26
Quadro 5.7 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 3003, em 2020	27
Quadro 5.8 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3003	31
Quadro 5.9 – Principais características dos pontos de água amostrados no Site 5001 e área envolvente	34
Quadro 5.10 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em junho de 2020	35
Quadro 5.11 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em outubro de 2020	36
Quadro 5.12 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Paul, a sul do Site 5001	43
Quadro 5.13 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 e jusante	45
Quadro 5.14 – Principais características do piezómetro do Site 5002	47
Quadro 5.15 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Site 5002	49
Quadro 5.16 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5002	51
Quadro 5.17 – Resultados das análises químicas de amostras de água de escorrência recolhidas no Site 5003	53
Quadro 5.18 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5003	56
Quadro 5.19 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no furo do Site 5008	59
Quadro 5.20 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5008	61
Quadro 5.21 – Principais características dos piezómetros do Site 5010	63
Quadro 5.22 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5010, em 2020	65
Quadro 5.23 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5010	69
Quadro 5.24 – Principais características dos piezómetros do Site 5013	71
Quadro 5.25 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5013	73
Quadro 5.26 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5013	75
Quadro 5.27 – Principais características dos piezómetros e do poço do Site 5014	77
Quadro 5.28 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em junho de 2020	79

Quadro 5.29 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em outubro de 2020	80
Quadro 5.30 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5014	84
Quadro 6.1 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas entre 2018 e 2020 (máximos de HTP em µg/L)	86
Quadro 6.2 – Principais características dos grupos de hidrocarbonetos analisados	87
Quadro 6.3 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados em 2020	89

Agradecimentos

Agradece-se à Dr.^a Maria José Henriques e ao Dr. Tiago Martins todo o trabalho de preparação e de realização da campanha de monitorização. Agradece-se, ainda, a cuidada revisão do texto do relatório.

Ao Comando Português da Zona Aérea dos Açores agradece-se toda a ajuda na preparação e coordenação das diversas atividades necessárias a apoiar as diferentes campanhas realizadas pelo LNEC. Um especial agradecimento ao acompanhamento dos trabalhos de purga do furo 3001-MW30, realizados pela firma João Paulino, que se estenderam pela madrugada, tendo sido fundamental o apoio do Sr. Major César Fernandes pelo facto de os trabalhos se desenvolverem dentro da área militar.

Finalmente, agradece-se o apoio das Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, através do Eng. Vítor Berbereia, nomeadamente na campanha de medição sinótica de níveis piezométricos e na logística de acesso aos locais militares.

Glossário

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

AHC - Hidrocarbonetos aromáticos (*Aromatic Hydrocarbon Compounds*)

AST - Reservatório de armazenamento superficial (*Aboveground Storage Tank*)

BTEX - Benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno

CHC - Hidrocarbonetos clorados (*Chlorinated hydrocarbons*)

CHHSL - Níveis Aceitáveis para a Saúde Humana na Califórnia

COV (ou VOC) - Composto Orgânico Volátil

DCE - Dicloroetano

DCEta - Dicloroetano

DISCO - *Discovery of Suspected and Contaminated Site Study*

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

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

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

HAP (ou PAH) - Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos ou polinucleares

HTP (ou TPH) - Hidrocarbonetos totais do petróleo

l.q. - limite de quantificação (a menor quantidade de um composto ou elemento numa amostra que pode ser determinada com precisão e exatidão aceitáveis)

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

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LREC - Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores

n.a. - não aplicável

MTBE - Éter metil terc-butílico

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

OWS - Separadores óleo – água (*Oil Water Separator*)

PCB - Bifenilos policlorados

UST - Reservatório de armazenamento subterrâneo (*Underground Storage Tank*)

1 | Síntese dos trabalhos desenvolvidos e contextualização deste relatório

Desde 2015 que o LNEC está a apoiar o Ministério da Defesa Nacional (MDN) nas questões de carácter técnico-ambiental relacionadas com a utilização da Base das Lajes, na ilha Terceira, por parte do contingente da Força Aérea Americana (USAFE). As principais questões ambientais em análise decorrem da contaminação de solos e de águas subterrâneas resultantes do armazenamento e do manuseamento de combustíveis e outras substâncias poluentes, inerentes à operação de atividades passadas da USAFE.

O conjunto de trabalhos realizados pelo LNEC, no âmbito do apoio ao MDN nos assuntos relacionados a contaminação de solos e de águas subterrâneas, foi o seguinte:

- Em 2015 fez-se um ponto de situação dos estudos existentes à data (quer promovidos pela USAFE, quer pela ERSARA, estes últimos realizados pelo LNEC), com base nos quais se propôs uma metodologia de atuação para apoiar o MDN (Rel. LNEC 140/2015, cf. Leitão e Antunes, 2015).
- Em 2016 fez-se uma análise da situação existente em 41 Sites, dos quais 38 tinham sido identificados como contaminados ou potencialmente contaminados num estudo promovido pela USAFE (CH2MHILL, 2004). A informação analisada compreendeu, para além dos resultados desse estudo, os relatórios de estudos subsequentes, incluindo relatórios de encerramento, bem como ações de remediação e de monitorização da qualidade das águas subterrâneas. Nesse estudo foram identificados, e devidamente justificados, 23 Sites para os quais o LNEC considerou não haver recomendações adicionais e 18 Sites para os quais o LNEC recomendou a realização de ações adicionais de caracterização ou de reabilitação (Rel. LNEC 375/2016, cf. Antunes, Leitão e Jeremias, 2016). Neste último grupo encontravam-se os dois *pipelines* entretanto inertizados.
- Em 2017 foi apreciado o relatório promovido pela USAFE "Perform remedial action: installation of monitoring wells and groundwater monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal Semi-Annual Monitoring Report. November 2017" (Rel. LNEC 452/2017, cf. Leitão e Antunes, 2017).
- Em 2018, na sequência da concretização de algumas ações de reabilitação entretanto efetivadas pela USAFE, o LNEC apresentou uma reapreciação de mais seis Sites para os quais considerou não haver recomendações adicionais (Rel. LNEC 424/2018, cf. Antunes e Leitão, 2018).
- Em 2019, os restantes 10 Sites que o LNEC considerou necessitarem de caracterização adicional foram alvo de estudos realizados pelo LNEC, em colaboração com o Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (LREC). Em resultado dessa análise foram recomendadas novas ações de monitorização e de reabilitação (Rel. LNEC 145/2019, cf. Leitão, Mota e Antunes, 2019).

- Em 2019 foi, ainda, apreciado o relatório promovido pela USAFE "Perform remedial action: installation of monitoring wells and groundwater monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual groundwater monitoring report. August 2019" (Rel. LNEC 397/2019, cf. Leitão e Antunes, 2019).
- Em 2020 foram efetuados os seguintes estudos relativos à qualidade dos solos e das águas subterrâneas:
 - Parecer sobre os materiais a utilizar para a instalação de novas redes de abastecimento de água em zonas com solos potencialmente contaminados e análise de solos no traçado previsto para o sistema de abastecimento a Santa Rita (Rel. LNEC 280/2020, cf. Real, Leitão e Antunes, 2020).
 - Nova prospeção geofísica e análise da qualidade dos solos na área a SE do Site 5001 (Rel. LNEC 308/2020, cf. Leitão e Mota, 2020).
 - Nivelamento geométrico de precisão dos pontos de monitorização da qualidade das águas subterrâneas (Rel. LNEC 360/2020, cf. Candeias e Fonseca, 2020).
- Em 2020 foi, ainda, apreciado o relatório promovido pela USAFE "Medical Report - Substantial Impact to Human Health and Safety – Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001" (Rel. LNEC 201/2020, cf. Leitão e Antunes, 2020).

Este relatório surge no seguimento dos trabalhos anteriormente referidos e é relativo à monitorização de nove, dos 10 Sites “em aberto” realizada em 2020 [atendendo a que o Site 5009 (Cume da Tacan) não tem piezómetros pois o nível de águas subterrâneas é muito profundo] (cf. Figura 1.1):

- Site 3001: Main Gate
- Site 3003: Main Power Plant
- Site 5001: South Tank Farm
- Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks
- Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall
- Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ
- Site 5010: Medium Port Command
- Site 5013: Military Highway Spill
- Site 5014: Former Running Track

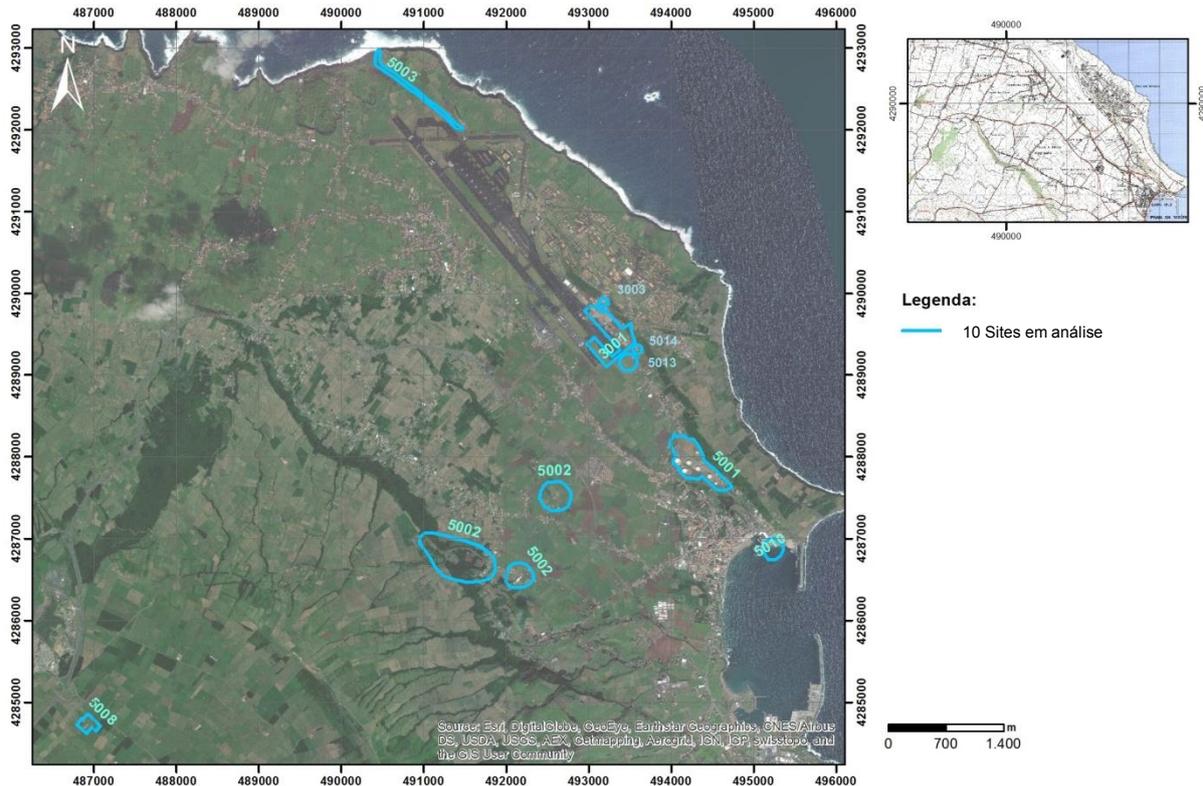


Figura 1.1 – Mapa dos Sites em análise pelo LNEC em 2020

Em 2020, o LNEC participou em três reuniões de peritos entre os USA e Portugal, realizadas por Zoom a 13 de julho, 24 de setembro e 5 de novembro, além de duas reuniões da Comissão Técnica. Nos Anexos I e II encontram-se as apresentações efetuadas em duas dessas reuniões. A 13 de julho, onde foi discutida a situação ambiental bem como as abordagens mais adequadas para a reabilitação das áreas contaminadas, nomeadamente em relação (1) ao modelo hidrogeológico conceptual; (2) à situação de contaminação; (3) às possibilidades de reabilitação e (4) à monitorização de longo prazo da qualidade das águas subterrâneas. A 5 de novembro, onde foi apresentada (1) a síntese do trabalho desenvolvido pelo LNEC em outubro de 2020 (i.e. campanhas realizadas); (2) os resultados da determinação do fluxo de água subterrânea no aquífero basal, decorrentes de medições conjuntas entre o LNEC e USA e (3) uma síntese das ações futuras necessárias.

2 | Caracterização da superfície piezométrica do aquífero basal

2.1 Introdução

Nos últimos anos tem havido alguma controvérsia relativamente ao sentido do escoamento das águas subterrâneas no aquífero basal, decorrente do facto de os diversos estudos realizados apresentarem resultados díspares. Se, por um lado, as discrepâncias se podem atribuir a diferentes efeitos da maré nos níveis piezométricos registados nas ocasiões distintas onde foram feitas medições, por outro lado, as disparidades também se podem dever a diferenças nas cotas da boca dos furos (ponto a partir do qual se faz a medição da profundidade ao nível piezométrico), que também apresentam diferenças entre relatórios em resultado de diferentes métodos e precisões utilizados.

Estas questões foram levantadas nas diversas reuniões entre peritos do LNEC e da USAFE que decorreram em 2020 (Anexos I e II). Foi salientada a importância da caracterização do sentido do escoamento das águas subterrâneas no aquífero basal para poder verificar se os furos de captação de água para consumo humano estariam a montante ou a jusante dos locais contaminados. Caso os furos estivessem a montante dos locais contaminados, então não haveria risco de contaminação.

Para concretizar esta caracterização seria necessário: 1) medir com precisão as cotas das bocas dos piezómetros e 2) fazer uma medição sinótica (simultânea) dos níveis piezométricos nos diversos furos e piezómetros existentes no aquífero basal (por forma a minimizar diferenças resultantes do efeito da maré).

No contexto do exposto, e atendendo a que o LNEC possui os instrumentos e técnicos especializados para a medição de cotas com grande precisão (da ordem de milímetros), o MDN solicitou ao LNEC a realização da medição da cota das bocas de furos que captam o basal. Os trabalhos foram desenvolvidos em outubro de 2020 e os resultados apresentados no Rel. LNEC 360/2020, cf. Candeias e Fonseca (2020).

Nas secções seguintes apresentam-se os resultados obtidos para as cotas das bocas dos furos e para as medições sinóticas dos níveis piezométricos realizadas para este relatório.

2.2 Trabalhos desenvolvidos

No dia 15 de outubro de 2020 foi realizada uma campanha para medição dos níveis piezométricos em 27 furos e piezómetros localizados no aquífero basal, numa ação conjunta com técnicos da USAFE. Desta forma pretendeu-se minimizar o tempo total necessário para efetuar as medições e, assim, reduzir as diferenças devido ao efeito da maré. As medições foram realizadas por três equipas: duas do LNEC e uma da USAFE. No final das medições, realizadas entre as 08:00 e as 09:17, fez-se uma análise comparativa entre as fitas piezométricas usadas e verificou-se haver um erro de cerca de 1 cm por cada 10 m entre as sondas. Em resultado dessa constatação, decidiu-se fazer nova medição no

dia seguinte, a 16 de outubro, usando apenas uma sonda. Neste último dia, as medições ocorreram entre as 08:24 e as 10:37.

Os resultados obtidos são apresentados na secção seguinte.

2.3 Resultados obtidos

O Quadro 2.1 e o Quadro 2.2 apresentam os resultados das medições da profundidade ao nível piezométrico em furos do aquífero basal, obtidas nos dias 15 e 16 de outubro, respetivamente. A cota da boca dos furos é a apresentada em Candeias e Fonseca (2020). A cota piezométrica resulta da subtração entre a cota da boca do furo e a profundidade ao nível piezométrico medida nas duas campanhas (Figura 2.1).

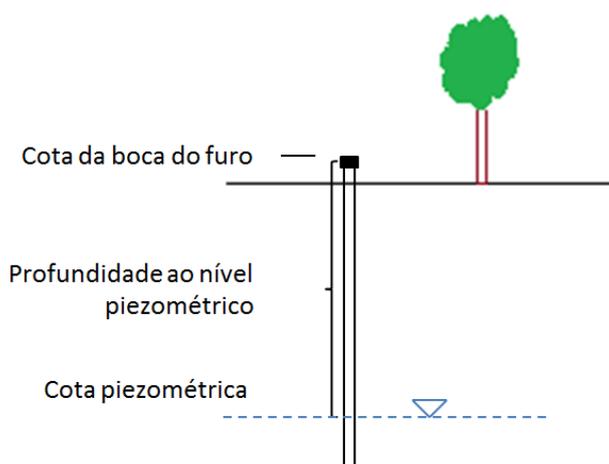


Figura 2.1 – Representação esquemática da cota da boca de um furo, profundidade ao nível piezométrico e cota piezométrica

Quadro 2.1 – Resultado das medições da cota da boca dos furos, profundidade ao nível piezométrico e cota piezométrica em furos do aquífero basal, a 15 de outubro de 2020

Designação	M (m)	P (m)	Data	Hora	Cota da boca do furo (m) ¹	Profundidade ao nível piezométrico (m, a partir da boca)	Cota piezométrica (m)
FB1	492643,00	4287477,00	15/10/2020	08:00	82,370*	81,545	0,83
FB2	492833,00	4287722,00	15/10/2020	08:10	69,200*	68,265	0,94
FB3	493336,00	4288971,00	15/10/2020	08:38	56,471	55,550	0,92
FB5	494660,00	4287579,00	15/10/2020	08:07	2,320	1,460	0,86
FB6	493495,00	4289258,00	15/10/2020	09:34	54,140	53,260	0,88
FB7	493240,00	4288695,00	15/10/2020	08:21	64,278	63,370	0,91
FP4 ou Juncal 2	493677,21	4288609,87	15/10/2020	08:30	53,650	52,760	0,89
S5B	494494,86	4287565,86	15/10/2020	08:45	1,809	1,120	0,69
SITE 3001-MW22	493474,60	4289508,40	15/10/2020	09:17	57,059	56,260	0,80
SITE 3001-MW29	493530,05	4289405,71	15/10/2020	09:10	55,636	54,680	0,96

¹ cf. Candeias e Fonseca, 2020

Designação	M (m)	P (m)	Data	Hora	Cota da boca do furo (m) ¹	Profundidade ao nível piezométrico (m, a partir da boca)	Cota piezométrica (m)
SITE 3001-MW30	493453,07	4289289,61	15/10/2020	08:56	52,956	52,050	0,91
SITE 3001-MW31	493294,88	4289160,54	15/10/2020	09:03	54,704	53,900	0,80
SITE 5001-MW08	494544,76	4287759,16	15/10/2020	08:21	5,141	4,277	0,86
SITE 5001-MW09	494595,09	4287672,50	15/10/2020	08:12	2,612	1,610	1,00
SITE 5001-MW10	494615,07	4287713,89	15/10/2020	08:09	3,518	2,647	0,87
SITE 5001-MW17	494673,60	4287645,38	15/10/2020	08:05	2,221	1,478	0,74
SITE 5001-MW18	494579,59	4287754,79	15/10/2020	08:17	8,448	7,565	0,88
SITE 5001-MW19	494487,82	4287820,55	15/10/2020	08:29	8,367	7,492	0,88
SITE 5001-MW20	494651,13	4287633,39	15/10/2020	08:03	2,247	1,300	0,95
SITE 5001-MW21	494297,77	4287833,56	15/10/2020	08:38	24,339	23,448	0,89
SITE 5001-MW22	494291,27	4287913,77	15/10/2020	08:33	24,298	23,394	0,90
SITE 5001-MW23	494528,45	4287600,98	15/10/2020	08:47	3,154	2,291	0,86
SITE 5001-MW24	494758,00	4287512,00	15/10/2020	08:16	2,698	1,980	0,72
SITE 5001-MW25	494112,00	4287854,00	15/10/2020	08:53	40,247	39,366	0,88
SITE 5010-S1	495217,78	4287040,89	15/10/2020	08:39	2,632	2,090	0,54
SITE 5010-S2	495312,12	4287013,60	15/10/2020	08:35	2,469	1,900	0,57
SITE 5010-S3	495497,59	4286839,48	15/10/2020	08:28	3,144	3,310	-0,17

* - valor que consta do relatório de perfuração

Quadro 2.2 – Resultado das medições da cota da boca dos furos, profundidade ao nível piezométrico e cota piezométrica em furos do aquífero basal, a 16 de outubro de 2020

Designação	M (m)	P (m)	Data	Hora	Cota da boca do furo (m)	Profundidade ao nível piezométrico (m, a partir da boca)	Cota piezométrica (m)
FB1	492643,00	4287477,00	16/10/2020	09:37	82,370	81,550	0,82
FB2	492833,00	4287722,00	16/10/2020	09:43	69,200	68,270	0,93
FB3	493336,00	4288971,00	16/10/2020	09:15	56,471	55,570	0,90
FB5	494660,00	4287579,00	16/10/2020	10:05	2,320	1,480	0,84
FB6	493495,00	4289258,00	16/10/2020	09:07	54,140	53,260	0,88
FB7	493240,00	4288695,00	16/10/2020	09:22	64,278	63,370	0,91
FP4 ou Juncal 2	493677,21	4288609,87	16/10/2020	09:26	53,650	52,760	0,89
S5B	494494,86	4287565,86	16/10/2020	09:59	1,809	1,130	0,68
SITE 3001-MW22	493474,60	4289508,40	16/10/2020	08:54	57,059	56,260	0,80
SITE 3001-MW29	493530,05	4289405,71	16/10/2020	08:58	55,636	54,690	0,95
SITE 3001-MW30	493453,07	4289289,61	16/10/2020	08:45	52,956	52,020	0,94
SITE 3001-MW31	493294,88	4289160,54	16/10/2020	08:38	54,704	53,790	0,91
SITE 5001-MW08	494544,76	4287759,16	16/10/2020	10:37	5,141	4,320	0,82
SITE 5001-MW09	494595,09	4287672,50	16/10/2020	10:29	2,612	1,650	0,96
SITE 5001-MW10	494615,07	4287713,89	16/10/2020	10:35	3,518	2,660	0,86
SITE 5001-MW17	494673,60	4287645,38	16/10/2020	10:33	2,221	1,460	0,76
SITE 5001-MW18	494579,59	4287754,79	16/10/2020	10:24	8,448	7,580	0,87
SITE 5001-MW19	494487,82	4287820,55	16/10/2020	10:20	8,367	7,515	0,85
SITE 5001-MW20	494651,13	4287633,39	16/10/2020	10:31	2,247	1,310	0,94
SITE 5001-MW21	494297,77	4287833,56	16/10/2020	10:17	24,339	23,480	0,86
SITE 5001-MW22	494291,27	4287913,77	16/10/2020	10:13	24,298	23,430	0,87
SITE 5001-MW23	494528,45	4287600,98	16/10/2020	10:02	3,154	2,300	0,85
SITE 5001-MW24	494758,00	4287512,00	16/10/2020	10:08	2,698	1,980	0,72
SITE 5001-MW25	494112,00	4287854,00	16/10/2020	09:54	40,247	39,390	0,86
SITE 5010-S1	495217,78	4287040,89	16/10/2020	08:28	2,632	2,070	0,56
SITE 5010-S2	495312,12	4287013,60	16/10/2020	08:26	2,469	1,900	0,57
SITE 5010-S3	495497,59	4286839,48	16/10/2020	08:24	3,144	3,580	-0,44

A Figura 2.2 e a Figura 2.3 apresentam a projeção dos resultados das cotas piezométricas (cf. Quadro 2.1 e o Quadro 2.2) e uma interpolação das respetivas superfícies piezométricas efetuada com recurso a Krigagem (método de regressão usado em geoestatística para interpolar dados).

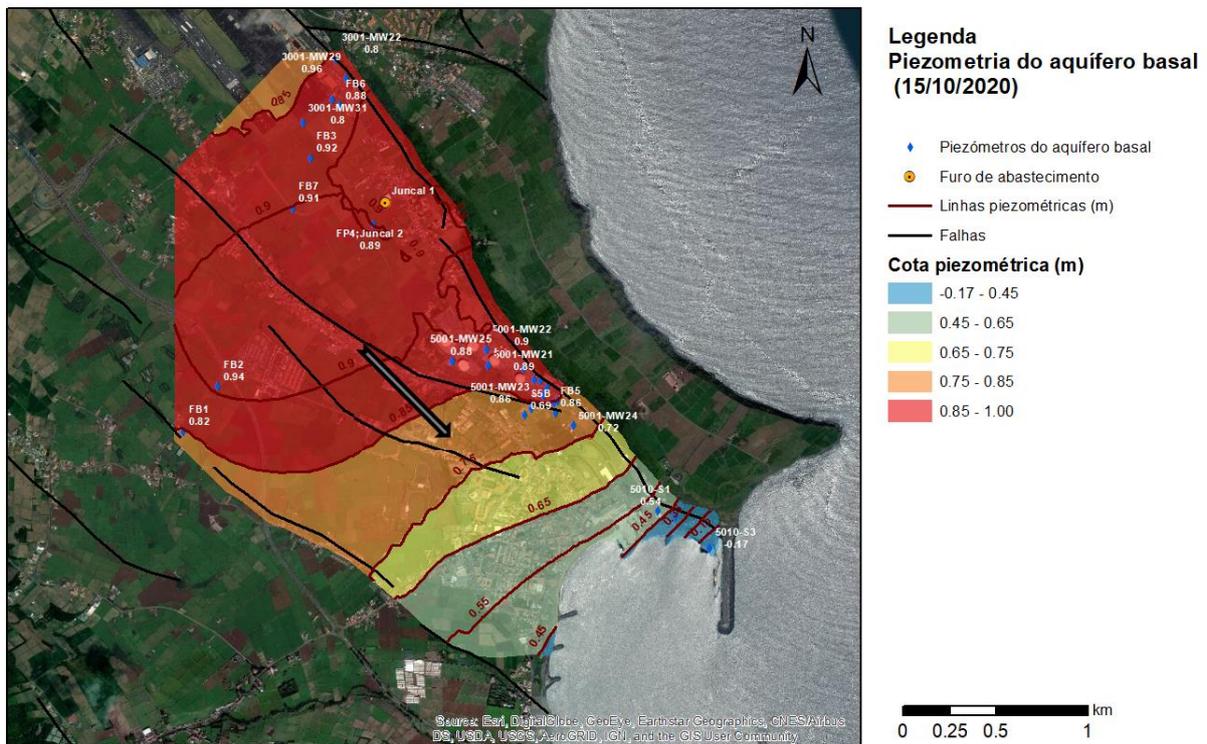


Figura 2.2 – Superfície piezométrica do aquífero basal definida com base em medições efetuadas a 15 de outubro de 2020

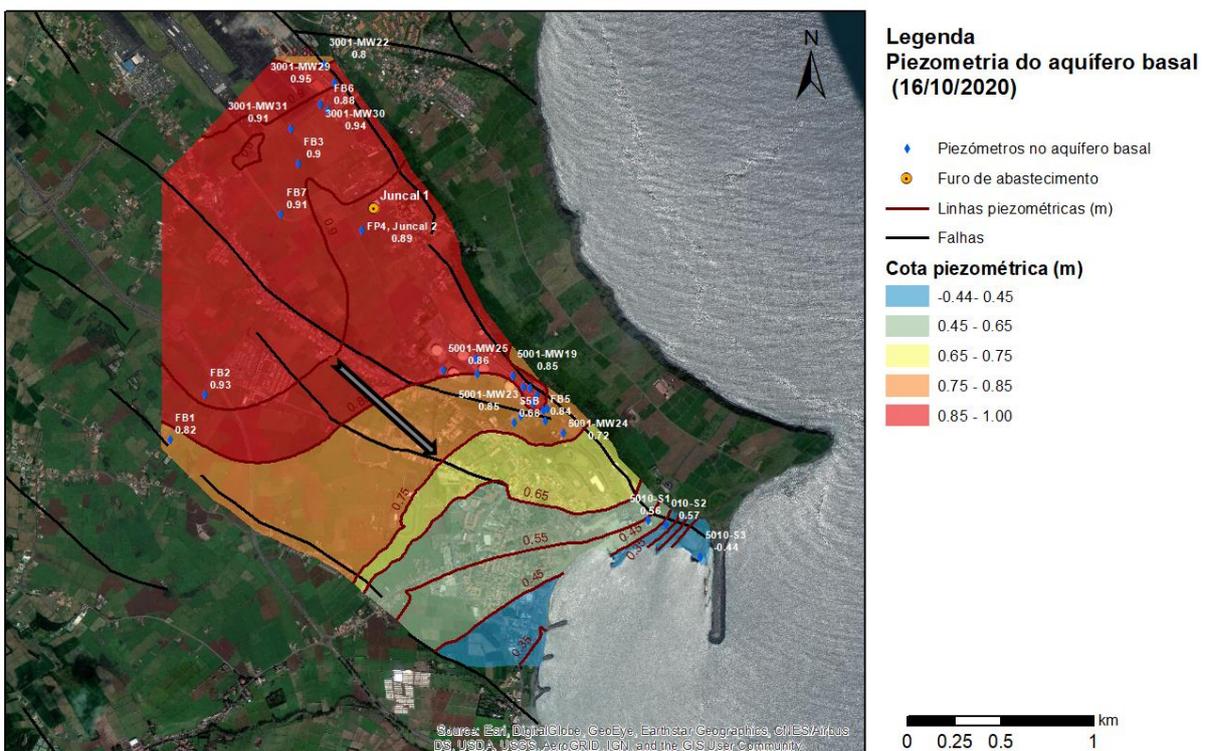


Figura 2.3 – Superfície piezométrica do aquífero basal definida com base em medições efetuadas a 16 de outubro de 2020

Os resultados obtidos mostram que: 1) o sentido de escoamento na área medida se processa para SE (de acordo com o modelo numérico do escoamento subterrâneo apresentado em Lobo Ferreira *et al.*, 2010); 2) o sentido do escoamento é sensivelmente paralelo à falha de Santiago, comportamento esse que é idêntico ao originado por uma barreira impermeável ao escoamento (este aspeto também foi confirmado em Leitão, Mota e Antunes, 2020); 3) a área localizada mais a NO apresenta um gradiente hidráulico muito baixo (obtido pela diferença entre o valor máximo e mínimo das cotas piezométricas), conferindo lentidão ao escoamento subterrâneo e, por isso, à migração de contaminantes.

No contexto do exposto, confirma-se que os Sites 3001, 5013 e 5014 se encontram a montante de alguns furos de captação de água para consumo humano, nomeadamente dos furos do Juncal.

3 | Purga do furo 3001-MW30 e análise dos resultados da qualidade da água extraída

3.1 Trabalhos desenvolvidos

Desde a sua construção, em 2019, que o furo 3001-MW30 tem apresentado concentrações elevadas de alguns hidrocarbonetos nas águas nas diversas campanhas de amostragem realizadas quer pela USAFE quer por diversas entidades portuguesas (Leitão, Mota e Antunes, 2019 e Leitão e Antunes, 2019). Atendendo a que este grau de contaminação não foi registado nos restantes furos instalados no aquífero basal, admitiu-se poder ter havido contaminação durante a perfuração/installação, designadamente através do uso de solventes para limpeza ou lubrificação do material utilizado.

No contexto do exposto, o LNEC recomendou a extração de 10 000 L de água do furo e a monitorização da sua qualidade a cada 1 000 L extraídos (cf. Anexo III, Caderno de Encargos). O objetivo desta operação era extrair a água contaminada e verificar se se tratava de contaminação durante a perfuração/installação. Pressupôs-se que, caso a qualidade da água apresentasse melhoria ou mesmo desaparecimento dos contaminantes durante a sua extração, tal significaria que a água da área envolvente teria melhor qualidade, tratando-se assim de um problema pontual provavelmente originado durante a perfuração/installação do furo.

Atendendo à importância desta operação, o MDN contratou a execução de trabalhos para a extração 10 000 L de água do furo (cf. Figura 3.1) e recolha de amostras a cada 1000 L, trabalhos esses que foram realizados nos dias 14 e 15 de outubro de 2020 pela firma João Paulino.



Figura 3.1 – Aspeto dos dez depósitos contendo 10 000L de água subterrânea extraída do furo 3001-MW30 do aquífero basal

O LNEC elaborou as especificações técnicas para a realização dos trabalhos e esteve presente durante os quatro primeiros períodos de amostragem, ocasião que permitiu explicar os procedimentos de amostragem a serem considerados durante as restantes amostragens.

Devido ao atraso na entrega dos frascos de amostragem, o trabalho apenas teve início às 15:30 de dia 14, tendo decorrido até cerca das 5 h da madrugada do dia 15, uma vez que não deveria ser interrompido. O caudal de extração médio foi de cerca de 16 L/minuto (1 000 L em 60 minutos) por forma a evitar a perda de contaminantes voláteis. Contudo, há a registar dois períodos (entre as amostragens 2 e 3 e as amostragens 3 e 4), em que houve a paragem da bomba tendo sido necessário retirar a mangueira do furo e reparar a avaria.

As amostras foram enviadas para análise na firma Eurofins, tendo sido solicitada a análise dos mesmos grupos de hidrocarbonetos que têm vindo a ser analisados para os restantes furos por esse mesmo laboratório.

3.2 Resultados obtidos

O Quadro 3.1 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo 3001-MW30. O código 3001-MW30_1 corresponde à amostra inicial (obtida nos primeiros litros de água extraídos, 3001-MW30_2 corresponde à amostra retirada após 1 000 L, 3001-MW30_3 após 2 000 L e assim sucessivamente, com uma amostra de água recolhida a cada 1 000 L.

Quadro 3.1 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo 3001-MW30

Análises	Unidades	3001-MW30_1	3001-MW30_2	3001-MW30_3	3001-MW30_4	3001-MW30_5	3001-MW30_6	3001-MW30_7	3001-MW30_8	3001-MW30_9	3001-MW30_10
		15:30	16:25	19:00	21:40	22:45	23:50	00:55	02:00	03:00	04:00
Hidrocarbonetos orgânicos											
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Alcoóis											
t-Butanol (tBA)	µg/l	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Hidrocarbonetos do petróleo											
TPH (C10-C12)	µg/l	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	45
TPH (C12-C16)	µg/l	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	110
TPH (C16-C21)	µg/l	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	100
TPH (C21-C30)	µg/l	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	36
TPH (C30-C35)	µg/l	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
TPH (C35-C40)	µg/l	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
TPH Sum (C10-C40)	µg/l	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	300
Hidrocarbonetos aromáticos											
Acenafteno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Acenaftileno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Antraceno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Benzo(a)antraceno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Benzo(a)pireno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Benzo(b)fluoranteno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Benzo(ghi)perileno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Benzo(k)fluoranteno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Criseno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Dibenzo(ah)antraceno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Fenantrano	µg/l	0,005	-0,005	0,006	0,011	0,007	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Fluoranteno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	0,010	0,009	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Fluoreno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Indeno(123-cd)pireno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Naftaleno	µg/l	0,067	0,019	0,026	0,024	-0,005	-0,005	0,019	0,013	0,019	0,013
Pireno	µg/l	-0,005	-0,005	-0,005	0,008	0,009	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
Suma de fenóis voláteis											
Índice de fenóis	µg/l	7,2	-1	-1	1,3	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Outros/várias investigações											
Diclorodifluorometano	µg/l	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Volatile Organic Hydrocarbons											
Benzeno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Bromobenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
n-Butilbenzeno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
sec-Butilbenzeno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
tert-Butilbenzeno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Monoclorobenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
2-Clorotolueno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
4-Clorotolueno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,2-Diclorobenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,3-Diclorobenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,4-Diclorobenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Diclorobenzenos (soma)	µg/l	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Etilbenzeno	µg/l	0,09	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Isopropilbenzeno (cumeno)	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
p-Isopropiltolueno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Naftaleno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
n-Propilbenzeno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Estireno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Tolueno	µg/l	1	0,2	0,2	-0,05	0,1	0,1	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/l	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Triclorobenzenos (soma)	µg/l	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
m,p-Xileno	µg/l	0,4	0,09	-0,05	0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
o-Xileno	µg/l	0,2	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Trí bromometano	µg/l	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
1,2-Dibromoetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Dibromometano	µg/l	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Bromometano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Bromoclorometano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Bromodiclorometano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,2-dibromo-3-cloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Trí chlorometano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,1-Dicloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,2-Dicloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
cis-1,2-Dicloroetano	µg/l	0,5	0,2	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Dibromoclorometano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1,2-Dicloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
cis+trans 1,2-Dicloroetano	µg/l	0,5	-0,2	0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Diclorometano	µg/l	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
1,2-dicloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,3-dicloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,1-Dicloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
2,2-Dicloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
cis-1,3-Dicloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
trans-1,3-Dicloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,1,1,2-tetracloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Tetracloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Tetraclorometano	µg/l	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
1,1,1-tricloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Tricloroetileno	µg/l	1,6	0,9	1,3	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
1,1,2,2-tetracloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Hexaclorobutadieno	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Clorometano	µg/l	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Cloreto de vinilo	µg/l	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
1-cloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1,1-Dicloroetano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Triclorofluorometano	µg/l	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
MTBE	µg/l	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3

"-" significa "<"

Página intencionalmente deixada em branco

A Figura 3.2 apresenta uma síntese das concentrações em hidrocarbonetos acima dos limites de quantificação.

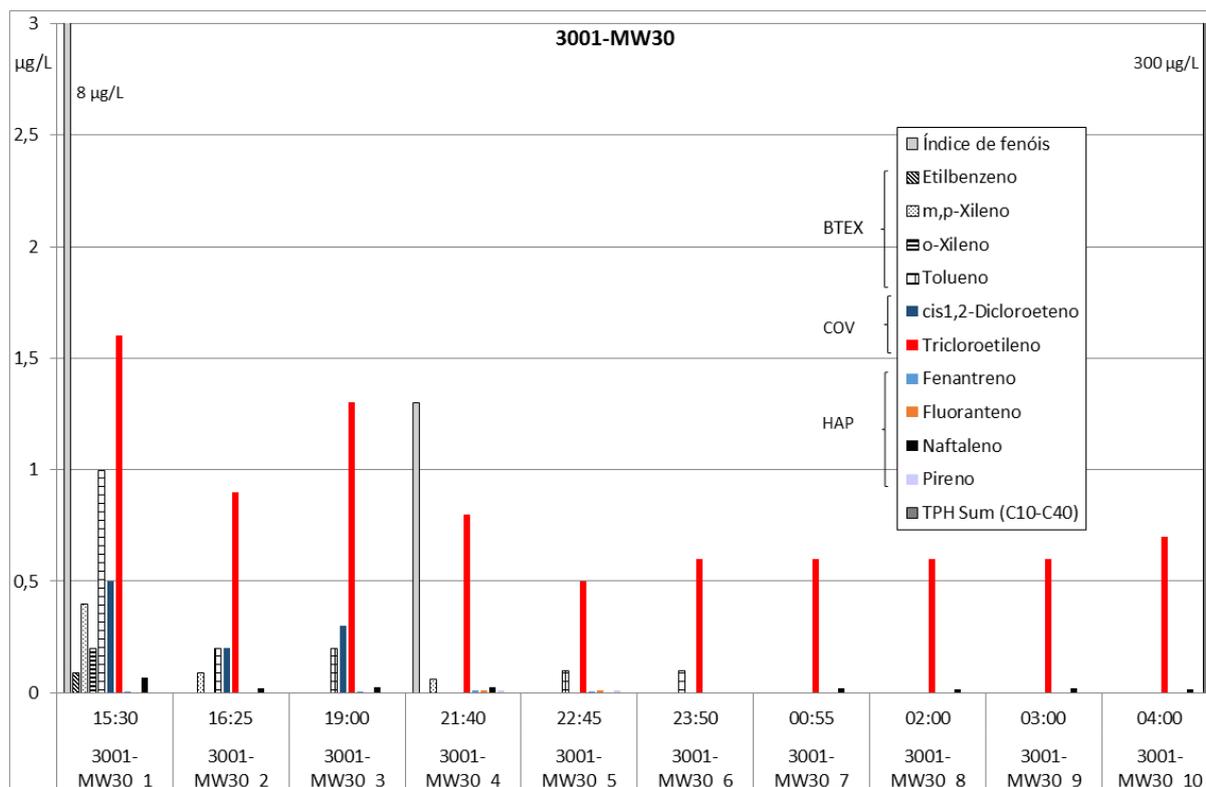


Figura 3.2 – Concentração em hidrocarbonetos no furo 3001-MW30 ao longo da sua purga

Como se pode observar, parece confirmar-se haver uma *limpeza* da água extraída do furo, com a diminuição da concentração em quase todos os contaminantes até desaparecerem, com exceção do tricloroetileno (TCE), naftaleno e da soma de HTP (hidrocarbonetos totais do petróleo). Note-se que a presença de HTP apenas na última amostra deverá ter origem nalgum óleo/combustível que acidentalmente tenha contaminado esta amostra durante o ensaio (basta, por exemplo, os operadores terem manuseado algumas peças com óleos com as mesmas luvas da amostragem para ter esta consequência).

No contexto do exposto, este ensaio indica que a intensidade de contaminação observada no furo 3001-MW30 poderá ter tido origem durante o próprio processo de perfuração devido ao uso de solventes ou produtos afins. A estabilização da concentração de tricloroetileno e de naftaleno observada pode dever-se à migração destes compostos durante o período, de mais de um ano, entre a perfuração e a operação de purga (que poderá ter permitido a chegada ao furo FB6, cf. secção 5.1.3), embora não se descarte a hipótese de poder haver outras fontes contaminantes ativas. Efetivamente, embora o FB6 tenha sido o único furo do aquífero basal onde foram encontrados TCE, observaram-se concentrações acima do limite de quantificação para diversos PAH noutros furos do basal, incluindo o naftaleno (cf. Quadro 5.4).

4 | Campanhas realizadas, procedimentos de amostragem e métodos de avaliação utilizados

Em 2020 foram realizadas duas campanhas de amostragem de águas subterrâneas. A primeira, inicialmente prevista para março, teve que ser adiada para junho devido ao estado de emergência resultante da pandemia SARS-CoV-2, tendo decorrido entre 23 e 30 de junho. A campanha após o período de verão decorreu entre 13 e 20 de outubro de 2020.

Os procedimentos de amostragem de águas subterrâneas mantiveram-se idênticos aos das campanhas anteriores e incluíram a recolha de três tipos de amostras de água em cada ponto de amostragem, procurando obter o pior cenário de concentração de contaminantes. Assim, (1) a amostra para análise dos hidrocarbonetos menos densos do que a água (que, quando estão presentes em quantidade, formam *Light Non-Aqueous Phase Liquids*, LNAPL, i.e. HTP, BTEX e COV) foi recolhida junto ao contacto do nível piezométrico; (2) a amostra para analisar os hidrocarbonetos mais densos do que a água (que, quando estão presentes em quantidade, formam *Dense Non-Aqueous Phase Liquid*, DNAPL, i.e. HAP) foi recolhida junto à base do piezómetro e (3) a amostra para analisar os restantes parâmetros foi recolhida no final das amostragens anteriores, após a purga da água no piezómetro confirmada pela estabilização dos valores de temperatura, pH e condutividade elétrica na água extraída.

Os limites de quantificação utilizados mantêm-se iguais aos das campanhas anteriores. Acontece, por vezes que o limite de quantificação é mais elevado, devido a interferências da matriz.

Foram efetuadas amostras completas de duplicados que confirmaram a fiabilidade dos resultados obtidos. As amostras duplicadas foram realizadas com água do piezómetro 5001-MW24 tendo apresentado resultados idênticos. O branco de campo (i.e. amostra de água destilada colocada dentro dos frascos de amostragem que são abertos durante o procedimento de amostragem) foi realizado no mesmo local, junto ao piezómetro 5001-MW24, em ambas as campanhas. Os resultados apresentaram valores acima do limite de quantificação para os seguintes compostos: 1) junho de 2020: fenantreno (0,024 µg/L), fluoreno (0,011 µg/L) e naftaleno (0,006 µg/L) e 2) outubro de 2020: o etilbenzeno (0,1 µg/L), tolueno (0,06 µg/L), clorofórmio (0,1 µg/L), tert-butil álcool (4,6 µg/L) denotando possível contaminação atmosférica das amostras neste local durante a amostragem.

A qualidade das águas subterrâneas foi analisada como até à data, utilizando a legislação Portuguesa em vigor, nomeadamente para os parâmetros definidos para a qualidade das águas subterrâneas na origem, decorrente da aplicação da Diretiva-Quadro da Água (DQA), da Diretiva das Águas Subterrâneas (DAS) e da Lei da Água (LA). Para os parâmetros não contemplados nas legislações anteriormente mencionadas foram utilizados os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 152/2017 para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Complementarmente foi utilizada a legislação do Canadá, relativa aos padrões para condições de águas subterrâneas potáveis, tendo também sido consultadas as normas para condições de águas subterrâneas não potáveis e a legislação

da Holanda relativa aos valores a partir dos quais deve haver intervenção. No Anexo IV apresenta-se uma síntese das normas utilizadas.

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

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

5 | Caracterização da evolução da qualidade das águas subterrâneas

5.1 Site 3001: Main Gate

5.1.1 Contexto histórico

O Site 3001 tem cerca de 19 hectares e localiza-se entre a Porta de Armas e o edifício T-715, ao longo da Avenida do Império e, do lado sul e oeste, ao longo da vedação incluindo a área "Apron A" e a antiga área de "5 Hydrants" (Figura 5.1).

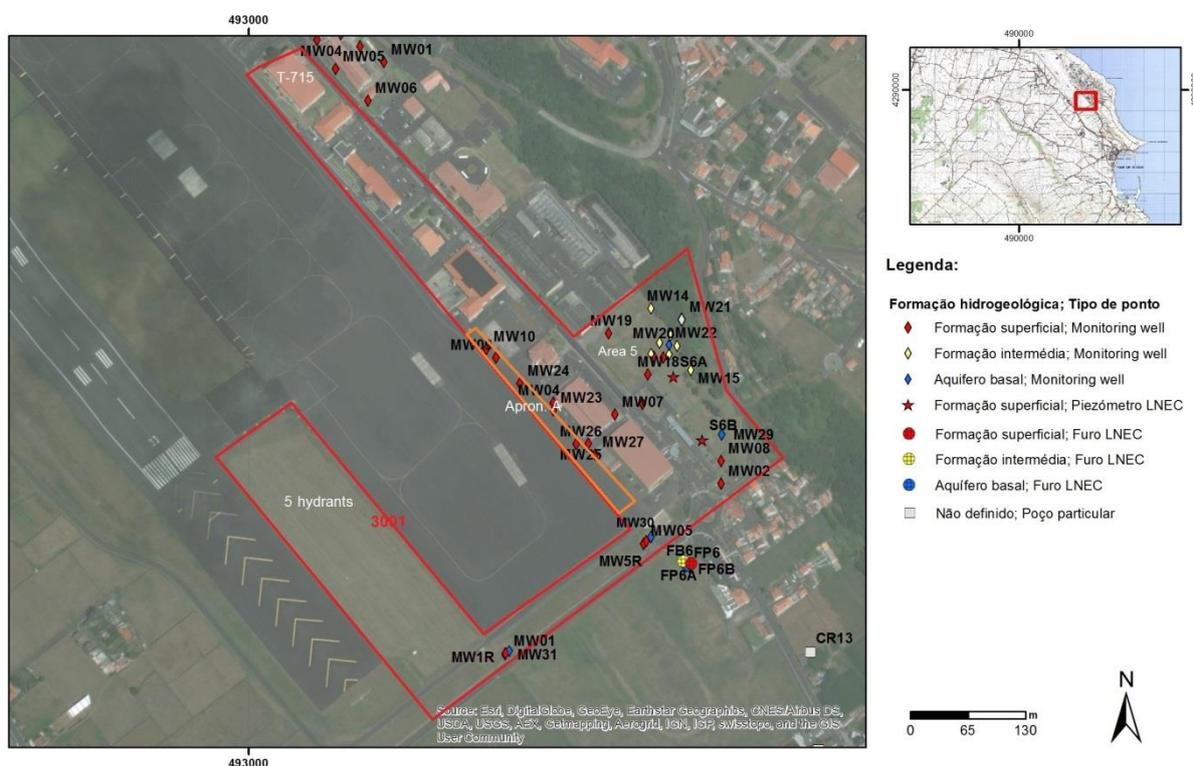


Figura 5.1 – Mapa do Site 3001

As principais questões ambientais em causa neste Site relacionam-se com a presença de hidrocarbonetos nos solos e nas águas subterrâneas em diversos locais, como resultado de fugas de combustível em depósitos e *pipelines* ao longo de diversos anos. Os principais focos são os depósitos de combustível localizados na Area 5 e na zona Apron A, para além da ligação a diferentes sistemas de *pipelines* vindos da *South Tank Farm* (Site 5001) e dos antigos tanques da Cova das Cinzas (Site 5002) e do Cabrito (Site 5007). Acresce a ligação ao sistema de reabastecimento abandonado dos 5 *Hydrants* (1950s a 1993). Pese embora os *pipelines* antigos estarem desativados e esvaziados (com os últimos trabalhos relativos aos *pipelines* do Cabrito e da Cova das Cinzas terminados em 2016),

mantendo-se apenas a ligação à *South Tank Farm*, muitas destas infraestruturas tiveram diversas fugas de combustíveis ao longo dos anos, algumas delas já em 2016, junto aos piezómetros 3001-MW01 e 3001-MW31.

O Site 3001 tem vindo a ser alvo, desde 2012 (embora com diversas interrupções, em especial nos últimos dois a três anos), de um conjunto de ações de reabilitação pela USAFE que se podem sintetizar em três fases: (1) a remoção das fontes de contaminação existentes (*e.g. pipelines*); (2) remoção da contaminação principal, i.e. os hidrocarbonetos que sobrenadam o nível piezométrico ou LNAPL (*Light Non-Aqueous Phase Liquid*) e (3) remoção dos contaminantes presentes nos solos e dissolvidos nas águas subterrâneas.

Resultados recentes mostram ter havido um ressurgimento de LNAPL em diversos locais, como consequência da ausência de remoção de LNAPL nos últimos anos, podendo inclusive ainda haver fontes de contaminação por hidrocarbonetos, conforme a anomalia geofísica de baixa resistividade identificada em Leitão, Mota e Antunes (2019).

5.1.2 Plano de monitorização e espessuras de LNAPL

A monitorização do Site 3001 inclui a análise da qualidade das águas subterrâneas em piezómetros e furos localizados dentro do Site, bem como de outros furos que captam o aquífero basal (Quadro 5.1).

Quadro 5.1 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3001 e outros furos do aquífero basal

Ponto	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)
3001-MW5R	493448,58	4289285,49	52,83	5,5	1,5	5,5
3001-MW07	493413,46	4289429,29	52,36	11,0	3,0	9,0
3001-MW08	493533,60	4289376,49	53,96	10,0	3,0	8,0
3001-MW18	493450,60	4289475,10	54,71	10,0	4,0	10,0
3001-MW25	493383,70	4289396,80	52,11	9,0	2,0	9,0
3001-MW27	493391,20	4289383,70	52,21	10,0	1,0	10,0
3001-MW30	493453,07	4289289,61	52,79	67,0	63,0	67,0
3001-MW31	493294,88	4289160,54	54,56	57,2	51,5	57,2
FB2	492833,00	4287722,00	68,70	78,0	70,0	74,0
FB3	493336,00	4288971,00	55,81	65,5	54,5	61,5
FB6	493495,00	4289258,00	53,56	65,0	56,0	60,0
FB7	493240,00	4288695,00	63,64	72,0	65,1	70,1

Os piezómetros 3001-MW04 e 3001-MW23 não foram amostrados por conterem LNAPL. O Quadro 5.2 apresenta as espessuras de LNAPL observadas nas últimas três campanhas.

Quadro 5.2 – Espessuras de LNAPL nalguns piezómetros do Site 3001

Ponto	Formação hidrogeológica	Espessura LNAPL (m)		
		Outubro 2019	Junho 2020	Outubro 2020
3001-MW04	Superficial	0,64	0,73	1,94
3001-MW20	Intermédia	0,47	0,45	0,42
3001-MW23	Superficial	0,08	0,16	0,29

5.1.3 Resultados obtidos

O Quadro 5.3 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e no furo do Site 3001 e outras áreas, em junho 2020 e o Quadro 5.4 apresenta os resultados relativos a outubro de 2020.

Quadro 5.4 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e furos do Site 3001 e outras áreas, outubro de 2020

Designação local	3001-MW05R	3001-MW07	3001-MW08	3001-MW18	3001-MW25	3001-MW27	3001-MW30	3001-MW31	FB2	FB3	FB6	FB7	Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação	
																	Data amostragem
Parâmetro	Unidade																
In situ																	
Temperatura	°C	20,6	22,7	20,5	20,8	23,3	22,9	19,1	19,9	20,0	21,6	20,3	20,7	-	-	-	
pH	Sorensen	6,60	6,62	6,86	6,65	7,67	7,62	6,65	6,86	7,62	7,10	7,20	7,26	LQ e L	5,5; 9	0	
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	925	370	796	473	522	346	1691	402	823	1218	428	1408	LQ e L	2500	0	
Potencial redox (Eh)	mV	-60,6	94,0	134,8	54,9	-115,9	-62,5	134,9	110,5	95,0	133,9	97,8	122,7	-	-	-	
Oxigénio dissolvido	mg/L	1,49	1,45	2,41	3,05	1,20	1,53	4,30	4,05	4,03	5,20	2,51	6,20	-	-	-	
Parâmetros agregados																	
Índice de fenóis	mg/L	0,0180	-0,0010	0,0300	0,0490	0,0220	0,0120	0,0072	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	Canadá	0,89	0	6
Iões maiores																	
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	300	160	380	210	210	140	-	110	81	150	90	180	-	-	0	
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	
Cloreto - Cl	mg/L	160	26	54	29	42	25	-	57	160	260	61	350	LQ e L	250	2	
Nitrato - NO ₃	mg/L	0,11	3,80	0,22	1,40	0,34	0,45	-	1,60	22,00	22,00	9,20	24,00	NQ	50	0	
Sulfato - SO ₄	mg/L	-0,5	12,0	12,0	21,0	2,0	2,9	-	11,0	26,0	35,0	20,0	41,0	LQ e L	250	0	
Cálcio - Ca	mg/L	36,0	19,0	42,0	18,0	42,0	17,0	-	13,0	28,0	29,0	9,3	35	-	-	0	
Magnésio - Mg	mg/L	37,0	11,0	22,0	9,5	9,4	4,7	-	41,0	22,0	30,0	8,1	32	-	-	0	
Potássio - K	mg/L	21,0	21,0	13,0	10,0	9,9	9,9	-	14,0	6,7	11,0	12,0	10	-	-	0	
Sódio - Na	mg/L	95,0	47,0	80,0	58,0	33,0	37,0	-	61,0	120,0	170,0	54,0	170	VP	200	0	
Metais em solução																	
Alumínio - Al	mg/L	0,17	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,15	-	8,00	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	VP	0,2	1	
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-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	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	
Bário - Ba	mg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-	0,067	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	Canadá	1	0	
Bérblio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-	0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0	
Boro - B	mg/L	0,17	0,16	0,10	0,63	-0,10	-0,10	-	-0,10	-0,10	0,12	-0,10	-0,10	Canadá	5	0	
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-	0,020	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	1	
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-	0,006	0,021	0,004	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	3	
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	0,120	0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-	0,029	0,059	0,016	-0,005	-0,005	VP	2	0	
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-	0,005	0,680	0,8	0,0	0,130	VP	0,05	3	
Ferro - Fe	mg/L	20	0,1	2	0,7	0,8	1,2	-	0,1	3,8	5	0	9,2	VP	0,2	9	
Ferro (II)	mg/L	0,6	-0,05	1,5	0,29	0,36	1,2	-	0,13	0,41	0,40	0,22	0,5	-	-	0	
Ferro (III)	mg/L	20,0	-0,05	0	0,4	0,43	-0,1	-	-0,05	3,40	4,4	0,2	8,7	-	-	0	
Fluoretó - F	mg/L	0,91	1,10	0,64	0,64	0,99	1,10	-	0,33	0,16	0,53	0,92	0,45	VP	1,5	0	
Fosfato - PO ₄	mg/L	-0,15	-0,15	0,73	0,16	0,40	0,21	-	3,00	0,37	2,60	1,40	0,30	-	-	0	
Lítio - Li	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	
Manganês - Mn	mg/L	5,7	7,4	2,3	1,6	1,0	1,3	-	3,00	0,24	0,08	0,44	0,0	VP	0,05	10	
Mercurio - Hg	µg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	LQ e L	1	0	
Molibdénio - Mo	mg/L	0,0092	-0,0050	0,0085	-0,0050	-0,0050	-0,0050	-	-0,0050	0,0670	0,0340	0,0057	0,0350	Canadá	0,07	0	
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	0,019	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-	0,007	1,100	0,034	-0,005	0,240	VP	0,02	3	
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	VP	0,01	0	
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Canadá	0,002	0	
Titânio - Ti	mg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-	0,120	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-	-	0	
Vanádio - V	mg/L	0,0002	0,0009	0,0018	0,0006	0,0003	0,0022	-	0,0062	0,0124	0,0438	0,0006	0,0192	Canadá	0,0062	3	
Zinco - Zn	mg/L	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	0,013	-0,010	-	0,530	0,016	-0,010	-0,010	-0,010	Canadá	1,1	0	
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP																	
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	0	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	
HTP (C12-C16)	µg/L	20	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	1	
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	0	
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	
BTEX																	
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	
Etilbenzeno	µg/L	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,09	0,09	0,06	0,20	0,07	0,09	L	1,3	12	
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,06	-0,05	0,20	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	2	
Tolueno	µg/L	0,09	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	1,00	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	3	
Soma BTEX	µg/L	0,19	0,10	0,20	0,20	0,31	0,10	1,69	0,09	0,06	0,20	0,07	0,09	-	-	12	
Soma xilenos	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	2	
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados																	
1,1,1,2-Tetracloretano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	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	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	
1,1,2,2-Tetracloretano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	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	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	
1,1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-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	
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	
1,2,3-Trim																	

Os resultados que se apresentam não incluem os piezómetros 3001-MW04, 3001-MW20 ou 3001-MW23 uma vez que todos apresentavam LNAPL (cf. Quadro 5.2) à data das campanhas, encontrando-se portanto poluídos por hidrocarbonetos, podendo conter doses assinaláveis dos diversos compostos em análise.

A presença de HTP nos piezómetros do Site 3001 é assinalável, embora apenas tenha sido ultrapassada a norma do Canadá no furo 3001-MW31, em junho de 2020 (Quadro 5.3 e Figura 5.2). As cadeias de carbono encontradas neste furo (>C16) nessa ocasião correspondem mais a óleos e gorduras e não tanto a *jet fuel* ou diesel. Poderá, também neste caso, tratar-se de uma contaminação durante a perfuração. Novas campanhas ajudarão a esclarecer esta questão. A campanha de outubro de 2020 foi a que apresentou valores mais baixos. Nos furos do aquífero basal nunca se registou a presença de HTP, motivo que leva a crer que o valor registado na última amostra recolhida durante a purga do furo 3001-MW30 (cf. Figura 3.2) seria resultante de contaminação no processo de amostragem.

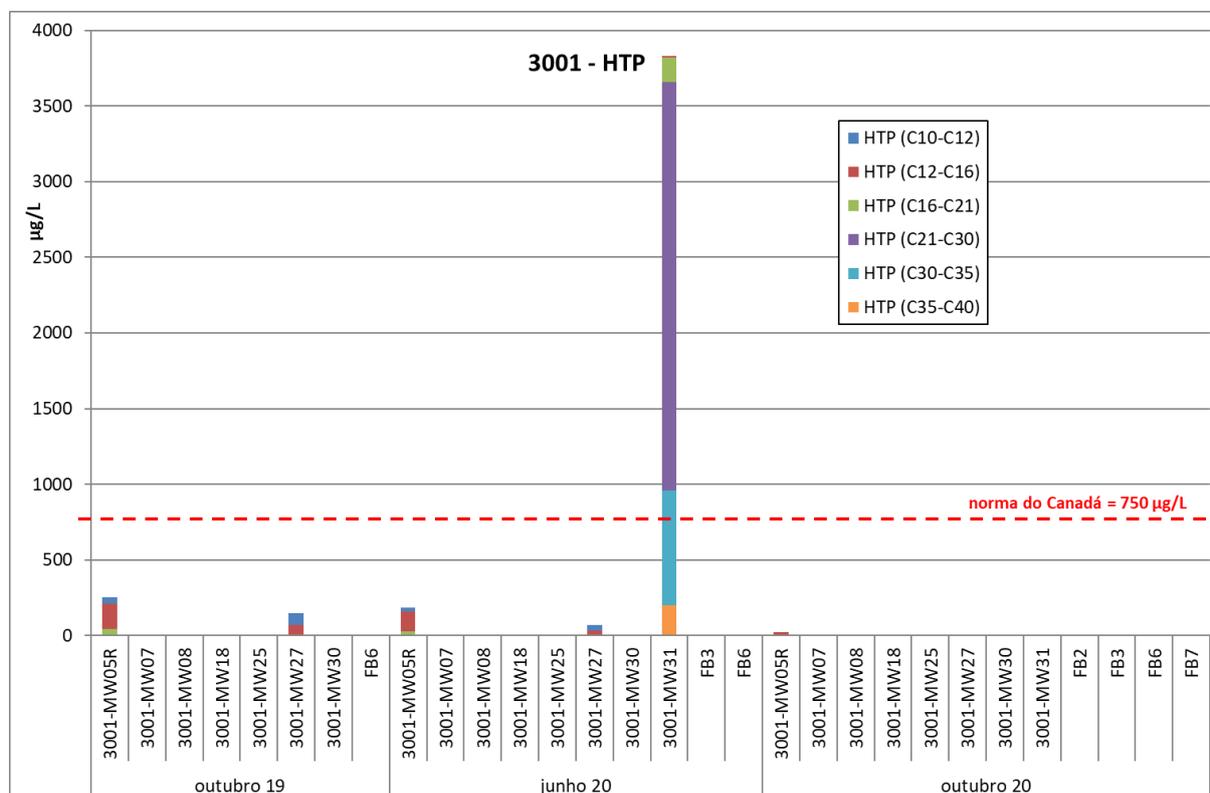


Figura 5.2 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

As concentrações em BTEX em ambas as campanhas de 2020, bem como em 2019, encontram-se abaixo das normas de qualidade (Quadro 5.3 e Figura 5.3). Contudo, o aparecimento em 2019 de BTEX num furo que capta o aquífero basal (FB6) conduziu a que, em 2020, se analisassem outros furos do basal (3001-MW31, FB2, FB3 e FB7) para avaliar a eventual presença de BTEX. Em junho de 2020 apenas foi encontrado etilbenzeno no furo 3001-MW30. Contudo, em outubro de 2020, este composto surge em todas as amostras de água recolhidas, incluindo nos furos do basal. Descarta-se a hipótese de poder haver alguma contaminação do equipamento de amostragem durante a recolha de água, uma

vez que são usados amostradores diferentes dos utilizados nas amostragens feitas nas áreas mais contaminadas, além de todo o equipamento ser desinfetado entre locais. Contudo, como as concentrações em etilbenzeno são da mesma ordem de grandeza das do branco de campo (que apresentou 0,1 µg/L em etilbenzeno, numa amostra que deveria ter concentração abaixo do limite de quantificação), pensa-se poder tratar-se de contaminação atmosférica ou de um erro laboratorial. Espera-se que os resultados de campanhas seguintes permitam esclarecer estas hipóteses.

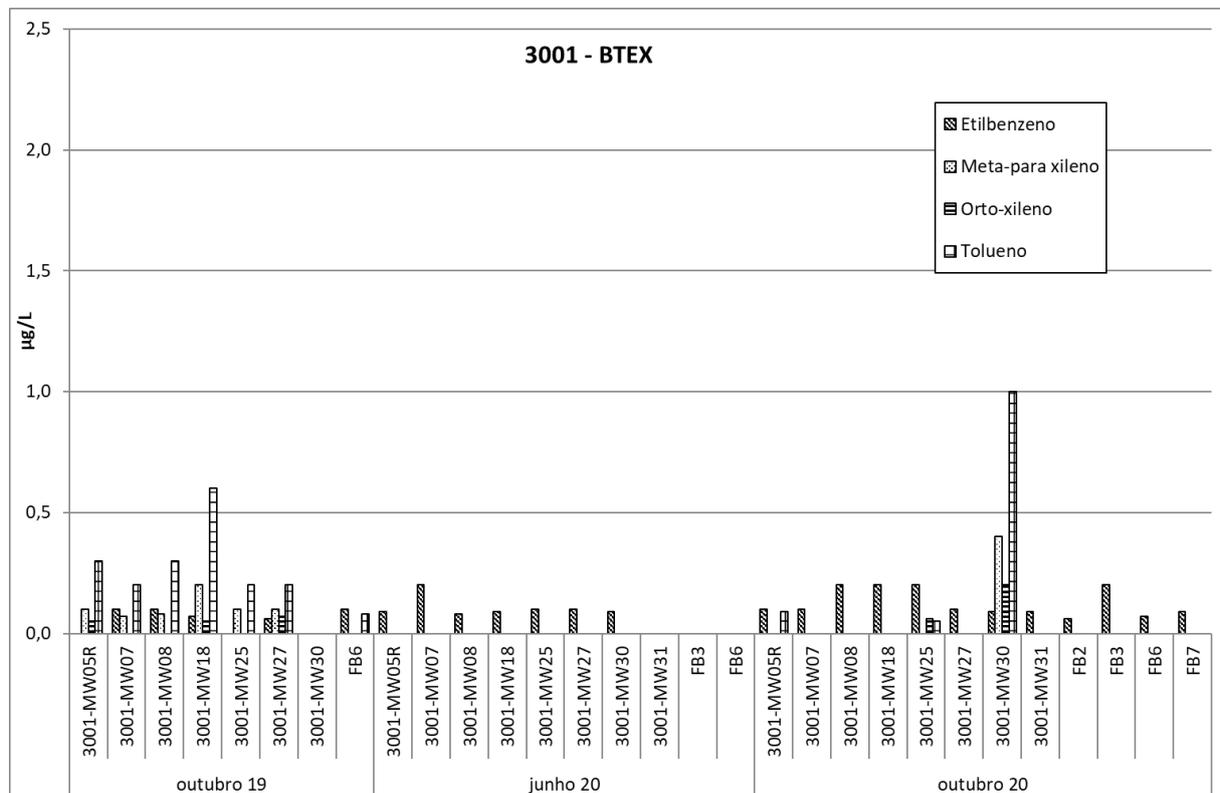


Figura 5.3 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

A presença de vários COV acima das normas de qualidade das águas subterrâneas apenas foi observada no furo 3001-MW30 (cf. Quadro 5.3 e Figura 5.4), confirmando análises efetuadas no ano 2019 por diversas entidades. Aliás foi essa observação que esteve na origem dos trabalhos de purga deste furo, apresentados no capítulo 3 |. Contudo, em outubro de 2020 as concentrações medidas no furo 3001-MW30 são muito inferiores, mesmo atendendo a que a amostra foi recolhida logo nos primeiros litros de águas extraídos durante a purga. A contaminação em TCE observada no FB6 pode ter tido origem neste furo. Os outros piezómetros analisados apresentam valores mais altos em outubro de 2020. Nos restantes furos do basal não se observa a presença de COV.

Em relação aos HAP existem diversos parâmetros com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 5.3), inclusive para diversos furos do aquífero basal. Contudo, em nenhum caso ultrapassam as normas do Canadá. Importa acompanhar a evolução desta situação em campanhas posteriores.

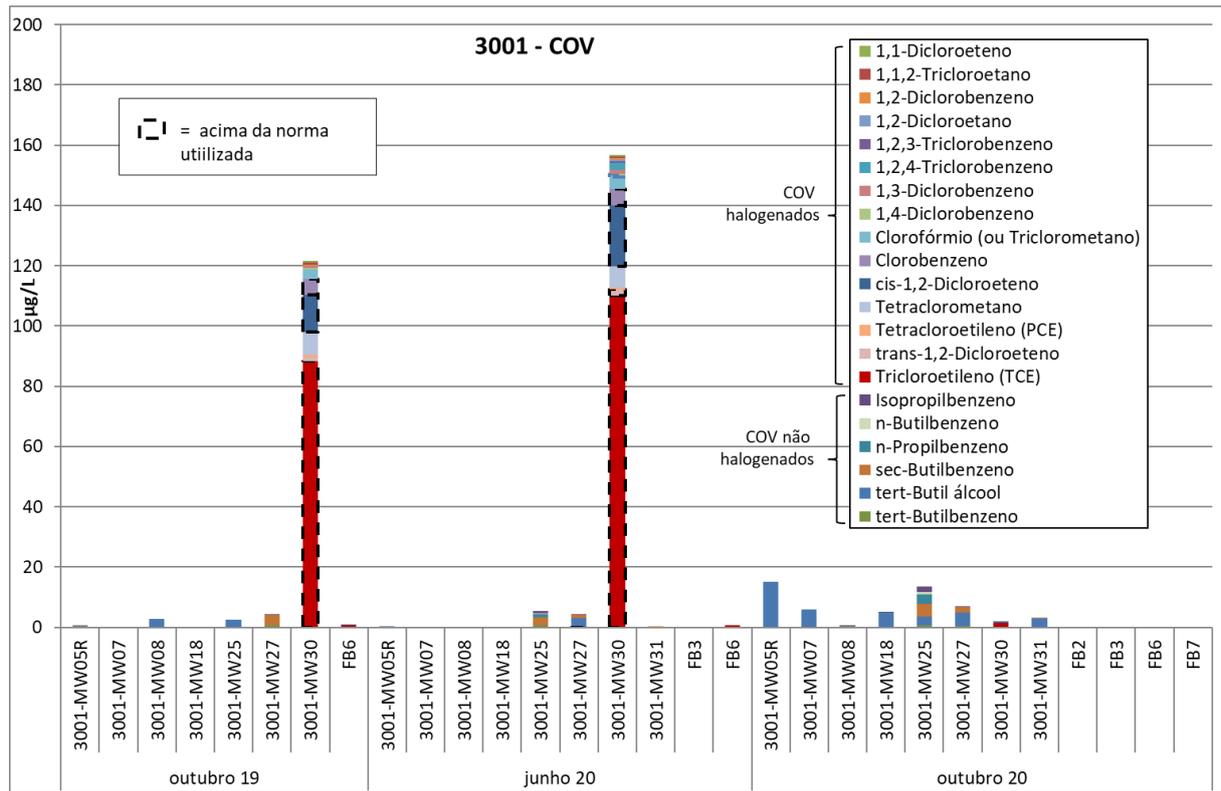


Figura 5.4 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

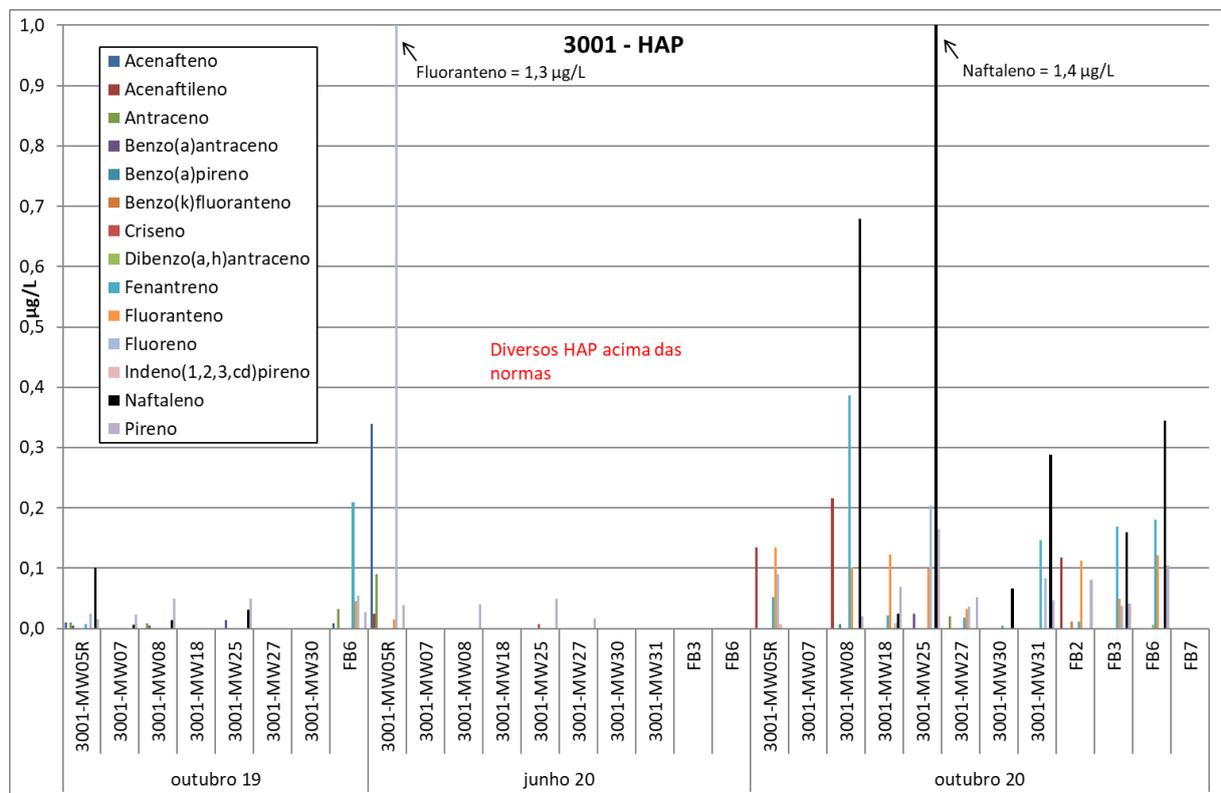


Figura 5.5 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

Relativamente aos metais pesados mantêm-se as observações feitas em Leitão, Mota e Antunes (2019), i.e. observa-se que a concentração em ferro, manganês e alumínio, entre outros, excede o valor paramétrico da água para consumo humano na maioria dos piezómetros. Contudo, crê-se que a origem destes elementos é de natureza geológica (Leitão e Henriques, 2018) e se deve ao facto de as águas subterrâneas circularem em solos ricos em minerais permitindo assim adquirir maior mineralização, também em função de outras características do meio como o pH e potencial oxidação-redução. Assim, é expectável que solos vulcânicos possam dar origem a águas mais mineralizadas em metais e metalóides. Os metais pesados associados às atividades contaminantes do local, designadamente o chumbo e o zinco, apresentaram valores inferiores à respetiva norma, com uma exceção no furo 3001-MW31 em outubro.

5.1.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.5 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na sua envolvente, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.5 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente

3001	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020	Legenda:
HTP						Não analisado
BTEX						< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
COV						> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
HAP						> limiar estabelecido por mais de uma norma (cf. Anexo IV)

Os resultados obtidos permitem constatar o reaparecimento de LNAPL nos piezómetros 3001-MW04, 3001-MW23 e 3001-MW20, este último a captar a formação hidrogeológica intermédia e os restantes a captarem as formações hidrogeológicas superficiais. Este facto, e o aumento de LNAPL ao longo do tempo, representam um retrocesso no processo de reabilitação do Site 3001. A presença de LNAPL está em consonância com os resultados obtidos nos perfis geofísicos apresentados em Leitão, Mota e Antunes (2019), que observaram na área a sul e a sudeste da Apron A (cf. Figura 5.1) anomalias geofísicas que se podem associar à presença de hidrocarbonetos.

As águas subterrâneas do Site 3001 continuam a apresentar valores de HTP, BTEX, COV e HAP acima dos limites de quantificação, com concentrações acima das normas emitidas pela APA e das normas do Canadá para o caso dos HTP, COV e HAP. Os resultados não incluem os piezómetros 3001-MW04, 3001-MW20 ou 3001-MW23, que apresentavam LNAPL, sendo expectável que contenham concentrações assinaláveis dos diversos compostos em análise.

Importa retomar a reabilitação deste Site de forma continuada e eficaz para evitar o alastramento de LNAPL e para reabilitar a qualidade dos solos que ainda contêm hidrocarbonetos que vão sendo lixiviados para horizontes inferiores após episódios de precipitação.

Atendendo à posição do furo do Juncal 1, a jusante dos furos 3001-MW30 e FB6, julga-se prudente minimizar a utilização da água para abastecimento público.

5.2 Site 3003: Main Power Plant

5.2.1 Contexto histórico

O Site 3003, representado na Figura 5.6, situa-se na Base das Lajes junto à avenida do Império em torno do edifício T-624 que é a antiga central elétrica. Este local foi classificado como potencialmente contaminado de maior risco no estudo de reconhecimento (DISCO study) realizado em 2004 (CH2MHILL, 2004).

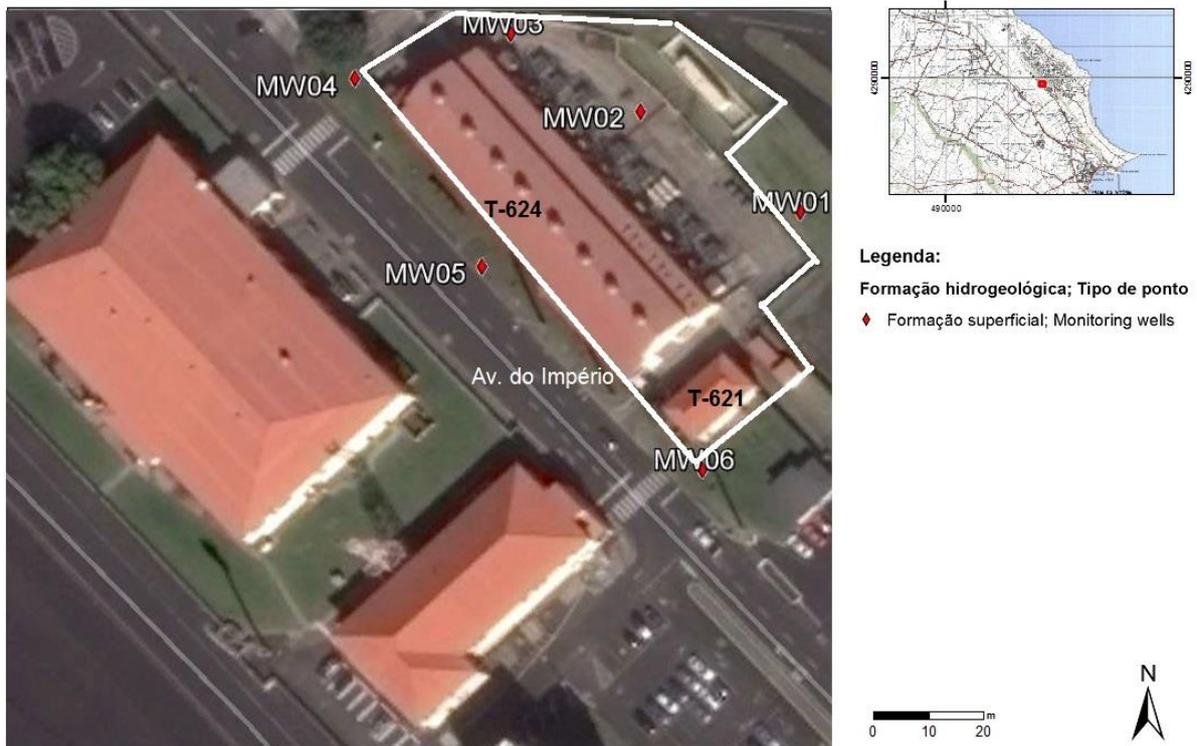


Figura 5.6 – Mapa do Site 3003

Os resultados dos estudos de caracterização disponibilizados em AMEC (2010a) evidenciavam que os solos do Site 3003 se encontravam contaminados por HTP, designadamente nas áreas associadas aos locais de implantação dos AST e ao longo das tubagens de ligação, interessando a contaminação até profundidades em regra não superiores a 1 m. Foram, ainda, registadas concentrações elevadas de metais pesados, designadamente de chumbo e zinco, nas sondagens localizadas nas proximidades dos AST, e de xilenos nas sondagens realizadas no traçado das tubagens de ligação. Os resultados dos trabalhos realizados em 2011 e 2014 evidenciaram concentrações dos contaminantes com valores inferiores aos limites definidos na legislação holandesa.

Em 2014 foram realizadas análises das águas subterrâneas dos piezómetros instalados no Site 3003 (BHATE, 2014), não tendo sido detetados nem HTP nem BTEX, mas tendo sido detetados naftaleno (HAP) e outros hidrocarbonetos em concentrações abaixo dos valores limite do Canadá (Tabela 3 para condições de água não potável).

A análise de risco concluiu que este local não constituía um risco potencial para os grupos recetores públicos, ocupacionais ou visitantes através do contato dérmico, inalação e ingestão, devido à cobertura da superfície por pavimentos em betão e à inexistência de captações nas proximidades. No entanto, observa-se que presentemente esta cobertura apresenta fendas não inibindo totalmente a entrada de água e, conseqüentemente, a progressão dos contaminantes em profundidade, podendo a qualidade da água da formação hidrogeológica superficial ser afetada.

Neste relatório apresentam-se os resultados das análises químicas para seis piezómetros que estão a ser monitorizados naquele local.

5.2.2 Plano de monitorização

A monitorização do Site 3003 consistiu na análise da qualidade das águas subterrâneas nos seis piezómetros que têm vindo a ser monitorizados pelo LNEC desde 2018 e que captam água da formação hidrogeológica superficial (Quadro 5.6).

Quadro 5.6 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3003

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Ano
3003-MW01	493153	4289830	56,02	12,0	3	12	2011
3003-MW02	493126	4289848	53,94	10,0	3	10	2011
3003-MW03	493104	4289862	53,99	10,0	3	10	2011
3003-MW04	493077	4289855	53,76	10,0	3	10	2011
3003-MW05	493098	4289822	53,36	9,0	2,5	8,5	2011
3003-MW06	493135	4289786	53,72	10,0	3	10	2011

5.2.3 Resultados obtidos

O Quadro 5.7 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos seis piezómetros do Site 3003, nas campanhas de junho e de outubro de 2020.

Página intencionalmente deixada em branco

Em 2019, o LNEC fez um conjunto de análises à qualidade das águas subterrâneas. À data, observou-se a presença de naftaleno em quase todas as amostras de água (com concentrações abaixo da norma), além da presença esporádica de outros HAP e de COV que, na campanha de fevereiro de 2019, apresentaram concentrações acima da norma utilizada para quatro compostos. Alguns dos COV encontrados já haviam sido reportados nas campanhas anteriores (BHATE, 2014).

Os resultados obtidos em 2020 mostram que a situação neste local é pouco estável e diferente de campanhas anteriores (e.g. BHATE, 2014 e Leitão, Mota e Antunes, 2019). Este facto denota que ainda estão presentes nos solos alguns contaminantes que vão sendo lixiviados pela precipitação e recarga para horizontes mais profundos dos solos até atingirem o nível das águas subterrâneas.

A concentração em HTP é, pela primeira vez, superior aos limites de quantificação (cf. Quadro 5.7 para os piezómetros 3003-MW01 e 3003-MW06), embora com valores baixos. Por outro lado a presença de BTEX, que não havia sido reportada antes de outubro de 2019, mantém-se, embora com valores mais baixos (o meta-para xileno estava acima das normas utilizadas em outubro de 2019) (cf. Quadro 5.7 e Figura 5.7).

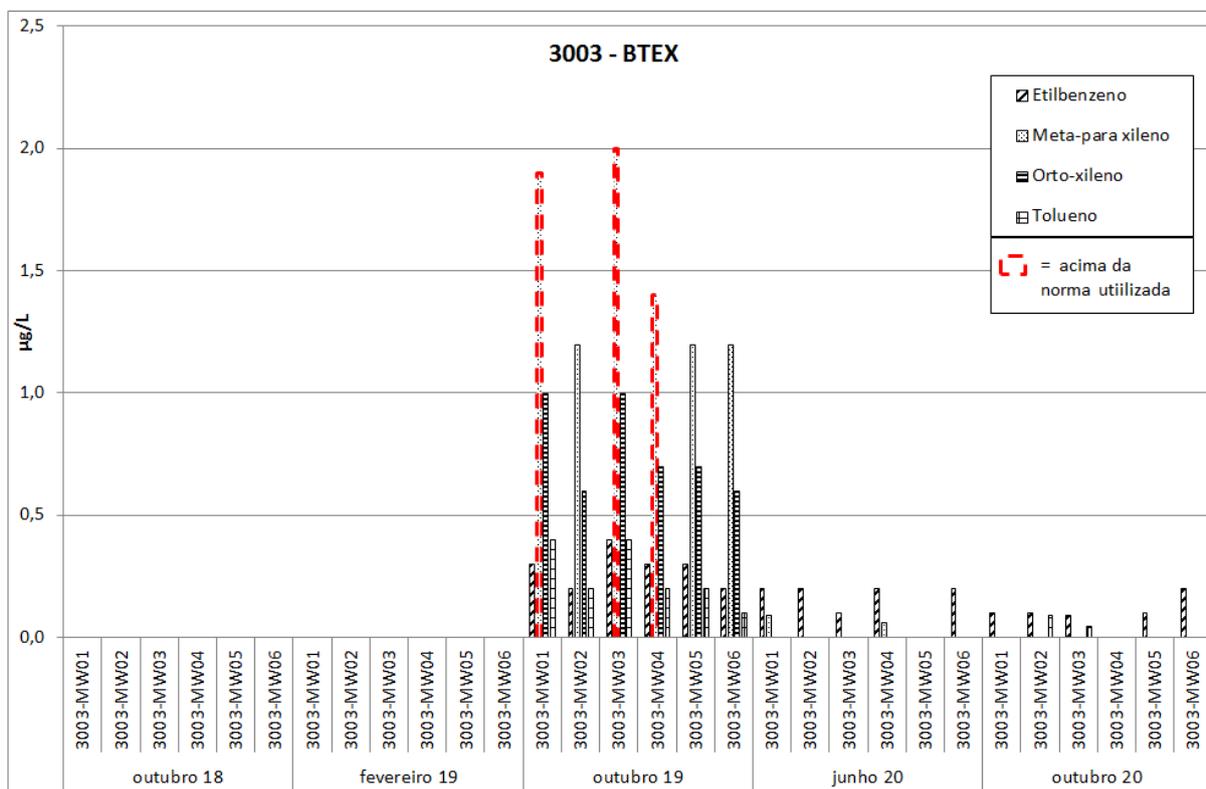


Figura 5.7 – Concentração em BTEX nos piezómetros do Site 3003

Por outro lado, o número de diferentes COV observados vem aumentando. A presença de compostos acima das normas regista-se nos piezómetros 3003-MW05 e 3003-MW06 (Figura 5.8 e Quadro 5.7), tipicamente para TCE e PCE. Contudo nas campanhas de 2020 observa-se que parte destes dois

compostos foi transformada nas formas 1,1-dicloroetano e 1,1-dicloroetano, possivelmente pelas bactérias presentes no solo.

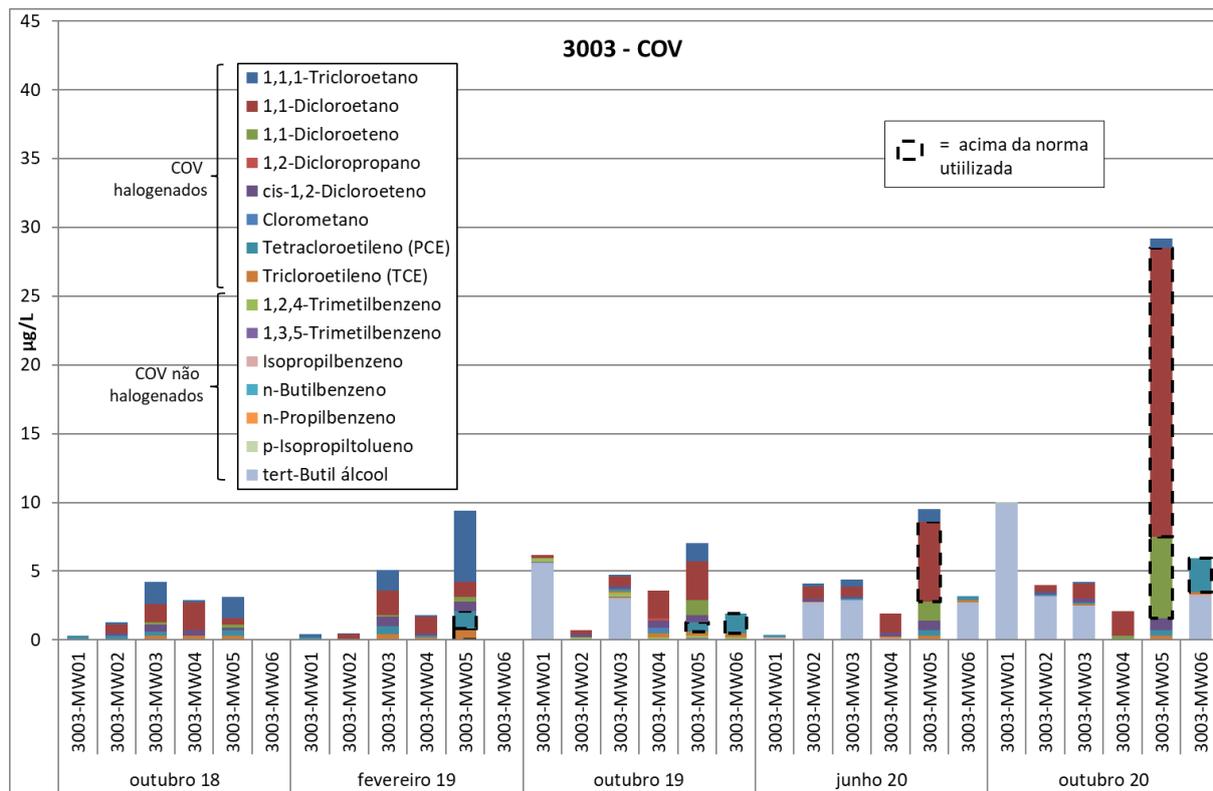


Figura 5.8 – Concentração em COV nos piezómetros do Site 3003

A presença de HAP também tem apresentado diversas oscilações, com campanhas onde estes compostos estão ausentes ou quase ausentes (e.g. outubro de 2019 e junho de 2020) e outras com concentrações inclusive acima das normas da APA, como é o caso da campanha de outubro de 2020 para o fenantreno, fluoreno e pireno (cf. Figura 5.9). Estas concentrações estão abaixo das normas do Canadá (cf. Anexo IV).

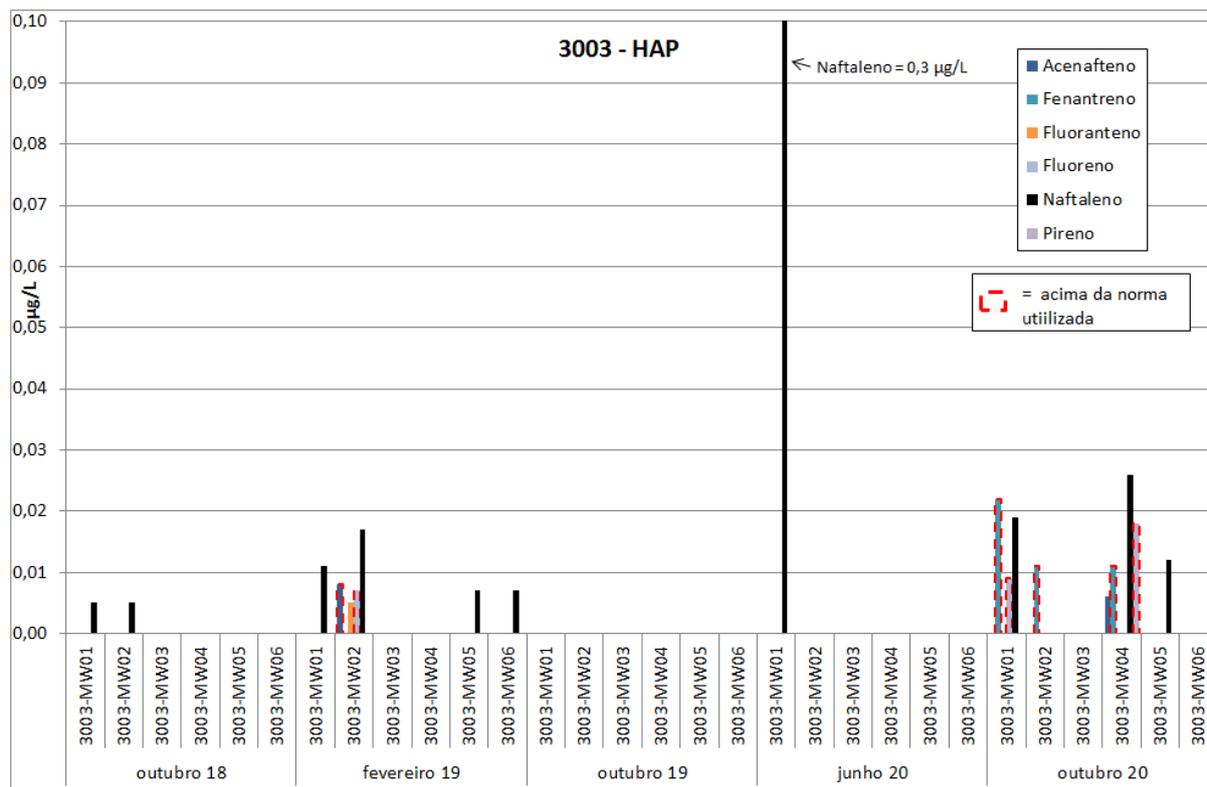


Figura 5.9 – Concentração em HAP nos piezómetros do Site 3003

Os metais pesados associados às atividades contaminantes do local (cf. Bhatte, 2014), designadamente o chumbo e o zinco, apresentam valores inferiores ao limite de quantificação, exceto para a amostra de junho de 2020 no piezómetro 3003-MW04. Relativamente aos restantes metais pesados e metalóides observa-se que a concentração em ferro, manganês e alumínio excede o valor paramétrico da água para consumo humano na maioria dos piezómetros, assim como o arsénio, cádmio e o cobalto (e.g. piezómetro 3003-MW04). A origem destes elementos poderá ter origem no facto de as águas subterrâneas circularem em solos ricos nestes minerais permitindo assim adquirir maior mineralização.

5.2.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.8 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3003, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.8 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3003

3003	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
HTP	< limite de quantificação				
BTEX	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
COV	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
HAP	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	< limite de quantificação	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma

Observa-se, nas campanhas de 2019 e de 2020, concentrações acima das normas para BTEX, COV e HAP.

Atendendo a que os valores de hidrocarbonetos acima das normas ao longo das últimas campanhas não são muito elevados, espera-se que a desativação do armazenamento e das tubagens de abastecimento dos AST, juntamente com a efetivação, prevista para breve, do conjunto de medidas propostas por Simões (2012a) [designadamente a impermeabilização/fechamento com asfalto e/ou betão das juntas e fendas existentes nas superfícies pavimentadas da área (que deverá incluir a impermeabilização da área em torno dos piezómetros sugerida em Leitão, Mota e Antunes, 2019), para evitar a acumulação de água em torno dos mesmos], possam ser suficientes para melhorar a qualidade das águas subterrâneas deste local, encarregando-se os microrganismos naturalmente presentes no solo de biodegradar os hidrocarbonetos ainda aí presentes em pequenas quantidades. Essa expectativa deverá ser confirmada através da monitorização continuada das águas subterrâneas neste Site.

5.3 Site 5001: South Tank Farm

5.3.1 Contexto histórico

O Site 5001 está localizado entre as docas da Praia da Vitória, onde o combustível que abastece a Base chega através de petroleiros, e a Base Aérea n.º 4. O Site localiza-se junto à encosta da Serra de Santiago, numa área com uma falha geológica e densa vegetação natural, e tem a sul a lagoa do Paul da Praia que corresponde ao afloramento do aquífero basal (Figura 5.10).

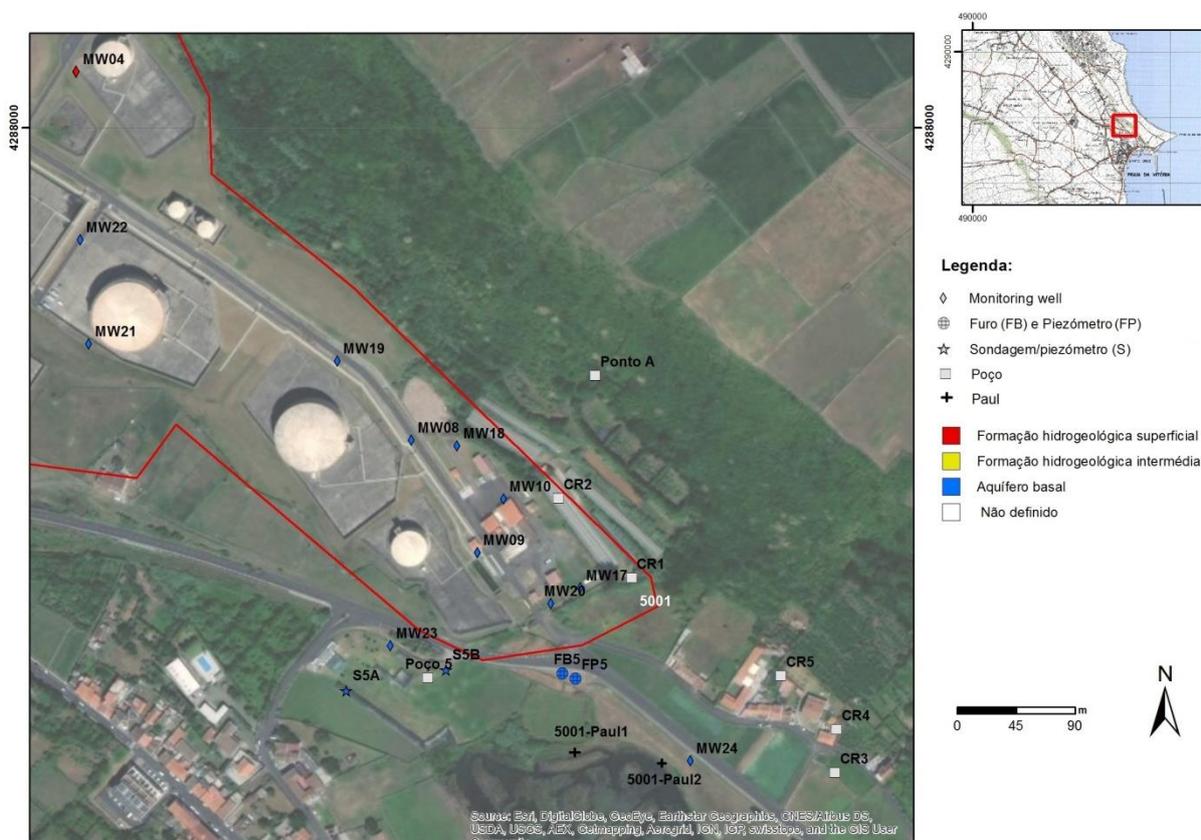


Figura 5.10 – Mapa do Site 5001

A principal questão ambiental que se coloca neste Site decorre da contaminação por hidrocarbonetos resultante do facto de esta área conter depósitos de combustíveis (diversas vezes substituídos devido a fugas) com capacidade para armazenar 242 milhões de litros de combustível o que, segundo CH2MHILL (2004), o torna no maior espaço de armazenamento de combustível da Força Aérea dos EUA. Segundo os mesmos autores, o local foi identificado como contaminado em 1996/97.

Neste local existem atualmente 12 tanques de combustível de dimensões variáveis, todos eles assentes em plataformas de betão e com um contentor secundário capaz de reter eventuais fugas de combustível. A estrutura dos reservatórios foi completamente mudada entre 1982 e 1986, tendo os solos removidos sido depositados no Site 5014. A antiga estrutura era composta por 18 tanques de combustível diretamente colocados no solo e sem estruturas de contenção. Historicamente era prática comum enterrar a lama que era gerada durante a limpeza de tanques, sendo este um dos motivos da contaminação do Site, juntamente com inúmeros derrames identificados desde 1984.

O LNEC, através de diversos protocolos de colaboração com a ERSARA, tem vindo a acompanhar as ações de monitorização e de reabilitação realizadas pela USAFE e tem vindo a realizar uma monitorização complementar através da recolha semestral de amostras de água para análises químicas em dois piezómetros localizados a sul do Site. Dada a suspeita de a contaminação deste Site se poder estender mais para jusante foram propostas análises complementares aos trabalhos de monitorização, que incluem a análise de águas subterrâneas dentro e fora do Site, incluindo ainda poços e as águas do Paul da Praia.

Os resultados apresentados por Leitão, Mota e Antunes (2019) referem que as ações de reabilitação realizadas até à data não foram suficientes para assegurar a qualidade das águas de jusante (nomeadamente as águas subterrâneas e as do Paul) pelo que deverão ser equacionadas novas medidas visando a reabilitação deste Site, além da monitorização da qualidade das águas subterrâneas.

Nesse contexto, o LNEC realizou em 2020 uma análise complementar da área de jusante que incluiu a prospeção geofísica e a análise da qualidade dos solos até 2 m de profundidade (Leitão, Mota e Antunes, 2019). Embora os resultados da geofísica não tenham sido claros em relação à contaminação dos solos, atendendo aos elevados valores de salinidade daquele local, a análise da qualidade dos solos permitiu registar concentrações baixas de HTP e HAP que se encontravam acima dos limites de quantificação, mas abaixo dos valores máximos estabelecidos pela legislação do Canadá (adotada pela APA em 2019).

Apesar de os elementos apresentados nesse relatório não suscitarem preocupação relativamente à contaminação dos solos, os resultados apresentados em relatórios anteriores para as águas subterrâneas justificam que se mantenha o acompanhamento semestral das análises à água do Paul, dos poços/nascente e dos piezómetros neste local, bem como a monitorização da qualidade da água nesta zona.

5.3.2 Plano de monitorização

A monitorização da qualidade das águas subterrâneas no Site 5001 e áreas envolventes incluiu a continuação da análise de águas subterrâneas em diversos piezómetros dentro e fora do Site, juntamente com os poços presentes na vizinhança (Quadro 5.9).

O número de poços e de piezómetros analisados neste local para o MDN foi aumentando da primeira para a última campanha, uma vez que houve necessidade de se perceber a extensão da contaminação face aos resultados que se foram obtendo. Esta análise é complementar á que tem vindo a ser feita nos últimos anos em dois piezómetros (FB5 e o S5B), cf. Figura 5.10), para a ERSARA, localizados a jusante do Site 5001. De referir que a escolha de locais de amostragem excluiu diversos pontos de amostragem que foram destruídos e que também vêm representados na Figura 5.10.

Além da análise das águas subterrâneas também se manteve a análise da qualidade da água do Paul na medida em que esta representa a água de descarga do aquífero basal, misturada com água salobra do Paul.

Quadro 5.9 – Principais características dos pontos de água amostrados no Site 5001 e área envolvente

Ponto	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)
5001-CR3	494868,39	4287503,13	1,05	1,85	-	-
5001-CR4	494869,62	4287536,39	0,71	1,61	-	-
5001-CR5	494826,99	4287577,67	5,74	6,90	-	-
5001-MW04	494288,19	4288043,63	30,37	12,28	8,02	11,06
5001-MW08	494544,76	4287759,16	4,99	5,79	2,71	5,77
5001-MW09	494595,09	4287672,50	2,49	4,57	1,43	4,48
5001-MW10	494615,07	4287713,893	3,42	6,35	2,41	5,46
5001-MW17	494674,39	4287645,24	2,26	5,48	1,83	4,88
5001-MW18	494579,59	4287754,79	8,33	12,50	8,80	11,90
5001-MW19	494487,82	4287820,55	8,21	10,50	7,50	10,50
5001-MW20	494651,13	4287633,39	2,11	5,50	2,50	5,50
5001-MW22	494291,27	4287913,77	24,13	25,70	22,70	25,70
5001-MW23	494532,00	4287604,00	3,21	8,00	3,00	9,00
5001-MW24	494756,00	4287513,00	2,73	17,00	2,00	17,00

5.3.3 Resultados obtidos

5.3.3.1 Águas subterrâneas

O Quadro 5.10 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas em junho de 2020 e o Quadro 5.11 para outubro de 2020.

Quadro 5.10 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em junho de 2020

Parâmetro	Unidade	5001-CR3	5001-CR4	5001-CR5	5001-MW24	5001-MW08	5001-MW09	5001-MW10	5001-MW17	5001-MW18	5001-MW19	5001-MW20	5001-MW22	Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação
		25-06-2020	25-06-2020	25-06-2020	24-06-2020	24-06-2020	24-06-2020	24-06-2020	24-06-2020	24-06-2020	24-06-2020	24-06-2020	24-06-2020				
In situ																	
Temperatura	°C	20,5	21,0	19,2	19,8	21,2	19,3	21,7	19,2	20,5	20,8	20,5	-	-	-	-	-
pH	Sorensen	7,68	6,72	6,88	7,14	7,31	7,12	7,81	6,89	6,82	6,52	7,17	-	LQ e L	5,5; 9	-	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	1112	1003	952	30616	564	372	472	996	566	313	729	-	LQ e L	2500	1	-
Potencial redox (Eh)	mV	105,0	136,9	136,0	-167	-150	-148,9	-160	-135	127	161,3	-166	-	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	2,92	2,57	2,55	1,47	1,43	1,72	1,05	1,89	2,24	4,34	1,66	-	-	-	-	-
Parâmetros agregados																	
Índice de fenóis	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	0,099	0,002	-0,001	0,002	0,003	0,005	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,89	0	5
Iões maiores																	
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	650	250	130	470	270	180	190	570	260	55	370	43	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L	80	110	140	12000	39	17	48	49	55	98	52	49	LQ e L	250	1	-
Nitrato - NO ₃	mg/L	0,4	46	140	1500	0,2	0,4	0,5	0,2	19	26	0,8	8,4	NQ	50	1	-
Sulfato - SO ₄	mg/L	2,5	82	33	1500	4,4	21	6,6	-0,5	15	20	1,2	12	LQ e L	250	1	-
Cálcio - Ca	mg/L	93	35	35	340	6	27	16	52	20	11	48	24	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	44	20	23	940	9	7	13	28	15	15	22	21	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	16	23	2	280	9	9	15	11	12	6	12	6	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	92	120	130	7500	100	22	49	93	39	68	64	47	VP	200	1	-
Metais em solução																	
Alumínio - Al	mg/L	-0,10	-0,10	-0,10	0,21	0,83	-0,10	-0,10	0,41	-0,10	0,84	2,00	12,00	VP	0,2	6	-
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	0,031	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	1	-
Bário - Ba	mg/L	-0,050	-0,050	-0,050	0,240	-0,050	0,100	-0,050	0,180	-0,050	-0,050	0,170	0,490	Canadá	1	0	0
Berílio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,006	Canadá	0,004	1	-
Boro - B	mg/L	0,27	0,50	-0,10	2,50	-0,10	-0,10	-0,10	0,15	-0,10	-0,10	0,41	-0,10	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,0007	0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	0,029	0,022	-0,005	-0,005	0,023	0,017	0,006	0,160	0,006	LQ e L	0,01	5	-
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,004	-0,003	0,160	Canadá	0,0038	2	-
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,006	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,006	-0,005	0,092	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,002	-0,001	-0,001	0,004	-0,001	0,005	VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L	0,23	-0,05	-0,05	1,60	4,70	75,00	21,00	42,00	0,10	0,30	22,00	38,00	VP	0,2	9	-
Ferro (II)	mg/L	0,06	-0,05	-0,05	0,23	3,90	60,00	3,50	41,00	0,06	0,10	15,00	5,40	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	0,16	-0,05	-0,05	1,40	0,80	14,00	17,00	0,89	0,07	0,21	6,50	33,00	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,48	0,72	0,36	-5,00	2,40	0,51	1,20	0,41	0,45	0,23	0,53	0,47	VP	1,5	1	-
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,18	-0,15	0,41	1,80	1,10	5,50	0,53	6,60	-0,15	0,95	8,80	7,00	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	0,005	-0,005	-0,005	0,01	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,01	-0,005	-0,005	-0,005	-	-	0	0
Manganés - Mn	mg/L	0,39	0,38	-0,01	2,00	0,28	1,50	3,10	6,10	0,28	0,41	2,70	6,30	VP	0,05	11	-
Mercurio - Hg	µg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	LQ e L	1	0	0
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	0,006	-0,005	0,009	0,012	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,011	-0,005	0,016	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	0,0013	-0,0009	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Canadá	0,002	0	0
Tiânio - Ti	mg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,05	0,093	-0,05	-0,05	0,08	-0,05	0,07	0,16	0,34	Canadá	-	1	-
Vanádio - V	mg/L	-0,00500	-0,00500	-0,00500	-0,00500	-0,00500	-0,00500	-0,00500	-0,00500	-0,00500	0,00500	-0,00500	0,01400	Canadá	0,0062	1	-
Zinco - Zn	mg/L	-0,010	0,015	0,012	0,016	0,043	-0,010	0,026	0,030	0,016	0,048	0,086	0,350	Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP																	
HTP	µg/L	-38	55	-38	-38	150000	900	4600	260	-38	-38	51	-38	Canadá	750	3	6
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	43	-10	-10	19000	98	190	160	-10	-10	12	-10	-	-	0	6
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	79000	400	2400	59	20	-10	29	-10	-	-	0	6
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	44000	310	1700	30	10	-10	-10	-10	-	-	0	5
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	2300	70	110	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	0	3
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	86	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	1
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	28	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	1
BTEX																	
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	0,08	14	0,40	0,20	7,30	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	2	6
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,60	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,90	0,10	-0,05	0,40	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	3
Tolueno	µg/L	-0,05	0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,30	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Soma BTEX	µg/L	0,00	0,06	0,00	0,08	14,9	0,50	0,20	8,60	0,10	0,00	0,00	0,00	-	-	0	7
Soma xilénos	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0	3
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados																	
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-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	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	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	-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	-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	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-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	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1												

ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Análise dos resultados da monitorização de águas subterrâneas realizada em 2020

Quadro 5.11 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001, em outubro de 2020

Designação local	5001-CR3	5001-CR4	5001-CR5	5001-MW23	5001-MW24	5001-MW08	5001-MW09	5001-MW10	5001-MW17	5001-MW18	5001-MW19	5001-MW20	5001-MW22	Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação	
Data amostragem	15-10-2020	15-10-2020	15-10-2020	19-10-2020	13-10-2020	15-10-2020	15-10-2020	20-10-2020	15-10-2020	15-10-2020	15-10-2020	15-10-2020	13-10-2020					
Parâmetro	Unidade																	
In situ																		
Temperatura	oC	20,5	21,0	21,0	20,2	20,5	21,8	22,4	23,6	21,8	21,3	22,5	22,5	22,2	-	-	-	
pH	Sorensen	8,08	7,52	7,43	7,22	6,83	7,02	7,4	7,92	6,71	6,93	6,81	7,03	7,27	LQ e L	5,5; 9	0	
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	1188	1063	1003	792	39196	549	458,8	198,8	1064	674	525	748	225	LQ e L	2500	1	
Potencial redox (Eh)	mV	69,5	96,9	118,5	127,0	-163,7	-129	-181,9	-25	-138	140	142	-142	118	-	-	-	
Oxigénio dissolvido	mg/L	2,99	2,75	3,01	2,41	1,97	2,38	1,75	1,48	1,28	1,5	1,56	1,68	5,56	-	-	-	
Parâmetros agregados																		
Índice de fenóis	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,025	-0,001	-0,001	-0,001	0,046	-0,001	-0,001	0,020	-0,001	Canadá	0,89	0	
Íons maiores																		
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	670	210	150	130	460	280	230	34	590	270	54	470	46	-	-	0	
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	
Cloreto - Cl	mg/L	90	120	150	150	17000	40	14	12	51	62	120	45	35	LQ e L	250	1	
Nitrato - NO ₃	mg/L	2,9	86	130	12	-10	0,14	0,13	0,23	0,14	2,7	33	0,15	7,9	NQ	50	2	
Sulfato - SO ₄	mg/L	3,9	96	28	27	2000	-0,5	-0,5	2,9	-0,5	8,4	25	-0,5	10	LQ e L	250	1	
Cálcio - Ca	mg/L	100	33	36	27	410	4,7	33	4,5	13	14	49	6,9	-	-	-		
Magnésio - Mg	mg/L	51	25	25	18	1100	7,6	7,3	2	31	28	15	22	5,7	-	-	0	
Potássio - K	mg/L	19	25	2	11	330	8,9	9,1	3	12	8,6	6,1	11	2,7	-	-	0	
Sódio - Na	mg/L	120	160	130	94	8600	94	24	13	110	76	76	71	28	VP	200	1	
Metais em solução																		
Alumínio - Al	mg/L	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,35	0,43	-0,10	0,48	-0,10	-0,10	0,44	6,00	1,50	VP	0,2	6	
Antimônio - Sb	mg/L	-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	VP	0,005	0	
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,250	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	
Bário - Ba	mg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	0,220	-0,050	0,100	-0,050	0,170	-0,050	-0,050	0,400	0,066	Canadá	1	0	
Berílio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,0036	-0,001	Canadá	0,004	0	
Boro - B	mg/L	0,38	0,49	-0,10	-0,10	-5,00	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,11	-0,10	0,42	-0,10	Canadá	5	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,0020	-0,0004	LQ e L	0,005	0	
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,033	0,012	-0,005	0,008	0,007	0,011	0,066	LQ e L	0,01	4	
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,015	-0,003	0,004	-0,003	0,018	Canadá	0,0038	1	
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,026	-0,025	0,180	-0,005	-0,005	0,012	VP	2	0	
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,011	-0,001	-0,001	0,002	-0,001	0,002	VP	0,05	0	
Ferro - Fe	mg/L	0,50	0,28	0,14	1,10	0,18	4,20	29,00	1,40	43,00	1,30	2,00	1,10	0,46	VP	0,2	11	
Ferro (II)	mg/L	0,27	0,19	0,14	0,31	0,15	4,30	30,00	0,91	44,00	1,20	0,65	0,40	0,22	-	-	0	
Ferro (III)	mg/L	0,23	0,09	-0,05	0,77	-0,05	-0,05	-0,05	0,48	-0,05	-0,05	1,40	0,67	0,24	-	-	0	
Fluoreto - F	mg/L	0,42	0,71	0,31	-0,50	-5,00	2,70	0,44	0,22	0,34	0,61	0,25	0,33	0,49	VP	1,5	1	
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,31	1,10	0,46	0,28	0,13	1,00	4,10	0,76	6,10	-0,15	0,87	14,00	1,50	-	-	0	
Lítio - Li	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,09	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,009	-0,005	-0,005	-0,005	-	-	0	
Manganes - Mn	mg/L	0,43	1,20	0,03	-0,01	1,30	0,33	1,70	0,45	5,50	8,80	0,26	3,80	0,76	VP	0,05	11	
Mercúrio - Hg	µg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	LQ e L	1	0	
Molibdênio - Mo	mg/L	-0,005	0,008	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,016	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	0,0011	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	VP	0,01	0	
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Canadá	0,002	0		
Titânio - Ti	mg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	0,072	0,052	-0,05	0,06	-0,05	-0,05	-0,05	0,25	0,17	-	-	0	
Vanádio - V	mg/L	0,00023	0,00097	0,00023	0,00910	0,00206	0,00047	-0,00020	0,00032	-0,00020	0,00153	0,00718	0,00380	0,02790	Canadá	0,0062	3	
Zinco - Zn	mg/L	-0,010	0,025	0,013	-0,010	0,090	0,025	0,180	-0,010	0,011	0,180	0,280	-0,010	0,280	Canadá	1,1	0	
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP																		
HTP	µg/L	-38	110	-38	-38	-38	53000	980	730	120	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	2	
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	50	-10	-10	-10	7700	140	54	96	-10	-10	-10	-10	-	-	5	
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	29000	540	390	18	-10	-10	-10	-10	-	-	4	
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	14	-10	-10	-10	15000	250	240	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	4	
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	33	-15	-15	-15	-15	33	25	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	3	
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	140	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	1	
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	69	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	1	
BTEX																		
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,20	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	
Etilbenzeno	µg/L	0,10	0,10	0,20	-0,05	-0,05	9,50	0,50	0,30	0,80	0,20	0,20	0,20	0,20	L	1,3	11	
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	0,08	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,20	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	2	
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,40	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	3	
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	1	
Soma BTEX	µg/L	0,10	0,18	0,20	0,00	0,00	9,90	0,80	0,30	1,30	0,20	0,20	0,20	0,20	-	-	11	
Soma xilenes	µg/L	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,40	0,10	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	4	
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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	
1,1,2,2-Tetracloretoano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	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	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1														

Os resultados apresentados no Quadro 5.10 permitem observar a presença de HTP em diversos piezómetros amostrados dentro do Site 5001, em especial nos piezómetros localizados mais a sul (cf. Figura 5.10), e em todas as campanhas (Figura 5.11). Os valores mais altos e acima da norma (750 µg/L) registam-se nos piezómetros 5001-MW08, 5001-MW09 e 5001-MW10, com o primeiro a apresentar valores muito acima da norma.

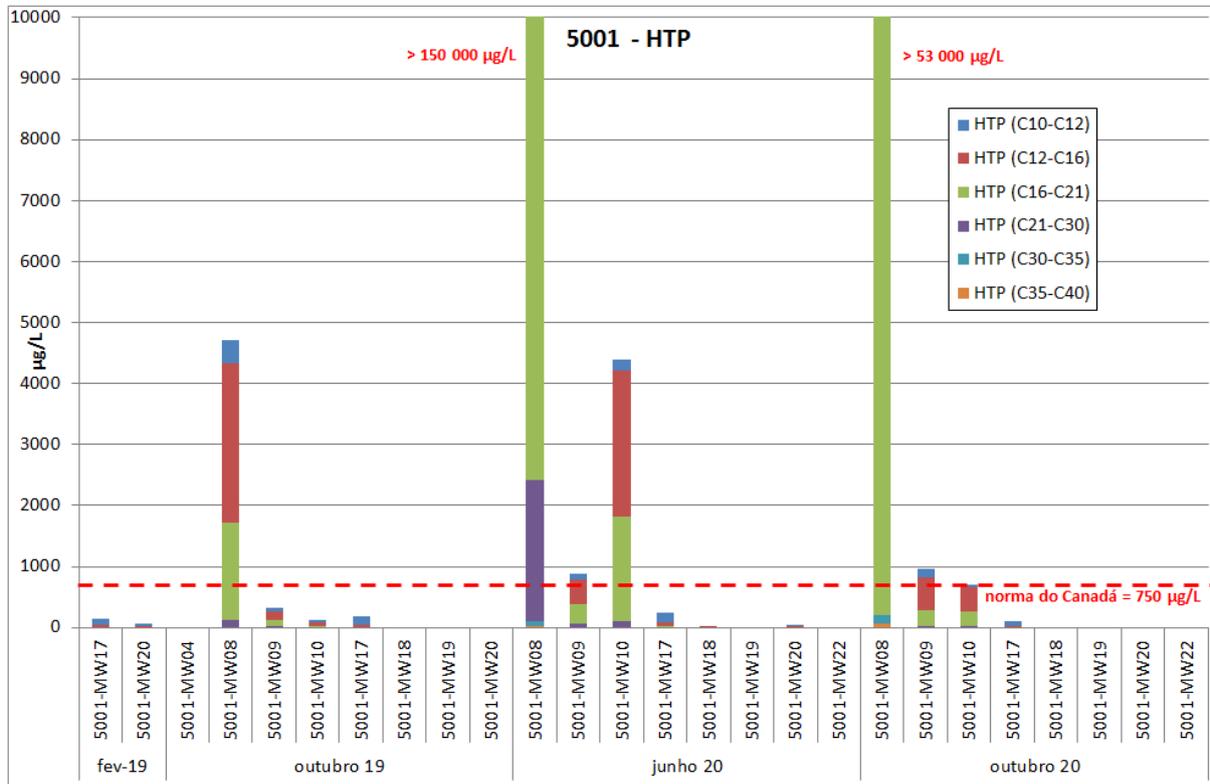


Figura 5.11 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 5001

Também os valores de BTEX aparecem em concentrações acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para o etilbenzeno (5001-MW08 e 5001-MW17) e para o meta-para xileno (5001-MW04) (cf. Figura 5.12), no caso do etilbenzeno também acima da norma do Canadá (cf. Anexo IV).

As concentrações em COV no Site 5001 são essencialmente de compostos não-halogenados (muitos deles utilizados como aditivos de combustível, como é o caso do MTBE), ao contrário de outros locais onde os COV mais frequentes são halogenados (TCE, PCE, 1,2-dicloroetano, etc., muitos deles usados como solventes), sendo que a sua grande maioria dos COV não-halogenados não tem normas definidas (cf. Figura 5.13). O isopropilbenzeno é um constituinte do petróleo bruto e combustível refinado, juntamente com o n-propilbenzeno, traduzindo novamente o tipo de atividades contaminantes associadas a este Site.

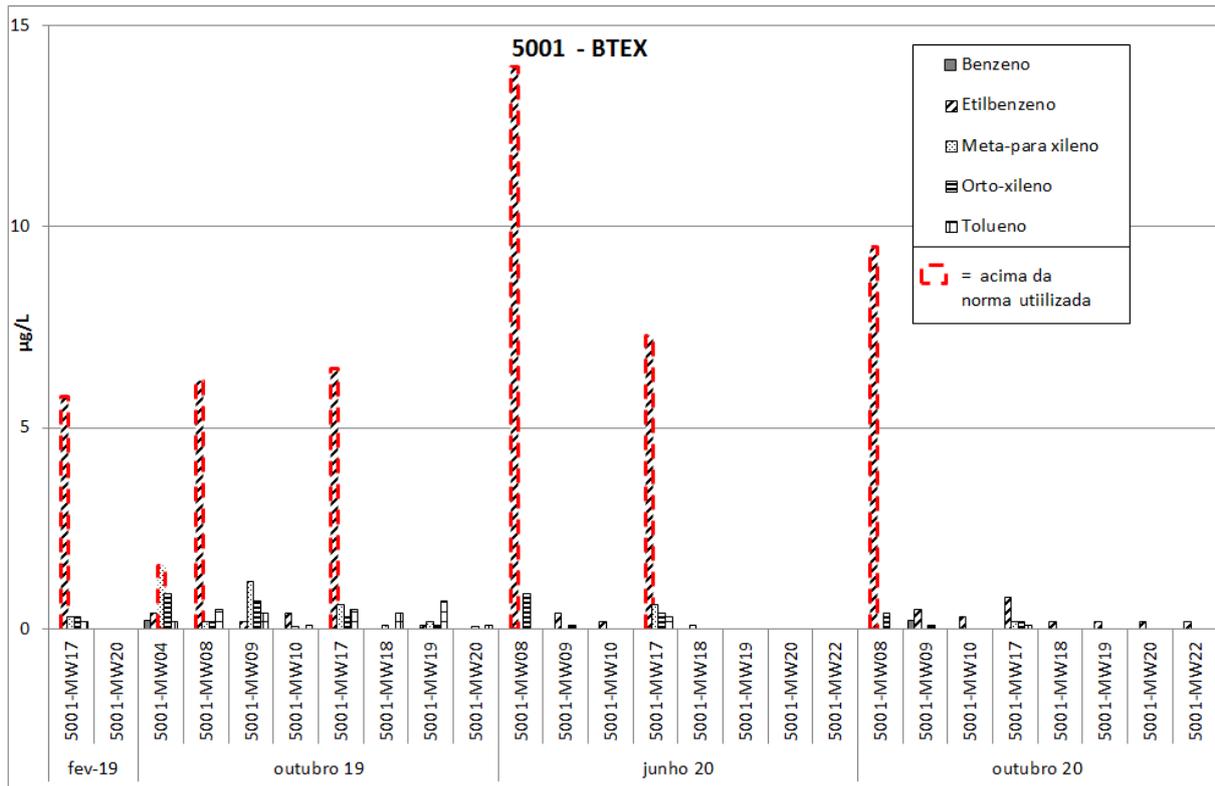


Figura 5.12 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5001

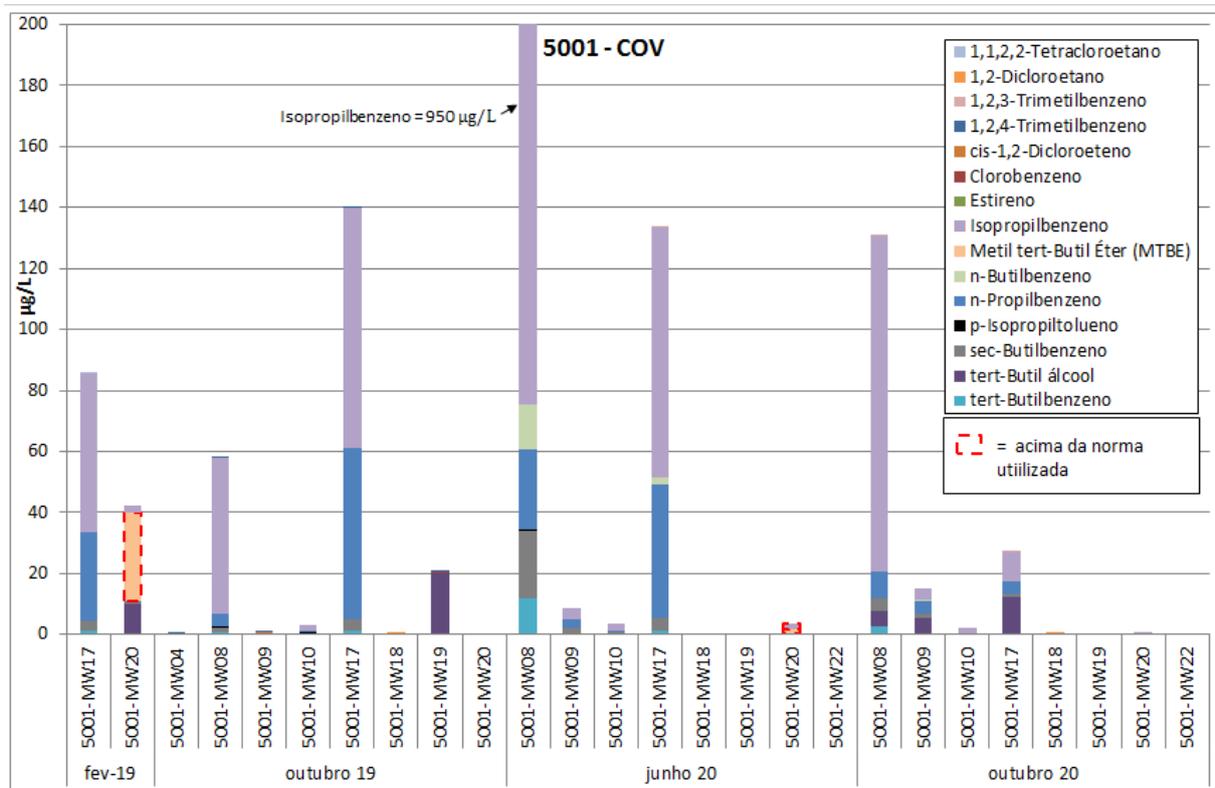


Figura 5.13 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 5001

Em relação aos HAP, a Figura 5.14 apresenta os resultados para as análises de águas amostradas dentro do Site 5001, com diversos valores muito acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 5.10). A escala utilizada não permite representar muitos dos contaminantes acima dos limites. As concentrações mais elevadas verificam-se em especial para o naftaleno, fluoreno e fenantreno e para os mesmos piezómetros identificados para os outros grupos de compostos (i.e. 5001-MW08, 5001-MW09, 5001-MW10 e 5001-MW17). Assinala-se o incremento significativo destes compostos, em particular o naftaleno das campanhas de 2019 para 2020, coerente com os aumentos também expressivos de HTP. É necessário acompanhar esta situação para melhor compreender este comportamento.

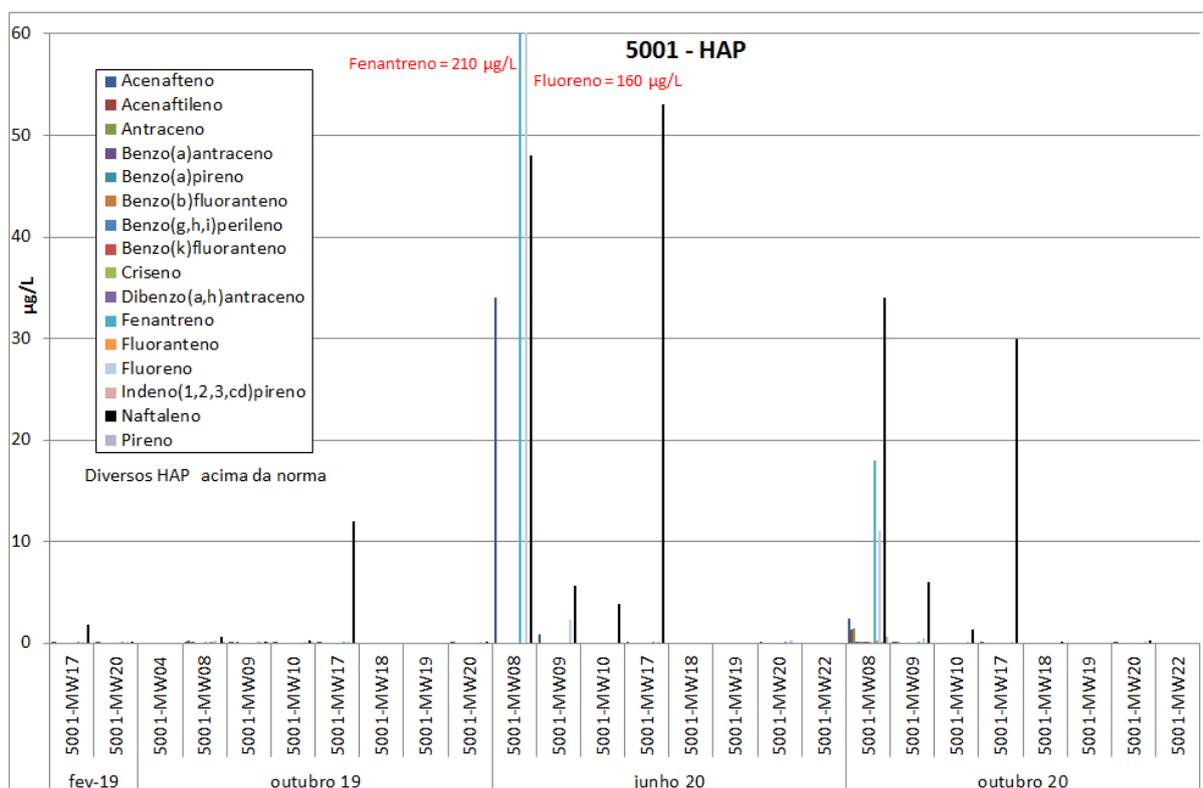


Figura 5.14 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001

As diferenças observadas entre campanhas, quer para os parâmetros observados quer para as suas concentrações, devem-se não só a diferentes graus de biodegradação, mas também a diversas condições mais ou menos favoráveis à volatilização ou à infiltração da água de precipitação responsável pelo arraste de contaminantes. A ausência de um período demarcado de precipitação na ilha Terceira não facilita uma observação clara do que é uma amostragem após o período húmido (correspondente à campanha de fevereiro/março, que em 2020 só foi realizada em junho) e após o período seco (correspondente à campanha de setembro/outubro).

Os piezómetros amostrados no Site 5001 apresentam os valores mais baixos do potencial de oxidação-redução, Eh, possivelmente como resultado do consumo de oxigénio por parte das bactérias que se encontram a degradar os hidrocarbonetos presentes (Quadro 5.10). O valor de Eh poderá ser um

indicador das áreas onde há hidrocarbonetos em maior quantidade e está a haver biodegradação natural.

A jusante do Site 5001, nos poços e nos piezómetros 5001-MW23 e 5001-MW24 amostrados, as concentrações em HTP estiveram acima do limite de quantificação no poço CR4, tendo anteriormente sido registado, em outubro de 2018, numa amostra de água do piezómetro 5001-MW24, em ambos os casos com valores abaixo da norma de qualidade.

Os BTEX e COV encontrados dentro do Site 5001 também se observam nos piezómetros ou poços na vizinhança. As concentrações em BTEX, embora com valores bastante inferiores aos encontrados nos piezómetros dentro do Site (e apresentando valores abaixo das normas utilizadas, cf. Figura 5.15), ocorrem essencialmente para o etilbenzeno.

Nestes mesmos pontos, a presença de COV não-halogenados registou-se em diferentes períodos (Figura 5.15 e Quadro 5.10). A concentração em COV nos piezómetros dentro do Site 5001 é bastante superior (Figura 5.13), com diversos parâmetros acima dos limites de quantificação, embora apenas tenha havido um caso acima das normas utilizadas, o Metil tert-Butil Éter, no 5001-MW20, na campanha de fevereiro de 2019 e na de junho de 2020.

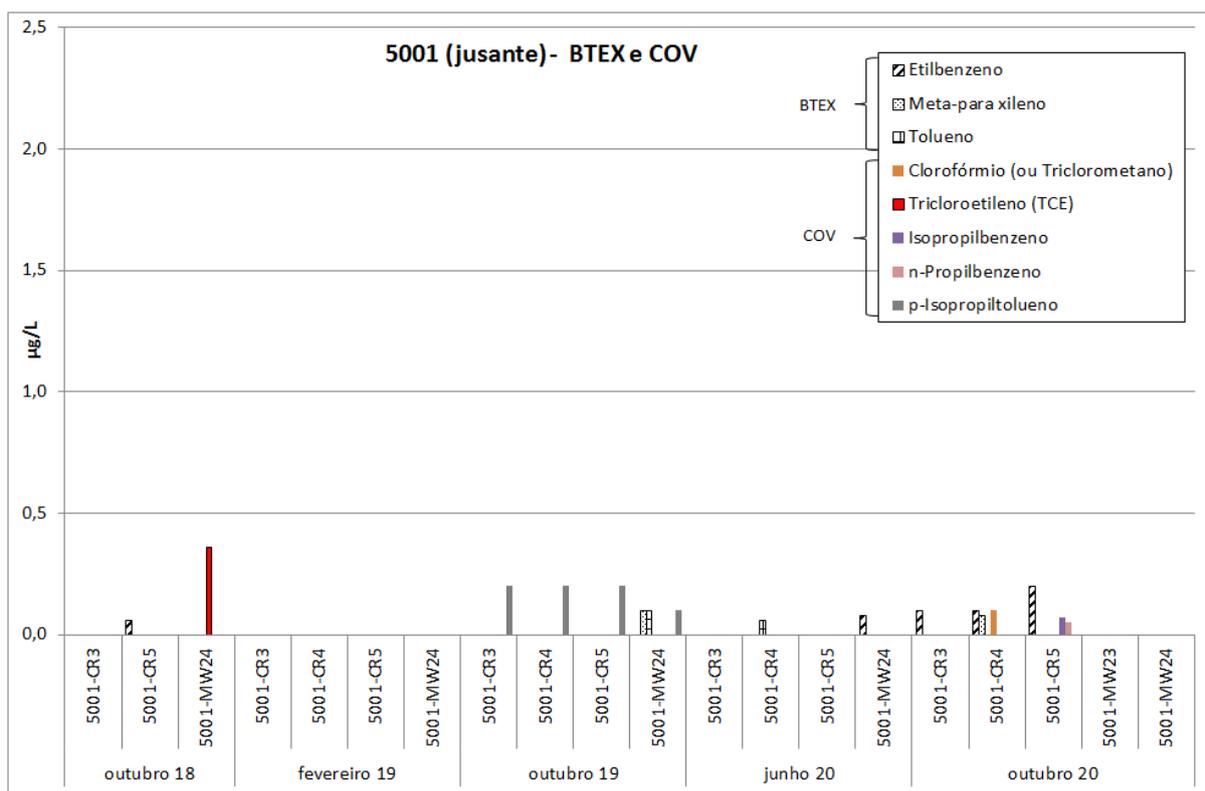


Figura 5.15 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001

Importa prosseguir o trabalho de monitorização da concentração em hidrocarbonetos para melhor compreender a evolução destes resultados e as elevadas variações observadas, nomeadamente no poço 5001-CR4 que contém uma mina que drena para o poço com o nível da água a muito baixa profundidade (< 2 m) (Quadro 5.9).

Em relação aos HAP de amostras recolhidas fora do Site 5001, embora se observem concentrações muito inferiores comparativamente com as do interior do Site 5001, há diversos compostos com valores acima das normas (Quadro 5.10).

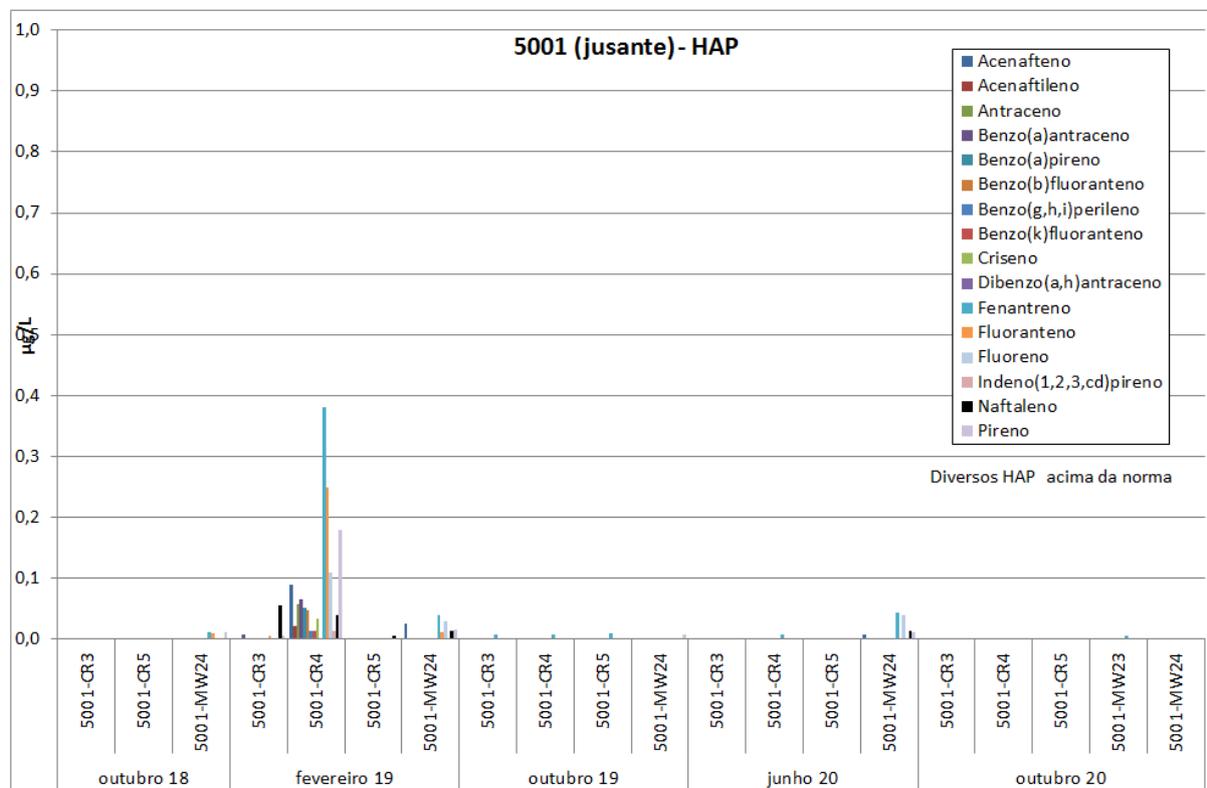


Figura 5.16 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001

Os metais pesados com concentrações acima das normas são os habitualmente encontrados neste meio hidrogeológico (Al, Fe, Mn). A presença de Pb apenas dentro do Site 5001 pode ser resultado de contaminação.

Destaca-se, novamente, a concentração muito elevada em nitratos (cerca do dobro do valor máximo estabelecido na norma, i.e. 50 mg/L) registada nos poços 5001-CR4 e 5001-CR5, que poderá resultar da eventual entrada direta de dejetos de animais no poço ou excesso de fertilizantes nitrogenados, ou ainda de alguma fossa séptica que possa existir na vizinhança.

5.3.3.2 Água do Paul da Praia

O Quadro 5.12 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nas margens do Paul da Praia, a sul do Site 5001 (Figura 5.10).

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 5.12 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Paul, a sul do Site 5001

Designação local	5001-Paul 1	5001-Paul 2	5001-Paul 1	5001-Paul 2	5001-Paul1	5001-Paul2	5001-Paul1	5001-Paul2	5001-Paul1	5001-Paul2	Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação	
Data amostragem	16-10-2018	16-10-2018	19-02-2019	19-02-2019	04-10-2019	04-10-2019	24-06-2020	24-06-2020	15-10-2020	15-10-2020					
Parâmetro	Unidade														
In situ															
Temperatura	°C	20,1	20,2	18,7	18,5	23,5	23,6	23,1	23,9	24,3	-	-	-	-	
pH	Sorensen	7,36	7,4	8,16	8,19	7,98	7,92	9,62	9,37	8,15	LQ e L	5,5; 9	0		
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	46297	47703	15775	19478	49193	49418	47531	24810	53196	LQ e L	2500	10		
Potencial redox (Eh)	mV	186	148	154	145,8	176,1	166,4	45	48	46,8	-	-	-	-	
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	-	7,4	6,95	3,9	3,56	8,6	8,2	7,91	-	-	-	-	
Parâmetros agregados															
Índice de fénis	mg/L	-0,020	-0,010	0,500	0,550	0,016	0,012	-0,020	-0,020	-0,001	0,0022	Canadá	0,89	0	5
Iões maiores															
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	160	150	-	-	160	160	-5	130	200	-	-	-	0	
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-	-	-5	-5	59	-5	-5	-	-	-	0	
Cloreto - Cl	mg/L	20000	190	-	-	19000	19000	11000	17000	19000	LQ e L	250	7		
Nitrato - NO ₃	mg/L	-1	0,18	-	-	-10	-1	-10	-10	-10	NQ	50	0		
Sulfato - SO ₄	mg/L	2600	22	-	-	2500	2500	2300	2300	2500	LQ e L	250	7		
Cálcio - Ca	mg/L	400	-	-	-	410	200	450	430	500	-	-	0		
Magnésio - Mg	mg/L	1300	-	-	-	1300	1300	1100	1100	1400	-	-	0		
Potássio - K	mg/L	390	-	-	-	380	410	370	370	420	-	-	0		
Sódio - Na	mg/L	10000	-	-	-	9700	9100	10000	9700	12000	VP	200	7		
Metais em solução															
Alumínio - Al	mg/L	7,80	-0,10	0,10	0,10	0,31	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	VP	0,2	2		
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0		
Arsénio - As	mg/L	0,007	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0		
Bário - Ba	mg/L	0,054	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	Canadá	1	0		
Bérbilio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0		
Boro - B	mg/L	-0,10	3,50	1,50	1,30	3,50	3,60	3,60	3,60	4,40	Canadá	5	0		
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0		
Chumbo - Pb	mg/L	0,016	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	1		
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	0		
Cobre - Cu	mg/L	0,011	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	2	0		
Crómio - Cr	mg/L	0,006	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,05	0		
Ferro - Fe	mg/L	9,00	0,23	0,08	0,10	0,64	0,29	-0,10	0,10	0,09	VP	0,2	4		
Ferro (II)	mg/L	-	-	-	-	-	-	-0,10	0,10	0,11	-	-	0		
Ferro (III)	mg/L	-	-	-	-	-	-	-0,10	-0,10	-0,05	-	-	0		
Fluoreto - F	mg/L	-0,05	0,46	-	-	-0,05	0,51	-5,00	-5,00	-5,00	VP	1,5	0		
Fosfato - PO ₄	mg/L	4,50	0,65	-0,15	-0,15	1,40	0,59	0,50	0,81	0,79	1,00	-	0		
Lítio - Li	mg/L	0,24	0,2	0,049	0,027	0,4	0,3	0,06	0,3	0,2	-	-	0		
Manganês - Mn	mg/L	1,20	0,17	0,02	0,03	1,90	0,33	0,19	0,12	0,15	VP	0,05	8		
Mercúrio - Hg	µg/L	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	LQ e L	1	0		
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	0,007	0,005	0,006	0,006	0,007	0,009	0,010	0,007	Canadá	0,006	0		
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0		
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0010	-0,0010	-0,0009	VP	0,01	0		
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-	-	-	-0,02	-	-	Canadá	0,002	0		
Titânio - Ti	mg/L	-	-	-	-	-	-	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0		
Vanádio - V	mg/L	0,01180	-0,00020	-0,00050	0,00297	-0,00050	-0,00050	-0,00050	0,00278	0,00279	Canadá	0,0062	1		
Zinco - Zn	mg/L	0,068	-0,010	0,013	-0,010	0,012	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	Canadá	1,1	0		
 Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP															
HTP	µg/L	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	0	0	
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0	
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0	
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0	
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	20	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	0	1	
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0	
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0	
BTEX															
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	0	
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,10	0,10	L	1,3	0	3	
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,06	-0,05	L	1,3	0	1	
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0	
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0	
Soma BTEX	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,10	0,10	-	0	3	
Soma xilenes	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	-	-	0	1	
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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0	
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0	
1,2,3-Tricloropropeno	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-Trimetilbenzeno	µg/L	-	-	-	-	-	-	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0	
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	-0,1	Canadá	70	0	1	
1,2-Dibromo-3-cloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0	
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	0	
1,2-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0	
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	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-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	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-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0	
2-Clorotolueno	µg/L														

Página intencionalmente deixada em branco

As águas do Paul representam a descarga do aquífero basal, ainda com a influência da água de precipitação e do mar. Nesse contexto, observam-se oscilações da mineralização da água entre campanhas. Habitualmente nas campanhas de outono a água tem uma forte contribuição da água do mar, com valores da condutividade elétrica muito elevados, concentrações em lítio acima de 0,1 mg/L (típicos da água do mar), bem como menores contribuições de ferro e de manganês (cf. Quadro 5.12), enquanto nas campanhas de fevereiro se observa mais a contribuição continental, vinda da descarga do aquífero basal, com conseqüente diminuição dos valores de CE, aumento de Fe e Mn, bem como de hidrocarbonetos, em especial na zona da amostra Paul 2, que poderá estar próximo de um ponto de descarga principal.

De facto foi nas campanhas com maior contributo continental (e menor condutividade elétrica, cf. Quadro 5.12), em fevereiro de 2019 e junho de 2020, que se observaram as maiores concentrações em hidrocarbonetos.

5.3.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.13 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 e jusante, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.13 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 e jusante

5001	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020	Legenda:
HTP						Não analisado
BTEX						< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
COV						> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
HAP						> limiar estabelecido por mais de uma norma (cf. Anexo IV)

Os resultados das campanhas realizadas mostram elevada contaminação dentro do Site 5001, com conseqüências nas águas subterrâneas e no Paul, localizado a jusante do Site.

Destaca-se, ainda, a concentração muito elevada em nitratos (cerca do dobro do limite estabelecido na norma) registada nos poços 5001-CR4 e 5001-CR5. Esta contaminação não está relacionada com a atividade militar.

Mantêm-se as recomendações apresentadas em relatórios anteriores, cujo teor tem vindo a ser referido nas reuniões de peritos (cf. Anexos I e II):

- Compreensão dos problemas que justificam as concentrações tão elevadas de hidrocarbonetos nos pontos de amostragem 5001-MW08.
- Elaboração de um programa que permita remover, de forma eficaz e continuada no tempo, os contaminantes identificados nas áreas poluídas do Site 5001.
- Continuação da monitorização e amostragem semestrais.
- Análise de resultados da qualidade da água e dos solos disponíveis noutros projetos do Paul da Praia (<https://www.lifecwr.com/index.php/pt/>).

5.4 Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks

5.4.1 Contexto histórico

O Site 5002 corresponde ao parque do reservatório da Cova das Cinzas, Zona 3, situada no sopé da encosta da Serra do Cume (Figura 5.17) juntamente com a Zona 1 e Zona 2, onde também existiram tanques de armazenamento de combustível (AST e UST) (USAFE, 2015a). Este local foi classificado como contaminado no estudo de reconhecimento (DISCO study) realizado em 2004 (CH2MHILL, 2004).

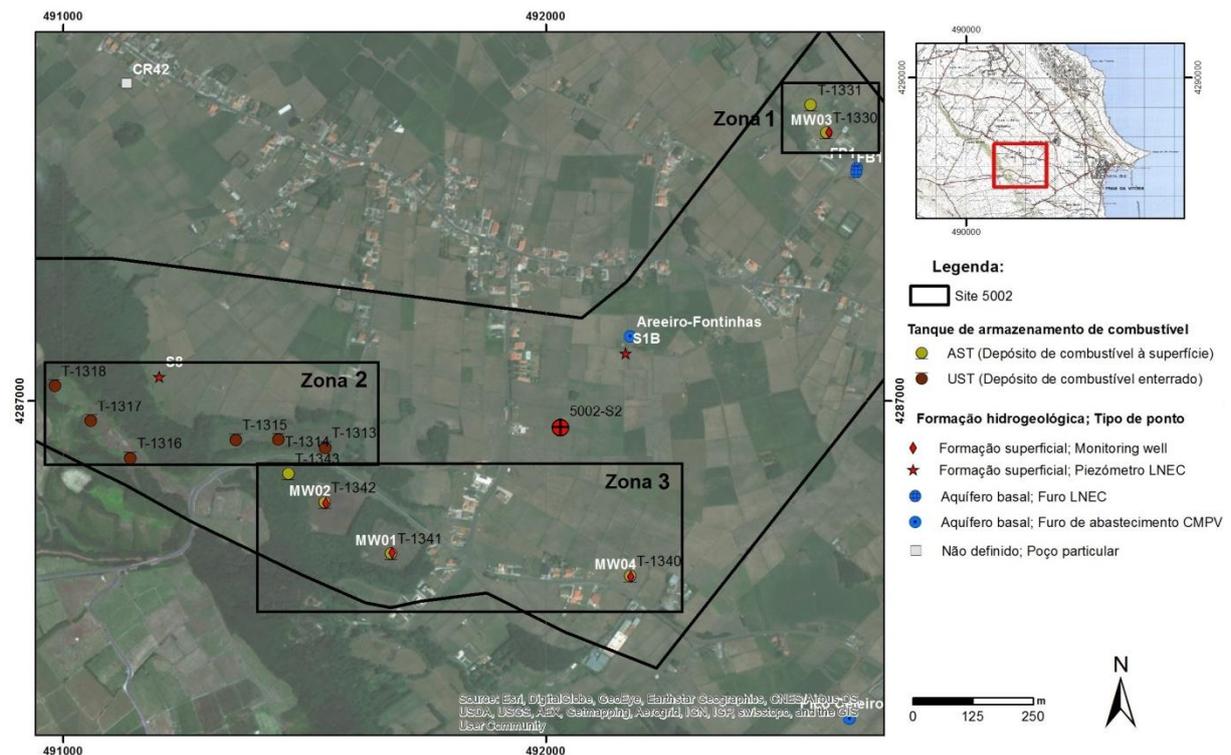


Figura 5.17 – Mapa do Site 5002

O parque de reservatórios foi construído nos anos 50, tendo sido desativado em 1994. Este parque continha seis AST (T-1330, T-1331, T-1340, T-1341, T-1342 e T-1343, de 152 000 e 55 000 barris cada) e seis UST (55 000 barris cada, cf. AMEC, 2010a), estando ligado à base através do *pipeline* da Cova das Cinzas (Site 5011) entretanto também desativado e inertizado. Os AST e a maioria dos edifícios a eles associados foram demolidos depois da desativação do parque, tendo os últimos reservatórios sido desmantelados entre dezembro de 2008 e maio de 2009 (T-1341 e T-1342).

De acordo com CH2MHILL (2004) ocorreram diversos derrames não registados no parque de reservatórios entre os anos 50 e os anos 70, e nos anos 90, sendo esse o principal motivo de preocupação. Refere-se que os locais de descarga dos resíduos de limpeza dos reservatórios AST estarão contaminados com tetraetil de chumbo e outros metais pesados.

A parte oeste da Zona 3 tem sido a mais estudada, desde a altura em que houve uma amostra superficial de solos, amostrada em 2011, cujo teor em chumbo era muito elevado (AMEC, 2010a e b). Os resultados das análises de solos efetuados pela USAFE nos últimos anos e, mais recentemente em

2018, pela Universidade dos Açores (Pinheiro *et al.*, 2018) e pelo LNEC, mostraram que as concentrações em hidrocarbonetos e em metais pesados estão abaixo das normas, com exceção do vanádio cuja origem é natural. Atendendo ao exposto, e à elevada profundidade do nível piezométrico nesta área (> 46 m), considerou-se que as operações de desmantelamento dos tanques de combustível e de remoção de solos terão sido eficazes para eliminar as fontes de contaminação e que as concentrações de hidrocarbonetos remanescentes nos solos não irão afetar as águas subterrâneas e poderão diminuir através de processos de biodegradação natural, pelo que não se recomendaram medidas adicionais para a Zona 3 (Leitão, Mota e Antunes, 2019).

Os resultados obtidos para a qualidade dos solos na única sondagem realizada na Zona 2, 5002-S1, apresentaram valores muito elevados de hidrocarbonetos totais do petróleo e de HAP (superiores às normas do Canadá para solos, Table 2), tendo sido considerado necessário proceder a uma caracterização mais detalhada deste local. Embora com muito menor expressão, também a Zona 1 apresentou valores acima das normas para a qualidade dos solos, com impacto nas águas subterrâneas. Leitão, Mota e Antunes (2019) propõem a reanálise deste local visando justificar os valores encontrados e a sua profundidade de ocorrência. Estes dois aspetos não são contemplados neste relatório. Apresentam-se os resultados obtidos no único piezómetro que não estava seco.

5.4.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5002 incluiu a análise da qualidade das águas subterrâneas no piezómetro 5002-MW03. Os restantes piezómetros assinalados na Figura 5.17 ou foram destruídos ou estavam sem água, não sendo possível recolher amostras de água.

Quadro 5.14 – Principais características do piezómetro do Site 5002

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5002-MW03	492586,8	4287560,3	81,47	11,0	7,0	11,0	-	2011

5.4.3 Resultados obtidos

O Quadro 5.15 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no piezómetro 5002-MW03 nas cinco campanhas realizadas entre 2018 e 2020.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 5.15 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Site 5002

Parâmetro	Unidade	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		Data amostragem	18-10-2018	21-02-2019	02-10-2019	29-06-2020				
In situ										
Temperatura	°C	-	16,0	22,8	20,2	17,5	-	-	-	-
pH	Sorensen	-	7,16	6,59	6,84	6,78	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	-	560	480	610	605	LQ e L	2500	0	0
Potencial redox (Eh)	mV	-	295,0	297,0	163,4	143,8	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	6,92	4,91	3,63	4,77	-	-	-	-
Parâmetros agregados										
Índice de fenóis	mg/L	0,015	0,037	0,250	-0,001	-0,001	Canadá	0,89	0	3
Iões maiores										
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	87	130	110	96	99	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L	110	84	130	110	130	LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	0,68	3,10	1,60	6,40	1,10	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	61	62	43	41	46	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L	-	28	28	24	28	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	-	21	30	24	25	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	-	5,4	6,6	5,9	6,1	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	-	63	56	56	54	VP	200	0	0
Metais em solução										
Alumínio - Al	mg/L	5,00	0,10	0,21	-0,10	0,22	VP	0,2	3	0
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L	0,19	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1	0	0
Bélio - Be	mg/L	0,0048	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	Canadá	0,004	1	0
Boro - B	mg/L	-0,10	0,17	0,29	0,30	0,25	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L	0,0024	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L	0,080	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	1	0
Cobalto - Co	mg/L	0,009	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	1	0
Cobre - Cu	mg/L	0,0093	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	0,0042	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L	11	0,11	0,21	0,50	0,2	VP	0,2	3	0
Ferro (II)	mg/L	-	-	-	0,091	0,13	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	-	-	-	0,41	0,075	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,21	-	0,26	0,27	0,27	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	2,30	0,22	0,22	-0,15	0,22	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	0,020	0,027	0,010	-0,005	0,009	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L	0,370	0,018	0,120	-0,010	0,21	VP	0,05	3	0
Mercúrio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	LQ e L	1	0	0
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	0,0010	-0,0009	0,0015	0,0039	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-0,0005	-	-	Canadá	0,002	0	0
Titânio - Ti	mg/L	-	-	-	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	0,0003	-0,0050	0,0032	-0,0500	0,00135	Canadá	0,0062	0	0
Zinco - Zn	mg/L	3,7	-0,010	0,014	-0,010	0,016	Canadá	1,1	1	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP										
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	0	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	0	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
BTEX										
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	0,06	0,09	L	1,3	0	2
Meta-para xileno	µg/L	-0,05	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	0,20	0,20	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Soma BTEX	µg/L	0,00	0,20	0,30	0,06	0,09	-	-	0	4
Soma xilenos	µg/L	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	-	-	0	1
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados										
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-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	Canadá	200	0	0
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-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	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-	-	-	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,05	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
cis+trans 1,2-Dicloroetano	µg/L	-	-	-	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Cloreto de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,5	-0,5	-	-	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados										
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Estireno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05						

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas nos diferentes períodos mostram a ausência de HTP e de COV halogenados.

Observa-se a presença de três BTEX (etilbenzeno, meta-para xileno e tolueno), embora com valores abaixo das normas. Há dois COV não halogenados (p-isopropiltolueno e tert-Butil álcool) com concentrações acima dos limites de quantificação, mas que não têm norma definida.

Em relação aos HAP, há quatro com concentrações acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (criseno, fenantreno, fluoreno e pireno) (cf. Quadro 5.15), embora com concentrações inferiores às normas de outros países (cf. Anexo IV).

Estes resultados vêm contrariar os resultados de estudos anteriores (BHATE, 2014, que referem não terem sido detetados HTP, BTEX, CHC e HAP nas amostras do piezómetro MW03).

Quanto aos metais pesados mantem-se a observação de haver o Al, Fe e Mn em concentrações acima das normas, o que é típico destes solos vulcânicos. Na campanha de outubro de 2018 observaram-se outros elementos acima das normas (Be, Pb, Co e Zn), abaixo das normas nas campanhas seguintes.

5.4.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.16 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5002, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.16 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5002

5002	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
HTP					
BTEX					
COV					
HAP					

Legenda: Não analisado
 < limite de quantificação
 < limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
 > limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma

Os resultados da monitorização que se apresentam resumem-se a um piezómetro localizado na Zona 1, atendendo a que os restantes piezómetros estavam secos. De uma maneira geral, as concentrações de contaminantes são baixas, apenas surgindo acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para os HAP (criseno, fenantreno, fluoreno e pireno), embora em concentrações inferiores às normas de outros países (cf. Anexo IV).

Os resultados obtidos para a qualidade dos solos na única sondagem realizada na Zona 2, 5002-S1 realizada em 2018, apresentam valores muito elevados de hidrocarbonetos totais do petróleo e HAP, sendo necessário proceder-se a uma caracterização mais detalhada deste local. Este local deverá ser reanalisado para confirmar os valores encontrados e caracterizar sua extensão e profundidade de ocorrência. Tendo em consideração que o furo de captação do Areeiro-Fontinhas (cf. Figura 5.17) poderá estar a jusante dos fluxos de água subterrânea que intersejam os terrenos do Site 5002, recomenda-se a continuação da monitorização da qualidade das águas subterrâneas a partir de amostras recolhidas nos piezómetros com água. Recomenda-se, ainda, a instalação de novos piezómetros mais profundos na área do 5002-S2.

Na Zona 3 não se recomendaram medidas adicionais por se considerar que as operações de desmantelamento dos tanques de combustível e de remoção de solos foram eficazes e que as concentrações de hidrocarbonetos remanescentes nos solos poderão diminuir através de processos de biodegradação natural.

5.5 Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall

5.5.1 Contexto histórico

O Site 5003 localiza-se no topo norte da pista de aviação da Base das Lajes (Figura 5.18). Trata-se de uma vala aberta com um comprimento de cerca de 1,4 km, sem impermeabilização, e que recebe a descarga de água da drenagem superficial da pista de aviação. Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site potencialmente contaminado, de maior risco.

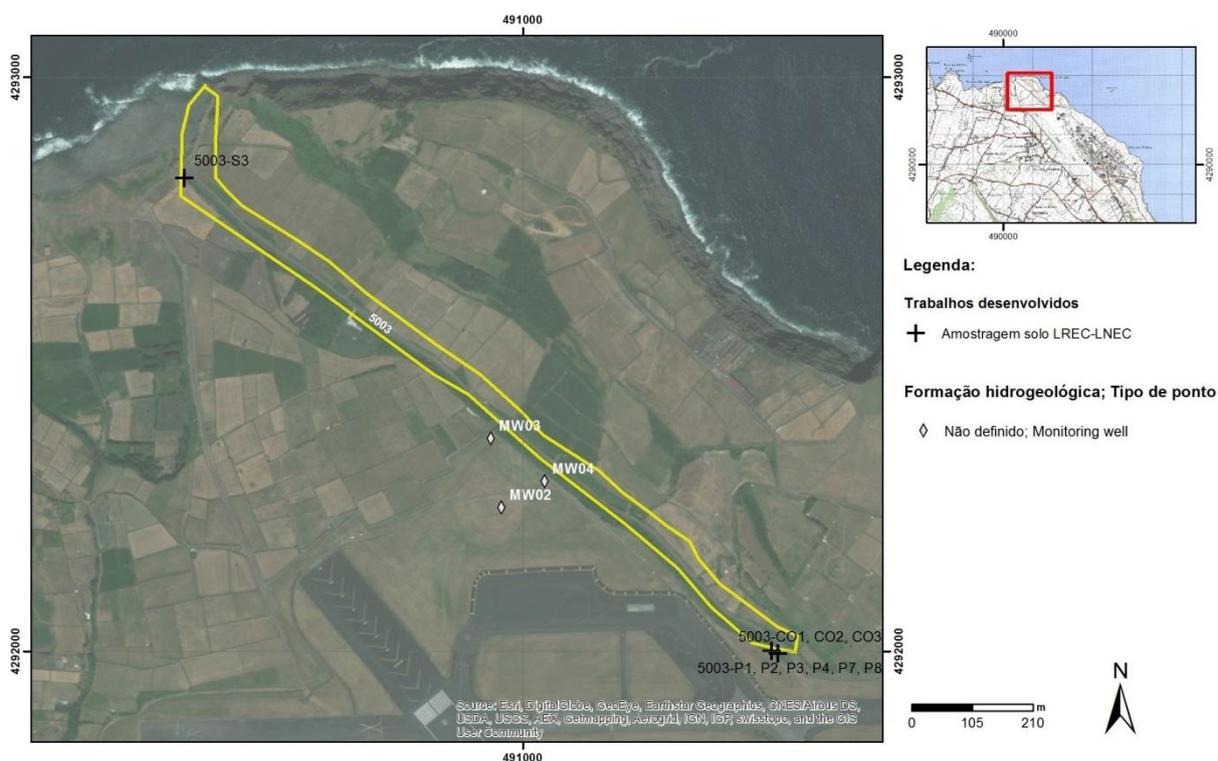


Figura 5.18 – Mapa do Site 5003

Os solos amostrados no Site 5003 foram considerados contaminados por diversos metais pesados e hidrocarbonetos. A análise do risco concluiu não haver risco, face ao presente uso dos locais potencialmente afetados (solos e águas).

Neste relatório apresenta-se o resultado da análise pontual da água de escorrência.

5.5.2 Resultados obtidos

O Quadro 5.17 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água de escorrência recolhidas à saída do sistema de drenagem da pista no Site 5003, entre os anos 2018 e 2020.

Quadro 5.17 – Resultados das análises químicas de amostras de água de escorrência recolhidas no Site 5003

Parâmetro	Designação local Data amostragem	5003-AEscor outubro 18	5003-AEscor fevereiro 19	5003-AEscor outubro 19	5003-AEscor junho 20	5003-AEscor outubro 20	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
In situ										
Temperatura	oC	19,2	13,4	21,5	19,9	20,1	-	-	-	-
pH	Sorensen	8,33	7,76	7,70	7,92	8,21	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	910,0	120,0	200,5	172,6	389	LQ e L	2500	0	0
Potencial redox (Eh)	mV	181,0	196,0	244,0	97,9	78,5	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	9,12	6,85	6,68	6,4	-	-	-	-
Parâmetros agregados										
Índice de fenóis	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	0,0036	-0,001	Canadá	0,89	0	1
Iões maiores										
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	150	-	26	31	56	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-	-5	-5	-5	-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L	230	-	33	31	77	LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	19	-	1,5	3,1	3	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	29	-	6,1	10	15	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L	-	-	7,1	7	16	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	-	-	2,2	2,9	6,2	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	-	-	2,5	2,7	5,6	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	-	-	19	22	46	VP	200	0	0
Metais em solução										
Alumínio - Al	mg/L	-0,10	0,13	-0,10	-0,10	-0,1	VP	0,2	0	0
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1	0	0
Bérbilio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	0	0
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	0,0099	0,0052	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L	0,12	0,15	0,07	0,16	0,12	VP	0,2	0	0
Ferro (II)	mg/L	-	-	-	0,15	0,13	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	-	-	-	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,67	-	0,13	0,17	0,25	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,44	-	0,19	0,21	0,17	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	0,020	0,0005	-0,005	-0,005	-0,005	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L	-0,010	0,018	-0,010	-0,010	-0,010	VP	0,05	0	0
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	LQ e L	1	0	0
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-0,0005	-	-	Canadá	0,002	0	0
Titânio - Ti	mg/L	-	-	-	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	0,00434	0,00074	0,00167	-0,0500	0,00154	Canadá	0,0062	0	0
Zinco - Zn	mg/L	-0,010	0,012	-0,010	0,014	-0,010	Canadá	1,1	0	0
 Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP										
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	44	-38	-38	-38	Canadá	750	0	1
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	25	-15	-15	19	-	-	2	2
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	10	-	-	1	1
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
BTEX										
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,05	0,20	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
Soma BTEX	µg/L	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	-	-	0	1
Soma xilenos	µg/L	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	-	-	0	1
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados										
1,1,1,2-Tetracloretoano	µg/L	-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	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloretoano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-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	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-	-	-	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-dloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,05	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromodiclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
cis+trans 1,2-Dicloroetano	µg/L	-	-	-	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Cloreto de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados										
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Estireno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	-0,05	-0,05	0,09	-0,05	-0,05	-	-	1	1
sec-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L	-0,2	-0,2	-2	-2	-2	-	-	0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Hidrocarbonetos										

Página intencionalmente deixada em branco

De um modo geral, observa-se a presença de diferentes hidrocarbonetos nas águas de drenagem da pista nos vários dias em que foi feita a amostragem, mas sempre em baixas quantidades. Os resultados dependem bastante das condições meteorológicas nos dias ou horas antes da amostragem. Por exemplo, a campanha de outubro de 2019, bem como a campanha de fevereiro de 2019, foram efetuadas após dias de elevada precipitação que poderão ter conduzido à lavagem da pista de aviação e consequente presença de mais hidrocarbonetos (embora também possa haver mais diluição dos contaminantes).

No Quadro 5.17 podem observar-se os compostos que surgem acima do respetivo limite de quantificação: HTP, BTEX e HAP. Regista-se que os COV estão praticamente ausentes atendendo às condições de amostragem serem favoráveis à sua volatilização. Apenas no caso dos HAP se registaram valores acima das normas para águas subterrâneas (aqui utilizadas apenas como referência), para o benzo(a)antraceno, fenantreno e pireno (cf. Figura 5.16).

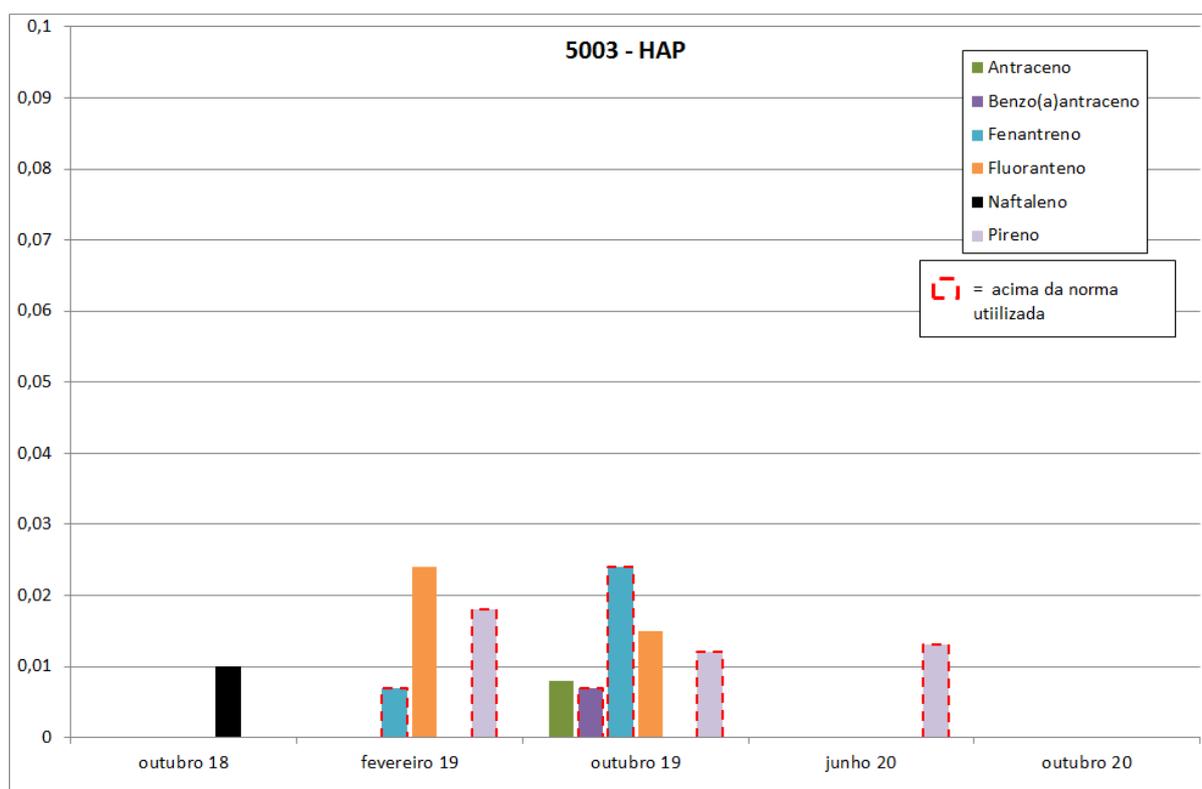


Figura 5.19 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5003

Apesar de o conjunto de resultados da qualidade da água de escorrência obtidos até à data mostrarem que as concentrações são geralmente baixas, o efeito cumulativo dessa descarga foi verificado nos resultados da qualidade dos solos amostrados, em especial para HAP, cujos valores excedem de forma significativa as normas para a maioria dos parâmetros (Leitão, Mota e Antunes, 2019).

Os metais pesados apresentaram maioritariamente concentrações abaixo dos limites de quantificação e sempre abaixo da norma (utilizando os valores considerados para as águas subterrâneas como termo de comparação) em todas as campanhas.

5.5.3 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.18 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5003, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.18 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5003

5003	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
HTP	Green	Yellow	Green	Green	Yellow
BTEX	Green	Green	Yellow	Green	Green
COV	Green	Green	Yellow	Green	Green
HAP	Yellow	Orange	Orange	Orange	Green

Legenda:
< limite de quantificação
< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma

Como se pode observar, os únicos parâmetros que excederam os Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para águas subterrâneas (aqui utilizados apenas como referência) foram HAP (benzo(a)antraceno, fenantreno e pireno). No entanto, os valores encontrados para estas concentrações são muito inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda).

Atendendo ao facto de esta contaminação ter carácter cumulativo e de os solos do local estarem contaminados com HTP e HAP, está prevista a remoção dos solos contaminados durante o processo de construção de uma estrutura de receção da água da pista, aspeto que permitirá resolver a questão dos solos contaminados nesse local. Admite-se que a referida estrutura seja projetada de forma a promover uma adequada remoção dos poluentes contidos nas escorrências da pista antes da rejeição das águas para o meio ambiente. Recomenda-se que a eficácia destas ações seja monitorizada ao longo do primeiro ano de funcionamento através da caracterização regular das águas de escorrência lançadas para o meio ambiente e de uma análise dos solos um ano após a construção da estrutura para verificar o efeito eventual cumulativo da contaminação.

5.6 Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ

5.6.1 Contexto histórico

O Site 5008 está localizado numa caldeira vulcânica que forma uma depressão entre a serra do Cume e a serra da Ribeirinha e que contém cinco cones vulcânicos secundários (cinco picos). O Site tem uma área aproximada de 43 700 m² (cerca de 190 m por 230 m) (cf. Figura 5.20) e apresenta um ligeiro declive para NE. Na zona envolvente, o uso do solo é predominantemente agrícola, com apenas algumas quintas e casas dispersas.

O Site foi construído em meados de 1950 e continha um posto de comunicação de altas frequências, um posto de eletricidade com gerador e transformador, e várias antenas de rádio, além de depósitos de armazenamento de combustível. De acordo com AMEC (2011a) terão ocorrido derrames nos drenos que descarregavam para um sistema de separação óleo/água e nos tanques de combustíveis enterrados, sendo essa a principal questão ambiental analisada.

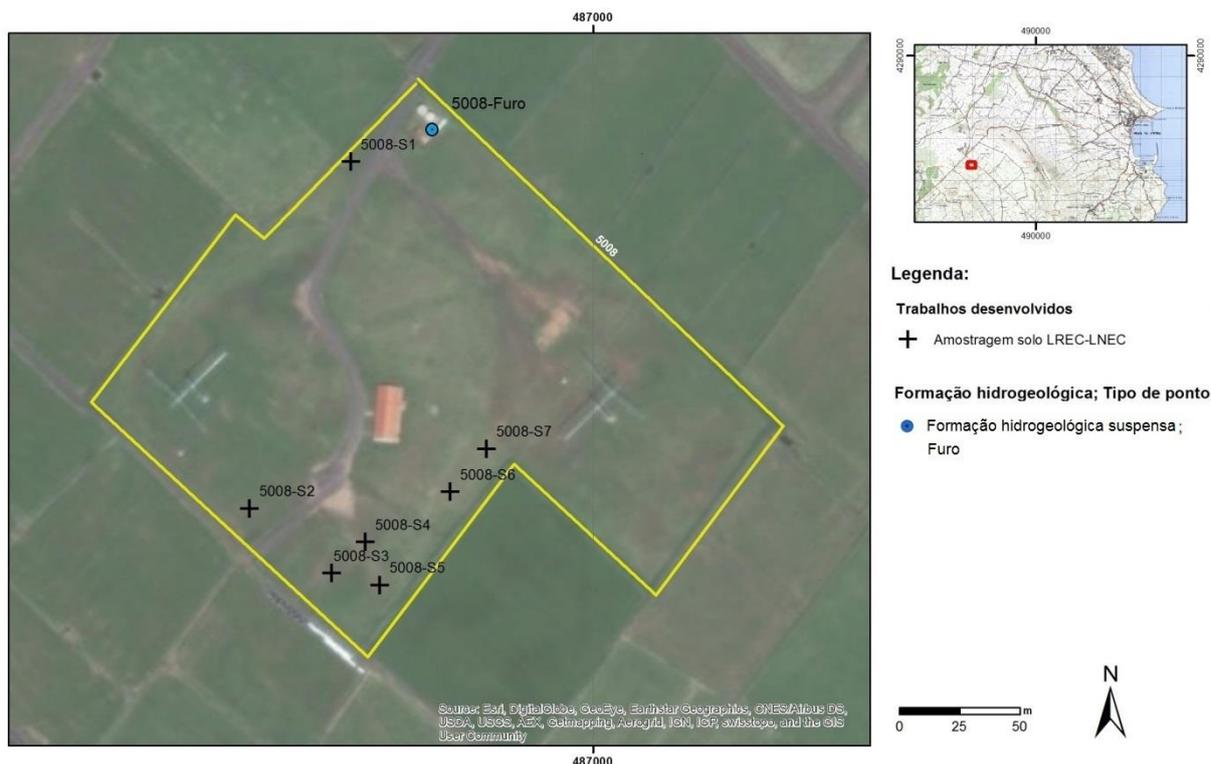


Figura 5.20 – Mapa do Site 5008

O Site 5008 apresentou solos considerados contaminados por diversos metais pesados e hidrocarbonetos (AMEC, 2011a). Contudo, a análise do risco concluiu que este era baixo ou nulo, atendendo à cobertura de cerca de 0,3 m com solo não contaminado e ao arrelvamento do local, impedindo o contacto dérmico ou de transporte pelo vento. A profundidade do aquífero basal no local é de cerca de 350 m, com um nível estático a uma profundidade de cerca de 85 m.

Com base nos resultados obtidos por Leitão, Mota e Antunes (2019) relativo à análise da qualidade dos solos nos locais acima assinalados, sugeriu-se a remoção dos solos contaminados até às profundidades de 0,2 a 0,5 m e a revisão da análise de risco apresentada, atendendo ao uso essencialmente agrícola do local. Recomendou-se manter a monitorização periódica do furo existente no local para confirmar a qualidade da água, que agora se apresenta.

5.6.2 Plano de monitorização

A monitorização do Site 5008 incluiu a análise da qualidade da água no furo existente no local, com 92 m de profundidade. Este furo capta uma formação hidrogeológica intermédia.

5.6.3 Resultados obtidos

O Quadro 5.19 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo do Site 5008 em quatro períodos distintos.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 5.19 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no furo do Site 5008

Parâmetro	Unidade	18-10-2018	03-10-2019	29-06-2020	19-10-2020	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
In situ									
Temperatura	°C	17,1	16,6	18,3	15,0	-	-	-	-
pH	Sorensen	7,11	6,86	6,46	7,37	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	162,9	149,2	169,7	163,0	LQ e L	2500	0	0
Potencial redox (Eh)	mV	79,0	140,9	127,6	80,7	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/l	-	2,99	4,02	1,89	-	-	-	-
Parâmetros agregados									
Índice de fenóis	mg/L	0,0025	-0,0010	-0,0010	-0,0010	Canadá	0,89	0	1
Iões maiores									
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	60	51	59	70	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-	-	0	0
Clorato - Cl	mg/L	18	17	17	16	LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	5,9	5,3	7,0	4,5	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	5,0	7,4	7,1	5,1	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L	5,6	5,1	5,9	6,2	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	4,2	3,8	5,0	5,3	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	5,5	5,3	6,0	6,0	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	19	19	20	91	VP	200	0	0
Metais em solução									
Alumínio - Al	mg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	0,2	0	0
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1	0	0
Bélio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	0,030	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	1	1
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	0	0
Cobre - Cu	mg/L	0,0100	0,1300	0,0063	0,0470	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	-0,0010	0,0011	-0,0010	-0,0010	VP	0,05	0	0
Ferro total (Fe total)	mg/L	0,73	2,30	0,37	0,37	VP	0,2	4	4
Ferro (II)	mg/L	-	-	0,19	0,22	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	-	-	0,18	0,14	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,27	0,25	0,26	0,27	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,24	0,22	0,21	-0,15	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	0,020	-0,005	-0,005	-0,005	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L	0,036	0,037	0,019	-0,010	VP	0,05	0	0
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	LQ e L	1	0	0
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-0,0005	-	-	Canadá	0,002	0	0
Titânio - Ti	mg/L	-	-	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	0,00426	0,00257	-0,05000	0,00450	Canadá	0,0062	0	0
Zinco - Zn	mg/L	0,14	1,00	0,12	0,25	Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP									
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP	µg/L	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	0	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	18	-15	-15	-	-	0	1
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
BTEX									
Benzeno	µg/L	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	1
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	0,10	-0,05	L	1,3	0	1
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	0,06	0,10	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Soma BTEX	µg/L	0,06	0,20	0,10	0,00	-	-	0	3
Soma xilenes	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados									
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-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	Canadá	200	0	0
1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-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	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-	-	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromodiclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
cis+trans 1,2-Dicloroetano	µg/L	-	-	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Clorato de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloretileno (PCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Tetraclorometano	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L	-0,05	-0,5	-0,5	-0,5	-	-	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados									
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Estireno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5,4	0	0
Isopropilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	µg/L	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	L	0,65	0	0
n-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
n-Propilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
p-Isopropiltolueno	µg/L	-0,05	0,20	-0,05	-0,05	-	-	0	1
sec-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
tert-Butil álcool	µg/L	-0,2	-2	-2	-2	-	-	0	0
tert-Butilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)									
Acenafteno	µg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L	0,0065	0	0
Acenaftileno	µg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L	0,013	0	0
Antraceno	µg/L	-0,005	0,005	-0,005	-0,005	L	0,1	0	1
Benzo(a)antraceno	µg/L	-0,005	0,005	-0,005	-0,005	L	0,0065	0	1
Benzo(a)pireno	µg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L	0,01	0	0
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L	0,1	0	0
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	L			

Página intencionalmente deixada em branco

A análise dos resultados permite confirmar o já referido em relatórios anteriores. Trata-se de uma água muito pouco mineralizada, com valores de cloreto (Cl^-) e de sódio (Na^+) muito inferiores aos valores típicos da água do aquífero basal (mediana $\text{Cl}^- = 162,5 \text{ mg/L}$ e $\text{Na}^+ = 96,2 \text{ mg/L}$, cf. Quadros *et al.*, 2018), confirmando tratar-se de água da formação hidrogeológica suspensa e não ao aquífero basal. A concentração em fluoreto também é típica das formações suspensas.

Observa-se que a maioria das análises apresentam resultados abaixo ou próximos dos limites de quantificação (HTP, BTEX, COV e HAP), assinalando-se, no entanto, a presença de fenantreno e de pireno em concentrações acima dos limiares estabelecidos pela APA. Estas concentrações estão contudo muito abaixo dos valores estabelecidos noutros países. Atendendo a que todos estes hidrocarbonetos existem nos solos analisados (Leitão, Mota e Antunes, 2019) é natural que resultem de processos de lixiviação durante episódios de precipitação.

Os metais pesados cujos valores estavam acima da norma foram o ferro e o chumbo, este último acima de mais do que uma norma. É possível que tal se deva ao material da tubagem do furo. Os restantes metais pesados apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação ou valores muito baixos.

5.6.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.20 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5008, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.20 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5008

5008	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
HTP	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
BTEX	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde
COV	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
HAP	Verde	Verde	Laranja	Verde	Verde

Legenda: Não analisado
 < limite de quantificação
 < limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
 > limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma

Os resultados obtidos mostram que apenas na campanha de outubro de 2019 se observa a presença de fenantreno e de pireno acima dos limiares estabelecidos pela APA, embora em concentrações muito abaixo das normas estabelecidas noutros países. Atendendo a que todos estes hidrocarbonetos existem nos solos analisados (Leitão, Mota e Antunes, 2019) é possível que a sua presença nas águas resulte de processos de lixiviação.

Com base nos resultados obtidos, mantém-se a sugestão de proceder à monitorização da qualidade da água, remover os solos contaminados até às profundidades de 0,2 a 0,5 m e fazer uma revisão da análise de risco apresentada, atendendo ao uso essencialmente agrícola do local.

5.7 Site 5010: Medium Port Command

5.7.1 Contexto histórico

O Site 5010 localiza-se nas docas da Praia da Vitória, compreendendo toda a parte NE da baía da Praia, numa área aproximada de 50 000 m² (Figura 5.21). Trata-se do local de apoio à entrada e distribuição de combustível para a ilha através de diversas *pipelines*. As principais fontes potenciais de contaminação estão associadas a fugas de combustível e a atividades de apoio de diferentes edifícios onde poderão ter ocorrido derrames de fluidos de automóveis, tintas e solventes. Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site Potencialmente Contaminado.

Apesar de esta área ter apresentado solos contaminados por HTP e HAP em diversos locais, a análise do risco não recomendou nenhuma ação de reabilitação com base no argumento de que o local se encontra pavimentado e de a utilização corrente do local ser limitada. No entanto, recomenda que a água do porto adjacente à área dos solos impactados por hidrocarbonetos seja monitorizada periodicamente.



Figura 5.21 – Mapa do Site 5010

Os solos analisados em 2018 nas três sondagens/piezómetros (Leitão, Mota e Antunes, 2019) revelaram a presença de HTP e HAP, acima dos limites do Canadá para o caso dos HAP em diversas amostras dos piezómetros 5010-S2 e 5010-S3.

Neste relatório apresentam-se os resultados das duas campanhas de recolha de águas subterrâneas para análise química realizadas em 2020.

5.7.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5010 incluiu a análise da qualidade das águas subterrâneas nos três piezómetros, cujas características são apresentadas no Quadro 5.21. Neste local, o aquífero basal encontra-se apenas a cerca de 2 m de profundidade.

Quadro 5.21 – Principais características dos piezómetros do Site 5010

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5010-S1	495217,78	4287040,89	2,37	4,5	1,5	4,5	2,05	2018
5010-S2	495312,12	4287013,60	2,21	3,0	1,0	3,0	1,82	2018
5010-S3	495497,59	4286839,48	2,87	4,5	1,0	4,5	2,70	2018

5.7.3 Resultados obtidos

O Quadro 5.22 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos três piezómetros do Site 5010, em junho e em outubro de 2020.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 5.22 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5010, em 2020

Designação local	5010-S1	5010-S2	5010-S3	5010-S1	5010-S2	5010-S3						
Data amostragem	29-06-2020	29-06-2020	29-06-2020	14-10-2020	14-10-2020	14-10-2020						
Parâmetro	Unidade						Norma	Valor	N.º ocorrências acima da norma	N.º ocorrências acima do limite de quantificação		
In situ												
Temperatura	°C	20,6	20,9	20,5	21,1	21,0		20,2	-	-	-	-
pH	Sorensen	7,94	8,04	7,53	7,78	8,14		7,48	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	802	670	51182	1021	630		49981	LQ e L	2500	2	2
Potencial redox (Eh)	mV	98,5	78,6	113,5	89,5	60,0		116,9	-	-	0	0
Oxigénio dissolvido	mg/L	1,27	3,45	5,08	1,65	2,07		4,64	-	-	0	0
Parâmetros agregados												
Índice de fenóis	mg/L	0,030	0,098	0,320	0,011	0,035		0,031	Canadá	0,89	0	6
Iões maiores												
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	340	330	140	430	270		150	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5		-5	-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L	50	37	20000	100	46		21000	LQ e L	250	2	2
Nitrato - NO ₃	mg/L	8,0	5,5	-5,0	2,1	9,4		-10,0	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	28	15	2700	21	16		2800	LQ e L	250	2	2
Cálcio - Ca	mg/L	50	54	460	55	47		420	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	30	25	1500	36	23		1400	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	14,0	10,0	500	16,0	8,7		410	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	56	41	11000	72	34		11000	VP	200	2	2
Metais em solução												
Alumínio - Al	mg/L	-0,10	-0,10	-0,10	0,38	0,19		0,15	VP	0,2	1	1
Antimónio - Sb	mg/L	-0,0010	0,0018	0,0013	-0,0010	0,0017		-0,0010	VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	0,0052	-0,005		-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05		-0,05	Canadá	1	0	0
Berílio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001		-0,001	Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L	0,29	0,20	5,10	0,35	0,21		-10,00	Canadá	5	1	1
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004		-0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	0,034	0,005		-0,005	LQ e L	0,01	1	1
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003		-0,003	Canadá	0,0038	0	0
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005		-0,005	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	0,0014	0,0094	0,0022	-0,0010	0,0110		0,0021	VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L	0,34	0,87	0,10	0,09	0,11		0,09	VP	0,2	2	2
Ferro (II)	mg/L	0,08	0,09	-0,05	0,09	0,07		0,06	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	0,26	0,79	0,06	-0,05	-0,05		-0,05	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,65	0,52	-2,50	0,95	0,55		-5,00	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	-0,15	0,16	-0,15	0,39	0,09		0,31	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	0,01	0,01	0,30	0,01	0,01		0,40	-	-	0	0
Manganés - Mn	mg/L	-0,010	-0,010	-0,010	0,280	0,026		0,011	VP	0,05	1	1
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05		-0,05	LQ e L	1	0	0
Molibdeno - Mo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005		-0,005	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L	0,0027	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009		-0,0009	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-	-		-	Canadá	0,002	0	0
Titânio - Ti	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05		-0,05	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	0,0050	-0,0500	-0,0500	0,0045	0,0036		0,0039	Canadá	0,0062	0	0
Zinco - Zn	mg/L	-0,010	-0,010	-0,010	0,016	-0,010		-0,010	Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP												
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	-38	-38	-38	-38		-38	Canadá	750	0	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10		-10	-	-	0	0
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10		-10	-	-	0	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10		-10	-	-	0	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15		-15	-	-	0	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10		-10	-	-	0	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10		-10	-	-	0	0
BTEX												
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05		-0,05	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	0,08	0,07	0,06	0,10	0,10		-0,05	L	1,3	0	5
Meta-para-xileno	µg/L	0,06	0,05	-0,05	-0,05	-0,05		-0,05	L	1,3	0	2
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05		-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05		-0,05	L	1,3	0	0
Soma BTEX	µg/L	0,14	0,12	0,06	0,10	0,10		0,00	-	-	0	5
Soma xileno	µg/L	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00		0,00	-	-	0	2
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados												
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-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	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-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	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
Bromodlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
Bromodlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	0,5	0	0
cis+trans 1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		-0,2	-	-	0	0
Cloroto de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	-0,1		-0,1	Canadá	30	0	1
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	7,3	-0,2	-0,2		-0,2	-	-	0	1
Dibromodlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		-0,2	-	-	0	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2		-0,2	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		-0,1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L</											

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados obtidos para as águas subterrâneas do Site 5010 não apresentam HTP, tal como aconteceu em campanhas anteriores.

As concentrações em BTEX, que tinham surgido pela primeira vez em outubro de 2019, inclusive com valores de meta-para xileno nas águas dos três piezómetros acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA, foram baixas nas campanhas de 2020 (Figura 5.22).

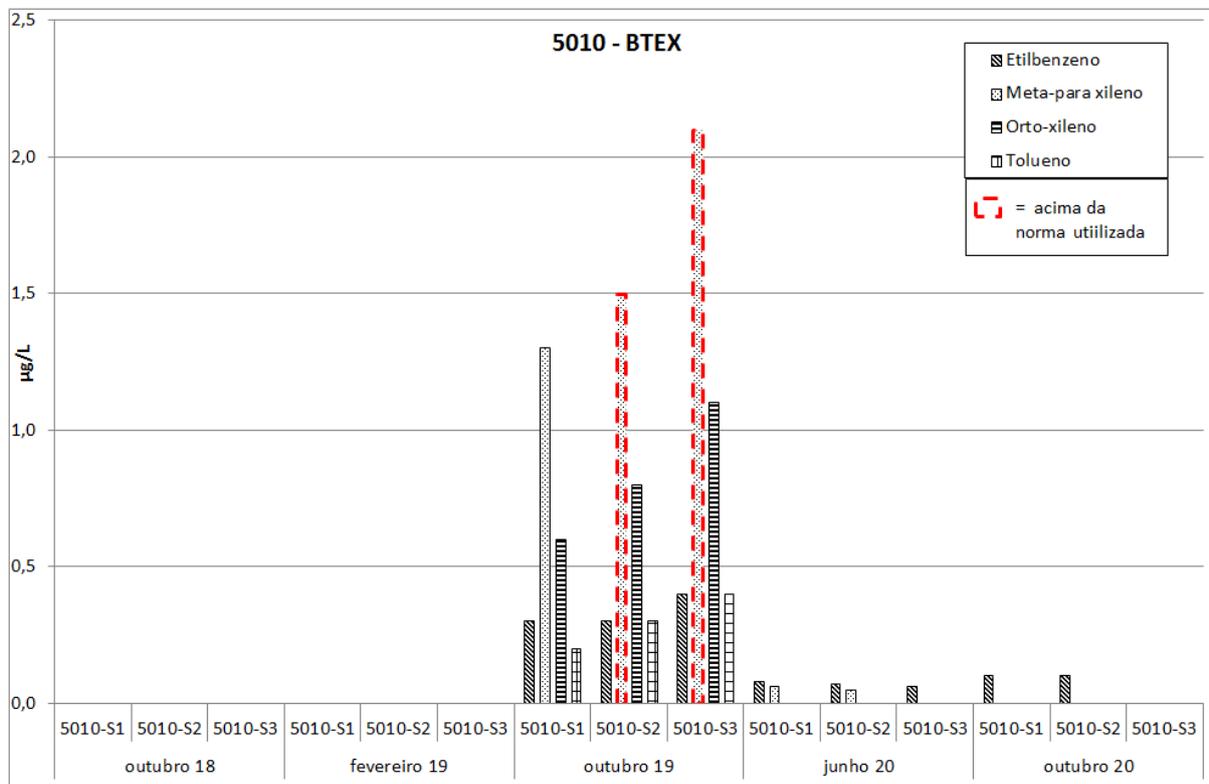


Figura 5.22 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5010

A presença de COV nos três piezómetros tem surgido de forma diversa ao longo das campanhas com concentrações acima do limite de quantificação. Muitos dos parâmetros não têm normas definidas.

Em outubro de 2019, observa-se a presença de diversos HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA que, em diversos casos, também estão acima dos limites estabelecidos noutros países (Canadá e Holanda), sendo o piezómetro 5010-S3 o que apresenta as maiores concentrações, com quase todos os HAP acima das normas (cf. Figura 5.24). Trata-se de um evento isolado, semelhante ao verificado para os BTEX. No dia da amostragem, a 4/10/2019, foi observada a presença de uma barreira insuflável a flutuar sobre a água do mar junto ao piezómetro 5010-S3, durante operações de manutenção do *pipeline*, desconhecendo-se se a sua intensão era preventiva e se terá havido algum derrame que justificasse os hidrocarbonetos encontrados apenas nesta campanha. Os valores muito elevados de cloreto, sódio, sulfatos, lítio e de condutividade elétrica no piezómetro 5013-S3 confirmam a influência da água do mar neste ponto próximo da linha de costa.

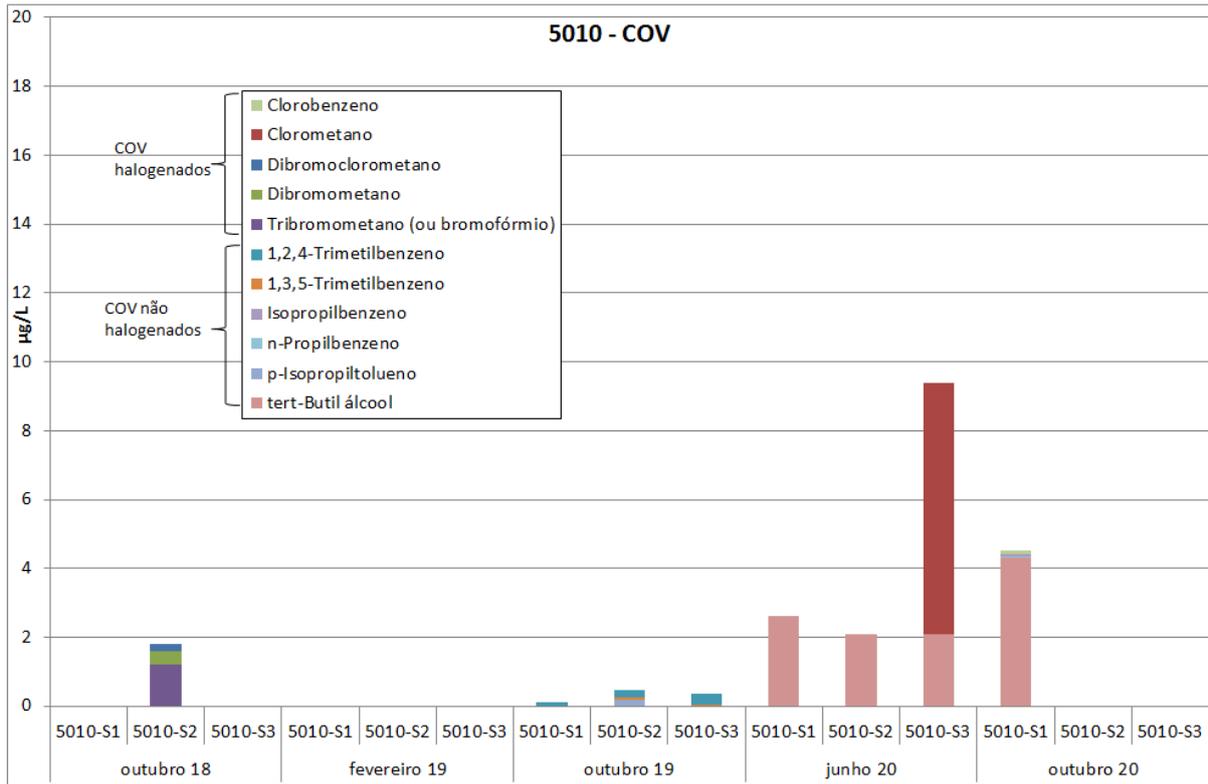


Figura 5.23 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5010

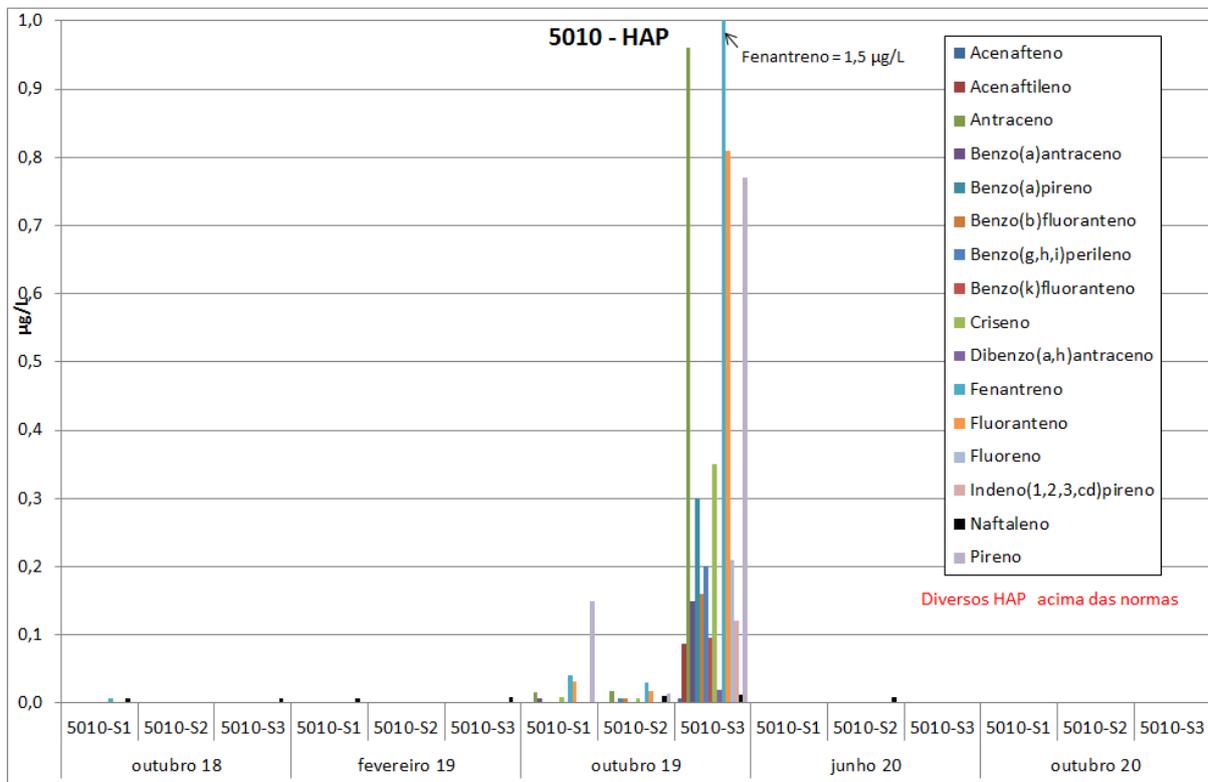


Figura 5.24 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5010

Os metais pesados que se encontram acima da norma mantêm-se praticamente idênticos aos das campanhas anteriores com valores acima das normas para Al, B, Pb, Fe, Mn, onde apenas o chumbo deverá ter origem na contaminação de solos sendo os restantes resultados atribuídos à natureza vulcânica dos solos. Os metais pesados acima da norma para os solos (e.g. As, Cu e Zn) apresentaram valores baixos ou inferiores ao limite de quantificação nas águas subterrâneas.

5.7.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.23 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5010, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.23 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5010

5010	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
HTP					
BTEX					
COV					
HAP					

Legenda:

- < limite de quantificação
- < limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
- > limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
- > limiar estabelecido por mais de uma norma (cf. Anexo IV)

A análise do Quadro 5.23 permite concluir que a campanha de outubro de 2019 parece ter constituído uma situação singular em termos de contaminação de águas subterrâneas, se comparada com as restantes campanhas. Nela foram encontradas concentrações em diversos HAP com valores acima dos limites estabelecidos pela APA (acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3,cd)pireno e pireno) e, nalguns casos, acima dos limites adotados pela Canadá, sendo o piezómetro 5010-S3 aquele que apresentou pior qualidade. Nessa campanha também as concentrações em BTEX foram mais elevadas e acima das normas para o meta-para xileno, nos piezómetros 5010-S2 e 5010-S3.

Considerando que os solos amostrados durante a perfuração dos três piezómetros revelaram a presença de HTP e HAP, acima dos limites do Canadá para o caso dos HAP em diversas amostras e profundidades (cf. Leitão, Mota e Antunes, 2019) é provável que a origem destes contaminantes nas águas provenha da lixiviação dos contaminantes presentes nos solos. A sua maior ou menor concentração depende das condições de infiltração do período que antecede as amostragens, bem como das condições serem mais ou menos favoráveis à volatilização dos compostos, à adsorção às partículas do solo ou à solubilização na água. As concentrações tão elevadas em HAP obtidas em 2019 no piezómetro 5010-S3 poderão estar relacionadas com um eventual derrame de combustível à data da amostragem.

Considerando que o Site 5010 é uma área sensível em função da sua proximidade ao porto e à praia, bem como a sua localização dentro da cidade de Praia de Vitória, mantêm-se a recomendação apresentada pelo LNEC abaixo transcrita.

Atendendo ao facto de parte da área pavimentada estar em más condições, permitindo infiltração da água da chuva e arraste de contaminantes existentes nos solos, e considerando a presença de águas subterrâneas do aquífero basal a poucos metros de profundidade e a proximidade do mar, sugere-se

que as medidas indicadas na análise do risco apenas para o caso de mudança do uso do local sejam, desde já, postas em prática. Nelas se incluem a remoção do solo nos locais contaminados (< 0,3 m) para local de tratamento, e a posterior repavimentação das zonas não pavimentadas ou com pavimento danificado, por forma a evitar o contacto dérmico, a inalação, ou a ingestão acidental de solo contaminado, bem como para evitar a infiltração de água de superfície que pode mobilizar contaminantes para as águas subterrâneas ou para as águas do porto.

A evolução da qualidade das águas subterrâneas deve ser monitorizada para confirmar a melhoria da qualidade das águas.

5.8 Site 5013: Military Highway Spill

5.8.1 Contexto histórico

O Site 5013 localiza-se numa bifurcação da estrada (também conhecida por estrada militar, Figura 5.25) que liga o Site 5001, *South Tank Farm*, à Base das Lajes. Trata-se de uma propriedade habitualmente utilizada para a pastorícia, localizada junto a dois furos de captação, Juncal 1 e Juncal 2.

Neste local encontra-se enterrado um *pipeline* antigo, entretanto desativado, e que foi usado para transporte de combustível. Atualmente passa junto a este local um *pipeline* em funcionamento. A contaminação referida para este Site deveu-se a um grande derrame ocorrido em 1984, onde foram vertidos cerca de 56 000 litros (15 000 galões), motivo que o levou a ser considerado um Site Potencialmente Contaminado, de maior risco (CH2MHILL, 2004). Após ter sido paga uma indemnização ao proprietário deste terreno, o Site foi considerado pelos EUA encerrado (65 CES/CEAN, 2010).

Apesar do Site 5013 ter sido considerado contaminado, o único estudo que se conhece foi feito em 2018/19 (Leitão, Mota e Antunes, 2019), onde se efetuou uma análise dos solos e das águas subterrâneas na zona do derrame, através de três sondagens/piezómetros (Figura 5.25).

As concentrações nos solos são inferiores aos limites de quantificação para BTEX e COV (com exceção do diclorometano que aparece em todas as sondagens, embora em concentrações muito inferiores ao valor de intervenção das normas da Holanda). Relativamente aos HAP, observam-se valores acima dos limites de quantificação em todos os solos mais superficiais, com valores acima dos limites do Canadá na amostra até 0,2 m recolhida na sondagem 5013-S2.

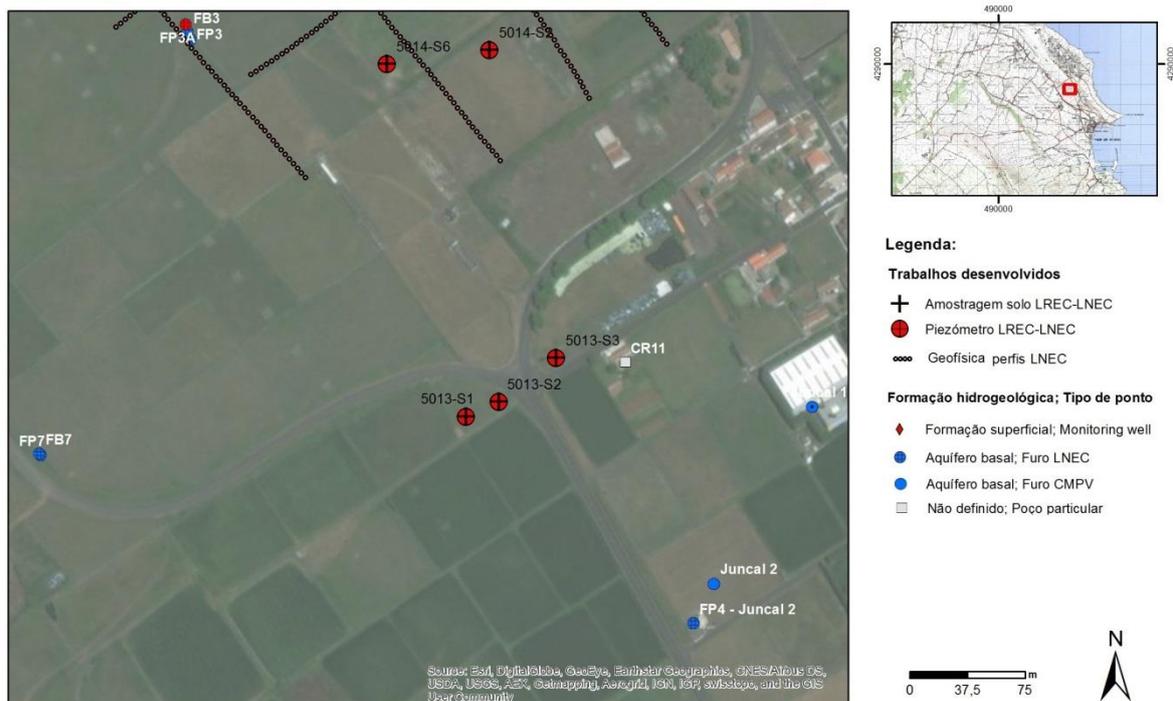


Figura 5.25 – Mapa do Site 5013

5.8.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5013 integrou a análise da qualidade das águas subterrâneas nos três piezómetros, cujas características são apresentadas no Quadro 5.24. O piezómetro 5013-S2 nunca teve água. Em outubro de 2019 apenas o 5013-S3 tinha água. Crê-se que este local corresponde à parte terminal da formação hidrogeológica superficial.

Quadro 5.24 – Principais características dos piezómetros do Site 5013

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5013-S1	493516,74	4288719,30	56,92	14,3	10,3	14,3	13,45	2018
5013-S2	493537,27	4288729,22	56,40	7,3	5,3	7,3	n.d.	2018
5013-S3	493574,98	4288757,92	55,60	9	7,9	9,0	6,65	2018

Nota: n.d. - não detetado

5.8.3 Resultados obtidos

O Quadro 5.25 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de águas recolhidas nos piezómetros 5013-S1 e 5013-S3 nas diversas campanhas.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 5.25 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5013

Parâmetro	Unidade	5013-S1	5013-S1	5013-S3	5013-S3	5013-S3	5013-S3	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		17-10-2018	20-02-2019	19-02-2019	02-10-2019	23-06-2020	14-10-2020				
In situ											
Temperatura	°C	-	15,9	17,6	20,3	17,9	19,4	-	-	-	-
pH	Sorensen	-	6,98	6,74	6,56	6,6	6,71	LQ e L	5,5; 9	0	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	-	277,0	220,0	201,0	216,7	162,2	LQ e L	2500	0	-
Potencial redox (Eh)	mV	-	220,0	254,7	166,0	211,7	130,7	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	6,04	3,23	2,92	3,15	4,01	-	-	-	-
Parâmetros agregados											
Índice de fenóis	mg/L	0,0044	0,0015	0,0072	-0,0010	-0,0010	-0,0010	Canadá	0,89	0	3
Iões maiores											
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	-	23	-	99	120	95	-	-	0	-
Carbonato - CO ₃	mg/L	-	-5	-	-5	-5	-5	-	-	0	-
Cloreto - Cl	mg/L	-	50,0	-	11,0	9,5	9,4	LQ e L	250	0	-
Nitrato - NO ₃	mg/L	-	6,6	-	1,1	1,5	0,6	NQ	50	0	-
Sulfato - SO ₄	mg/L	-	7,2	-	7,5	10,0	6,9	LQ e L	250	0	-
Cálcio - Ca	mg/L	-	5,2	-	20,0	12,0	10,0	-	-	0	-
Magnésio - Mg	mg/L	-	6,6	-	11,0	5,9	6,2	-	-	0	-
Potássio - K	mg/L	-	4,6	-	6,8	4,9	5,3	-	-	0	-
Sódio - Na	mg/L	-	28	-	26	32	24	VP	200	0	-
Metais em solução											
Alumínio - Al	mg/L	51	2,30	0,38	8,50	0,67	2,80	VP	0,2	6	-
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	-
Arsénio - As	mg/L	0,027	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	1	-
Bário - Ba	mg/L	6,60	0,16	-0,05	0,50	-0,05	0,17	Canadá	1	1	-
Berílio - Be	mg/L	0,086	0,003	-0,001	0,013	-0,001	0,006	Canadá	0,004	3	-
Boro - B	mg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	-
Cádmio - Cd	mg/L	0,0130	-0,0004	-0,0004	0,0005	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	1	-
Chumbo - Pb	mg/L	0,400	0,083	0,020	0,640	0,006	0,100	LQ e L	0,01	5	-
Cobalto - Co	mg/L	0,140	0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,009	Canadá	0,0038	2	-
Cobre - Cu	mg/L	0,250	0,012	-0,005	0,120	-0,005	0,027	VP	2	0	-
Crómio - Cr	mg/L	0,027	0,005	-0,001	-0,001	-0,001	0,003	VP	0,05	0	-
Ferro - Fe	mg/L	76,0	4,9	0,3	20,0	1,7	35,0	VP	0,2	6	-
Ferro (II)	mg/L	-	-	-	-	0,075	5,9	-	-	0	-
Ferro (III)	mg/L	-	-	-	-	1,6	29	-	-	0	-
Fluoreto - F	mg/L	-	-	-	0,48	0,49	0,48	VP	1,5	0	-
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,21	0,27	0,30	0,66	0,26	0,40	-	-	0	-
Lítio - Li	mg/L	0,015	0,026	0,027	-0,005	-0,005	0,020	-	-	0	-
Manganês - Mn	mg/L	19,0	0,360	0,012	0,100	0,018	0,430	VP	0,05	4	-
Mercurio - Hg	µg/L	0,093	-0,050	-0,050	0,150	-0,050	-0,050	LQ e L	1	0	-
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	-
Níquel - Ni	mg/L	0,038	0,007	-0,005	0,055	-0,005	0,019	VP	0,02	2	-
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	0,0012	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	VP	0,01	0	-
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-0,0005	-	-	Canadá	0,002	0	-
Titânio - Ti	mg/L	-	-	-	-	-0,050	0,093	-	-	0	-
Vanádio - V	mg/L	0,0483	0,0110	-0,0050	0,0337	-0,0050	0,2320	Canadá	0,0062	4	-
Zinco - Zn	mg/L	3,50	0,140	0,019	0,440	0,016	0,170	Canadá	1,1	1	-
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP											
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	-38	-38	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	0	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C13-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	-	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	-	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	-	0
BTEX											
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	0
Etilbenzeno	µg/L	0,07	-0,05	-0,05	0,09	0,07	0,09	L	1,3	0	4
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Soma BTEX	µg/L	0,07	0,00	0,00	0,09	0,07	0,09	-	-	0	4
Soma xilenos	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	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	Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloretoano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-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	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-	-	-	-	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,05	-0,05	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromodichlorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
cis+trans 1,2-Dicloroetano	µg/L	-	-	-	-	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Cloreto de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	3,0	-0,2	-0,2	-	-	0	1
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	0,6	-0,1	0,1	L	0,65	0	2
Tetraclorometano	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
Tribromometano (ou bromofórmio)	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,5	-0,5	-0,5	-	-	0	0
Tricloroetileno (TCE)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
Triclorofluorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	150	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados											
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,0						

Página intencionalmente deixada em branco

Neste Site não foram encontrados HTP em nenhuma campanha. Os restantes compostos orgânicos que apresentaram concentrações ligeiramente acima do limite de quantificação nalguma campanha foram o etilbenzeno, clorometano e PCE, além de seis HAP (cf. Figura 5.23), três dos quais acima dos limites estabelecidos pela APA (criseno, fenantreno e pireno), mas bastante inferiores aos limites estabelecidos noutros países.

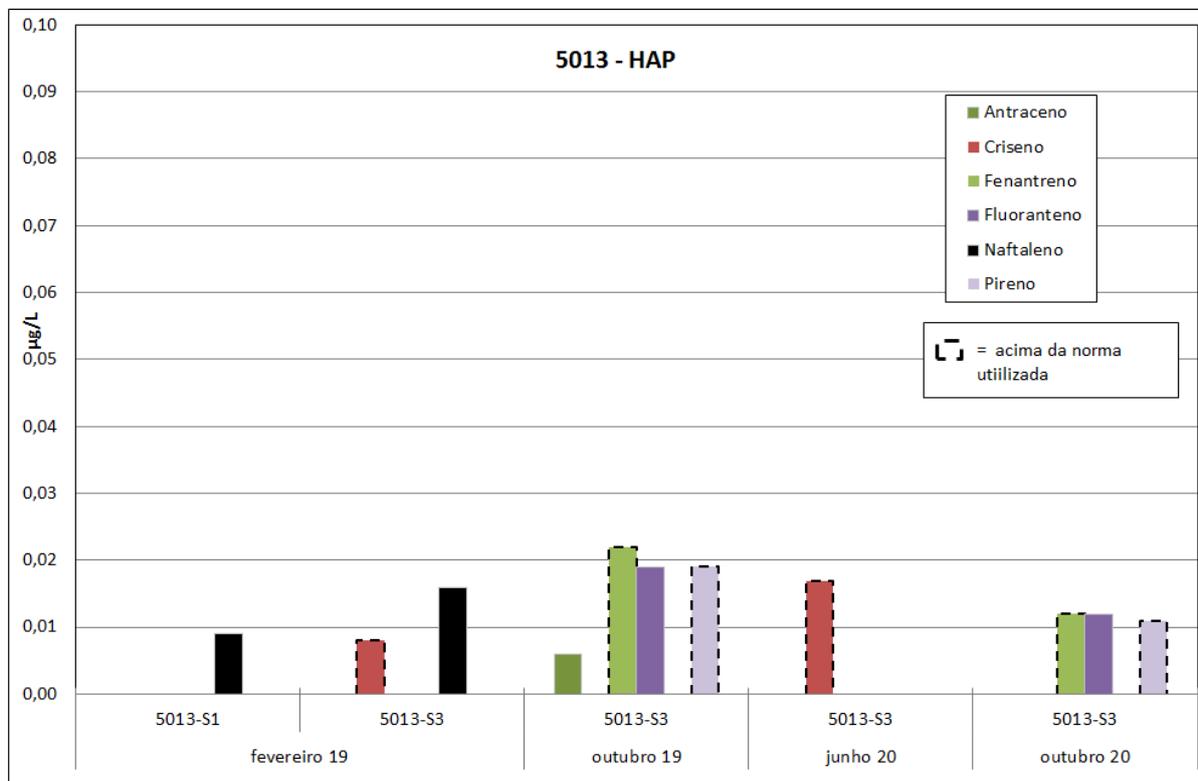


Figura 5.26 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5013

Os solos amostrados neste Site apresentaram concentrações em HAP, por vezes acima das normas do Canadá (cf. Leitão, Mota e Antunes, 2019) devendo ser esse o motivo da sua presença nas águas.

Os metais e metalóides identificados nesta última campanha são idênticos aos das campanhas anteriores. É possível que o chumbo tenha a sua origem em processos de contaminação.

5.8.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.26 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5013, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.26 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5013

5013	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
HTP	Não analisado				
BTEX	< limite de quantificação				
COV	< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
HAP	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma	> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma

As concentrações de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas são superiores aos limites estabelecidos pela APA apenas para alguns HAP, mas bastante inferiores aos limites estabelecidos noutros países.

Atendendo a que os solos amostrados neste Site apresentaram concentrações em HAP, por vezes acima das normas do Canadá, recomenda-se que seja mantida a monitorização por mais um ano para avaliar a evolução desta situação. Caso as concentrações nas águas subterrâneas se mantenham equivalentes às apresentadas, admite-se que a biodegradação natural será suficiente para a reabilitação deste Site, mesmo considerando que o uso do local para pastagem, uma vez que a contaminação remanescente tenderá a infiltrar-se.

5.9 Site 5014: Former Running Track

5.9.1 Contexto histórico

O Site 5014 começou por ser uma área com vários armazéns nos anos 1950 e início dos anos 1960. Nos anos 1960, a área foi utilizada como pista de corridas e campo de basebol e, posteriormente, entre 1982 e 1986, para a deposição dos solos removidos durante a reconstrução da *South Tank Farm* (Site 5001). O Site 5014 ocupa uma área com cerca de 67 200 m².

A principal questão ambiental deste Site é a potencial contaminação dos solos com combustível, quer resultante da transferência de solo e outros materiais provenientes do Site 5001, cuja natureza se desconhece, quer resultante da passagem de *pipelines* vindos do Site 5001 para o Site 3001.

A Figura 5.27 apresenta a localização do Site 5014 com os piezómetros e os perfis de geofísica realizados pelo LNEC em 2018 (Leitão, Mota e Antunes, 2019).

Em CH2MHILL (2004) este local foi considerado um Site Potencialmente Contaminado.

Os resultados obtidos em estudos anteriores (AMEC, 2011a) revelaram a presença de hidrocarbonetos essencialmente nas camadas mais profundas do solo analisado, sugerindo processos de lixiviação para camadas inferiores ou perdas junto ao *pipeline* antigo. Em 2016 houve um novo derrame de combustível a montante desta área, junto ao MW01. Os resultados apresentados em Leitão, Mota e Antunes (2019) referem a presença de diversos hidrocarbonetos nos solos e nas águas subterrâneas acima das normas, concluindo ser necessária a caracterização do Site 5014 com maior detalhe para delinear um programa visando a sua rápida reabilitação, nomeadamente da aparente fuga de combustível pode estar a ocorrer junto ao piezómetro 5014-S3.

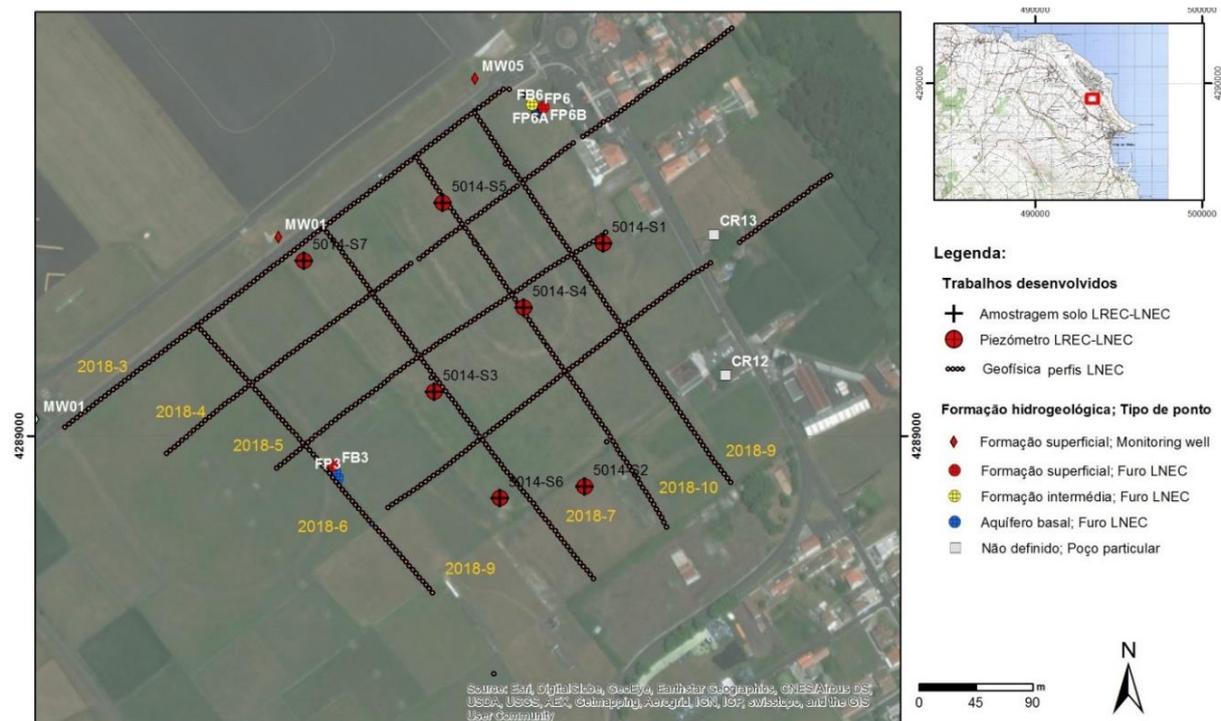


Figura 5.27 – Mapa do Site 5014

5.9.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5014 consistiu na análise da evolução da qualidade das águas subterrâneas nos piezómetros instalados na área, além de um poço localizado na vizinhança, cujas características são apresentadas no Quadro 5.27.

Quadro 5.27 – Principais características dos piezómetros e do poço do Site 5014

Piezómetro	M	P	Cota (m)	Prof. furo (m)	Prof. 1.º ralo (m)	Prof. último ralo (m)	Nível piezométrico após perfuração (m)	Ano construção
5014-S1	493546,51	4289151,93	53,58	6,0	2,0	6,0	2,70	2018
5014-S2	493532,00	4288959,48	54,829	6,0	4,0	6,0	4,45	2018
5014-S3	493413,70	4289034,41	56,475	6,8	1,8	6,8	5,80	2018
5014-S4	493484,04	4289101,03	54,861	7,4	2,4	7,4	4,77	2018
5014-S5	493420,63	4289184,02	54,357	7,6	2,6	7,6	3,92	2018
5014-S6	493465,31	4288950,32	56,907	6,0	3,0	6,0	n.d.	2018
5014-S7	493311,41	4289138,13	55,13	8,6	3,6	8,6	3,95	2018
5014-CR12	493643,0	4289048,0	54,04	6,56	-	-	-	Desconhecido

5.9.3 Resultados obtidos

O Quadro 5.28 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5014 em junho 2020 e o Quadro 5.29 apresenta os resultados relativos a outubro de 2020.

Nem sempre foram amostrados todos os piezómetros por se apresentarem secos (e.g. 5014-S1) ou ainda não estarem concluídos (e.g. 5014-S7).

Quadro 5.28 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em junho de 2020

Parâmetro	Designação local	5014-S1	5014-S2	5014-S3	5014-S4	5014-S5	5014-S6	5014-S7	5014-CR12	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências acima do limite de quantificação
		Data amostragem	29-06-2020	29-06-2020	29-06-2020	29-06-2020	29-06-2020	29-06-2020	29-06-2020				
In situ													
Temperatura	oC	20,1	20,1	22	20,8	20	20,1	20,1	20,4	-	-	-	-
pH	Sorensen	6,35	7,41	6,38	6,97	6,74	6,56	6,66	6,93	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	687	747	281	483	559	928	420	745	LQ e L	2500	0	0
Potencial redox (Eh)	mV	122,0	141,0	-60,0	130,0	148,0	-83,0	74,0	158,0	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	2,22	5,19	3,71	4,90	1,97	2,10	5,33	5,37	-	-	-	-
Parâmetros agregados													
Índice de fenóis	mg/L	0,0750	0,0170	0,0760	0,0280	0,0046	0,0420	0,0270	-0,0010	Canadá	0,89	0	7
Íons maiores													
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	310	370	160	200	280	320	150	340	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L	64	51	54	48	49	150	50	38	LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	1,4	4,0	0,1	5,2	1,2	0,3	5,4	31,0	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	23	10	8	11	11	8	25	42	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L	57	62	16	42	34	70	23	82	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	26	19	11	13	22	29	11	18	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	14	13	9	8	10	9	9	26	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	57	65	59	39	58	71	53	46	VP	200	0	0
Metais em solução													
Alumínio - Al	mg/L	1,60	0,41	0,25	0,12	0,48	0,28	-0,10	-0,10	VP	0,2	5	5
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	0
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1	0	0
Bérblio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L	-0,1	-0,1	-0,1	0,15	-0,1	0,13	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L	0,016	-0,005	0,024	-0,005	0,010	0,019	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	3	3
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	Canadá	0,004	0	0
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L	0,29	-0,05	29,00	-0,05	0,15	4,90	0,09	-0,10	VP	0,2	3	3
Ferro (II)	mg/L	0,09	-0,05	12,00	-0,05	0,06	4,50	-0,05	-0,10	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	0,20	-0,05	17,00	-0,05	0,09	0,39	-0,05	-0,10	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,88	0,58	0,35	0,51	0,88	0,44	0,34	0,88	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,26	-0,15	-0,15	-0,15	0,54	1,10	-0,15	0,51	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	-0,005	-0,005	0,006	-0,005	-0,005	-0,005	0,006	-0,005	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L	1,3	0,7	5,7	0,011	1,2	2,2	0,075	-0,01	VP	0,05	6	6
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	LQ e L	1	0	0
Molibdénio - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,006	-0,005	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L	0,0010	-0,0009	-0,0009	0,0030	0,0014	-0,0009	-0,0009	0,0080	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	Canadá	0,002	0	0
Titânio - Ti	mg/L	0,12	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	-0,005	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	0,006	0	0
Zinco - Zn	mg/L	0,075	0,018	0,018	-0,010	-0,010	0,087	-0,010	0,025	Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP													
HTP	µg/L	-38	-38	140	-38	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	0	1
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	98	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	1
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	35	-10	-10	16	-10	-10	-	-	0	2
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	0	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
BTEX													
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	1
Etilbenzeno	µg/L	0,20	-0,05	0,30	0,10	-0,05	0,10	-0,05	0,10	L	1,3	0	5
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	0,60	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
Orto-xileno	µg/L	0,06	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	0,40	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Soma BTEX	µg/L	0,26	0,00	1,10	0,10	0,05	0,50	0,00	0,10	-	-	0	6
Soma xilenos	µg/L	0,06	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0	2
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	Canadá	1,1	0	0
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloretoano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	1,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	1
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromodiolometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,2-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
cis+trans 1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Cloreto de vinilo	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	0
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-								

Quadro 5.29 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em outubro de 2020

Parâmetro	Designação local	5014-S2	5014-S3	5014-S4	5014-S5	5014-S6	5014-S7	5014-CR12	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências acima do limite de quantificação
		19-10-2020	16-10-2020	19-10-2020	19-10-2020	16-10-2020	16-10-2020	19-10-2020				
In situ												
Temperatura	oC	16,5	20,3	19,8	19,8	21,2	19,9	17,6	-	-	-	-
pH	Sorensen	6,68	6,97	6,69	6,79	6,4	7,01	7,02	LQ e L	5,5; 9	0	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	788	541	445	576	553	456	700	LQ e L	2500	0	-
Potencial redox (Eh)	mV	161,0	-85,0	104,0	119,0	-65,6	131,8	139,4	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	3,12	5,15	6,33	1,90	4,10	5,62	5,96	-	-	-	-
Parâmetros agregados												
Índice de fenóis	mg/L	0,0029	0,0027	0,0014	-0,0010	0,0024	-0,0010	-0,0010	Canadá	0,89	0	4
Íons maiores												
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	360	190	210	300	160	170	340	-	-	0	-
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	-
Clorato - Cl	mg/L	94	55	47	48	250	53	42	LQ e L	250	0	-
Nitrato - NO ₃	mg/L	-0,3	-0,2	2,3	0,7	0,2	0,2	37,0	NQ	50	0	-
Sulfato - SO ₄	mg/L	34	8	12	10	16	18	46	LQ e L	250	0	-
Cálcio - Ca	mg/L	58	20	38	34	56	25	80	-	-	0	-
Magnésio - Mg	mg/L	24	13	13	23	27	16	18	-	-	0	-
Potássio - K	mg/L	19	8	8	10	9	7	24	-	-	0	-
Sódio - Na	mg/L	88	52	38	57	84	52	45	VP	200	0	-
Metais em solução												
Alumínio - Al	mg/L	0,27	-0,10	-0,10	-0,10	0,14	5,80	-0,10	VP	0,2	2	-
Antimónio - Sb	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	VP	0,005	0	-
Arsénio - As	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	-
Bário - Ba	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,099	-0,05	Canadá	1	0	-
Bérblio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,0037	-0,001	Canadá	0,004	0	-
Boro - B	mg/L	0,11	-0,1	0,16	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	-
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,001	-0,0004	LQ e L	0,005	0	-
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	0,011	-0,005	-0,005	0,006	0,180	-0,005	LQ e L	0,01	2	-
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,005	-0,003	Canadá	0,004	1	-
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,024	-0,005	VP	2	0	-
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,0041	-0,001	VP	0,05	0	-
Ferro - Fe	mg/L	0,18	27,00	0,13	0,51	4,90	0,16	0,15	VP	0,2	3	-
Ferro (II)	mg/L	0,13	26,00	0,10	0,23	5,00	0,10	0,13	-	-	0	-
Ferro (III)	mg/L	-0,05	1,30	-0,05	0,27	-0,05	0,06	-0,05	-	-	0	-
Fluoreto - F	mg/L	0,61	0,39	0,55	0,83	0,47	0,38	0,88	VP	1,5	0	-
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,21	-0,15	-0,15	-0,15	-0,06	0,07	0,57	-	-	0	-
Lítio - Li	mg/L	-0,005	0,006	-0,005	-0,005	-0,005	0,008	-0,005	-	-	0	-
Manganés - Mn	mg/L	0,66	6,9	-0,01	0,74	1,5	4	-0,01	VP	0,05	5	-
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	LQ e L	1	0	-
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	Canadá	0,07	0	-
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,009	-0,005	VP	0,02	0	-
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	-0,0009	0,0028	0,0010	-0,0009	-0,0009	0,0068	VP	0,01	0	-
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	Canadá	0,002	0	-
Titânio - Ti	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,41	-0,05	-	-	0	-
Vanádio - V	mg/L	0,0017	-0,0002	0,00073	0,00102	0,00052	0,0076	0,001	Canadá	0,006	1	-
Zinco - Zn	mg/L	0,026	0,013	-0,010	-0,010	0,021	0,130	0,090	Canadá	1,1	0	-
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP												
HTP	µg/L	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	Canadá	750	0	0
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	0	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
BTEX												
Benzeno	µg/L	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	1
Etilbenzeno	µg/L	0,10	0,20	0,10	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	4
Meta-para-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Orto-xileno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	-0,05	0,06	-0,05	0,20	0,07	-0,05	L	1,3	0	3
Soma BTEX	µg/L	0,20	0,20	0,16	0,10	0,20	0,07	0,00	-	-	0	6
Soma xilenes	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0	0
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados												
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	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	Canadá	200	0	0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	0	0
1,1-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	0,3	0,4	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	5	0	2
1,1-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibromoetano (EDB)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	0
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	0
1,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,3-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1	0	0
2,2-Dicloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
2-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
4-Clorotolueno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Bromodiodorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	16	0	0
Bromometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,89	0	0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	29,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	1	1
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,5	0	0
cis-trans 1,2-Dicloroetano	µg/L	29,0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	1
Clorato de vinilo	µg/L	0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	0,5	0	1
Clorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	30	0	0
Cloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	0
Clorofórmio (ou Triclorometano)	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	2,4	0	0
Clorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Dibromoclorometano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	25	0	0
Dibromometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Diclorometano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
Hexaclorobutadieno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	0,44	0	0
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L	0,9	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	1	1
Tetraclorometano	µg/L	-0,05										

A Figura 5.28 apresenta os resultados obtidos para a concentração em HTP nas campanhas efetuadas, encontrando-se os valores da campanha de outubro de 2020 abaixo dos quantificação. Os piezómetros 5014-S3 e 5014-S6 são os que apresentam maiores concentrações em HTP, embora com oscilações assinaláveis entre as campanhas. As concentrações apenas ultrapassaram as normas (apenas definidas para a soma de HTP, 750 µg/L) do Canadá no piezómetro 5014-S3, na campanha de outubro de 2018.

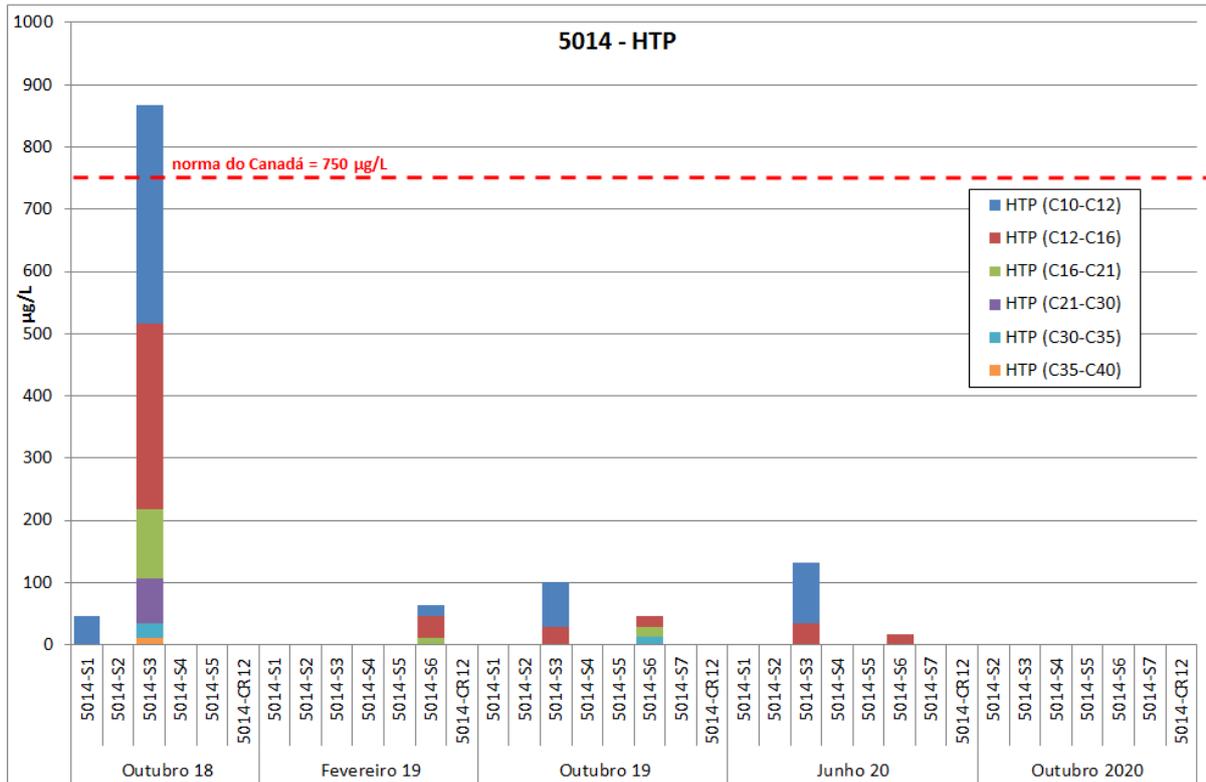


Figura 5.28 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014

As concentrações em BTEX, embora acima do limite de quantificação, têm sido inferiores às normas, com exceção da campanha de outubro de 2019 (Figura 5.29). O Meta-para xileno é o hidrocarboneto que surge acima do Limiar de Qualidade estabelecido pela APA, nos piezómetros 5014-S2, 5014-S4 e 5014-S5, embora em concentrações muito abaixo do valor das normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda).

Foram ainda encontrados COV em diversos piezómetros e diferentes campanhas, com valores acima das normas no piezómetro 5014-S2, para o cis-1,2-dicloroetano, PCE e TCE (Quadro 5.28 e Figura 5.30).

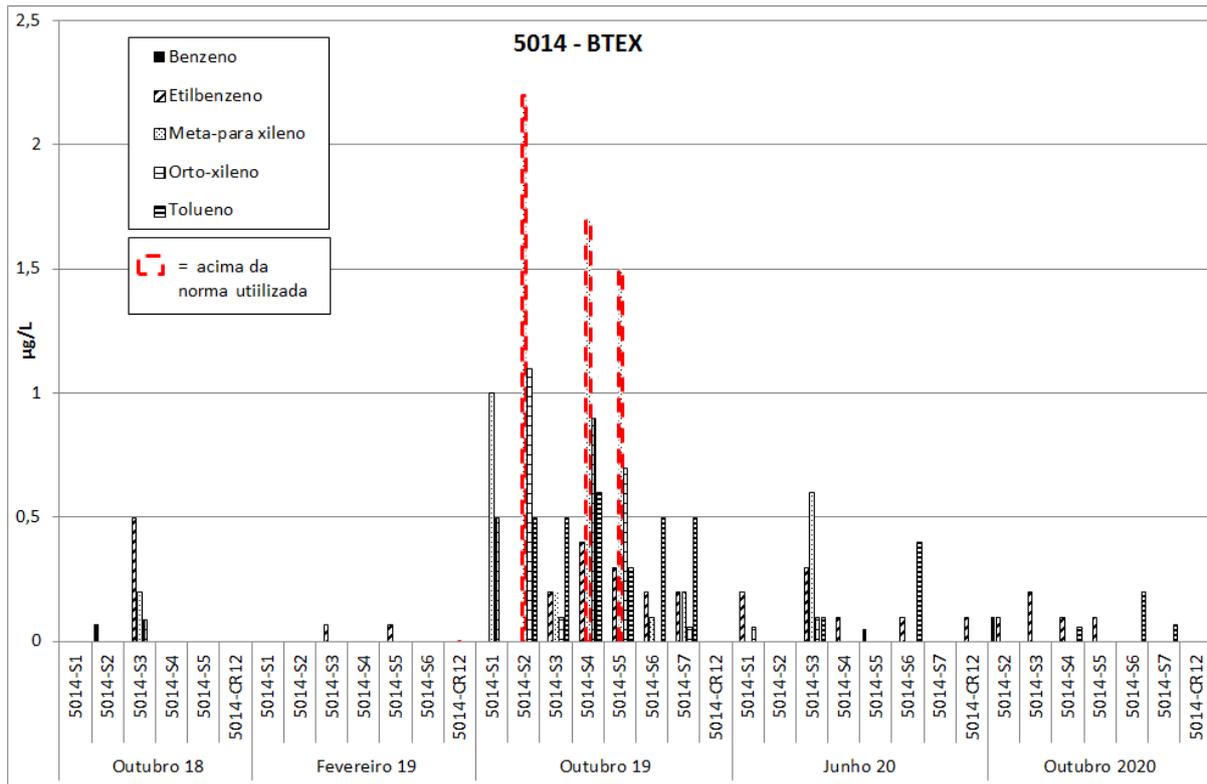


Figura 5.29 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5014

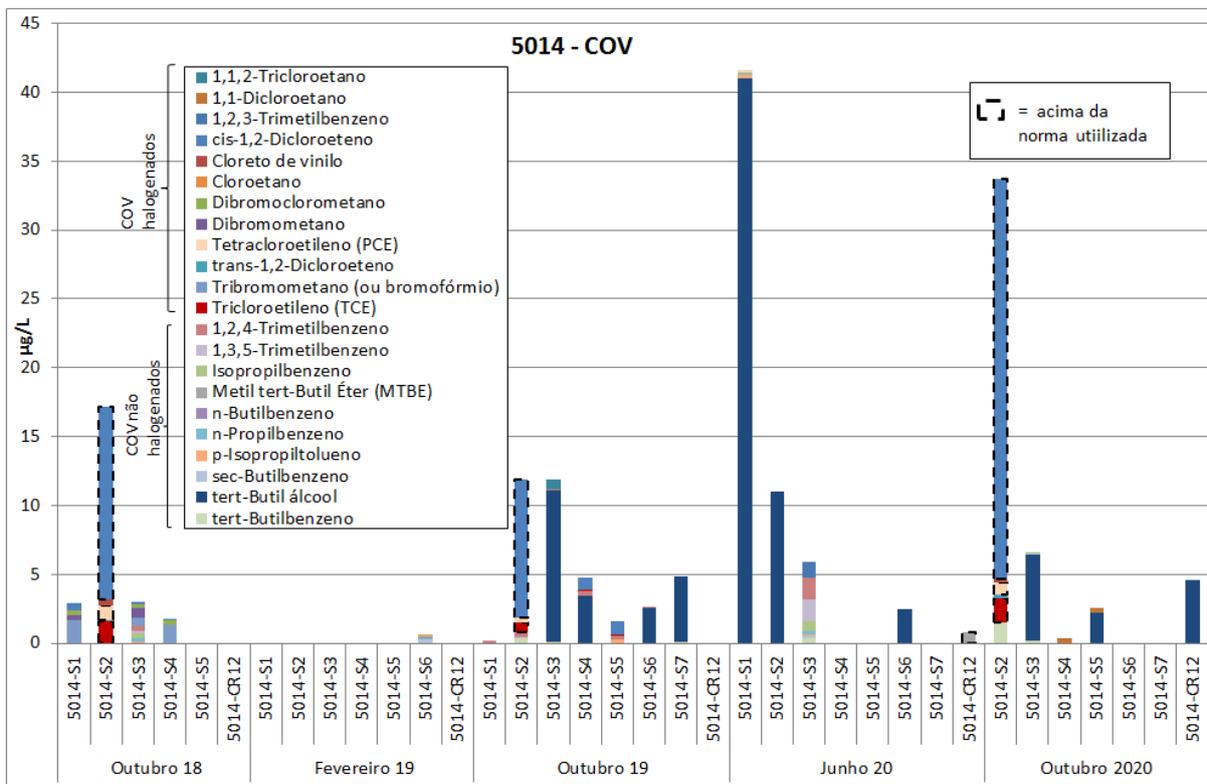


Figura 5.30 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5014

Em relação aos HAP há diversos compostos com valores bastante acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 5.28), embora ainda inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda).

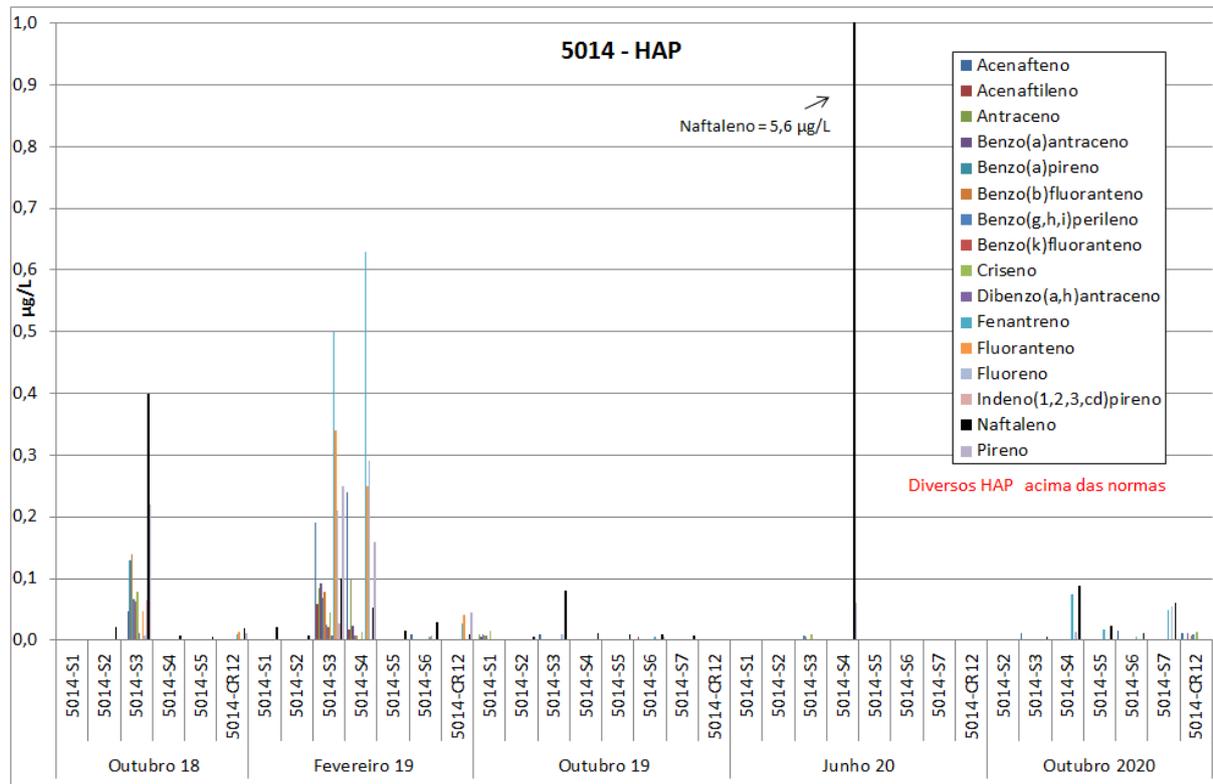


Figura 5.31 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014

O desconhecimento dos fenómenos que poderão estar a ocorrer neste Site ainda é grande, mas parece haver um alinhamento entre os resultados dos pontos 5014-S3 e 5014-S6, não só para as águas subterrâneas, mas também para os solos junto ao antigo *pipeline* que poderá conter ainda combustível. As águas destes dois locais são as únicas que apresentam Eh (potencial oxidação-redução) negativo (cf. Quadro 5.28), típico de ambientes redutores resultantes do consumo de oxigénio pelos microrganismos que degradam os hidrocarbonetos. As oscilações das concentrações verificadas entre campanhas devem resultar da lixiviação dos contaminantes presentes no solo (essencialmente HTP e HAP) ou da migração lateral destes contaminantes, induzida pelos processos de recarga após eventos de precipitação.

Os metais em solução que se encontram acima da norma em todas as campanhas foram o Al, Pb, Fe e Mn. Além desses foram encontrados: em outubro de 2018: Be, Co, Ni e V e outubro de 2020: Co, V. Apenas o chumbo deverá ser resultado da contaminação sendo os restantes decorrentes da natureza vulcânica dos solos.

5.9.4 Conclusões e recomendações

O Quadro 5.30 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5008, com cores definidas em função da comparação dos resultados com as normas. Os resultados são apresentados pelos principais grupos de hidrocarbonetos.

Quadro 5.30 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5014

5014	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020	Legenda:
HTP						< limite de quantificação
BTEX						< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
COV						> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
HAP						> limiar estabelecido por mais de uma norma (cf. Anexo IV)

No Site 5014 observou-se a presença de contaminação com valores acima das normas em várias classes de hidrocarbonetos, sendo as concentrações mais elevadas em HAP.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que os processos de contaminação do Site 5014 sejam caracterizados com maior detalhe e que seja delineado um programa visando a sua rápida reabilitação. Importa verificar e, se for esse o caso, conter a fuga de combustível que aparenta estar a ocorrer junto ao piezómetro 5014-S3 (Leitão, Mota e Antunes, 2019). O facto de esta área poder ser uma área de recarga preferencial, atendendo à acumulação da água de precipitação em diversas depressões de terreno existentes neste local, favorece a infiltração de água através de solos poluídos, pelo que se sugere que sejam tomadas medidas para minimizar esse efeito.

6 | Conclusões e recomendações

Neste relatório apresenta-se uma análise dos resultados obtidos relativamente às três seguintes temáticas:

1. Caracterização da superfície piezométrica do aquífero basal, cujo resultado permitiu confirmar que o escoamento, na área situada a Sul da pista (entre a Porta de Armas e o porto de Praia da Vitória), se processa para SE.
2. Interpretação dos resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas recolhidas a cada 1 000 L extraídos do furo 3001-MW30, permitiram confirmar que o problema de contaminação do aquífero basal era localizado, podendo ter tido origem durante o próprio processo de perfuração devido ao uso de solventes ou produtos afins.
3. Interpretação dos resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas obtidas nas duas campanhas de monitorização da qualidade realizadas em 2020. Enquadramento dos resultados obtidos com os das campanhas anteriores e com a qualidade dos solos, nos locais onde estes foram analisados (cf. Leitão, Mota e Antunes, 2019). Sobre este último aspeto, detalha-se em seguida as principais conclusões e recomendações.

O Quadro 6.1 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas agrupada pelos principais tipos de hidrocarbonetos analisados: HTP (hidrocarbonetos totais do petróleo), BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), COV (compostos orgânicos voláteis) e HAP (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos). Cada uma das tabelas apresenta os resultados por Site e para as cinco campanhas realizadas entre 2018 e 2020. As cores representam os resultados em função da sua comparação com as normas. Assim, o verde representa valores abaixo do limite de quantificação (l.q.), o amarelo representa valores acima do l.q. mas abaixo do limiar estabelecido pela APA ou de um limite estabelecido noutra norma (cf. Anexo IV), o laranja refere-se a valores acima do limiar estabelecido pela APA ou de um limite estabelecido noutra norma e o vermelho destaca situações em que as concentrações estão acima de mais do que uma norma. A comparação é feita individualmente para cada composto, sendo depois agregada dentro de cada grupo a que pertence o composto. Assim, se houver um composto dentro do grupo com concentração acima de várias normas, então a cor para o Site e data respetivos será vermelho, pelo que se representa a pior situação dentro de cada grupo. Nas situações acima das normas (a laranja e a vermelho) refere-se quais os compostos que se encontram naquelas condições, excetuando os HAP pois dentro deste grupo existem muitos compostos acima das normas, o que dificulta a leitura do quadro. Atendendo a que o limite de concentração de HTP apenas é definido nas normas do Canadá (não permitindo que o quadro possa ter a cor vermelha) optou-se por apresentar na coluna da direita o valor máximo registado em HTP, permitindo assim ter uma ideia das diferenças entre Sites e datas.

A análise deste quadro permite confirmar que os Sites com maior contaminação das águas subterrâneas são os Sites 3001, 5001 e 5014.

Quadro 6.1 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas entre 2018 e 2020 (máximos de HTP em µg/L)

HTP	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020	Máximo	BTEX	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
3001				C12-C40		3 900	3001					
3003						93	3003			X		
5001			C10-C30	C10-C40	C10-C40	150 000	5001		E	EX	E	E
5002						<l.d.	5002					
5003						44	5003					
5008						18	5008					
5010						<l.d.	5010			X		
5013						<l.d.	5013					
5014	C10-C40					870	5014			X		

COV	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
3001			TCE	TCE; Cis-1,2DCE	TCE
3003		PCE; TCE	PCE		PCE; 1,1DCE; 1,1DCEta
5001		MTBE		MTBE	
5002					
5003					
5008					
5010					
5013					
5014	PCE; TCE; Cis-1,2DCE		TCE; Cis-1,2DCE		TCE; Cis-1,2DCE

HAP	out. 2018	feb. 2019	out. 2019	jun. 2020	out. 2020
3001					
3003					
5001					
5002					
5003					
5008					
5010					
5013					
5014					

Legenda: Não analisado

< limite de quantificação
< limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
> limiar estabelecido pela APA ou um limite estabelecido noutra norma
> limiar estabelecido por mais de uma norma (cf. anexo)

Em relação aos HTP os únicos três locais com situações acima das normas foram os Sites 3001, 5001 e 5014, para as cadeias de carbono C10-C40. Destaca-se a diferença registada nos valores máximos, com o Site 5001 apresentando concentrações máximas de 150 000 µg/L (sendo a norma 750 µg/L). Este e o Site 3001 (cujo valor máximo não reflete os prováveis valores muito elevados nos piezómetros não amostrados por conterem LNAPL) são aqueles que representam maior preocupação, atendendo a que no Site 5014 os TPH só ultrapassaram a norma numa ocasião, além de apresentarem valores próximos da norma do Canadá (750 µg/L).

As concentrações em BTEX ultrapassaram as normas em quatro Sites (3003, 5001, 5010 e 5014) na campanha de outubro de 2019 [para os xilenos (X), meta-para xileno ou orto-xileno]. Apenas no Site 5001 se verificou terem sido ultrapassadas normas noutros períodos, para o etilbenzeno (E). Também é neste último Site que se verificam as concentrações mais elevadas, embora o Site 3001 também possa ter concentrações elevadas nos piezómetros contendo LNAPL.

Relativamente aos COV há que acrescentar aos Sites 3001, 5001 e 5014 o Site 3003, onde surgem diversos compostos acima das normas. No conjunto de locais analisados, os compostos que surgem com maior frequência acima das normas são o PCE, TCE, Cis-1,2 dicloroetano. Estes compostos são usados na síntese de solventes industriais, que atuam como agentes desengordurantes ou de limpeza de componentes electrónicos. Estes compostos estão todos relacionados entre si em função de trocas iónicas entre hidrocarbonetos halogenados. O MTBE é um aditivo para gasolina combustível, usado para elevar as octanas.

Todos estes COV são extremamente voláteis (mais que os BTEX) pelo que geralmente evaporam de águas ou solos superficiais. Contudo, podem lixiviar e contaminar águas subterrâneas. Estes compostos têm geralmente baixa solubilidade na água e baixa capacidade para serem adsorvidos pelas partículas do solo (cf. Quadro 6.2) e as condições mais favoráveis à sua biodegradação são ambientes redutores. A sua presença continuada nas águas subterrâneas revela uma contaminação dos solos por onde circula, podendo a sua origem ainda estar ativa.

Quadro 6.2 – Principais características dos grupos de hidrocarbonetos analisados

Composto	Adsorção	Volatilização	Solubilização
BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos)	X	XX / XXX	XX / X
COV (Composto Orgânico Volátil)	X	XXX	X
HAP (Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos)	XXX	X	X

Finalmente os HAP são os compostos que mais ocorreram acima das normas (cf. Anexo IV), em todos os Sites analisados e pelo menos numa das campanhas (cf. Quadro 6.1). Para estes compostos observa-se uma grande diferença entre as normas definidas pela APA e as definidas por outros países (cf. capítulo 4 |). Uma vez mais são os Sites 3001, 5001 e 5014 que apresentam maiores valores de contaminação, mas também o Site 5010 apresenta valores elevados na campanha de outubro de 2019. As concentrações no Site 5001 destacam-se, desconhecendo-se os reais valores no Site 3001 designadamente nos piezómetros contendo LNAPL.

Os HAP são uma classe de compostos que ocorre em diversas situações e resultam da combustão de combustíveis fósseis, mas também em fogos, podendo igualmente surgir em solos de origem vulcânica. É frequente encontrar estes compostos em solos de cidades, em resultado do tráfego rodoviário, aéreo ou indústrias. Ao contrário dos BTEX e COV que são voláteis, podendo evaporar-se, estes compostos tendem a ser adsorvidos pelos solos, podendo também migrar para horizontes mais profundos até atingir as águas subterrâneas. Os compostos mais pesados (mais de cinco anéis de benzeno) tendem a ficar junto dos locais onde foram rejeitados e os restantes podem ser arrastados pelo vento). Estes compostos podem ser lentamente biodegradados em condições aeróbias.

O Quadro 6.3 constitui uma atualização em relação às versões apresentadas em relatórios anteriores, apresentando-se de forma resumida as conclusões e recomendações relativas aos locais analisados, decorrentes dos resultados da monitorização e análise apresentados ao longo deste relatório. Relativamente aos metais pesados em solução, faz-se referência especial à presença de chumbo, por se considerar que esta presença pode ter origem na contaminação de solos.

No resumo apresentado no Quadro 6.3 inclui-se, para além dos locais onde foram efetuadas campanhas de monitorização de águas, o Site 5009, no qual não existe qualquer piezómetro, para que o Quadro forneça um ponto de situação completo em relação a todos os Sites "em aberto".

Salienta-se, novamente, a importância de manter a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos Sites visando a avaliar a evolução da situação de qualidade e, posteriormente, a eficácia das medidas de reabilitação a implementar.

Página intencionalmente deixada em branco

Quadro 6.3 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados em 2020

Identificação do Local		Classificação DISCO	Antecedentes	Principais resultados da campanha	Recomendações
Ref.	Designação	(CH2MHILL, 2004)			
3001	Main Gate Area	Contaminado	<p>LNEC tinha detetado anomalias geofísicas que se associam à presença de hidrocarbonetos.</p> <p>USAFE e LNEC tinham detetado Hidrocarbonetos no novo piezómetro 3001-MW30, que capta o aquífero basal, e ressurgimento de LNAPL em formações superficiais.</p>	<p>Aumento da espessura de LNAPL em dois piezómetros das formações superficiais (MW04 e MW23) e manutenção do valor da espessura de LNAPL num piezómetro da formação intermédia (MW20).</p> <p>Purga do furo MW30 (basal) conduziu a limpeza progressiva da água subterrânea, confirmando o carácter esporádico da contaminação detetada nas campanhas anteriores.</p> <p>Encontrados COV e HAP em concentrações superiores aos Limiares de Qualidade da APA, em alguns piezómetros, mas em regra inferiores aos limites estabelecidos noutros países (Canadá e Holanda), havendo alguns casos em que os limites do Canadá são excedidos.</p>	<p>Reforçar medidas para avaliar/reabilitar os solos e as águas subterrâneas e assegurar a sua continuidade.</p> <p>Prosseguir a monitorização da qualidade das águas subterrâneas (incluindo a jusante do Site 3001) para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação a implementar.</p>
3003	Main Power Plant	Potencialmente contaminado de maior risco	<p>Foram desativados o armazenamento e as tubagens de abastecimento dos AST.</p> <p>Espera-se obras de impermeabilização das superfícies a curto prazo.</p>	<p>Surgem concentrações de HTP e BTEX inferiores aos limites estabelecidos. Surgem alguns casos de COV e HAP superiores aos Limiares de Qualidade da APA, mas inferiores aos limites estabelecidos noutros países (Canadá e Holanda).</p>	<p>Incluir a impermeabilização da área em torno dos piezómetros nas obras de impermeabilização das superfícies a realizar a curto prazo.</p> <p>Monitorização para verificação da eficácia das medidas já realizadas e a realizar.</p>
5001	South Tank Farm	Contaminado	<p>Campanha de prospeção geofísica e de caracterização de solos a jusante do site 5001 realizada pelo LNEC em 2020: Geofísica não forneceu sinal evidente da presença de hidrocarbonetos; amostras de solos até profundidades de 2 m apresentaram, nalguns casos, concentrações de HTP e HAP acima dos limites de quantificação, mas em regra abaixo dos limites estabelecidos pela legislação.</p>	<p>Foram ultrapassados os valores máximos estabelecidos pela APA e nas normas do Canadá para o chumbo.</p> <p>Foram encontrados valores de HTP, BTEX e HAP acima dos respetivos limiares estabelecidos pela APA.</p> <p>Pontualmente foram também ultrapassadas as normas do Canadá para HTP e HAP.</p>	<p>Aprofundamento da caracterização da presença de solos contaminados no Site 5001 e realização de medidas de reabilitação neste local.</p> <p>Prosseguimento da monitorização da qualidade das águas subterrâneas no Site 5001 e a jusante deste.</p>
5002	Cinder Pit Fuel Tanks	Contaminado	<p>No passado foram encontrados valores elevados de HTP e de HAP em solos da Zona 2 e também, embora com menor expressão, na Zona 1.</p>	<p>Apenas um piezómetro localizado na Zona 1, tinha água. Neste piezómetro foram encontrados alguns valores de HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA mas inferiores às normas de outros países.</p>	<p>Reanálise da situação dos solos nas Zonas 1 e 2.</p> <p>Prosseguimento da monitorização da qualidade das águas subterrâneas a partir de amostras recolhidas nos piezómetros com água.</p> <p>Instalação de novos piezómetros mais profundos na área do 5002-S2.</p>
5003	North Storm Sewer Drainage Outfall	Potencialmente contaminado de maior risco	<p>Prevista a construção de uma estrutura de receção da água da pista, que permitirá remover os solos contaminados nesse local.</p>	<p>Detetada presença de HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA para águas subterrâneas, mas abaixo das normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda) nas águas de escorrência, em junho de 2020. Em outubro de 2020 não foram detetados valores acima dos Limites.</p>	<p>Monitorizar águas de escorrência durante um ano depois da conclusão das obras.</p> <p>Monitorizar os solos um ano após a construção para confirmar que não há contaminação acumulada.</p>
5008	Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	Potencialmente contaminado de maior risco	<p>LNEC tinha recomendado remoção do solo superficial até 0,5 m de profundidade nos locais contaminados numa área limitada (S2, S3 e S4), tendo em atenção o uso agrícola do local.</p>	<p>Não foi detetada presença de chumbo ou HAP nas águas subterrâneas em ambas as campanhas realizadas em 2020.</p>	<p>Remoção de solos superficiais contaminados.</p> <p>Prosseguimento da monitorização da qualidade das águas.</p>

Identificação do Local		Classificação DISCO	Antecedentes	Principais resultados da campanha	Recomendações
Ref.	Designação	(CH2MHILL, 2004)			
5009	Cume Da Tacan Annex No. EYNH	Potencialmente contaminado de maior risco	LNEC tinha recomendado estudar/efetivar medidas para avaliar/reabilitar os solos (área com cerca de 10 m por 5 m). Obras de repavimentação previstas para breve incluem a remoção dos solos na área em questão. Recomenda-se a análise da qualidade dos solos subjacentes ao volume removido para confirmar a ausência de contaminantes.	Não há furos para monitorização da qualidade das águas.	Considera-se que as obras previstas são adequadas para a resolução do problema.
5010	Medium Port Command	Potencialmente contaminado	LNEC tinha recomendado remoção de solo superficial nos locais contaminados com HAP acima da norma e posterior repavimentação das zonas com pavimento degradado ou não pavimentadas, bem como monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 3 piezómetros instalados.	Constata-se uma melhoria da situação em relação às águas subterrâneas, com todos os valores abaixo dos limites estabelecidos pela APA.	Remover os solos superficiais contaminados e repavimentar a área. Prosseguir a monitorização da qualidade das águas subterrâneas.
5013	Military Highway Spill	Potencialmente contaminado de maior risco	LNEC tinha recomendado remoção do solo superficial na área envolvente ao 5013-S2 e monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 3 piezómetros instalados.	Constata-se uma melhoria da situação. Foram detetados alguns HAP superiores aos Limites da APA, mas bastante inferiores aos limites estabelecidos noutros países.	Prosseguir a monitorização da qualidade das águas por mais um ano.
5014	Former Running Track	Potencialmente contaminado	LNEC tinha detetado contaminação em solos em profundidade e eventual fuga de combustível. Foi recomendado o aprofundamento da análise dos problemas identificados, em especial no solo junto ao 5014-S3, a realização de medidas de reabilitação e a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 7 piezómetros instalados.	Foram encontrados valores de COV e de HAP nas águas subterrâneas com concentrações acima dos Limites de Qualidade estabelecidos pela APA em diversos piezómetros. Nalguns casos são também excedidas as normas utilizadas noutros países (Canadá).	Aprofundar a análise dos problemas identificados, em especial junto ao 5014-S3, e estudar/efetivar medidas para reabilitar o Site. Realizar a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos 7 piezómetros instalados para avaliar a eficácia das medidas de reabilitação a implementar.

Legenda:

AST – Tanques de armazenamento superficial de combustível

EBS – *Environmental Baseline Survey*

MW – Piezómetro (*Monitoring well*)

n.a. – Não analisado

HAP – Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

SRA – Sem recomendação adicional

HTP – Hidrocarbonetos totais do petróleo

COV – Compostos orgânicos voláteis

Lisboa, LNEC, dezembro de 2020

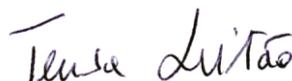
VISTO

O Conselho Diretivo



Maria de Lurdes Antunes
Vogal do Conselho Diretivo

AUTORIA



Teresa E. Leitão
Investigadora Principal com Habilitação



Maria de Lurdes Antunes
Investigadora-Coordenadora

Referências bibliográficas

- AMEC, 2010a – **Site Characterization at Lajes Field, Azores, Portugal. Final Report Site Characterization** (também disponibilizado em versão portuguesa intitulada “Caracterizações do Local na Base das Lajes (65 ABW), Açores, Portugal. Relatório Final de Caracterizações do Local.”) Kaiserslautern, Outubro de 2010.
- AMEC, 2010b – **Perform Site Characterization at Lajes Field, Azores, Portugal. Groundwater Monitoring** - Kaiserslautern, October, 2010.
- AMEC, 2011a – **Site Investigation Activities and Site Characterizations at Lajes Field, Azores. Final Report.** Kaiserslautern, November 2011.
- ANTUNES, M.L.; LEITÃO T.E.; JEREMIAS, T., 2016 – **Assessoria Técnica aos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA.** LNEC - Proc. 0102/121/20098. Relatório 375/2016 – CD.
- ANTUNES, M.L.; LEITÃO T.E., 2018 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Situação dos “Sites” 2008, 2009, 3005, 3006, 3009 e 3012, em Outubro de 2018.** LNEC - Proc. 0102/121/21350. Relatório 424/2018 – CD.
- 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.
- BHATE, 2014 – **Long term monitoring report at Lajes Field, Azores, Portugal.** Birmingham, Alabama, June 2014.
- CANDEIAS, H.; FONSECA, A.M., 2020 – **Base das Lajes. Resultados do nivelamento geométrico de precisão realizado em outubro de 2020, nos pontos de monitorização da qualidade das águas subterrâneas.** LNEC - Proc. 0404/121/2246507. Relatório 360/2020 – DBB/NGA.
- CH2MHILL, 2004 – **Discovery of Suspected and Contaminated Sites Study (DISCO Study), Lajes Field, Azores, Portugal.** Março de 2004.
- LEITÃO, T.E.; ANTUNES, M.L., 2015 – **Assessoria Técnica aos Processos de Reabilitação Ambiental e de Devolução dos Terrenos Utilizados pela Força Aérea Americana nas Lajes, Ilha Terceira, Açores. Ponto de Situação e Proposta de Metodologia de Atuação.** LNEC - Proc. 0102/121/20098. Relatório 140/2015 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2017 - **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Apreciação Sumária do Relatório "Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Semi-Annual Monitoring Report. November 2017.** LNEC - Proc. 0102/121/21116. Relatório 452/2017 – CD.
- LEITÃO, T.E.; HENRIQUES, 2018 – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolvente aos Furos de Abastecimento de Água do**

- Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final, 2018.** LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 421/2018 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R.; ANTUNES, M.L., 2019 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Relatório Final, 2019.** LNEC - Proc. 0102/121/21350. Relatório 145/2019 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2019 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Apreciação Sumária do Relatório "Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual Groundwater Monitoring Report. August 2019".** LNEC - Proc. 0102/121/22166. Relatório 397/2019 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Apreciação Sumária do "Medical Report - Substantial Impact to Human Health and Safety – Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001".** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 201/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; MOTA, R.; ANTUNES, M.L., 2020 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Trabalhos de Geofísica e de Caracterização da Qualidade dos Solos junto ao Site 5001.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 308/2020 – CD.
- ME, 2011 – **Groundwater and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act.** Ministry of the Environment April 15, 2011.
- PINHEIRO, J.F.; MADRUGA, J.S.; RODRIGUES, F.C.; GARCIA, C.O.; MATOS, M.L.; BRITO, M.G.; CAETANO, P.C.S.; CALDEIRA, M.J.; COSTA, C.N.; VENDAS, D.; MANUEL, R.; CAMELO, A., 2018 – **Análise da Situação relativa à Contaminação da Base das Lajes – Terceira, Açores.** IITAA – Instituto de Investigação e Tecnologias Agrárias e do Ambiente da Faculdade de Ciências Agrárias e do Ambiente da Universidade dos Açores e GeoBioTec, Universidade Nova de Lisboa.
- QUADROS, S.; COTA RODRIGUES, F.; MESQUITA, E.; LEITÃO, T.E.; ROSA, M.J., 2018 – **Análise das Origens de Água para Abastecimento Público em Diversas Ilhas dos Açores Visando Otimizar a Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano. Tratamento da Informação Disponível e Análise Preliminar de Propostas de Soluções.** LNEC - Proc. 0605/121/2068601. Relatório Conjunto 347/2018 – DHA/NES.
- REAL, L.P.; LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020 – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Parecer sobre os Materiais a utilizar para a Instalação de Novas Redes de Abastecimento de Água em Zonas com Solos Potencialmente Contaminados e Análise de Solos no Traçado Previsto para o Sistema de Abastecimento a Santa Rita.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 280/2020 – CD.

TETRA TECH, INC., 2019 – **Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual Groundwater Monitoring Report.** August 2019, 40 pp.

TETRA TECH, INC., 2019a – **Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual Groundwater Monitoring Report. Appendices A to G,** 206 pp.

TETRA TECH, INC., 2019b – **Perform Remedial Action: Installation of Monitoring Wells and Groundwater Monitoring at Sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual Groundwater Monitoring Report. Attachment A - Groundwater well installation summary - Drilling of Six New Wells. Appendix 1 to 5.** August 2019, 91 pp.

USAFE, 2015a – **Environmental Baseline Survey. Cova das Cinzas Petroleum Products Storage Annex (EPXA). GSU of Lajes Field, Azores, Portugal. Final Report.** Prepared for AFCEC/CFEE, June 2015.

VROM, 2000 – **Dutch Target and Intervention Values.** Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2000.

ANEXOS

ANEXO I

Apresentações realizadas na reunião de 13 de julho de 2020



EE

ENVIRONMENTAL REHABILITATION RELATED TO LAJES MILITARY BASE

PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Environmental experts meeting
July 13th 2020

Index:

1. Introduction and aim of the meeting
2. Conceptual hydrogeological model
3. Contamination: main issues
4. Rehabilitation: which solutions
5. Groundwater quality long-term monitoring
6. Other business



1. Introduction and aim of the meeting



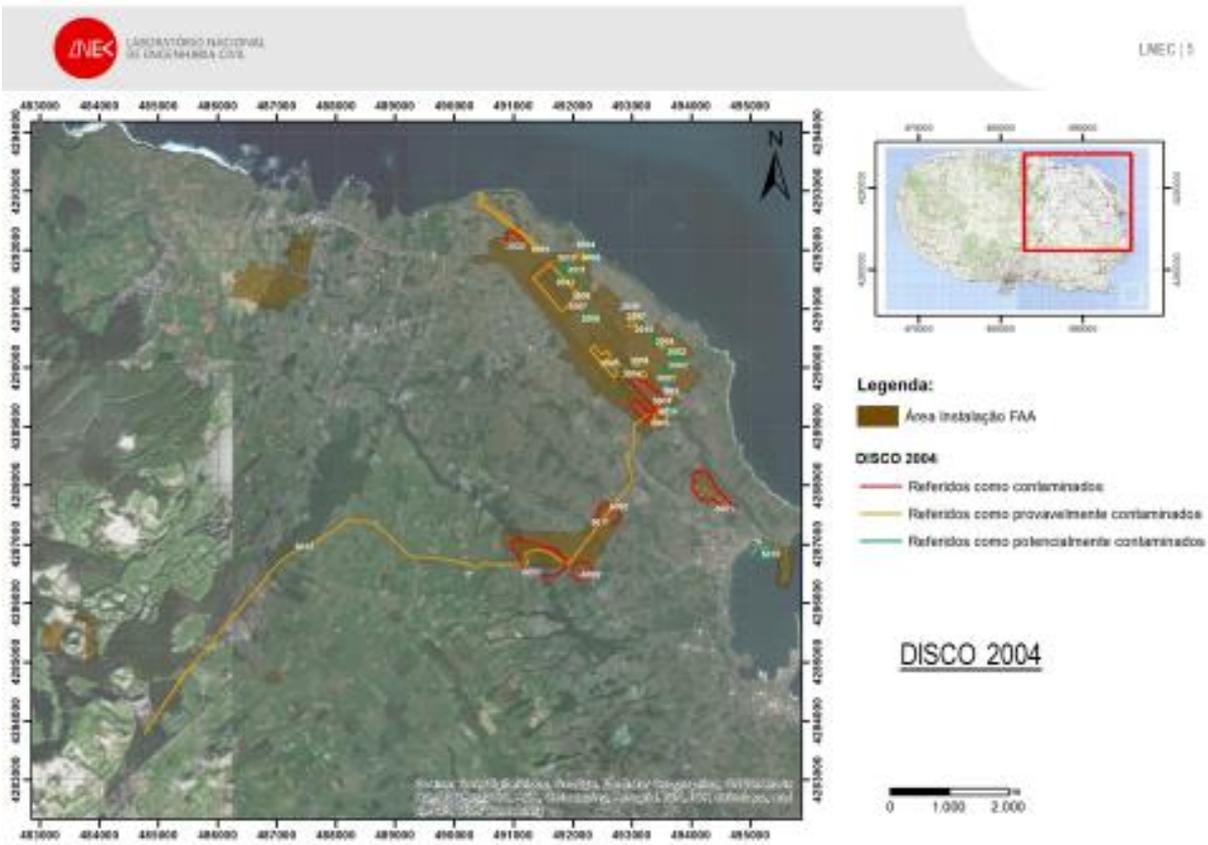
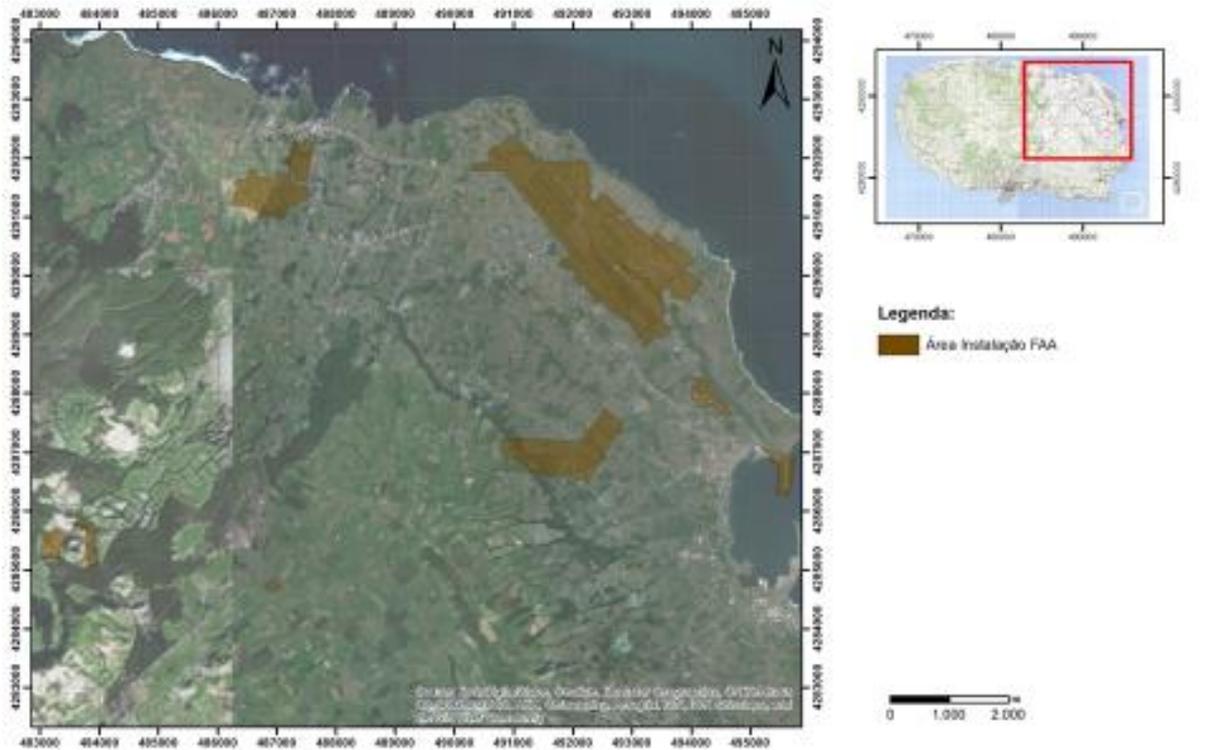
LNEC | 3

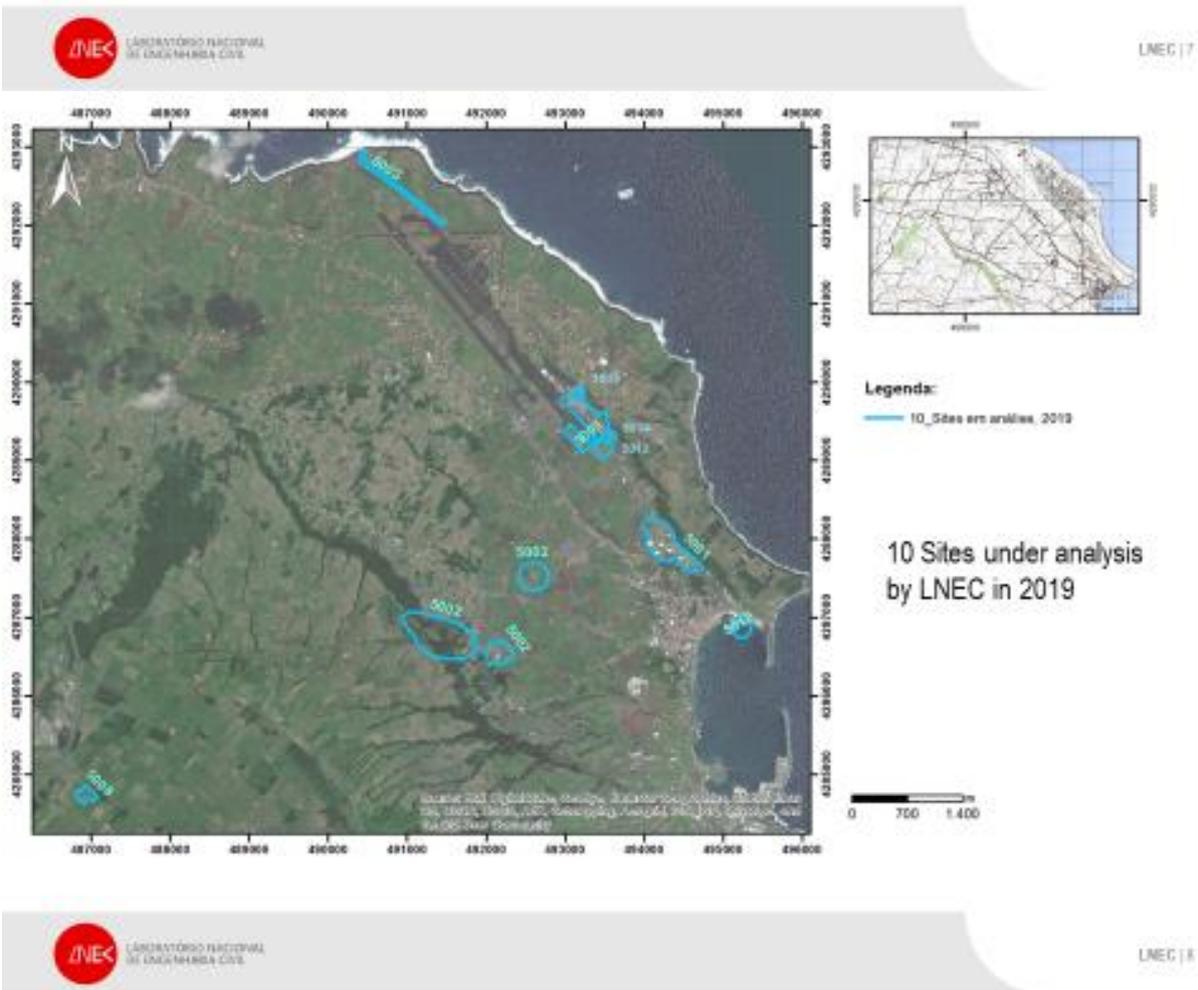
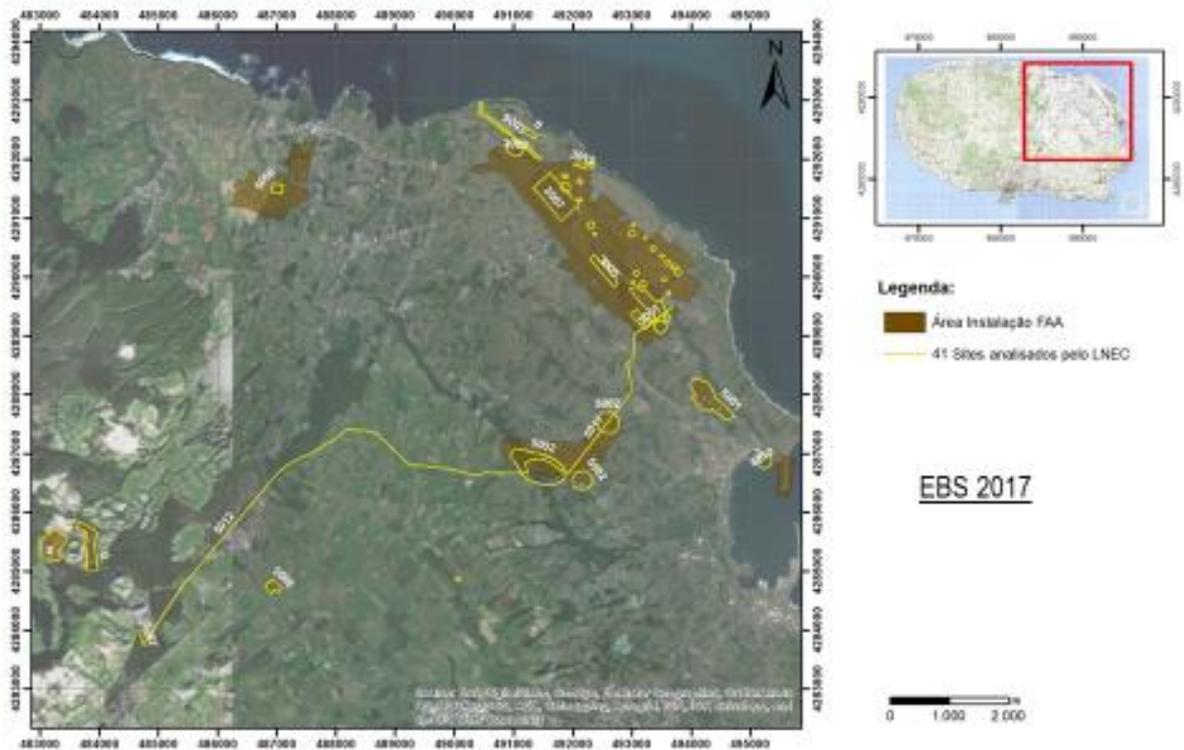
Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

- Chance to discuss openly the technical issues related to the environmental situation at Lajes
- Brief historical overview and the current situation
- Discussion of the main aspects that interfere with the environmental situation and the best approached for the rehabilitation:
 - Conceptual hydrogeological model
 - Contamination
 - Rehabilitation
 - Groundwater quality long-term monitoring
- Realistic expectations and goals for the next years
- ...

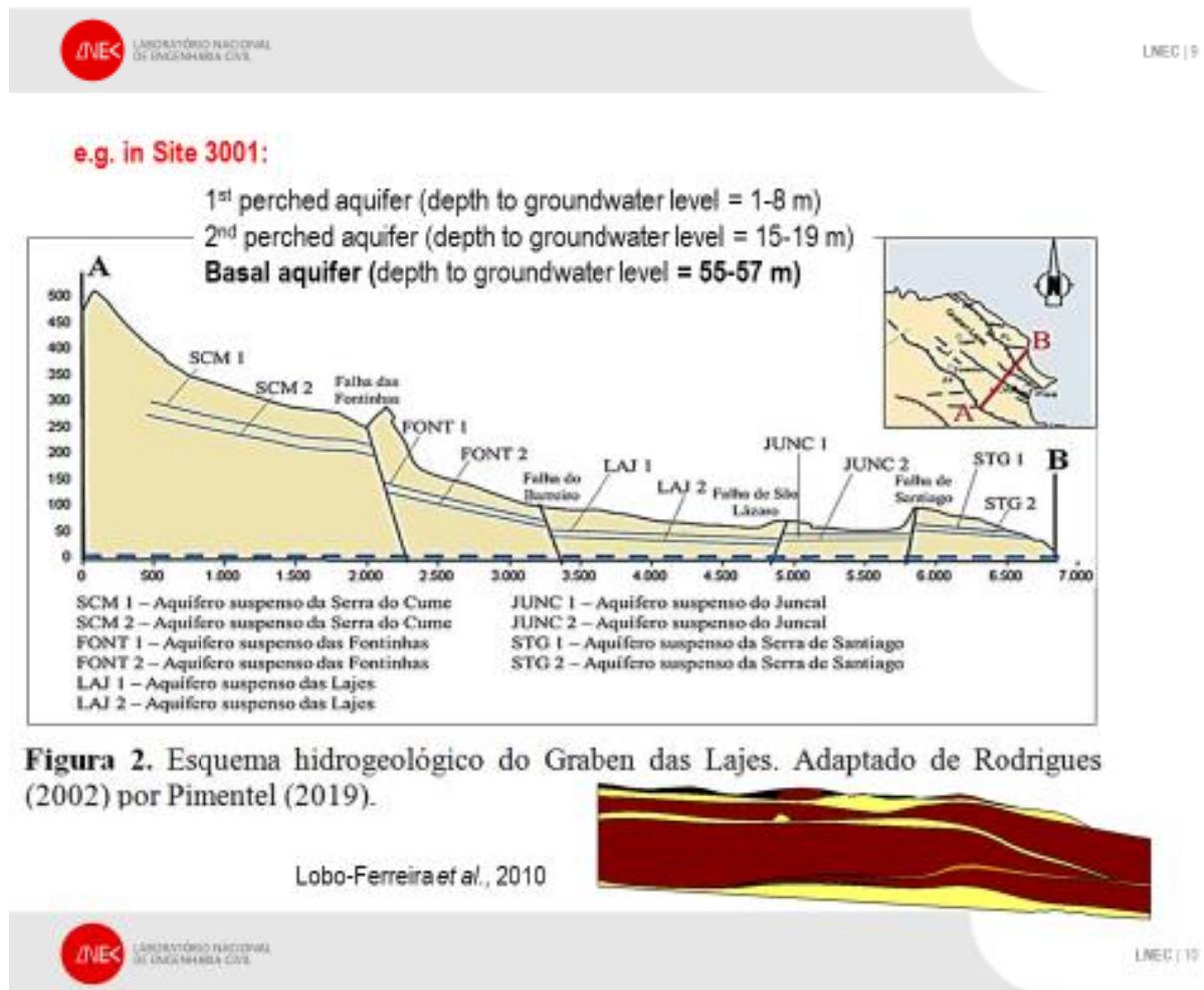


LNEC | 4





2. Conceptual hydrogeological model

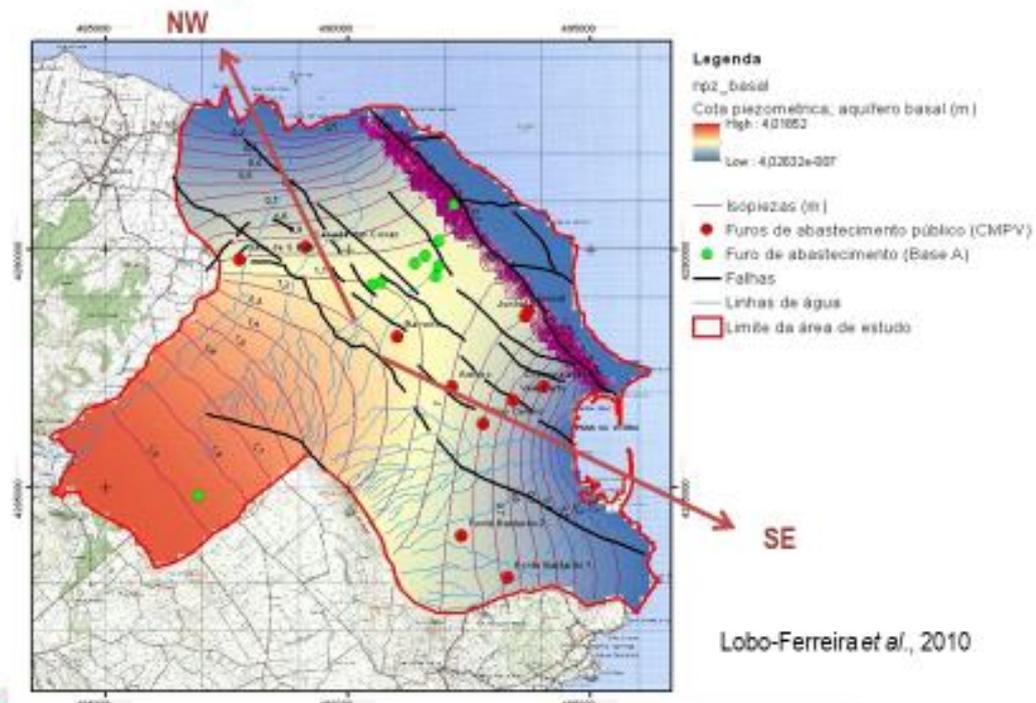


Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores



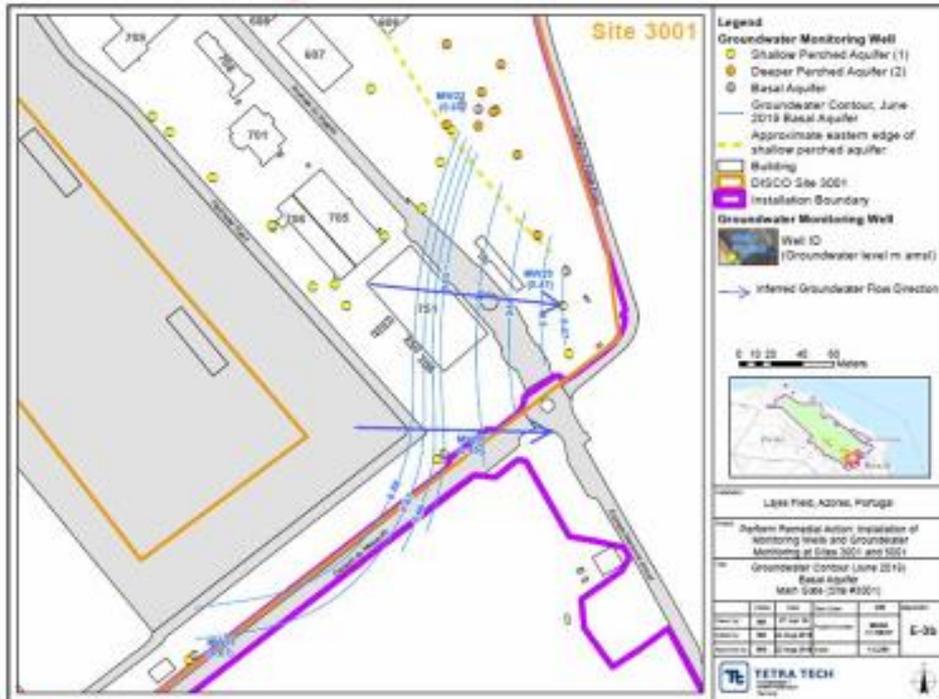
LNEC | 11

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores



LNEC | 12

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores



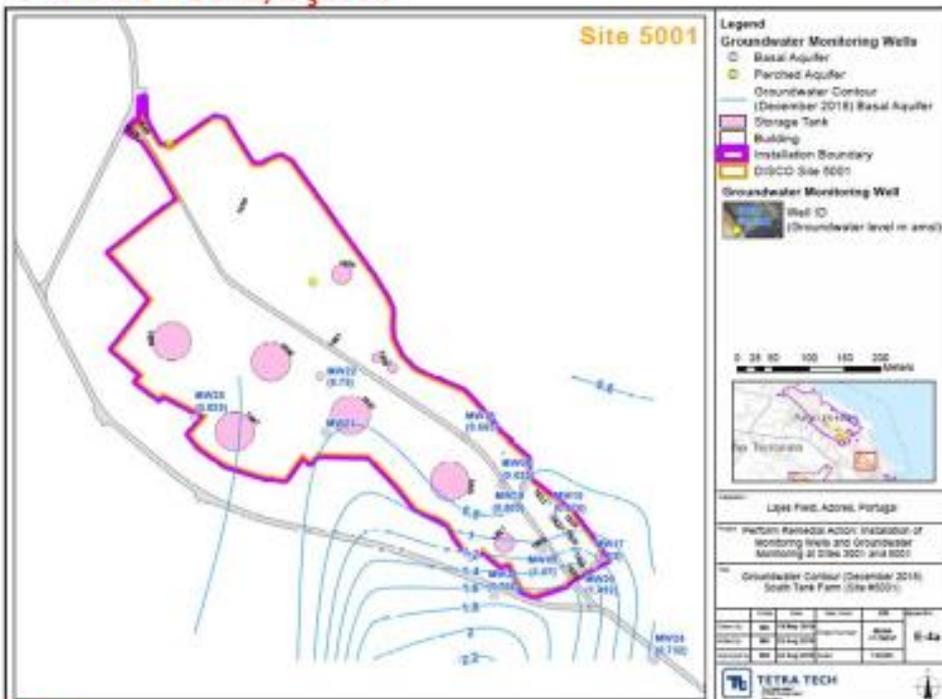
TetraTech, 2019

East



LNEC | 13

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

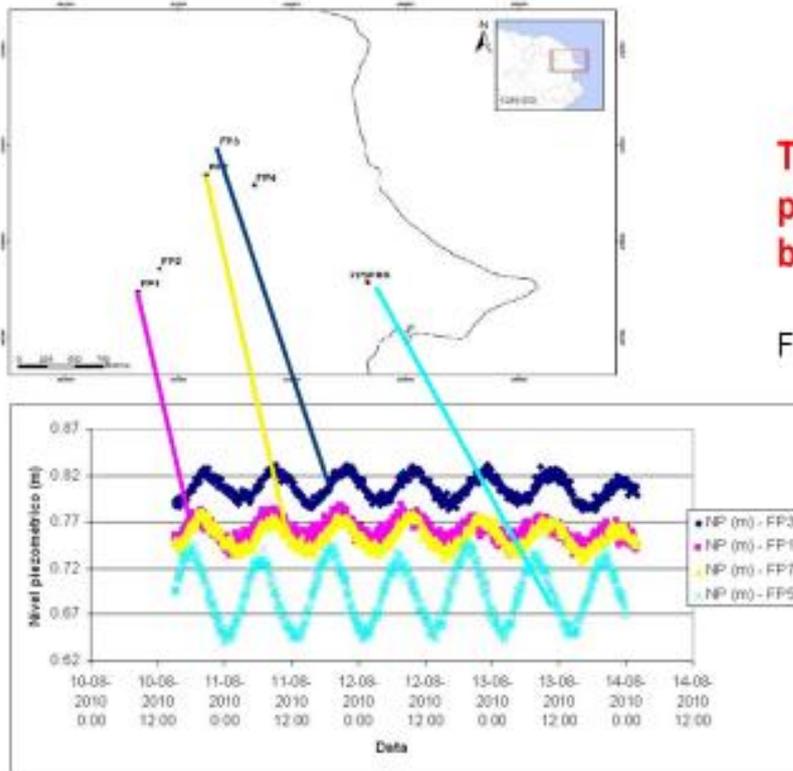


TetraTech, 2019

North



LNEC | 14



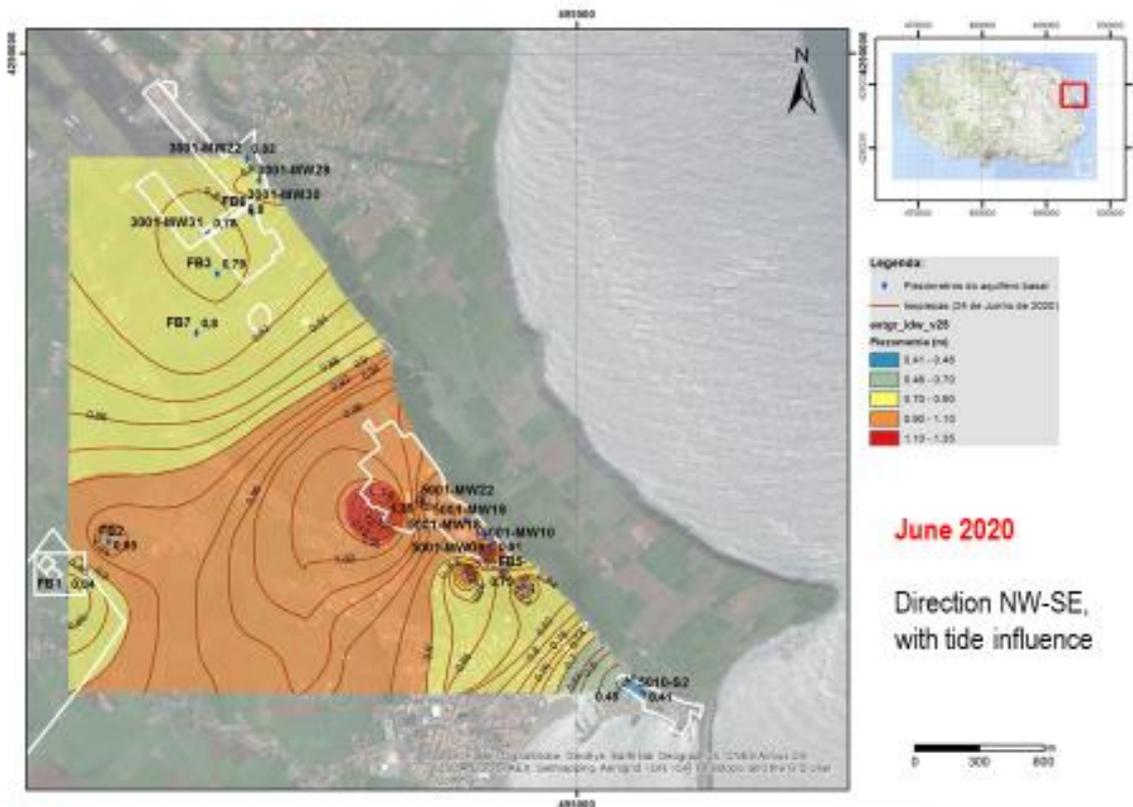
Tide effect on the piezometry of the basal aquifer

From 10 cm to 3 cm

Lobo-Ferreira *et al.*, 2010

Fig. 47 - Amplitude de maré registada nos diferentes piezómetros (exemplo do período de 10-08-2010 a 14-08-2010 - Lus Nova)

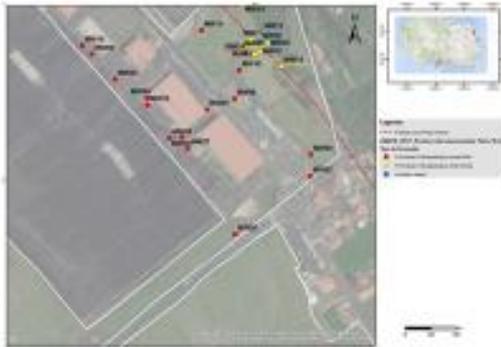
LNEC | 10



June 2020

Direction NW-SE,
with tide influence

LNEC | 11



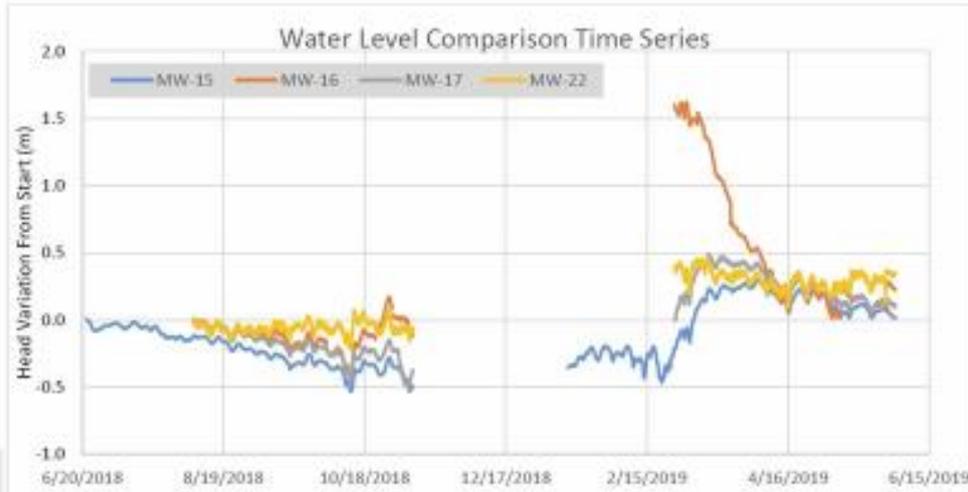
Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Now, besides the basal aquifer:

MW16 - 1st perched aquifer

MW15 & MW17 - 2nd perched aquifer

MW22 - basal aquifer

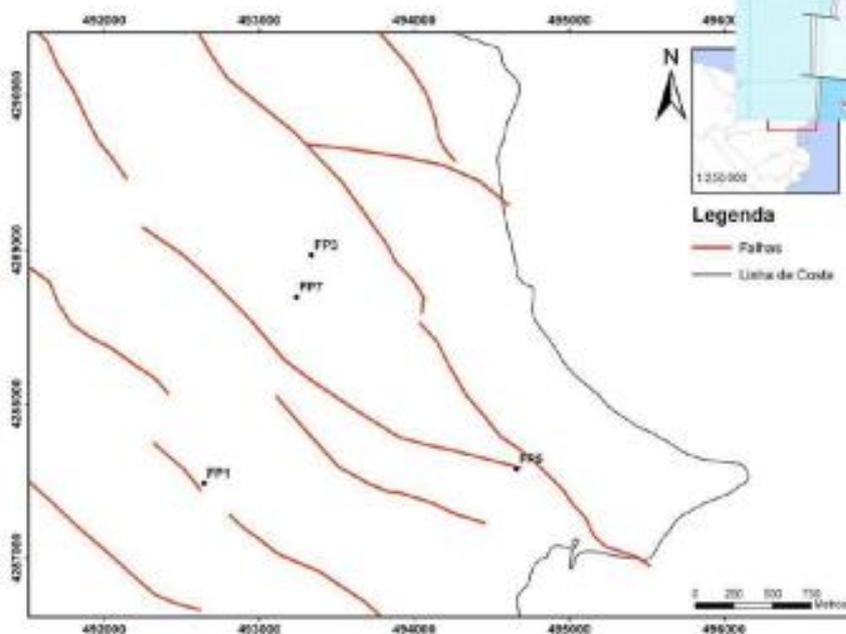


TetraTech, 2019

LNEC | 17

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

The main structural line developed in the region are the NW-SE-trending F10s, the structure zone East of the Airfield, and the N-S-trending F15. The Central and Eastern groups connect the NW-SE-trending F10s to the Stone Fault.



Legenda

Falhas

Linha de Costa

LNEC | 18

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Further actions to be discussed:

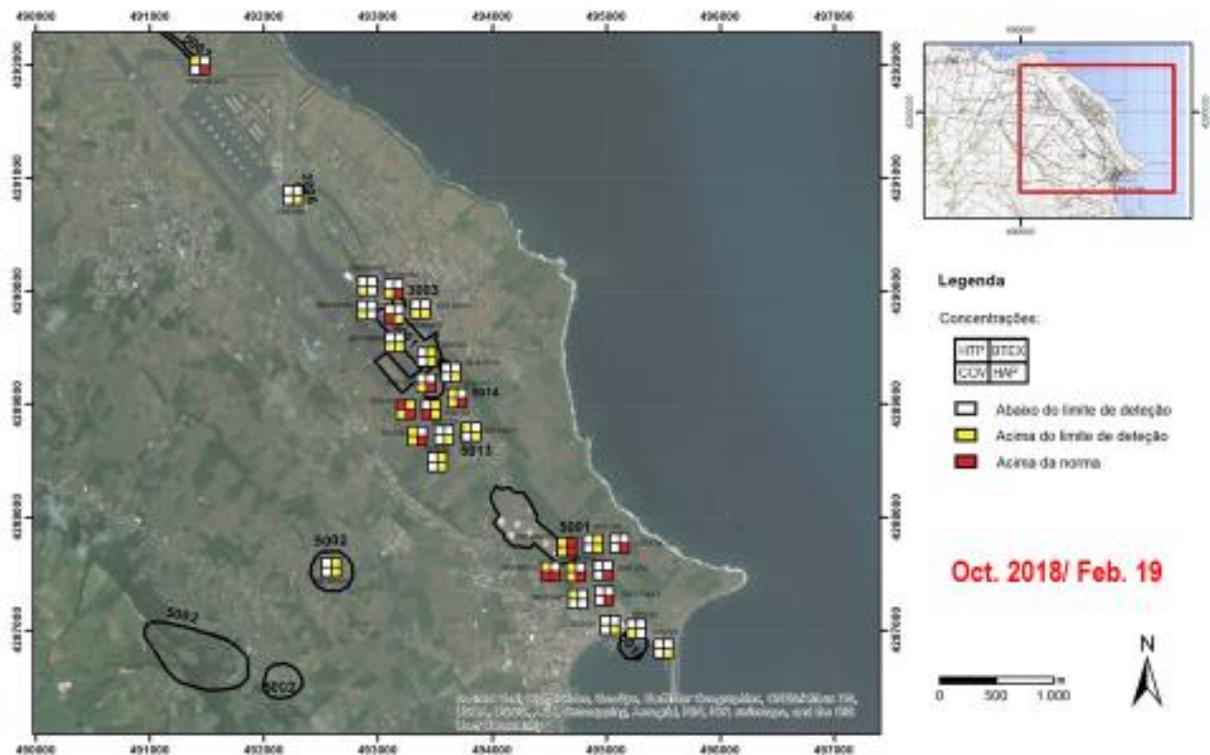
- Tests and/or monitoring schemes to determine the:
 - interconnectivity between the three aquifers, with emphasis to the areas close to Santiago fault
 - groundwater direction in the basal aquifer (another measurement of topographic level?)
 - ...

3. Contamination: main issues

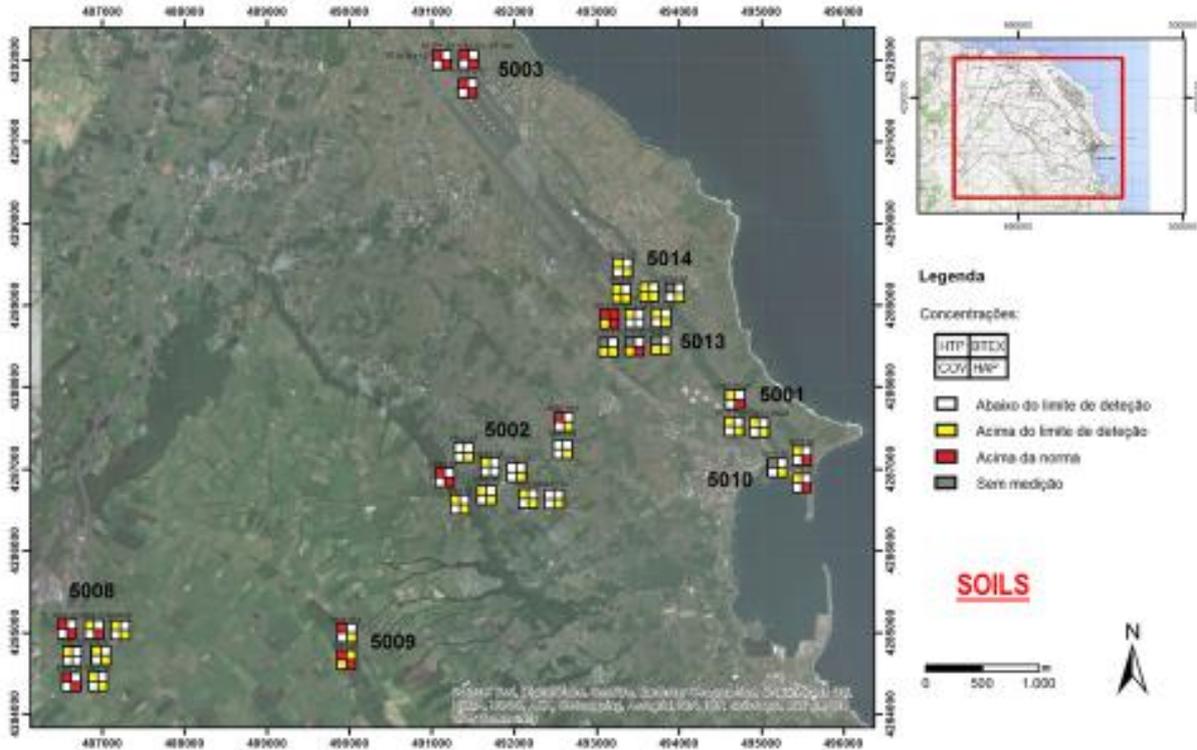
APA, 2015
Portuguese Environmental Agency
Groundwater quality

Tabela V.1 – Valores dos limites a nível nacional e normas de qualidade

Parâmetro	Limiar	Norma qualidade
Acido Aromático (mg/L)	0,5	
Condutividade (µS/cm)	2500	
pH	5,5-9	
Aradénio (mg/L)	0,01	
Dicloro (mg/L)	0,005	
Chumbo (mg/L)	0,01	
Mercurio (mg/L)	0,001	
Cromo (mg/L)	250	
Bafato (mg/L)	250	
Tricloroetileno (µg/L)	0,65	
Tetracloretileno (µg/L)	0,65	
Nitrato (mg/L)		50
Pesticidas (substância individual) (µg/L)		0,1
Pesticidas (total) (µg/L)		0,5
Naftaleno (µg/L)	2,4	
Aceftaleno (µg/L)	0,0065	
Aceftileno (µg/L)	0,013	
Antraceno (µg/L)	0,1	
Fluoranteno (µg/L)	0,0065	
Fluoreno (µg/L)	0,0065	
Pineno (µg/L)	0,003	
Fluoranteno (µg/L)	0,1	
Benz(a)antraceno (µg/L)	0,0065	
Quineno (µg/L)	0,0065	
Benz(a)pireno (µg/L)	0,01	
Benz(b)fluoranteno (µg/L)		
Benz(k)fluoranteno (µg/L)	0,1	
Benz(a,h)perileno (µg/L)		
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/L)		
Dibenz(a,h)antraceno (µg/L)	0,0065	
Bordeno (µg/L)	1,0	
Bilbenzeno (µg/L)	1,3	
Tolueno (µg/L)	1,3	
Xileno (µg/L)	1,3	
MTBE (µg/L)	0,65	REC ZT



LNEC | 22



Quadro 4.1 – Síntese dos parâmetros acima das normas para os Sites monitorizados em outubro de 2019

X – above one legislation

X – above more than one legislation

>> higher

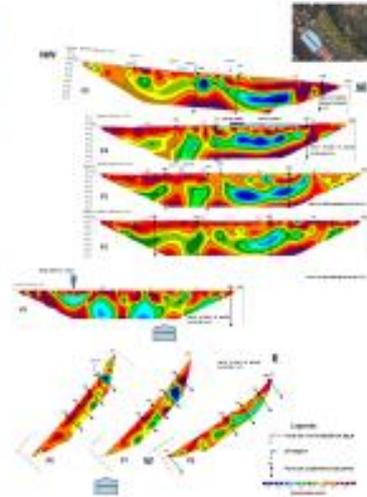
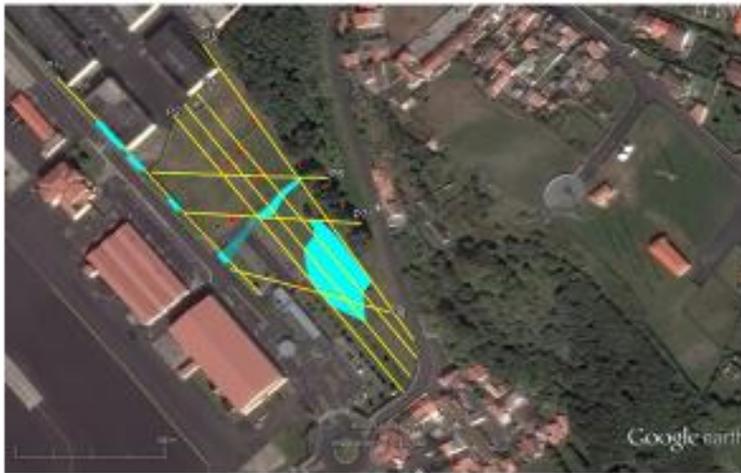
... but not sampled due to LNAPL

	Site 3001*	3003	5001	5002	5003	5008	5010	5013	5014	
Metais em solução										
Alumínio - Al	X	X	X	X	-	-	X	X	X	
Ársenio - As	-	X	X	-	-	-	-	-	-	
Berílio - Be	-	-	-	-	-	-	-	X	-	
Cádmio - Cd	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
Chumbo - Pb	-	-	X	-	-	X	X	X	X	
Cobalto - Co	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
Ferro - Fe	X	X	X	X	-	X	X	X	X	
Fluoreto - F	-	-	X	-	-	-	-	-	-	
Manganês - Mn	X	X	X	X	-	-	X	X	X	
Mercurio - Hg	-	-	X	-	-	-	-	-	-	
Níquel - Ni	-	-	-	-	-	-	-	X	-	
Vanádio - V	X	X	X	-	-	-	-	X	X	
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo – RTP										
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	-	-	X	-	-	-	-	-	-	
BTEX										
Etilbenzeno	-	-	X	-	-	-	-	-	-	
Meta-xileno	-	X	X	-	-	-	X	-	X	
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados										
o-1,2-Dicloroetileno	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
Tetracloretileno (PCE)	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
Tetracloretileno (TCE)	X	-	-	-	-	-	-	-	X	
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP)										
Acenafileno	X	-	X	-	-	-	X	-	X	
Acenafileno	-	-	X	-	-	-	X	-	-	
Antraceno	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
Benzo(a)antraceno	X	-	X	-	X	-	X	-	-	
Benzo(a)pireno	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
Benzo(b)fluoranteno	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
Benzo(k)fluoranteno	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
Creoseno	-	-	X	X	-	-	X	X	X	
Dibenz(a,h)antraceno	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
Fenantreno	X	-	X	X	X	X	X	X	X	
Fluoranteno	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
Fluoreno	X	-	X	-	-	-	X	-	X	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
Naftaleno	-	-	X	-	-	-	X	-	-	
Pireno	X	-	X	X	X	X	X	X	X	

Worse than before

SITE 3001

Geophysics (Leitão e Mota, 2015)



Low resistivity (1-6 ohm.m) – blue



LNEC | 25

Da análise aos modelos de resistividade elétrica obtidos destacam-se dois locais com características geofísicas distintas:

Geophysics in 2018

- uma anomalia de baixa resistividade (inferior a 9 ohm.m), alinhada com o furo de monitorização 3001-MW04, no qual foi identificada a presença de LNAPL, correlacionando-se prioritariamente, por essa razão, esta anomalia com a presença de uma pluma deste material;
- uma anomalia de alta resistividade situada no extremo SE do perfil 2018-2, cuja origem se desconhece, mas que não é correlacionável com qualquer foco de contaminação.

Na Figura 4.4 procedeu-se à delimitação espacial destas duas áreas.

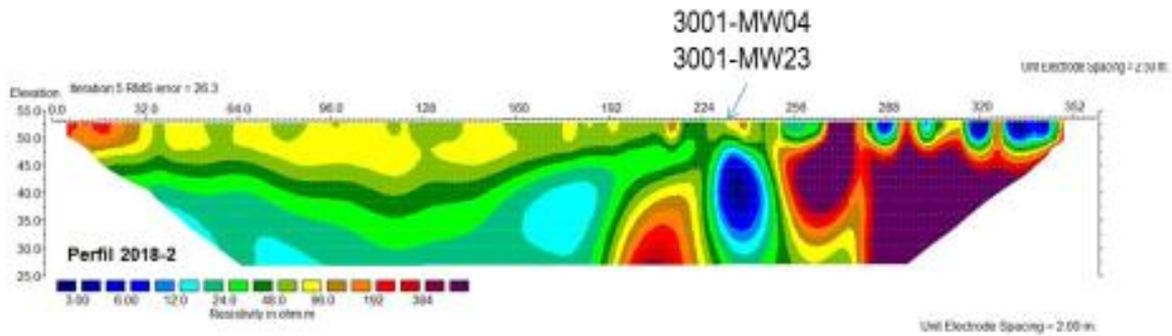


Leitão et al., 2018



LNEC | 26

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

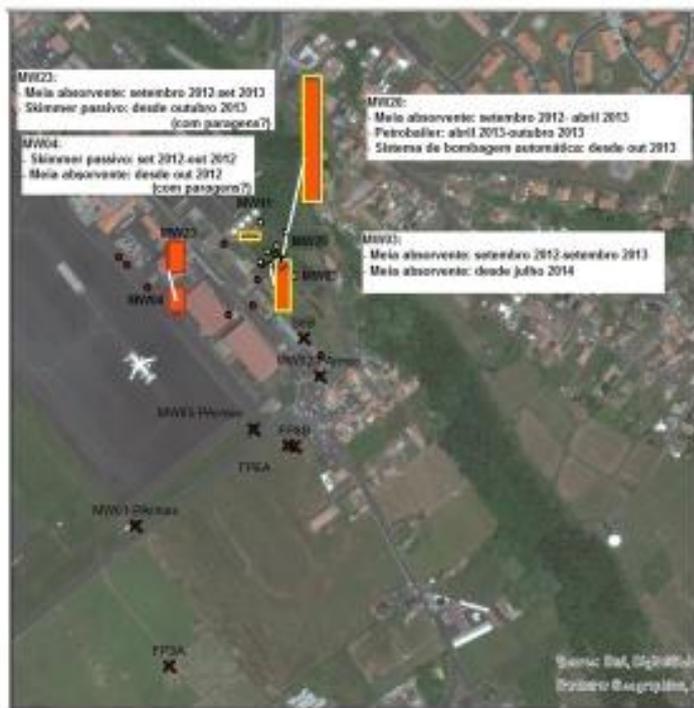


Leitão, Mota e Antunes, 2018



LNEC | 27

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

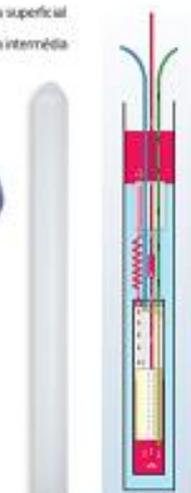


Legenda:

- LNAPL_Max
- ✕ Pontos Campanhas INEC 2013_2015
- Piezómetros formação hidrogeológica superficial
- Piezómetros formação hidrogeológica intermédia
- Piezómetros aquífera basal

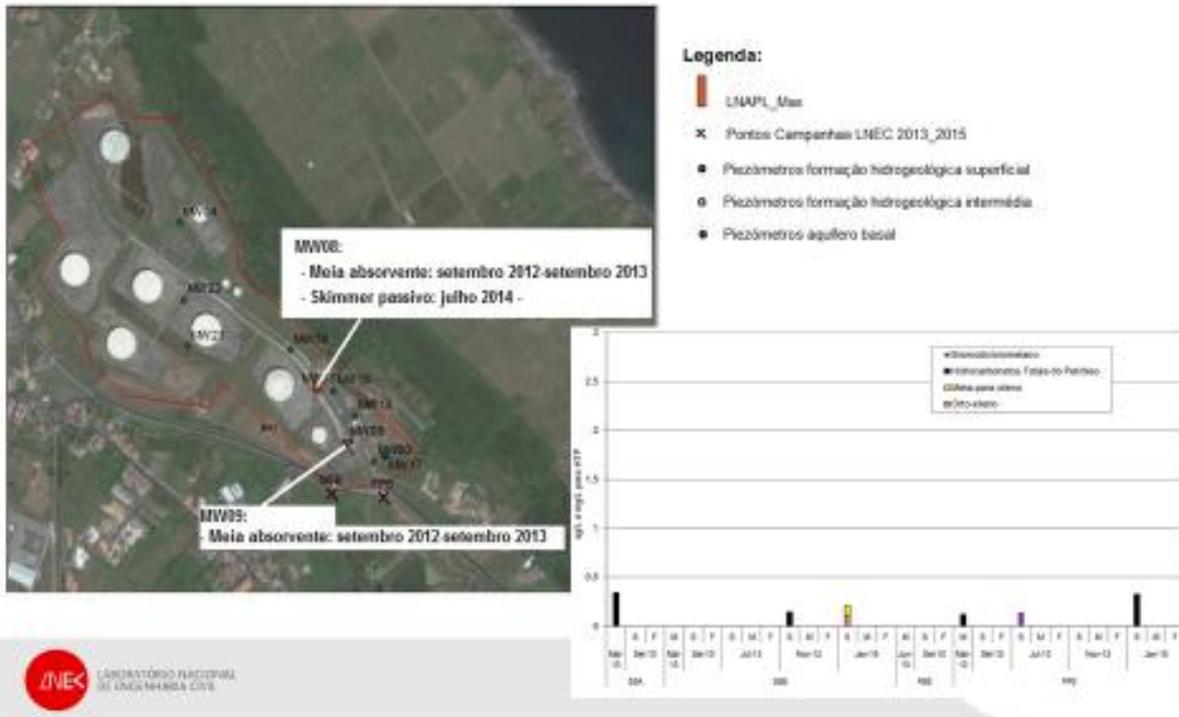


60 L



LNEC | 28

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores



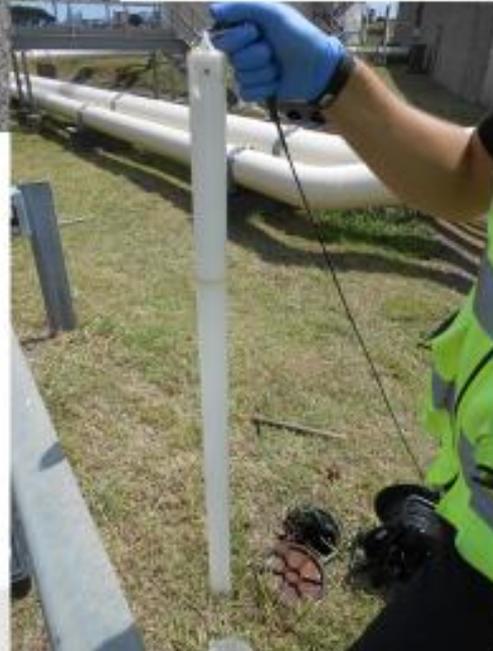
Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Since September 2012, it was manually removed using disposable bailers, passive skimmers and absorbent socks:

- Site 3001
 - 232 L of LNAPL (182 L in 2012/13 and 50 L in 2014) and 433 kg of LNAPL + cont. water
 - 34.98 kg of LNAPL in 2018/19
- Site 5001
 - 0,63 L
 - 16.24 kg in 2018/19



5001-MW08, in 2020



LNAPL in 2019/20:

3001-MW04 (1st perched aquifer): 0.634/0.73 m
3001-MW23 (1st perched aquifer): 0.076/0.16 m
3001-MW20 (2nd perched aquifer): 0.472/0.45 m



LNEC | 31

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Further actions to be discussed:

- Analytic quantification limits (q.l.) need to comply with PT rules issued by APA.
- Situation at MW30
- Analyze possible justification for the large high resistivity area close to 3001-MW05 (LNEC Rel. 145/2019, pp. 17). Can it be a preferential pathway for pollutants?
- Besides contamination values, trends or seasonality analysis for the hydrocarbons is important.
- Higher resolution site characterization for 3001, 5001, 5010 and 5014, e.g. Membrane Interface Probe (MIP) and Optical Image Profiler (OIP) for delineation of VOC plumes and presence of LNAPL, respectively.
- Air pollution studies?



LNEC | 32

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Optical Image Profiler (OIP): delineation of LNAPL

Membrane Interface Probe (MIP): delineation of VOC plumes

- Trends and seasonality -



4. Rehabilitation: which solutions

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Further rehabilitation actions to be discussed, based on the conceptual model and contamination: Recommendations stated in LNEC reports 145/2019 and 452/2019, e.g.:

- Continue / reinforce actions to evaluate / remediate soil and water contamination especially at sites 3001 and 5001
- More in-depth analysis of the situation at site 5014: soils near point 5014-S3 and water quality at 7 monitoring wells installed in the area
- Removal of contaminated soils near the surface at sites 5008, 5009, 5010 and 5013 and repave damaged area at site 5010
- Re-analysis of contaminated soils found in 5002

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Further rehabilitation actions to be discussed, based on the conceptual model and contamination:

- Continuous removal of LNAPL (when existing), after assessing the existing volume in Site 3001. E.g. check results from MIP & OIP
- Source zone containment close to 3001-MW04 and 3001-MW23?
- Surfactants to enhance hydrocarbon solubility?
- Decommissioning the old pipeline between STF and Site 3001 (e.g. Site 5014)
- Natural biodegradation monitoring at all aquifer levels. Confirm decreasing values

5. Groundwater quality long-term monitoring:

Further actions should include all aquifer levels and representative MW (e.g. AMEC, 2015) to access:

- i. Evolution of the situation;
- ii. Existence of natural biodegradation

ANEXO II

Apresentações realizadas na reunião de 11 de novembro de 2020



ENVIRONMENTAL REHABILITATION RELATED TO LAJES MILITARY BASE

PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Environmental experts meeting
November 5th, 2020



Index:

1. Synthesis of the work developed in October 2020
2. Determination of the groundwater flow in basal aquifer
3. Further actions

1. Synthesis of the work developed in October 2020



LNEC | 3

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

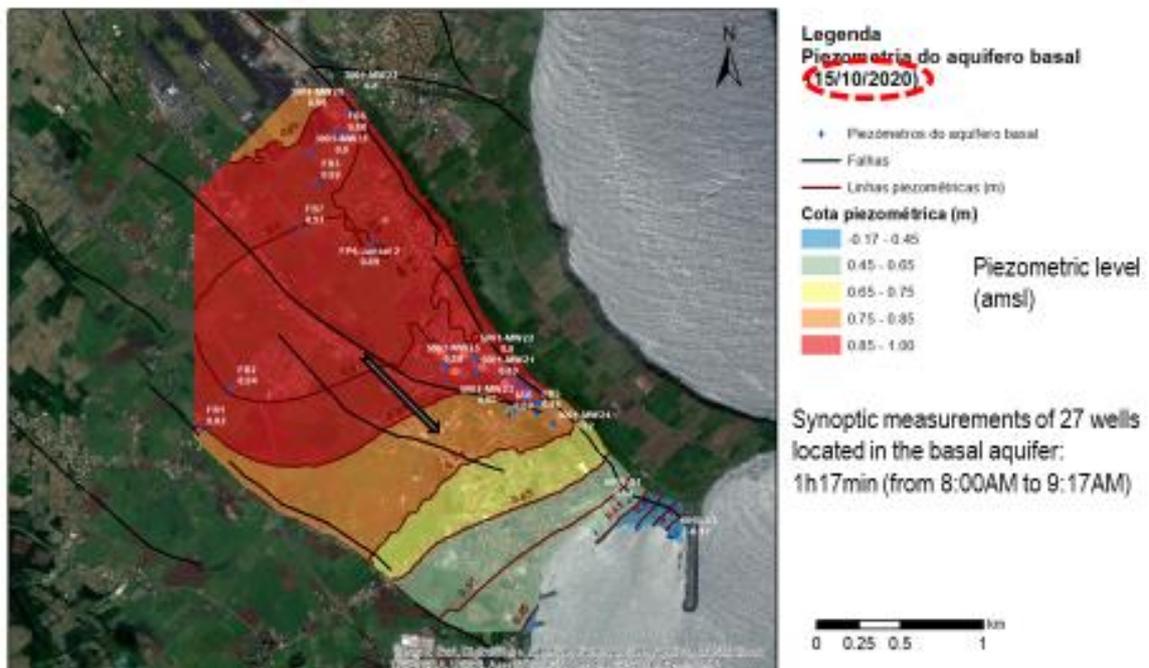
1. Bi-annual groundwater sampling for analysis in 46 wells (13-21st October) - LNEC
2. Purging of 3001-MW30 (late 15/16th October), 10 000L, sampling for analysis at each 1 000L – João Paulino
3. Well's top of casing (TOC) measurement (amsl) (12-16th October) - LNEC
4. Synoptic groundwater level gauging events, with integrated technical team:
 - 3 teams on 15th October: 65th ABG, LNEC1 and LNEC2 (within 1h17)
 - 1 team on 16th October (within 2h13)
5. Installation of five transducers in basal wells to determine impact of tide cycle on groundwater flow (FB2, FB5, FB6, 5010-S2, 5010-MW24) - LNEC



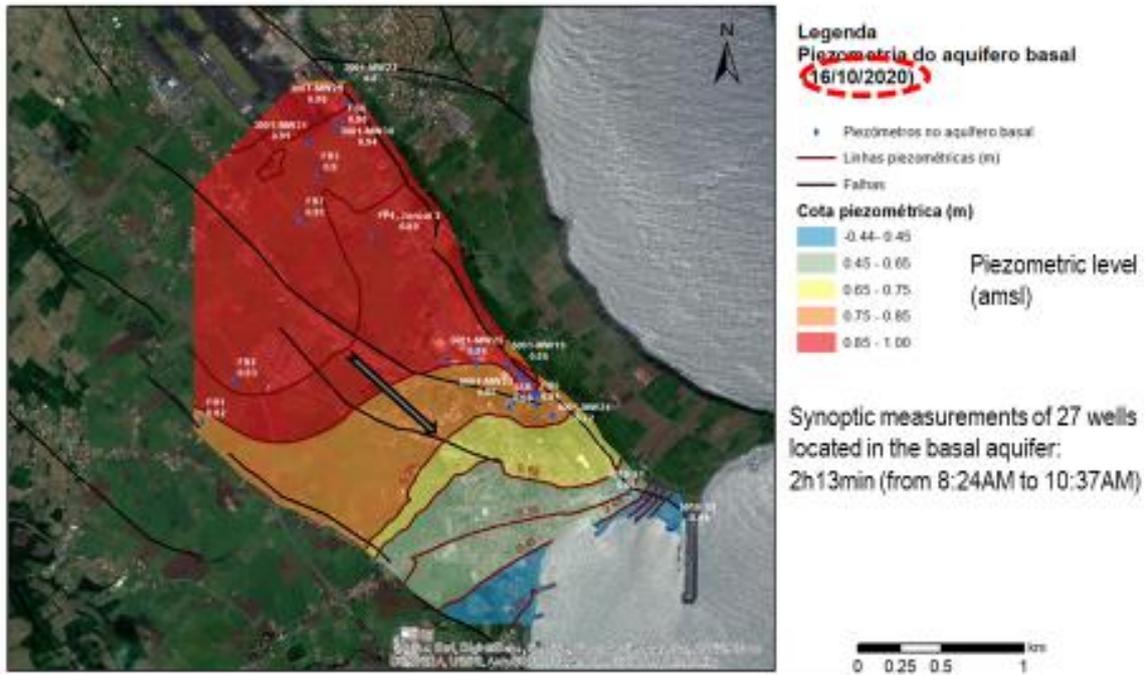
LNEC | 4

2. Determination of the groundwater flow in basal aquifer

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

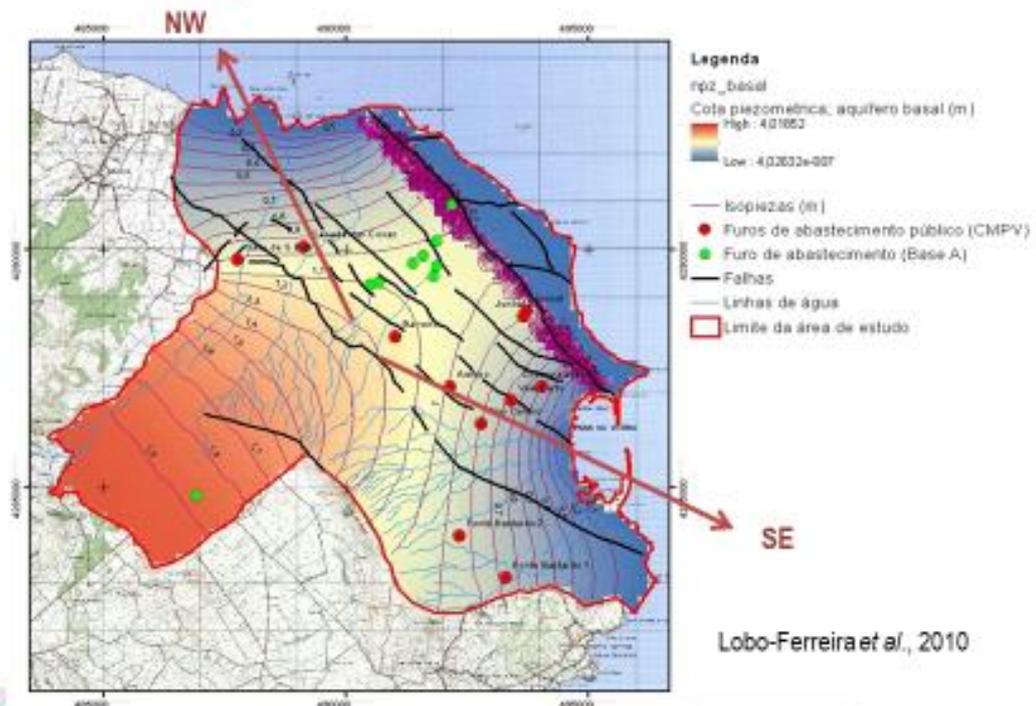


Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores



LNEC | 7

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores



LNEC | 8

3. Further actions

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

LNEC | 9

LNAPL thickness in 2019/20:

Oct.19 / Jun 20 / Oct 20

3001-MW04 (1st perched aquifer): 0.64 / 0.73 / 1.94 m
3001-MW23 (1st perched aquifer): 0.08 / 0.16 / 0.29 m
3001-MW20 (2nd perched aquifer): 0.47 / 0.45 / 0.42 m



5001-MW08, in 2020







 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

LNEC | 10

Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Further rehabilitation actions to be discussed, based on the conceptual model and contamination: Recommendations stated in LNEC reports 145/2019 and 452/2019, e.g.:

- Interconnectivity between the three aquifers, with emphasis to the areas in 3001 close to Santiago fault
- Continue / reinforce actions to evaluate / remediate soil and water contamination especially at sites 3001 and 5001
- Continuous removal of LNAPL (when existing), after assessing the existing volume in Site 3001. E.g. check results from MIP & OIP
- Source zone containment close to 3001-MW04 and 3001-MW23?
- Decommissioning the old pipeline between STF and Site 3001 (e.g. Site 5014)
- More in-depth analysis of the situation at site 5014: soils near point 5014-S3 and water quality at 7 monitoring wells installed in the area
- Removal of contaminated soils near the surface at sites 5008, 5009, 5010 and 5013 and repave damaged area at site 5010
- Natural biodegradation monitoring at all aquifer levels. Confirm decreasing values

ANEXO III

Condições técnicas a incluir em Cadernos de Encargos com vista à
remediação dos problemas encontrados no aquífero basal no furo
MW30

CONTRATO DE COOPERAÇÃO PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES NO ÂMBITO DOS PROCESSOS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADOS COM A UTILIZAÇÃO DA BASE DAS LAJES PELOS EUA

Condições técnicas a incluir em Cadernos de Encargos com vista à remediação dos problemas encontrados no aquífero basal no furo MW30

PREÂMBULO

O LNEC encontra-se a apoiar o Ministério da Defesa Nacional (MDN) e a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) num conjunto de questões técnico-ambientais relacionadas com a presença, nas últimas décadas, do contingente da Força Aérea Americana (USAFE) na Base das Lajes, ilha Terceira.

Nesse âmbito, e na sequência da análise do relatório "Perform remedial action: installation of monitoring wells and groundwater monitoring at sites 3001 and 5001. Lajes Field, Azores, Portugal. Annual groundwater monitoring report. Draft. July 2019. Tetra Tech, Inc, 2019" onde se constatou a presença de contaminantes nas águas subterrâneas de furos no aquífero basal, foram efetuadas análises complementares, em diferentes períodos e por diversas entidades, que confirmaram os valores observados no MW30.

Dada a limitação espacial desta poluição (confirmada nas três campanhas realizadas em 2019), e o facto de estes terem sido registados após a instalação do MW30, crê-se, com base nos elementos disponíveis, que se tratará de um problema originado durante o processo de furação. Nesse contexto, e na linha do referido em relatórios anteriores (Leitão e Henriques, 2019) recomenda-se a extração das águas subterrâneas poluídas em torno do furo MW30, apontando-se para um volume total a extrair de cerca de 10 000 L de água, e monitorização e amostragem da qualidade da água extraída a cada 1 000 L, perfazendo um total de 10 medições.

TRABALHO A DESENVOLVER

- A extração de 10 000 L de água no furo MW30 (cf. log do furo em Anexo), com o caudal máximo de bombeamento de 1 L/s (entre 0,2 e 1 L/s), para evitar a volatilização de hidrocarbonetos possivelmente presentes. A extração da água será feita à profundidade

de 65 m, a meio da zona onde se localizam os ralos de entrada de água no furo (entre 63 e 67 m, cf. Anexo), que corresponde ao aquífero basal.

- O armazenamento da água em 10 contentores fechados, cada um com 1 000 L de capacidade, devidamente identificados relativamente à sequência de extração.
- A medição da temperatura, pH, potencial redox da água no final de cada 1 000 L (usar os últimos 5-10 L extraídos para fazer a medição).
- A recolha de amostras de água para análise química no final de cada 1 000 L (usar os últimos 5-10 L extraídos para recolher as amostras). Nota: As condições de recolha (i.e. a forma de enchimento), o tipo de frascos e o procedimento de preservação (conservante, refrigeração, etc.) serão especificados pelo laboratório de análises químicas, responsável por fornecer todo o material necessário, incluindo malas frigoríficas.
- O transporte e entrega da água armazenada a uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR) poderá vir a ser necessário, caso os resultados das análises químicas apresentem valores acima das normas utilizadas. O MDN, com o apoio do LNEC, prestará essa informação.

O trabalho deverá ser efetuado com o equipamento de proteção necessário, devendo ser proibidas quaisquer atividades que possam causar acidentes devido a explosões (e.g. fumar).

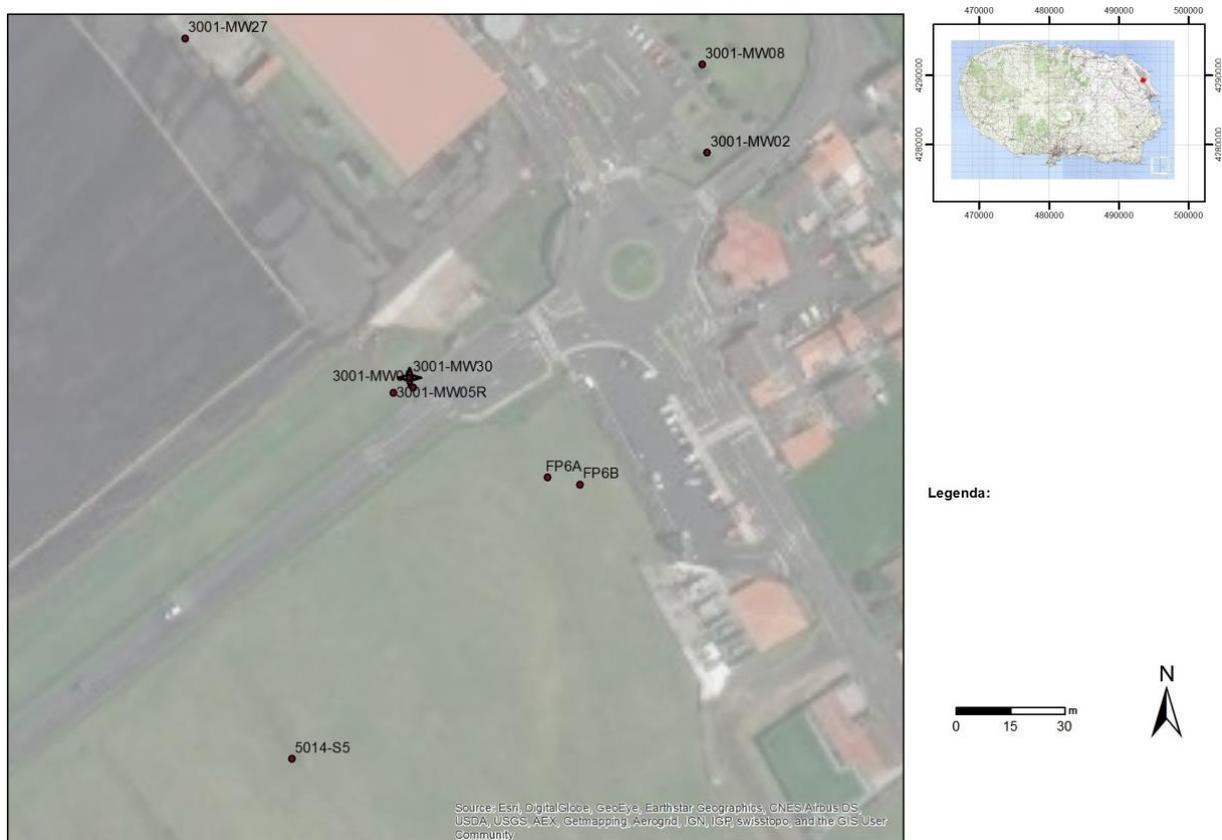


Figura 1 – Planta geral do local de implantação do MW30

Anexo: o Log do furo MW30

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEITÃO, T.E. e HENRIQUES, 2019 - Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolve aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório do ano 2019. Relatório 462/2019 – DHA/NRE, 49 pp.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil



Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação

ANEXO IV

Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados

Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Temperatura	°C						
pH	Sorensen		≥ 5,5; ≤ 9	≥ 6,5; ≤ 9,5			
Condutividade elétrica	μS/cm (20°C)		2500	2500			
Índice de fenóis	mg/L				0,89	12	2
Carbonatos	mg/L						
Cloretos	mg/L		250	250	790	2300	
Bicarbonatos	mg/L						
Nitratos	mg/L	50		50			
Sulfatos	mg/L		250	250			
Alumínio - Al	mg/L			0,2			
Antimónio - Sb	mg/L			0,005			0,02
Arsénio - As	mg/L		0,01	0,01	0,025	1,9	0,06
Bário - Ba	mg/L				1	29	0,625
Berílio - Be	mg/L				0,004	0,067	0,015
Boro - B	mg/L			1	5	45	
Cádmio - Cd	mg/L		0,005	0,005	0,0027	0,0027	0,006
Cálcio - Ca	mg/L						
Chumbo - Pb	mg/L		0,01	0,01	0,01	0,025	0,075
Crómio - Cr	mg/L			0,05	0,05	0,81	0,03
Cobalto - Co	mg/L				0,0038	0,066	0,1
Cobre - Cu	mg/L			2	0,087	0,087	0,075
Ferro - Fe	mg/L			0,2			
fluoretos - F	mg/L			1,5			
Lítio - Li	mg/L						
Magnésio - Mg	mg/L						
Manganês - Mn	mg/L			0,05			
Mercúrio - Hg	μg/L		1	1	0,29	0,29	0,3
Molibdeno - Mo	mg/L				0,07	9,2	0,3
Níquel - Ni	mg/L			0,02	0,1	0,49	0,075
Fósforo - P	mg/L						
Potássio - K	mg/L						
Selénio - Se	mg/L			0,01	0,01	0,063	0,16
Prata - Ag	mg/L				0,0015	0,0015	0,04
Sódio - Na	mg/L			200	490	2300	
Tálio - Ta	mg/L				0,002	0,51	0,007
Vanádio - V	mg/L				0,0062	0,25	0,07
Zinco - Zn	mg/L				1,1	1,1	0,8
HTP (Hidrocarbonetos Totais do Petróleo)	mg/L				0,75	0,75	
BTEX:							
Benzeno	μg/L		1	1	5	44	30
Etilbenzeno	μg/L		1,3		2,4	2300	150

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
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	
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		
Cloreto de vinilo	µg/L			0,5	0,5	0,5	5
Clorobenzeno	µg/L				30	630	180
Cloroetano	µg/L						
Clorofórmio	µg/L				2,4	2,4	400
Clorometano	µg/L						
Dibromoclorometano	µg/L				25	82000	
Dibromometano	µg/L						
Diclorodifluorometano	µg/L				590	4400	
Diclorometano	µg/L						1000
Hexaclorobutadieno	µg/L				0,44	0,44	
Tetracloroetileno (PCE)	µg/L		0,65	10	1,6	1,6	40

Parâmetro	Unidade	Normativo					
		NQ	LQ e L	VP	Canadá T2	Canadá T3	Holanda IV
Tetraclorometano	µg/L						10
trans-1.2-Dicloroeteno	µg/L				1,6	1,6	
trans-1.3-Dicloropropeno	µg/L				0,5		
Tricloroetileno (TCE)	µg/L		0,65	10	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		0,65		15	190	9200
n-Butilbenzeno	µg/L						
n-Propilbenzeno	µg/L						
p-Isopropiltolueno	µg/L						
sec-Butilbenzeno	µg/L						
Estireno	µg/L				5,4	1300	300
tert-Butil álcool	µg/L						
tert-Butilbenzeno	µg/L						
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP)							
Acenafteno	µg/L		0,0065		4,1	600	
Acenaftileno	µg/L		0,013		1	1,8	
Antraceno	µg/L		0,1		2,4	2,4	5
Benzo(a)antraceno	µg/L		0,0065		1	4,7	0,5
Benzo(a)pireno	µg/L		0,01	0,01	0,01	0,81	0,05
Benzo(b)fluoranteno	µg/L		0,1		0,1	0,75	0,05
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L		0,1		0,2	0,2	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L		0,1		0,1	0,4	
Criseno	µg/L		0,0065		0,1	1	0,2
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L		0,0065		0,2	0,52	
Fluoranteno	µg/L		0,1		0,41	130	1
Fluoreno	µg/L		0,0065		120	400	
Indeno(1.2.3.cd)pireno	µg/L		0,1		0,2	0,2	0,05
Naftaleno	µg/L		2,4		11	1400	70
Fenantreno	µg/L		0,0065		1	580	5
Pireno	µg/L		0,003		4,1	68	
Soma de 4 HAP (DL 306/2007)	µg/L			0,1			

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

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

VP - Valor Paramétrico. DL 152/2017 - Qualidade da água destinada ao consumo humano

Canadá T2 - *Standards in a Potable Groundwater Condition*

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

Holanda, *Intervention value*

