



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 2021**



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 2021**

Ministério da Defesa Nacional

Lisboa • dezembro 2021

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 443/2021 – **DHA/NRE**

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 2021

Autoria

Teresa E. Leitão

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

Tiago N. Martins

Técnico Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

Maria de Lurdes Antunes

Investigadora-Coordenadora

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 443/2021

Proc. 0605/1201/2285001

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 2021

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.

Em 2021 deu-se continuidade aos trabalhos de 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 obtidos, comparando-os com os resultados de campanhas anteriores.

No final 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 2021

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.

In 2021, work continued on monitoring and sampling groundwater in places where the need to monitor the evolution of its quality was identified. This report presents the results obtained, comparing them with the results from previous campaigns.

At the end, a set of conclusions and recommendations about the analyzed sites are presented.

Keywords: Lajes Base / Condition analysis / Groundwater / Recommendations

Índice

1	Introdução	1
2	Campanhas realizadas, procedimentos de amostragem e métodos de avaliação utilizados	4
3	Caracterização da evolução da qualidade das águas subterrâneas	6
3.1	Site 3001: Main Gate	6
3.1.1	Contexto histórico	6
3.1.2	Plano de monitorização e espessuras de LNAPL	7
3.1.3	Resultados obtidos	8
3.1.4	Conclusões e recomendações	14
3.2	Site 3003: Main Power Plant.....	19
3.2.1	Contexto histórico	19
3.2.2	Plano de monitorização	20
3.2.3	Resultados obtidos	20
3.2.4	Conclusões e recomendações	26
3.3	Site 5001: South Tank Farm	28
3.3.1	Contexto histórico	28
3.3.2	Plano de monitorização	29
3.3.3	Resultados obtidos	30
3.3.4	Conclusões e recomendações	41
3.4	Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks	45
3.4.1	Contexto histórico	45
3.4.2	Plano de monitorização	46
3.4.3	Resultados obtidos	46
3.4.4	Conclusões e recomendações	49
3.5	Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall.....	50
3.5.1	Contexto histórico	50
3.5.2	Resultados obtidos	50
3.5.3	Conclusões e recomendações	54
3.6	Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	55
3.6.1	Contexto histórico	55
3.6.2	Plano de monitorização	56
3.6.3	Resultados obtidos	56
3.6.4	Conclusões e recomendações	59
3.7	Site 5010: Medium Port Command.....	60
3.7.1	Contexto histórico	60
3.7.2	Plano de monitorização	61
3.7.3	Resultados obtidos	62
3.7.4	Conclusões e recomendações	67
3.8	Site 5013: Military Highway Spill.....	68
3.8.1	Contexto histórico	68
3.8.2	Plano de monitorização	69
3.8.3	Resultados obtidos	69
3.8.4	Conclusões e recomendações	73
3.9	Site 5014: Former Running Track.....	74
3.9.1	Contexto histórico	74
3.9.2	Plano de monitorização	75

3.9.3	Resultados obtidos	76
3.9.4	Conclusões e recomendações	81
4	Conclusões e recomendações	83
	Referências bibliográficas	90
	ANEXOS.....	93
	ANEXO I Apresentações realizadas na reunião de 5 de março de 2021	95
	ANEXO II Apresentações realizadas na reunião de 2 de dezembro de 2021	101
	ANEXO III Valores de referência em águas subterrâneas para os parâmetros analisados	109

Índice de figuras

Figura 1.1 – Mapa dos Sites em análise pelo LNEC em 2021	3
Figura 3.1 – Mapa do Site 3001	6
Figura 3.2 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	11
Figura 3.3 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	12
Figura 3.4 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	13
Figura 3.5 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente	13
Figura 3.6 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os HTP	17
Figura 3.7 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os BTEX (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)	17
Figura 3.8 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os COV (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição do l.q. e da NQA)	18
Figura 3.9 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os HAP (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)	18
Figura 3.10 – Mapa do Site 3003	19
Figura 3.11 – Concentração em HTP nos piezómetros do Site 3003	23
Figura 3.12 – Concentração em BTEX nos piezómetros do Site 3003	24
Figura 3.13 – Concentração em COV nos piezómetros do Site 3003	25
Figura 3.14 – Concentração em HAP nos piezómetros do Site 3003	26
Figura 3.15 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3003 (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição dos l.q. e das NQA)	27
Figura 3.16 – Mapa do Site 5001	28
Figura 3.17 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 5001	33
Figura 3.18 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5001	34
Figura 3.19 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 5001	34
Figura 3.20 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001	35
Figura 3.21 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001	36
Figura 3.22 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001	37
Figura 3.23 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 para os HTP	43
Figura 3.24 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 para os BTEX (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)	43
Figura 3.25 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 para os COV (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição do l.q. e da NQA)	44
Figura 3.26 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 os HAP (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)	44
Figura 3.27 – Mapa do Site 5002	45
Figura 3.28 – Mapa do Site 5003	50
Figura 3.29 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5003	53
Figura 3.30 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5002 (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição dos l.q. e das NQA)	54
Figura 3.31 – Mapa do Site 5008	55

Figura 3.32 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5008 (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição dos l.q. e das NQA)	60
Figura 3.33 – Mapa do Site 5010	61
Figura 3.34 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5010	65
Figura 3.35 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5010	66
Figura 3.36 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5010	66
Figura 3.37 – Mapa do Site 5013	69
Figura 3.38 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5013	73
Figura 3.39 – Mapa do Site 5014	75
Figura 3.40 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014	79
Figura 3.41 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5014	80
Figura 3.42 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5014	80
Figura 3.43 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014	81

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Procedimento adotado para a definição de valores e cores que representam os limites de quantificação e as normas de qualidade ambiental considerados nos mapas de síntese de resultados	5
Quadro 3.1 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3001 e outros furos do aquífero basal	7
Quadro 3.2 – Espessuras de LNAPL em três piezómetros do Site 3001	8
Quadro 3.3 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e furos do Site 3001 e outras áreas, junho de 2021	9
Quadro 3.4 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e furos do Site 3001 e outras áreas, outubro de 2021	10
Quadro 3.5 – Principais características dos piezómetros amostrados no Site 3003	20
Quadro 3.6 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 3003, em 2021	21
Quadro 3.7 – Principais características dos pontos de água amostrados no Site 5001 e área envolvente	30
Quadro 3.8 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001 e jusante, em junho de 2021	31
Quadro 3.9 – Resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Site 5001 e jusante, em outubro de 2021	32
Quadro 3.10 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Paul, a sul do Site 5001	39
Quadro 3.11 – Principais características do piezómetro do Site 5002	46
Quadro 3.12 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Site 5002	47
Quadro 3.13 – Resultados das análises químicas de amostras de água de escorrência recolhidas no Site 5003	51
Quadro 3.14 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no furo do Site 5008	57
Quadro 3.15 – Principais características dos piezómetros do Site 5010	61
Quadro 3.16 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5010, em 2021	63
Quadro 3.17 – Principais características dos piezómetros do Site 5013	69
Quadro 3.18 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5013	71
Quadro 3.19 – Principais características dos piezómetros e do poço do Site 5014	75
Quadro 3.20 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em junho de 2021	77
Quadro 3.21 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em outubro de 2021	78
Quadro 4.1 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas entre 2018 e 2021	84
Quadro 4.2 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados em 2021	87

Agradecimentos

Agradece-se à Dr.^a Maria José Henriques pela preparação e participação na realização da campanha de monitorização.

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.

Finalmente, agradece-se o apoio das Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, através do Eng. Vítor Berbereia, nomeadamente 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*)

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 | Introdução

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 às operações realizadas pela USAFE no passado.

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, com a devida justificação, 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 relacionados com a 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).
 - Análise dos resultados da monitorização de águas subterrâneas realizada em 2020 (Rel. LNEC 467/2020, cf. Leitão e Antunes, 2020b).
- 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, 2020a).

Este relatório surge no seguimento dos trabalhos anteriormente referidos e é relativo à monitorização da qualidade das águas subterrâneas em nove, dos 10 Sites "em aberto" realizada em 2021 [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

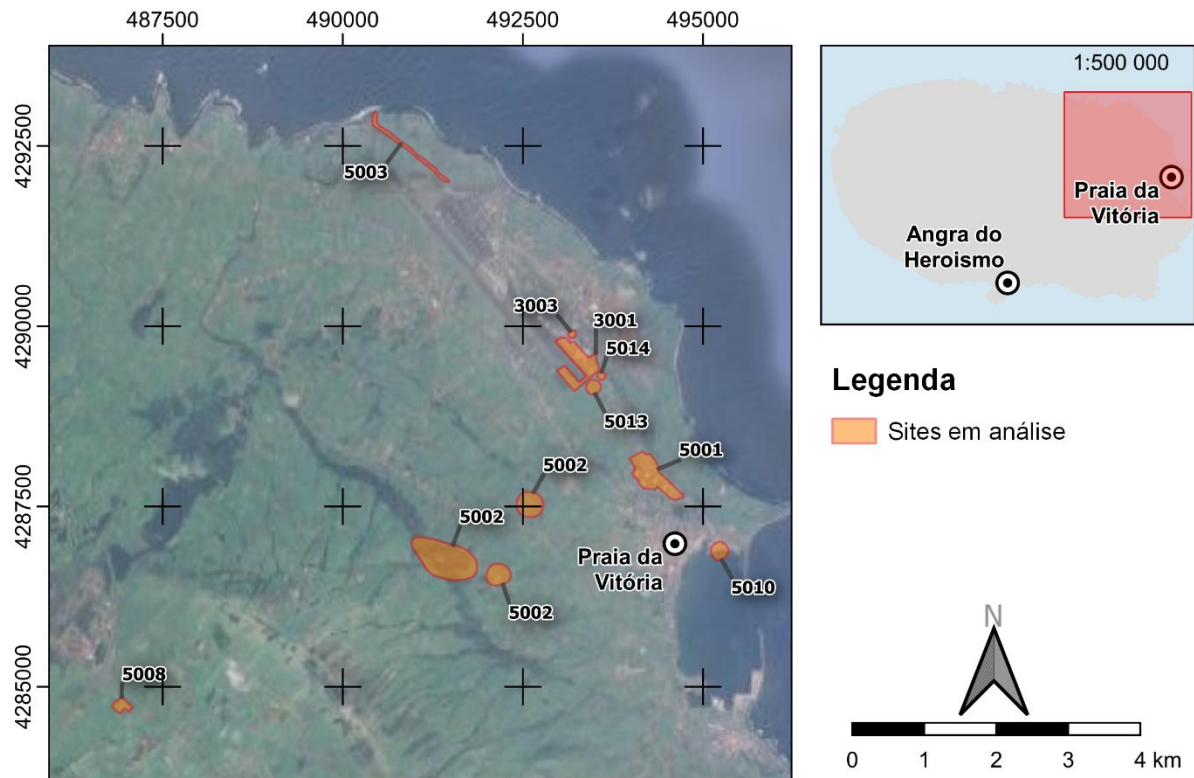


Figura 1.1 – Mapa dos Sites em análise pelo LNEC em 2021

Em 2021, o LNEC participou em cinco reuniões de peritos entre os USA e Portugal, realizadas por videoconferência a 7 de janeiro, 5 de março, 5 de agosto, 7 de outubro e 2 de dezembro, além de duas reuniões da Comissão Técnica. Nos Anexos I e II encontram-se as apresentações efetuadas pelo LNEC em duas dessas reuniões.

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

Em 2021 foram realizadas duas campanhas de amostragem de águas subterrâneas, dando seguimento aos trabalhos de monitorização desenvolvidos desde 2019 para o MDN. As campanhas decorreram de 28 de junho a 7 de julho e de 23 a 30 de outubro de 2021.

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 e duplicadas que confirmaram a fiabilidade dos resultados obtidos, tendo produzido concentrações idênticas. O branco de campo (i.e. amostra de água destilada colocada dentro dos frascos que são abertos durante o procedimento de amostragem) foi realizado junto ao furo FB7 na campanha de junho. Os resultados apresentaram valores acima do limite de quantificação para os seguintes compostos: clorofórmio e tert-Butil álcool (na água do furo FB7 estes compostos estiveram abaixo dos limites de quantificação). Em outubro de 2021, o branco de campo foi recolhido junto ao piezómetro 5001-MW18. Os resultados apresentaram valores acima do limite de quantificação para os seguintes compostos: tolueno, clorofórmio e tert-Butil álcool.

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 III apresenta-se uma síntese das normas utilizadas.

Em síntese, e por sequência, são utilizados os seguintes documentos normativos, no seu conjunto denominados de Normas de Qualidade Ambiental, NQA:

- 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).

Neste relatório apresenta-se um conjunto de mapas por Site com a síntese da evolução da qualidade das águas subterrâneas ao longo das campanhas realizadas nos últimos anos, apresentada por ponto de amostragem. Importa realçar que essa síntese foi feita com base nos limites de quantificação reais (l.q.) (caso HTP, BTEX e HAP) e na norma de qualidade ambiental real (NQA) (caso do HTP), uma vez que estes apresentam um único valor. Contudo, atendendo a que tanto os l.q. como as NQA são diferentes para os restantes casos, foi necessário proceder a uma simplificação dos valores considerados segundo um procedimento apresentado no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Procedimento adotado para a definição de valores e cores que representam os limites de quantificação e as normas de qualidade ambiental considerados nos mapas de síntese de resultados

	Limites de quantificação (l.q.) (µg/L)	Normas de Qualidade Ambiental (NQA) (µg/L)	Intervalo considerado [l.q. - NQA] (µg/L)	Observações
HTP	38	750	38 - 750	-
BTEX	0,05	1 - 1,3	0,05 - 1,3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ l.q. - iguais a 0,05 µg/L para todos os BTEX ▪ NQA menores variam entre 1 µg/L para benzeno 1,3 µg/L para os restantes BTEX; considerou-se 1,3 µg/L como valor indicativo de "NQA"
COV	0,05 - 2	0,44 - 200	0,15 - 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ l.q. - variam entre 0,05 e 2 µg/L; considerou-se 0,15 µg/L como o valor indicativo de "l.q." ▪ NQA menores variam entre 0,44 µg/L e 200 µg/L; considerou-se 2 µg/L como valor indicativo de "NQA", que corresponde à mediana*
HAP	0,005	0,0065 - 2,4	0,005 - 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ l.q. - iguais a 0,005 µg/L para todos os HAP ▪ NQA menores variam entre 0,0065 µg/L e 2,4 µg/L; considerou-se 1 µg/L como valor indicativo de "NQA"
Cor no mapa			< l.q.: Verde [l.q. - NQA]: Amarela > NQA - Vermelha	-

* Dos 59 compostos COV apenas dois compostos possuem NQA acima de 100 µg/L (1,1,1-Tricloroetano, 200 µg/L; Triclorofluorometano, 150 µg/L), e 6 apresentam NQA acima de 10 µg/L

3 | Caracterização da evolução da qualidade das águas subterrâneas

3.1 Site 3001: Main Gate

3.1.1 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 3.1).

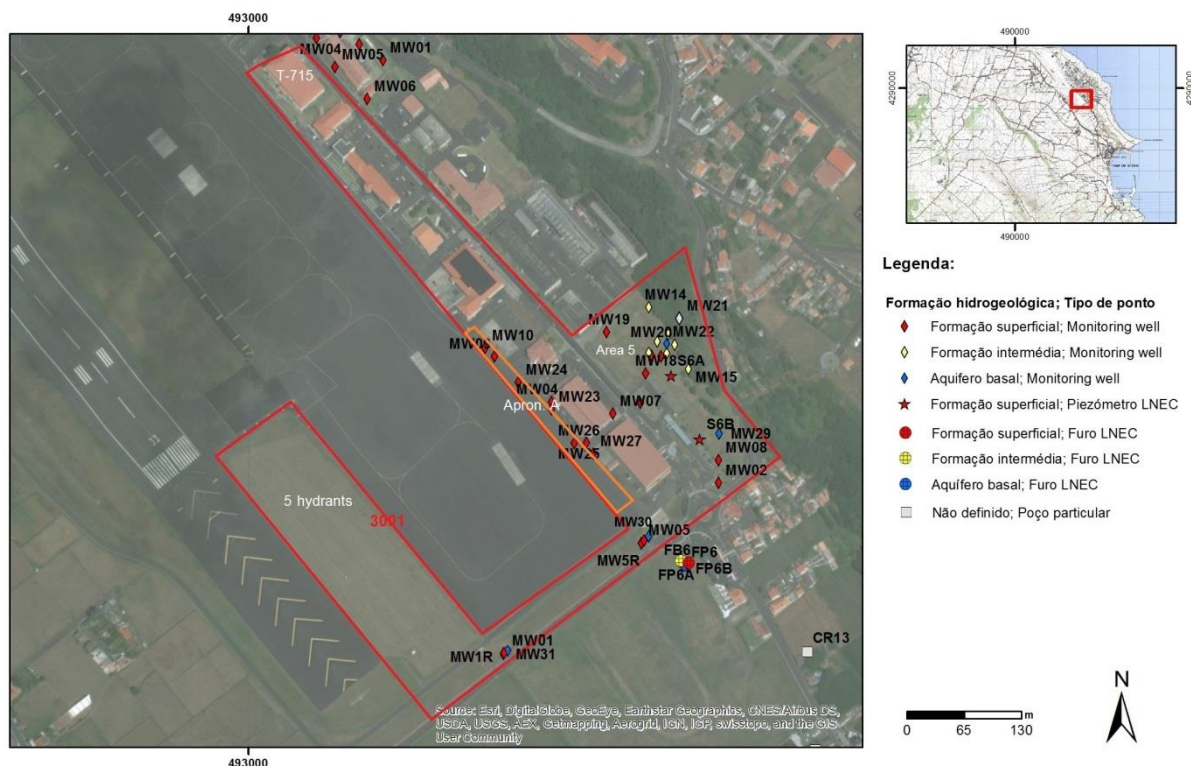


Figura 3.1 – Mapa do Site 3001

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 atual à *South Tank Farm* (e ligações antigas aparentemente não inertizadas), 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 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).

3.1.2 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 3.1).

Quadro 3.1 – 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, 3001-MW20 e 3001-MW23 não foram amostrados por conterem LNAPL. O Quadro 3.2 apresenta as espessuras de LNAPL observadas nas últimas cinco campanhas.

Quadro 3.2 – Espessuras de LNAPL em três piezómetros do Site 3001

Ponto	Formação hidrogeológica	Espessura LNAPL (m)				
		Outubro 2019	Junho 2020	Outubro 2020	Junho 2021	Outubro 2021
3001-MW04	Superficial	0,64*	0,73*	1,94*	2,52*	5,14*
3001-MW20	Intermédia	0,47	0,45	0,42	0,45	0,52
3001-MW23	Superficial	0,08	0,16	0,29	0,16	0,19

Atendendo ao rápido aumento da espessura de LNAPL no piezómetro 3001-MW04 e ao facto deste aumento não se verificar no piezómetro 3001-MW23 (localizado a cerca de 30 cm de distância), presume-se que o piezómetro 3001-MW04 possa ter os ralos de entrada de água colmatados. Com base nos dados existentes à data, considera-se que este ponto não representa a efetiva espessura local de LNAPL nas formações geológicas em que se encontra instalado.

Nos restantes piezómetros observam-se oscilações na espessura de LNAPL entre campanhas, como resultado da lixiviação dos LNAPL presentes no solo até atingirem o nível piezométrico e subsequente migração na zona saturada do solo.

3.1.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.3 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e no furo do Site 3001 e outras áreas, em junho 2021 e o Quadro 3.4 apresenta os resultados relativos a outubro de 2021.

* Piezómetro considerado não representativo, face aos atuais conhecimentos.

Quadro 3.3 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros e furos do Site 3001 e outras áreas, junho de 2021

Designação local	Unidade	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	29-06-2021	28-06-2021	28-06-2021	28-06-2021	29-06-2021	29-06-2021	29-06-2021	29-06-2021	29-06-2021	29-06-2021	29-06-2021				
Parâmetros agregados																	
Índice de fenóis	mg/L	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	Canadá	0,89	0	0
Íões maiores																	
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	280	170	370	140	190	120	150	130	71	150	96	180	-	-	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	140	44	77	41	45	24	90	59	140	280	60	350	LQ e L	250	2	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	0,12	3,00	0,25	0,24	0,11	0,33	0,45	2,30	26,00	23,00	6,70	23,00	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	1,1	12,0	9,7	20,0	0,6	2,1	29,0	11,0	20,0	37,0	21,0	45,0	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L	39,0	21,0	47,0	20,0	40,0	15,0	9,8	9,2	24,0	28,0	8,5	39	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	30,0	11,0	22,0	8,2	8,4	3,8	13,0	11,0	17,0	28,0	8,4	33	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	18,0	24,0	19,0	9,3	9,0	9,3	15,0	12,0	6,6	11,0	12,0	11	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	76,0	37,0	80,0	45,0	32,0	31,0	77,0	55,0	85,0	150,0	56,0	180	VP	200	0	0
Metais em solução																	
Alumínio - Al	mg/L	0,18	-0,10	-0,10	0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,74	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	VP	0,2	1	0
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	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	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/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	Canadá	1	0	0
Bérblio - 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	-0,001	Canadá	0,004	0	0
Boro - B	mg/L	0,12	0,12	0,10	0,66	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L	-0,0004	0,0005	-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	0
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,006	-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	-0,003	-0,003	-0,003	0,011	-0,003	-0,003	0,005	Canadá	0,0038	2	0
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,026	-0,005	-0,005	0,007	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,300	0,7	0,0	0,290	VP	0,05	3	0
Ferro - Fe	mg/L	6	-0,1	12	3,1	3,7	2,3	0,088	1,4	2,4	5	0	1,6	VP	0,2	9	0
Ferro (II)	mg/L	5,1	-0,05	0,2	0,22	0,20	0,8	-0,05	0,90	0,84	0,21	-0,05	0,4	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	0,2	-0,05	3	7,6	0,13	0,4	-0,05	3,40	0,73	1,4	-0,1	1,8	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,92	0,94	0,56	0,32	1,10	1,20	0,36	0,33	0,15	0,45	0,90	0,43	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,15	-0,15	4,00	0,19	0,37	-0,15	0,47	0,51	-0,15	2,90	1,50	0,69	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,012	0,157	-0,005	-0,005	-0,005	0,008	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L	5,8	6,8	2,9	1,0	1,1	0,5	0,1	0,76	0,14	0,02	0,57	0,1	VP	0,05	11	0
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	0,0060	-0,0050	0,0060	-0,0050	-0,0050	-0,0050	-0,0050	-0,0050	0,1200	0,0420	0,0050	0,0360	Canadá	0,07	1	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	2,100	0,038	-0,005	0,280	VP	0,02	3	0
Selénio - Se	mg/L	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-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
Titânio - Ti	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	0,011	-0,005	0,007	-0,005	0,196	0,012	-0,005	-0,005	-0,005	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	-0,0002	0,0008	0,0033	0,0006	0,0002	0,0012	0,0014	0,0316	0,0145	0,0270	0,0003	0,0203	Canadá	0,0062	4	0
Zinco - Zn	mg/L	-0,010	-0,010	-0,010	0,030	-0,010	-0,010	-0,010	0,080	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	Canadá	1,1	0	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP																	
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	µg/L	52	-38	-38	-38	-38	-38	94	670	-38	62	-38	-38	Canadá	750	0	4
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	0
HTP (C12-C16)	µg/L	35	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	1	0
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	18	140	-10	-10	-10	-10	-	-	2	0
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15	-15	63	450	-15	41	-15	-15	-	-	3	0
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	39	-10	-10	-10	-10	-	-	1	0
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	22	-10	-10	-10	-10	-	-	1	0
BTEX																	
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	1
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	0,07	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
Meta-para-xileno	µg/L	0,09	-0,05	-0,05	0,20	-0,05	-0,05	-0,05	-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	0,07	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
Tolueno	µg/L	0,20	0,09	0,10	0,20	0,08	0,09	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	6
Soma BTEX	µg/L	0,29	0,09	0,10	0,54	0,08	0,09	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0	7
Soma xilenos	µg/L	0,09	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	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	-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-Dicloroetano	µg/L	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,5	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	Canadá	4,7	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	5	0	0
1,1-Dicloroeteno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	1
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	0,3	-0,2	-0,2	0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	2
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	0
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	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	0,3	-0,1	-0,1	1,6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	2
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	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2-Dibrometano (EDB)	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-Diclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,4	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	3	0	1
1,2-Dicloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,5	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	VP	3	0	1
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	-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								

Os resultados que se apresentam não incluem os piezómetros 3001-MW04, 3001-MW20 ou 3001-MW23 uma vez que todos apresentavam LNAPL (cf. Quadro 3.2) à data das campanhas, encontrando-se, portanto, poluídos por hidrocarbonetos, podendo conter doses assinaláveis dos diversos compostos em análise.

Verifica-se a presença de HTP em dois piezómetros da formação hidrogeológica superficial do Site 3001 (3001-MW05R e 3001-MW27) e em dois furos no aquífero basal (3001-MW30 e 3001-MW31), instalados em 2019 (além do furo FB3, em julho de 2021, cf. Quadro 3.3 e Figura 3.2). Estes piezómetros e furos localizam-se em áreas onde passavam antigos *pipelines* e junto a depósitos de combustível (Apron. A). A presença inédita, em 2020, de hidrocarbonetos em quantidades assinaláveis nos furos do basal conduziu à tese de que estes poderiam ter sido introduzidos durante o próprio processo de perfuração e instalação destes furos. Nesse contexto, em outubro de 2020, o MDN contratou a extração de 10 000 L de água do furo 3001-MW30, tendo-se verificado decréscimo da maioria dos contaminantes à medida que se ia extraindo água da zona envolvente à captação. Contudo, em 2021, as concentrações voltaram a aumentar, podendo haver duas razões para estas observações: persistir a contaminação do material poroso que envolve o furo, havendo uma contaminação vertical na coluna do furo ou haver uma contaminação do aquífero basal naquela área.

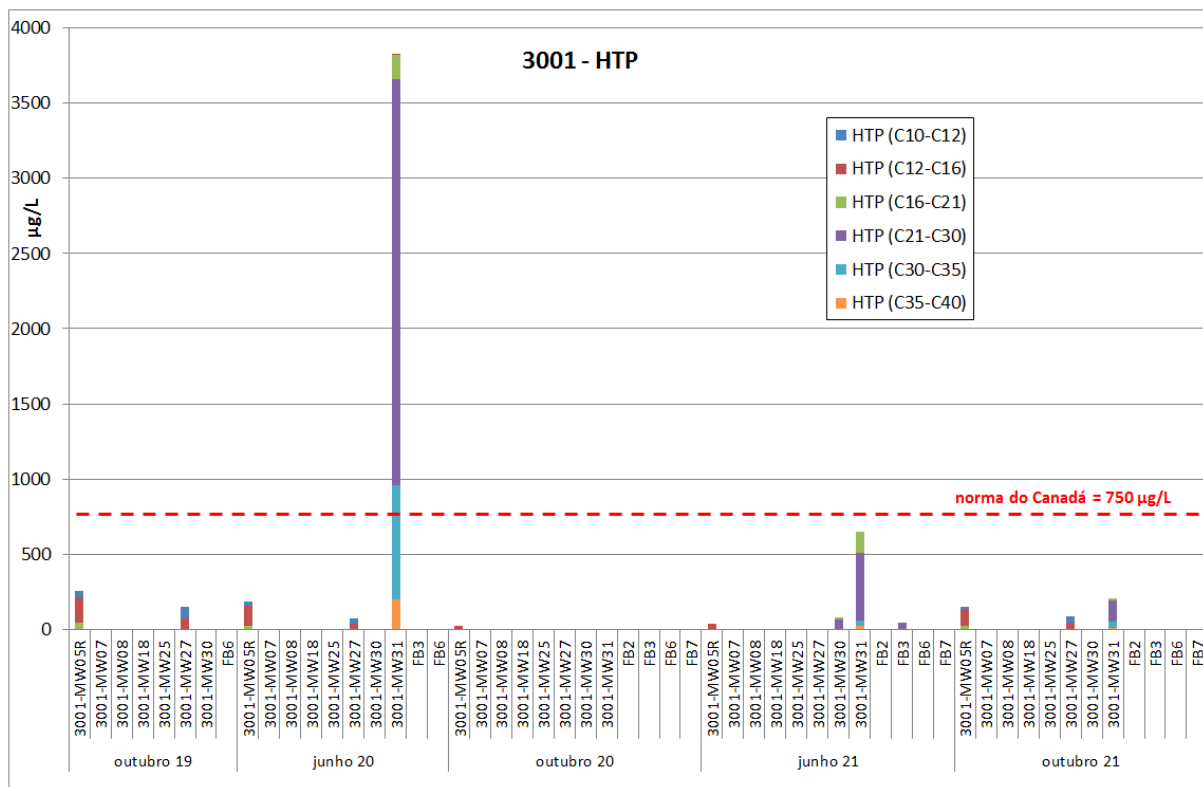


Figura 3.2 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

As concentrações em BTEX encontram-se abaixo das normas de qualidade em todas as campanhas (Quadro 3.3, Quadro 3.4 e Figura 3.3).

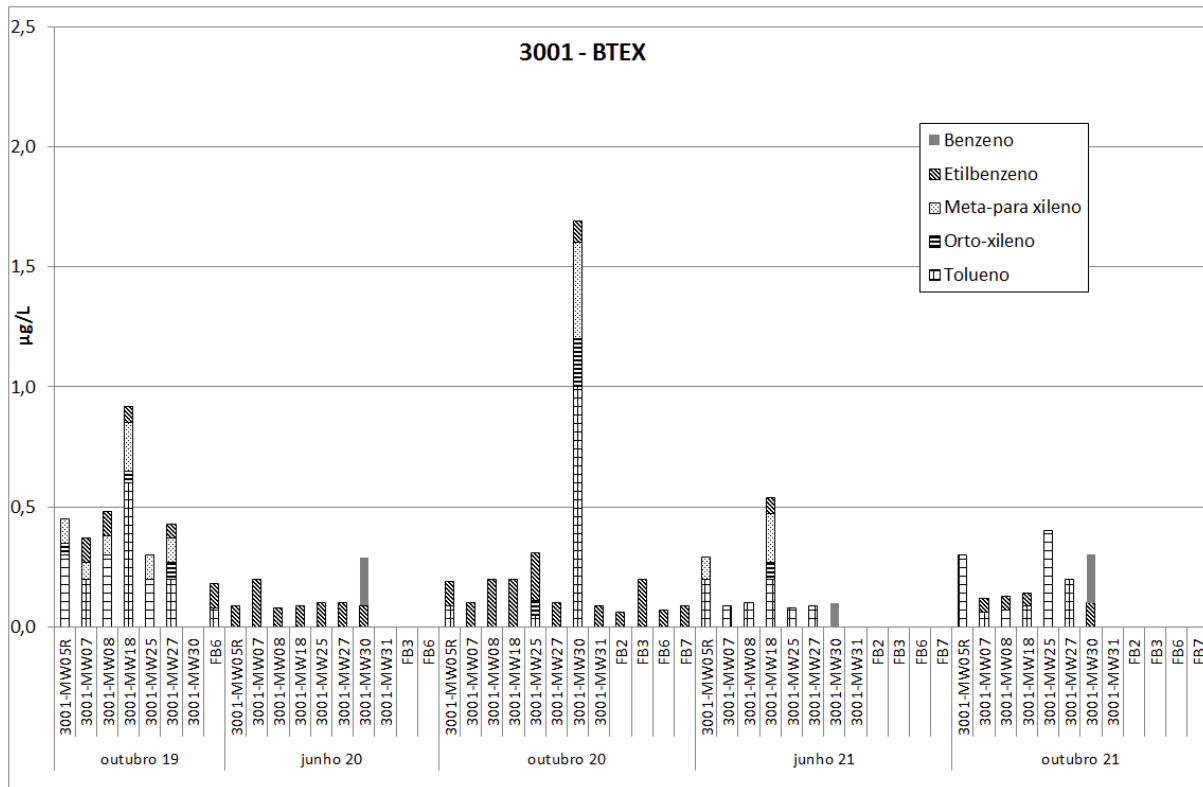


Figura 3.3 – Concentração em BTEX nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

À semelhança dos HTP, estes compostos já surgiram em todos os pontos de água, incluindo nos furos do basal (FB e 3001-MW30 e 3001-MW31). Contudo, as concentrações são muito próximas do limite de quantificação (0,05 µg/L) tendo havido diversas situações em que os brancos de campo apresentaram valores equivalentes (0,1 µg/L) tanto em etilbenzeno como tolueno, numa amostra que deveria ter concentração abaixo do limite de quantificação. Pode, portanto, haver contaminação atmosférica durante a amostragem.

A presença de vários COV acima das normas de qualidade das águas subterrâneas continua apenas a ser verificada no furo 3001-MW30 (cf. Quadro 3.3 e Figura 3.4), embora haja outros furos que captam o aquífero basal que apresentam concentrações acima do limite de quantificação para algum COV. Após a purga do furo 3001-MW30, volta a observar-se em 2021 o aparecimento dos mesmos COV registados em campanhas anteriores. O facto de a operação de purga não ter “limpo” a água revela que esta se pode dever à contaminação dos materiais da coluna do furo ou que o aquífero basal está contaminado naquela área. O registo de TCE no FB6 pode ter tido origem neste furo. A presença de outros COV, embora em concentrações muito reduzidas, em outros furos do basal para algumas campanhas implica que se mantenha a monitorização da evolução da situação.

Em relação aos HAP existem diversos parâmetros com valores acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 3.3 e Quadro 3.4), inclusive para diversos furos do aquífero basal nas campanhas de 2019 e 2020. Contudo, em nenhum caso ultrapassam as normas do Canadá. Em 2021 não se registaram HAP acima dos Limiares de Qualidade.

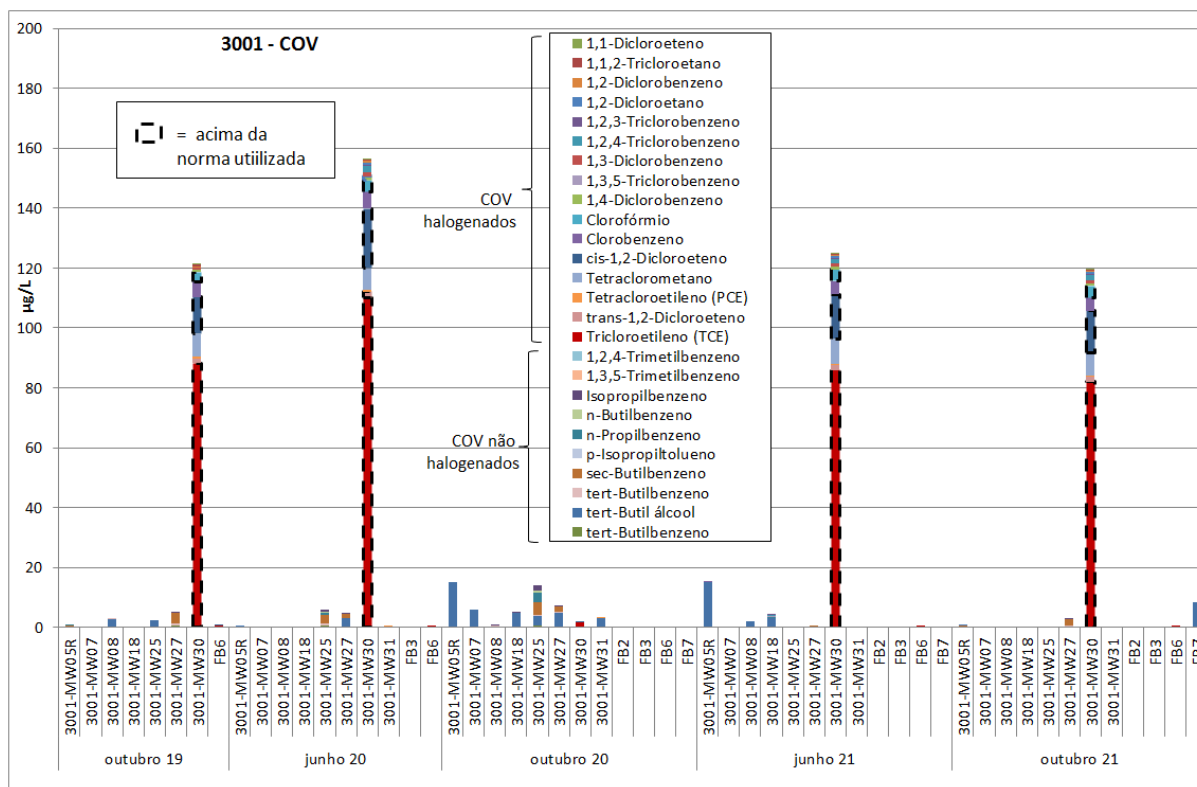


Figura 3.4 – Concentração em COV nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

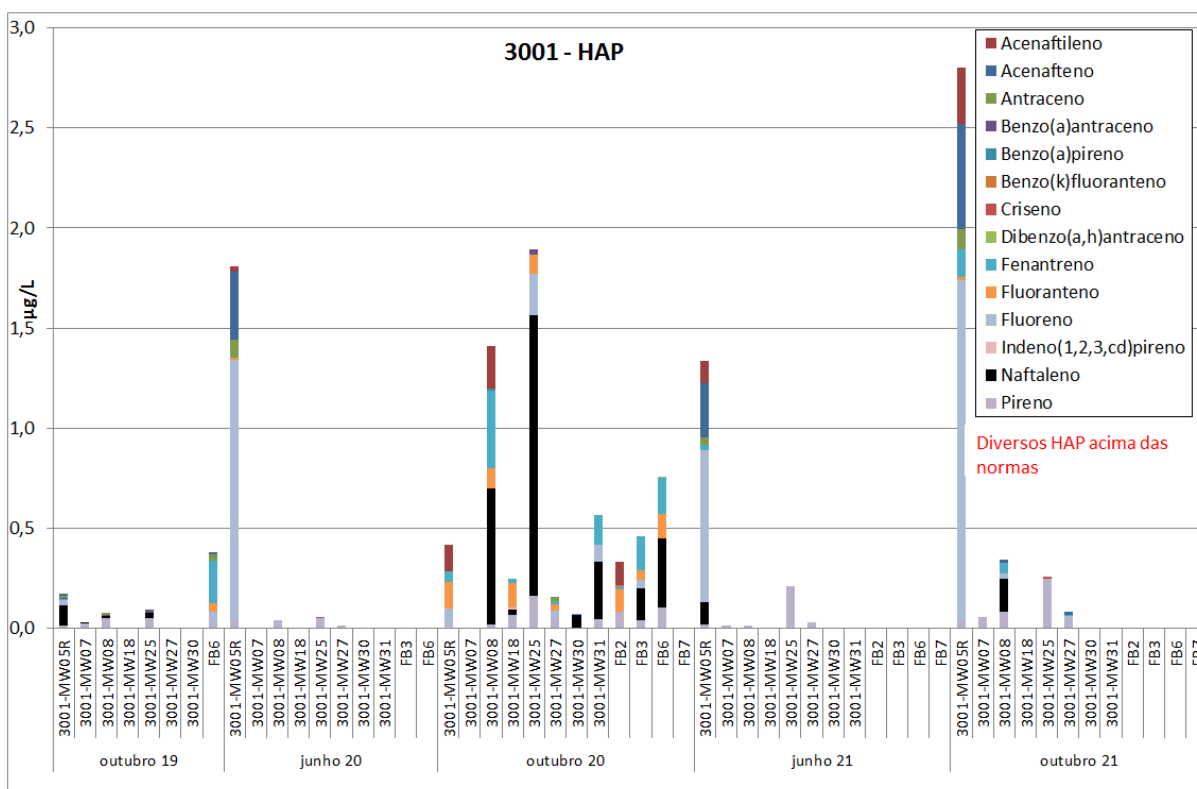


Figura 3.5 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 3001 e envolvente

Embora se observem alguns metais pesados (ferro, manganês e alumínio, entre outros) com concentrações que excedem os valores paramétricos da água para consumo humano, crê-se que a origem destes elementos é essencialmente de natureza geológica (Leitão e Henriques, 2018) e se deve ao facto de as águas subterrâneas circularem em solos ricos em minerais de origem vulcânica com elevada concentração destes metais, permitindo assim adquirir maior mineralização, também em função de outras características do meio como o pH e potencial oxidação-redução. Os metais pesados associados às atividades contaminantes do local, designadamente o chumbo e o zinco, continuam a apresentar valores inferiores à respetiva norma, com uma exceção no furo 3001-MW31 em outubro de 2020.

3.1.4 Conclusões e recomendações

As Figura 3.6, Figura 3.7, Figura 3.8 e Figura 3.9 apresentam uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na sua envolvente, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação. Nas figuras, para além dos resultados para o Site 3001, são ainda apresentados os resultados para os Sites 5002, 5013, 5014 (cf. Secções 3.4, 3.8 e 3.9, respetivamente).

Os trabalhos de monitorização desenvolvidos, em junho e outubro de 2021, permitem observar a manutenção dos níveis de LNAPL nalguns locais dos Sites 3001 e 5001, refletindo a ausência de trabalhos de reabilitação. 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 3.1) anomalias geofísicas que se podem associar à presença de hidrocarbonetos.

Por outro lado, o reaparecimento de concentrações em hidrocarbonetos na água do furo 3001-MW30 idênticas às verificadas antes da purga e extração de 10 000L de água, realizada em outubro de 2020, leva a crer que a contaminação poderá não resultar isoladamente do processo de instalação do furo, pelo que importa aprofundar a possibilidade de existir alguma fonte de contaminação nessa área.

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 (cf. Quadro 4.1). 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 evitar a utilização da água desse furo para abastecimento público.

Página intencionalmente deixada em branco

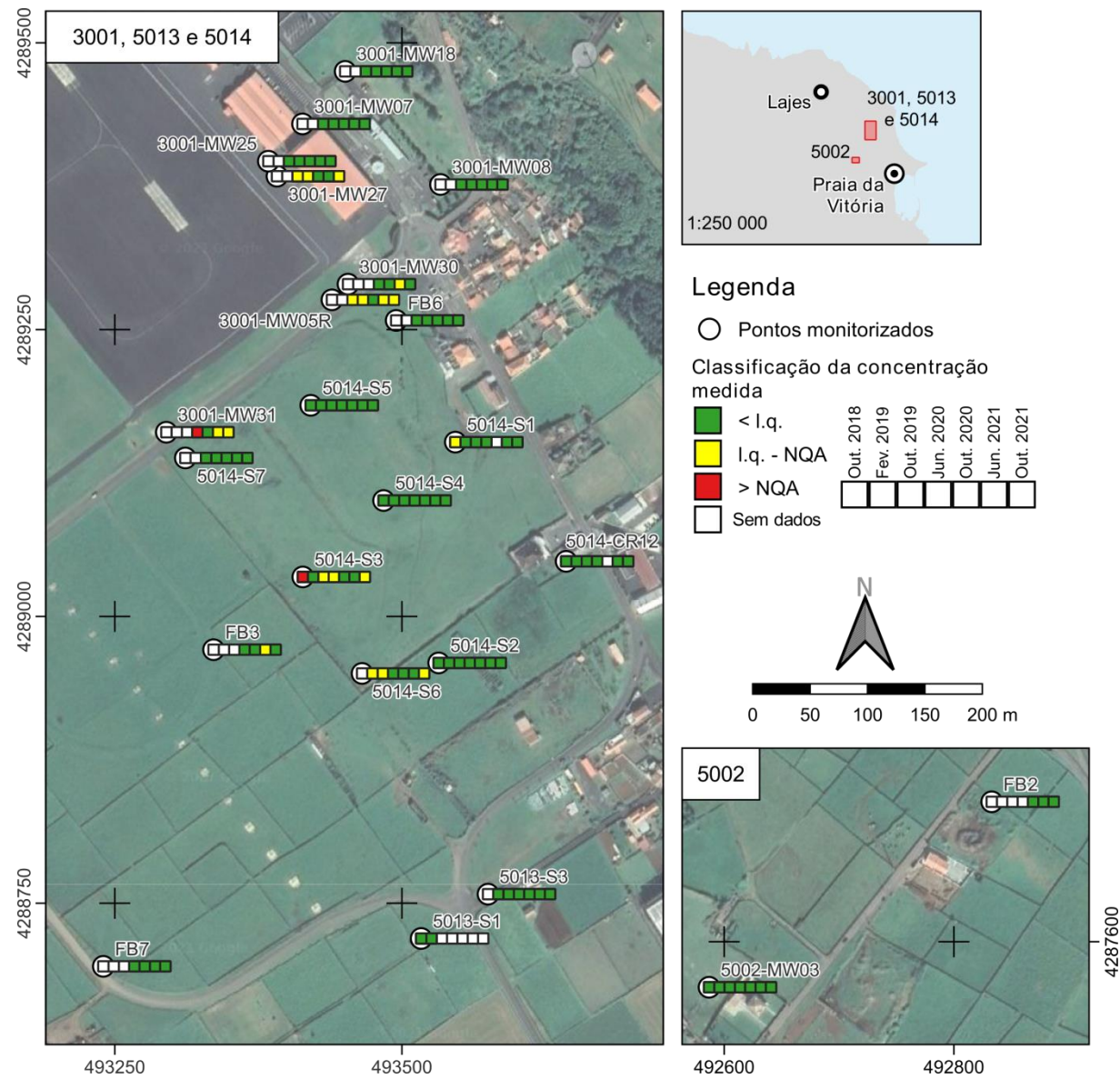


Figura 3.6 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os HTP

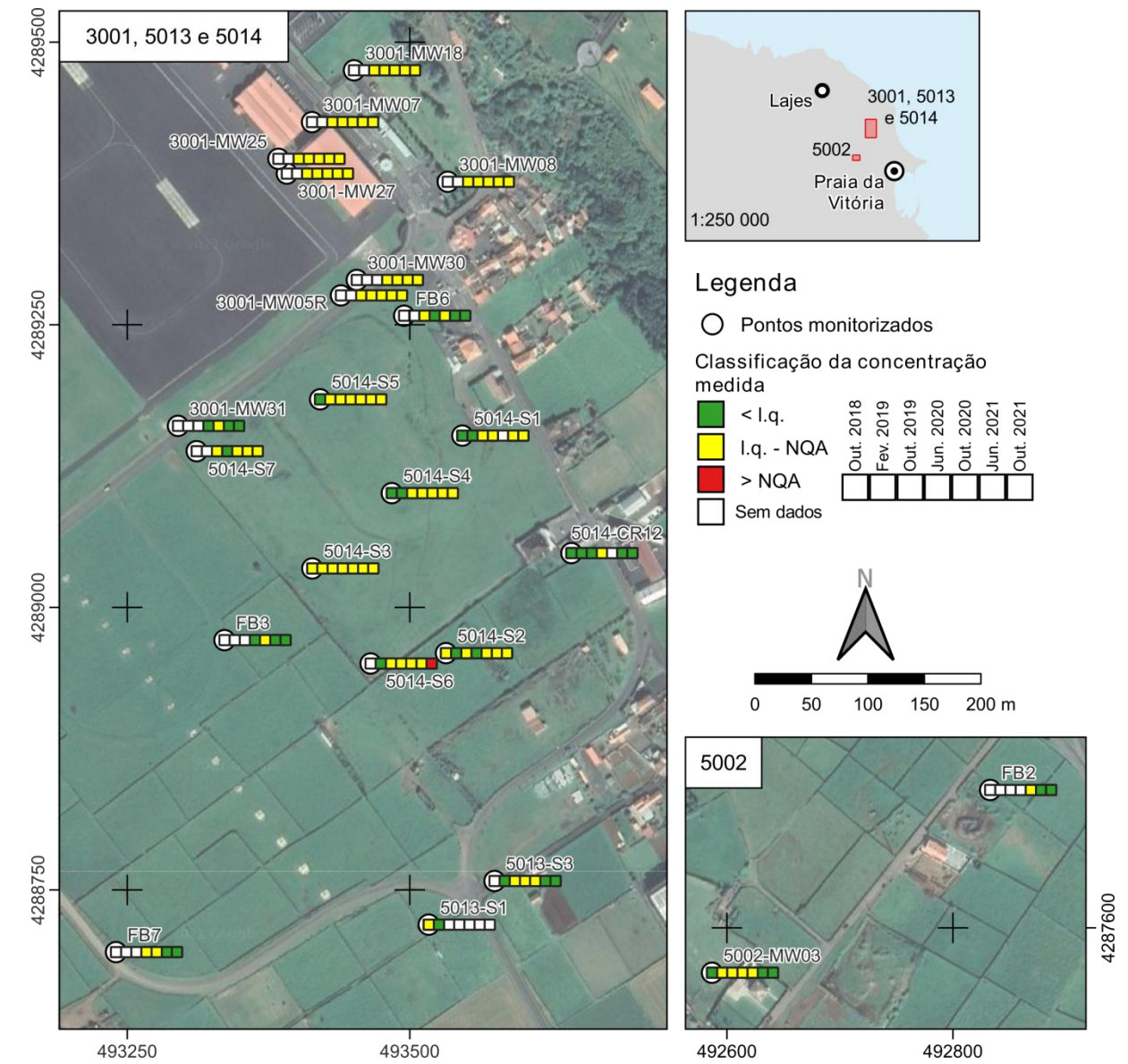


Figura 3.7 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os BTEX (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)

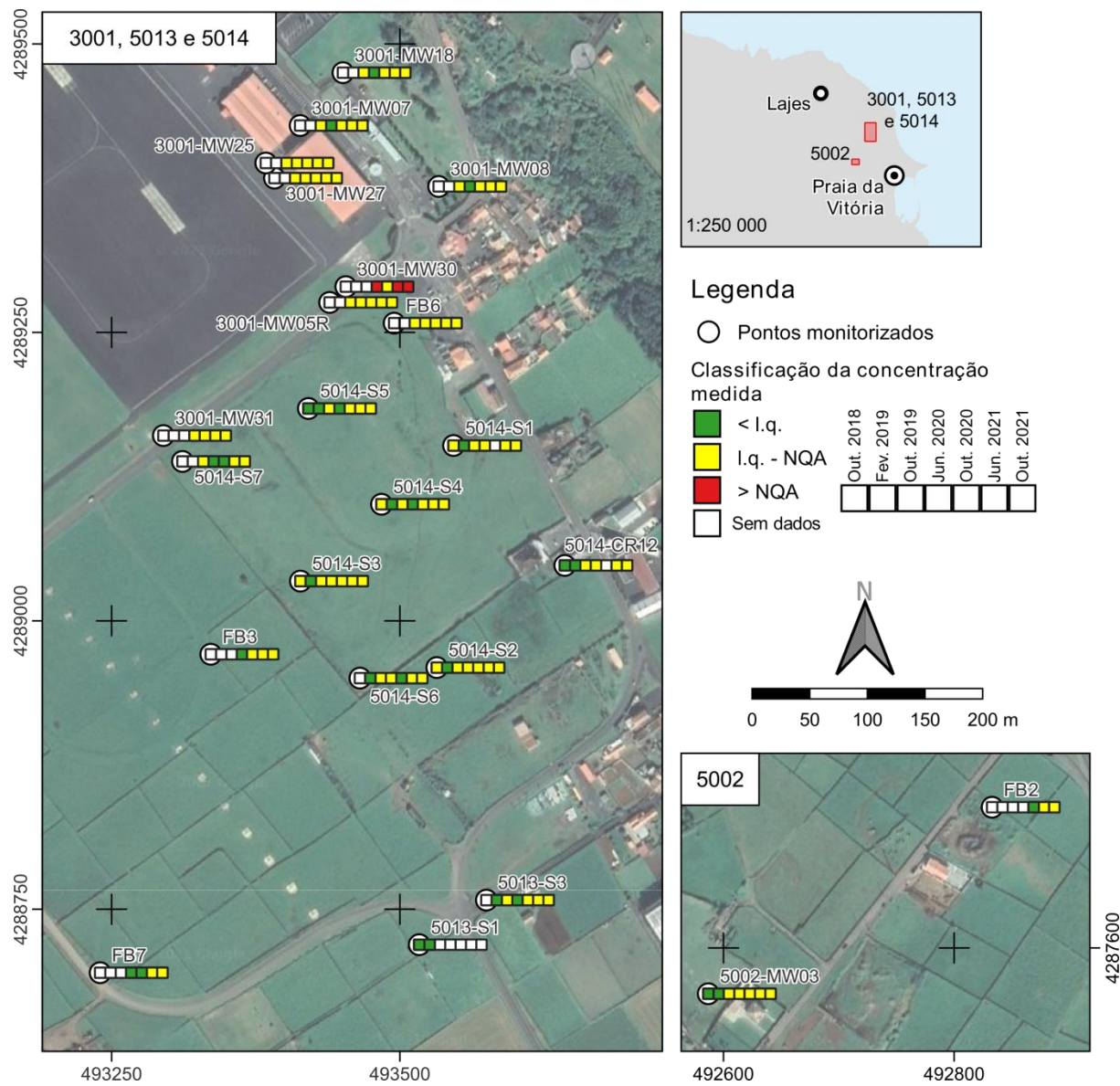


Figura 3.8 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os COV (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição do l.q. e da NQA)

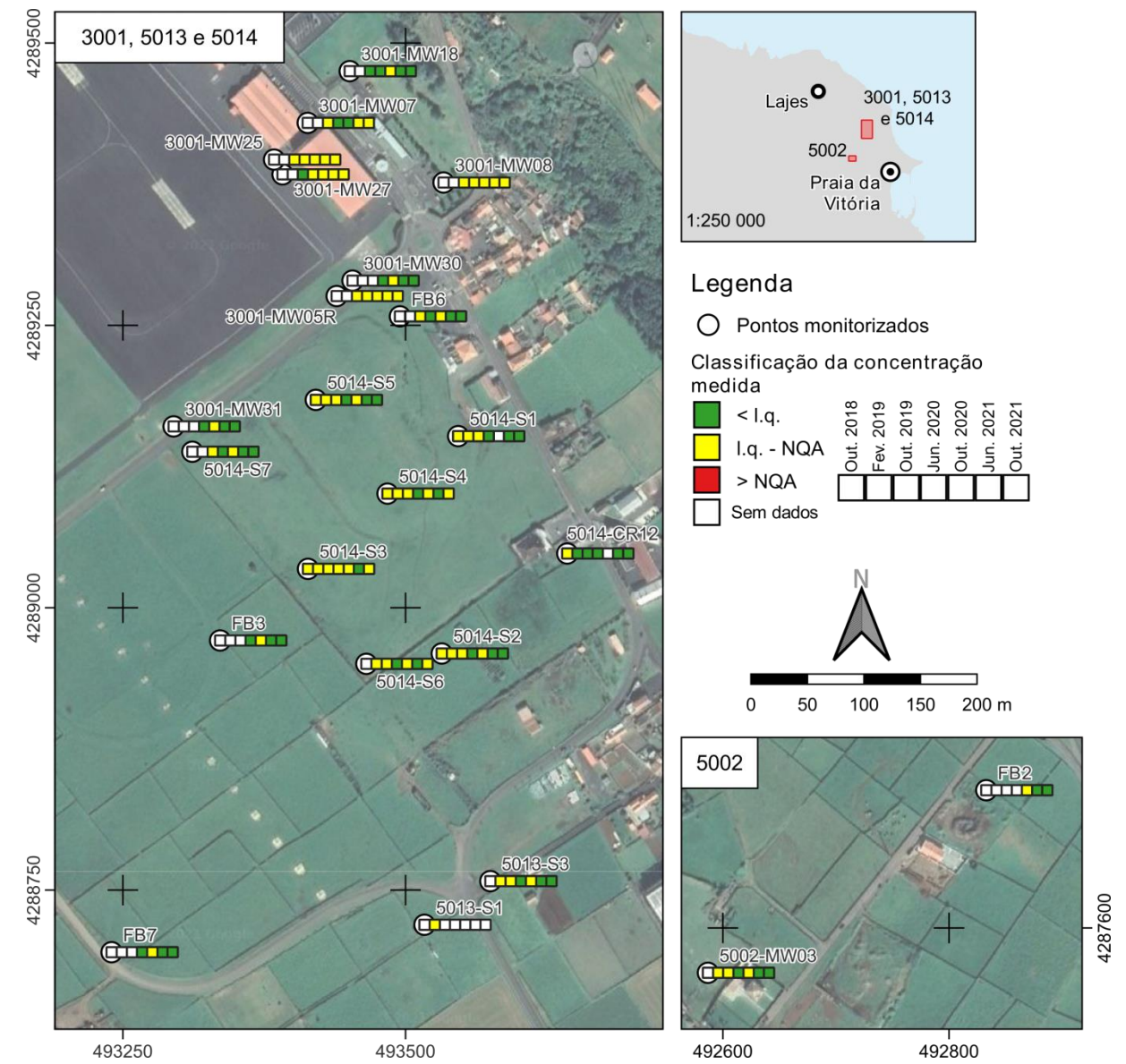


Figura 3.9 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3001 e outros furos do basal na envolvente para os HAP (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)

3.2 Site 3003: Main Power Plant

3.2.1 Contexto histórico

O Site 3003, representado na Figura 3.10, 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).

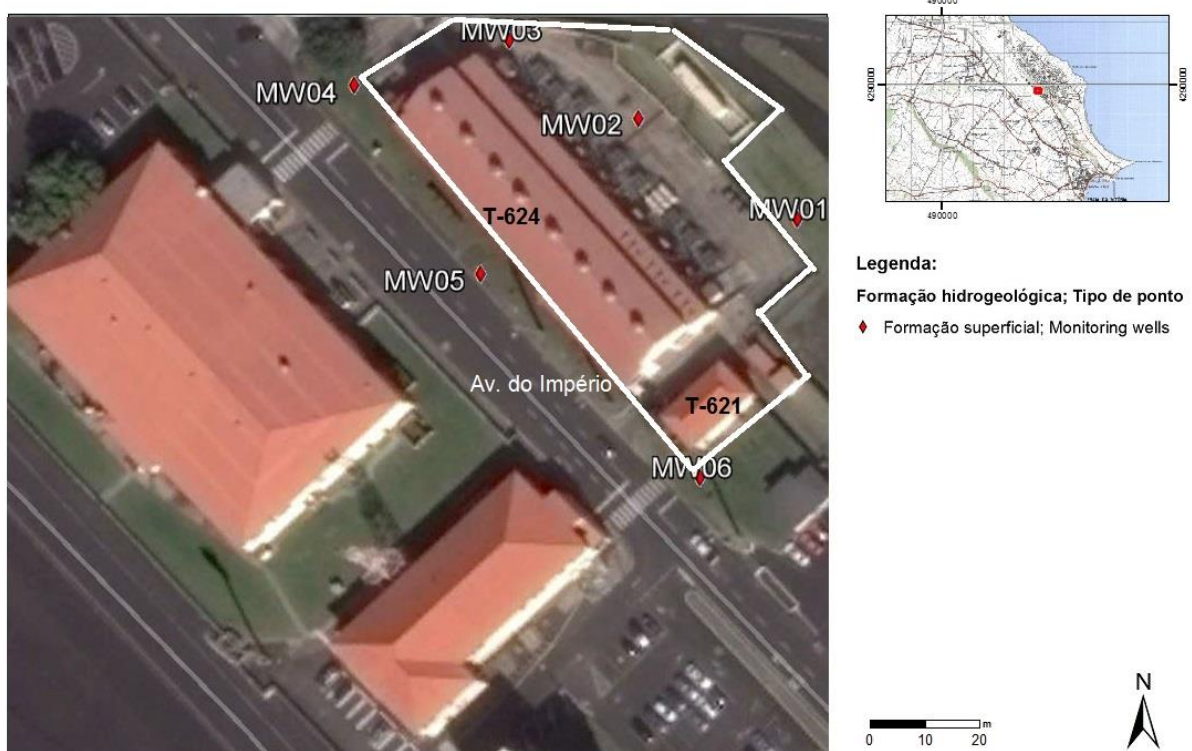


Figura 3.10 – Mapa do Site 3003

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, 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. Foi aprovado o anteprojecto MQNA 18-1002 que prevê a repavimentação daquela área, entre outros trabalhos previstos.

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

3.2.2 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 3.5).

Quadro 3.5 – 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

3.2.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.6 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 2021.

Página intencionalmente deixada em branco

Alguns dos COV encontrados já haviam sido reportados nas campanhas anteriores (BHATE, 2014).

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 em 2021 foi inferior aos limites de quantificação. Apenas em outubro de 2020 se registaram valores superiores aos limites de quantificação (cf. Figura 3.11 para os piezómetros 3003-MW01 e 3003-MW06), embora com valores abaixo das normas.

A presença de BTEX, que não havia sido reportada antes de outubro de 2019 (altura em que apresentou meta-para xileno acima das normas), mantém-se em valores residuais ou mesmo abaixo do limite de quantificação em outubro de 2021 (cf. Quadro 3.6 e Figura 3.12) podendo denotar-se a existência de processos de biodegradação destes compostos.

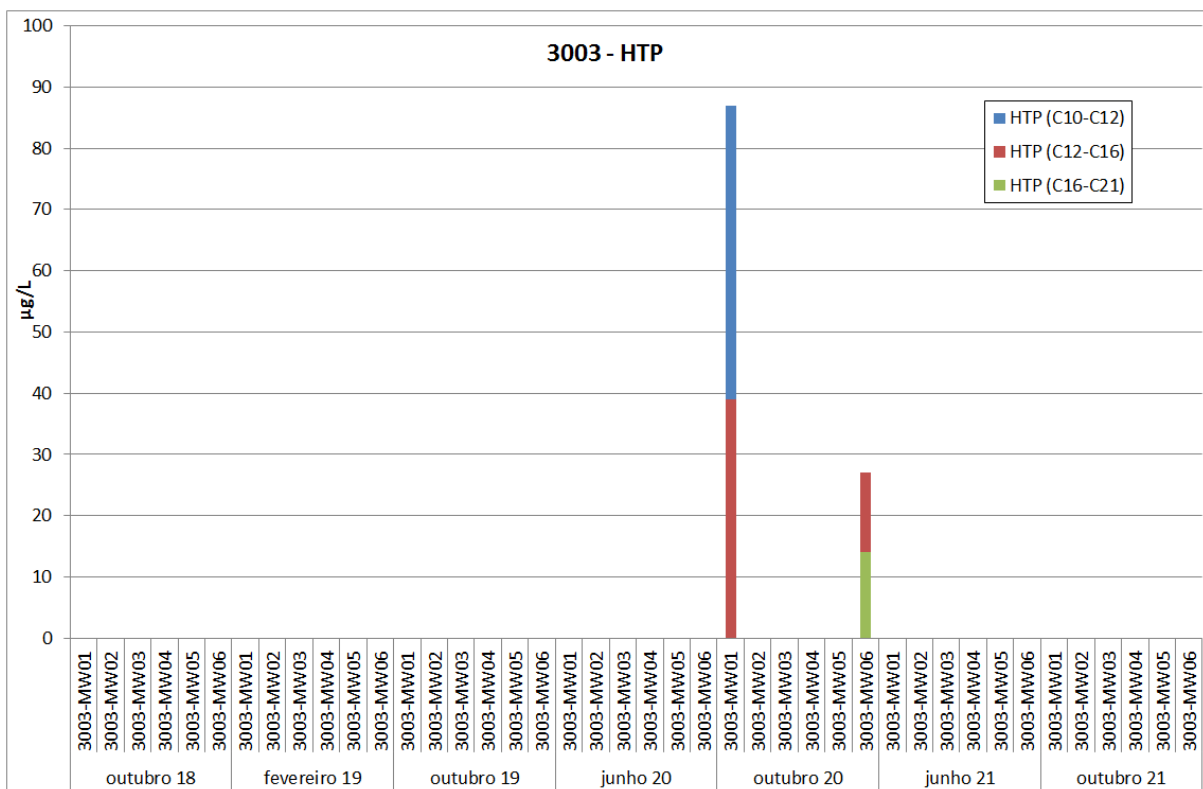


Figura 3.11 – Concentração em HTP nos piezómetros do Site 3003

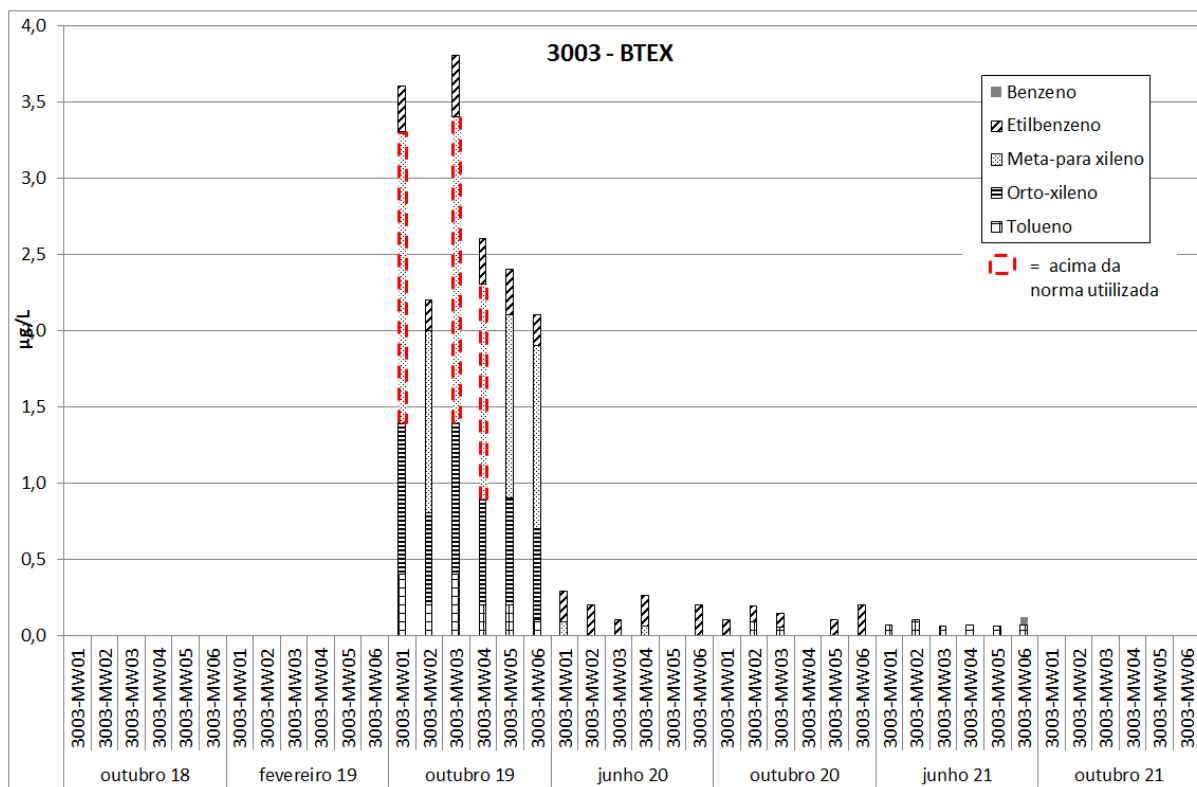


Figura 3.12 – Concentração em BTEX nos piezómetros do Site 3003

A presença de COV muito próxima ou acima das normas continua a observar-se nos piezómetros 3003-MW05 e 3003-MW06 (Figura 3.13 e Quadro 3.6), tipicamente para TCE, PCE ou um dos seus subprodutos de degradação, o 1,1-dicloroetano ou 1,1-dicloroetano, possivelmente pelas bactérias presentes no solo.

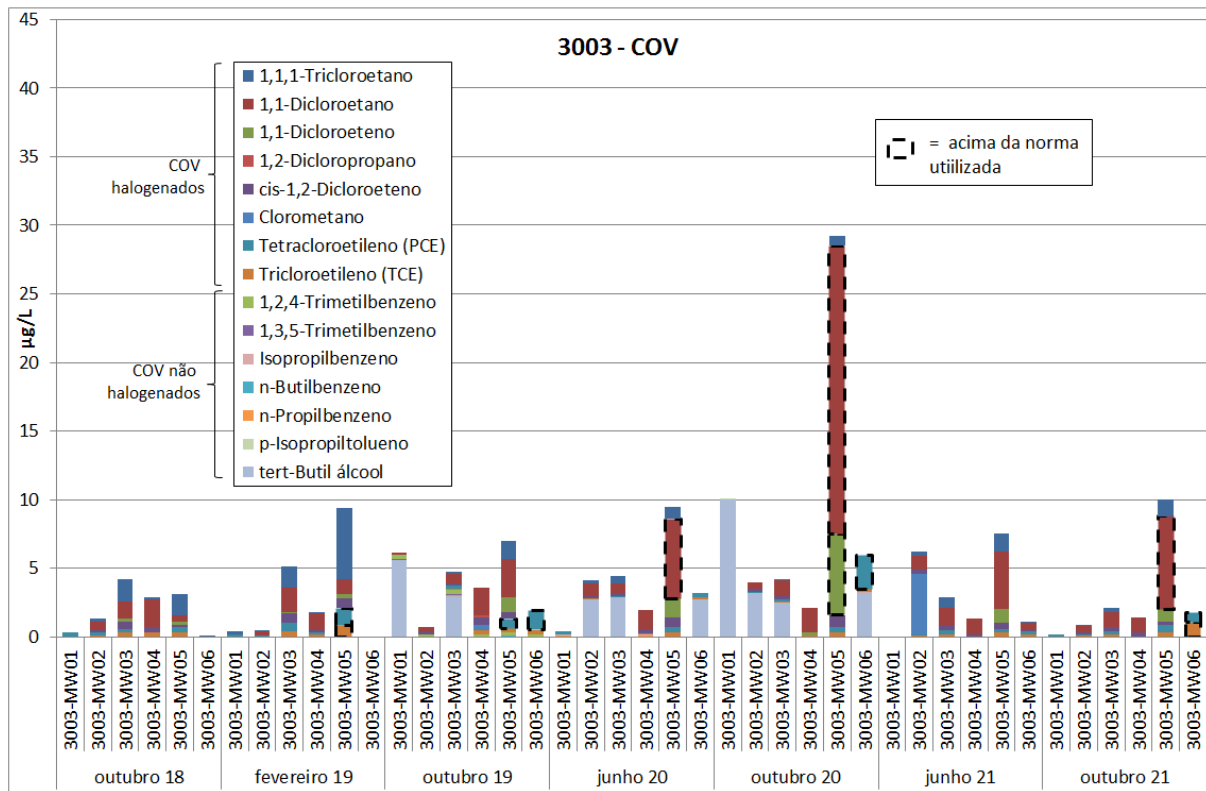


Figura 3.13 – Concentração em COV nos piezômetros do Site 3003

A presença de HAP é inconstante, com campanhas onde estes compostos estão ausentes ou quase ausentes, mas também com concentrações acima das normas da APA (cf. Figura 3.14). Estas concentrações estão abaixo das normas do Canadá (cf. Anexo III).

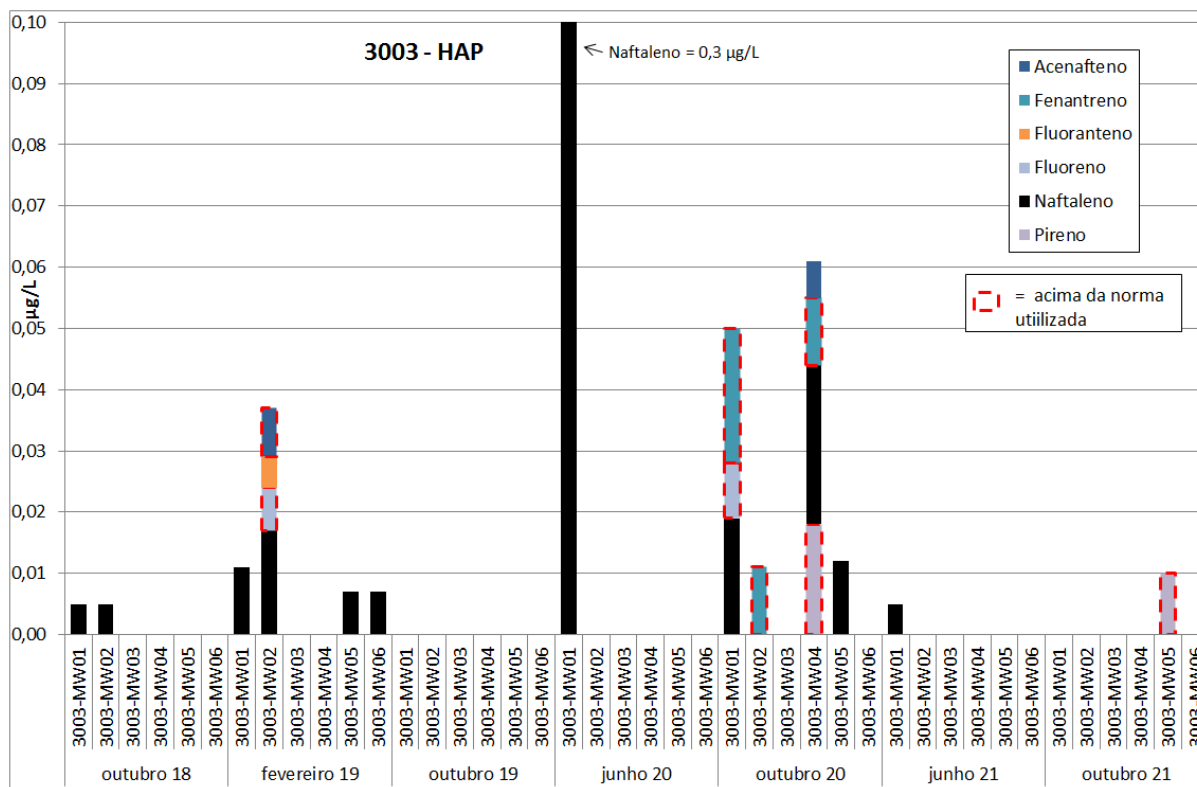


Figura 3.14 – Concentração em HAP nos piezómetros do Site 3003

Os metais pesados associados às atividades contaminantes do local (cf. BHATE, 2014), designadamente o chumbo e o zinco, continuam a apresentar 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). Como se referiu em relatórios anteriores, a origem destes elementos poderá ter origem no facto de as águas subterrâneas circularem em solos ricos nestes minerais permitindo assim adquirir maior mineralização.

3.2.4 Conclusões e recomendações

A Figura 3.15 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3003, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação.

Nas campanhas de 2021 registaram-se concentrações acima das normas para três COV e um HAP.

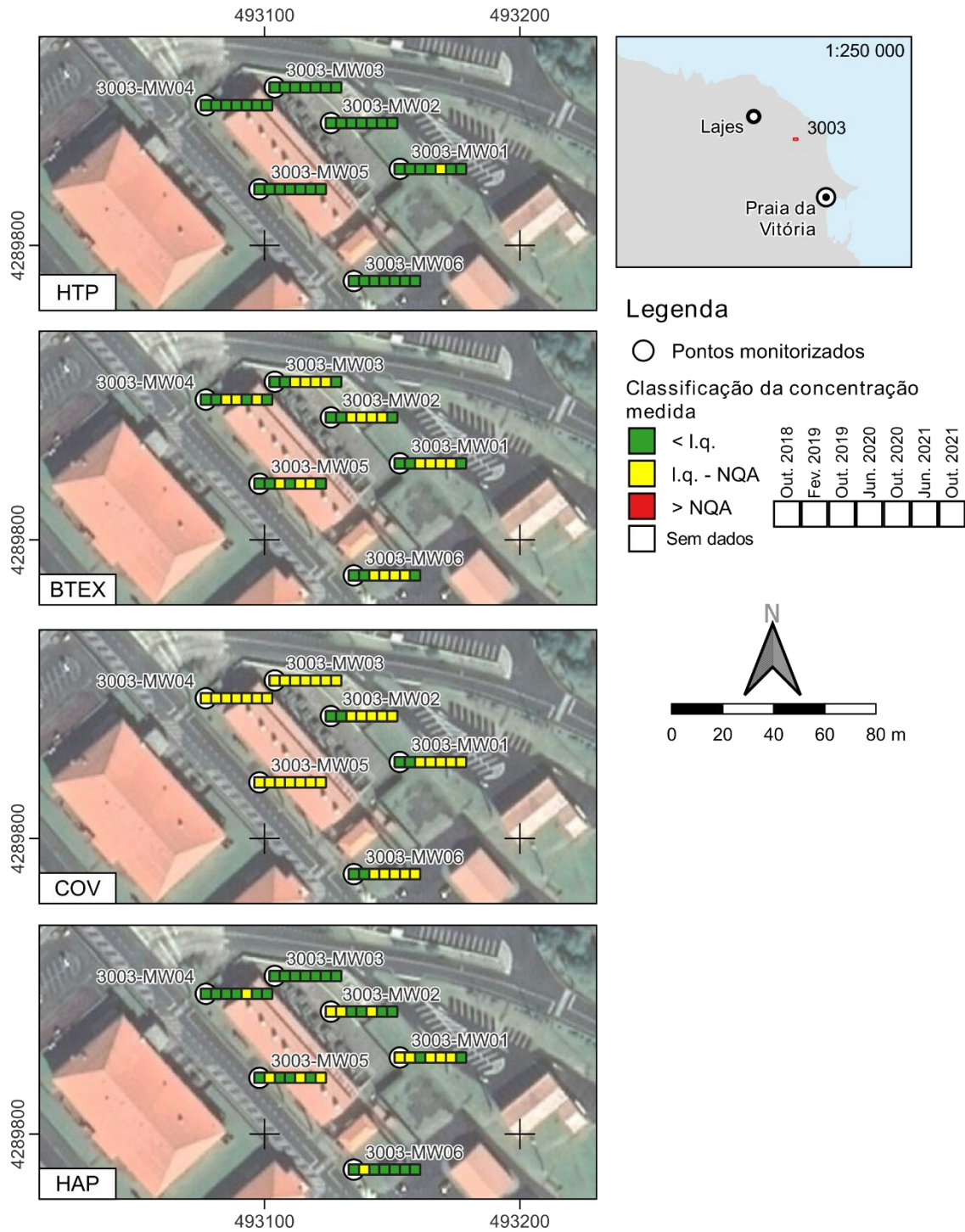


Figura 3.15 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 3003 (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição dos i.q. e das NQA)

Atendendo aos resultados de 2021, mantêm-se as conclusões apresentadas anteriormente, i.e. como 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.

3.3 Site 5001: South Tank Farm

3.3.1 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 na base da encosta da Serra de Santiago, numa zona de escarpa de falha geológica e densa vegetação natural, e tem a sul a lagoa do Paul da Praia que corresponde ao afloramento do aquífero basal (Figura 3.16).

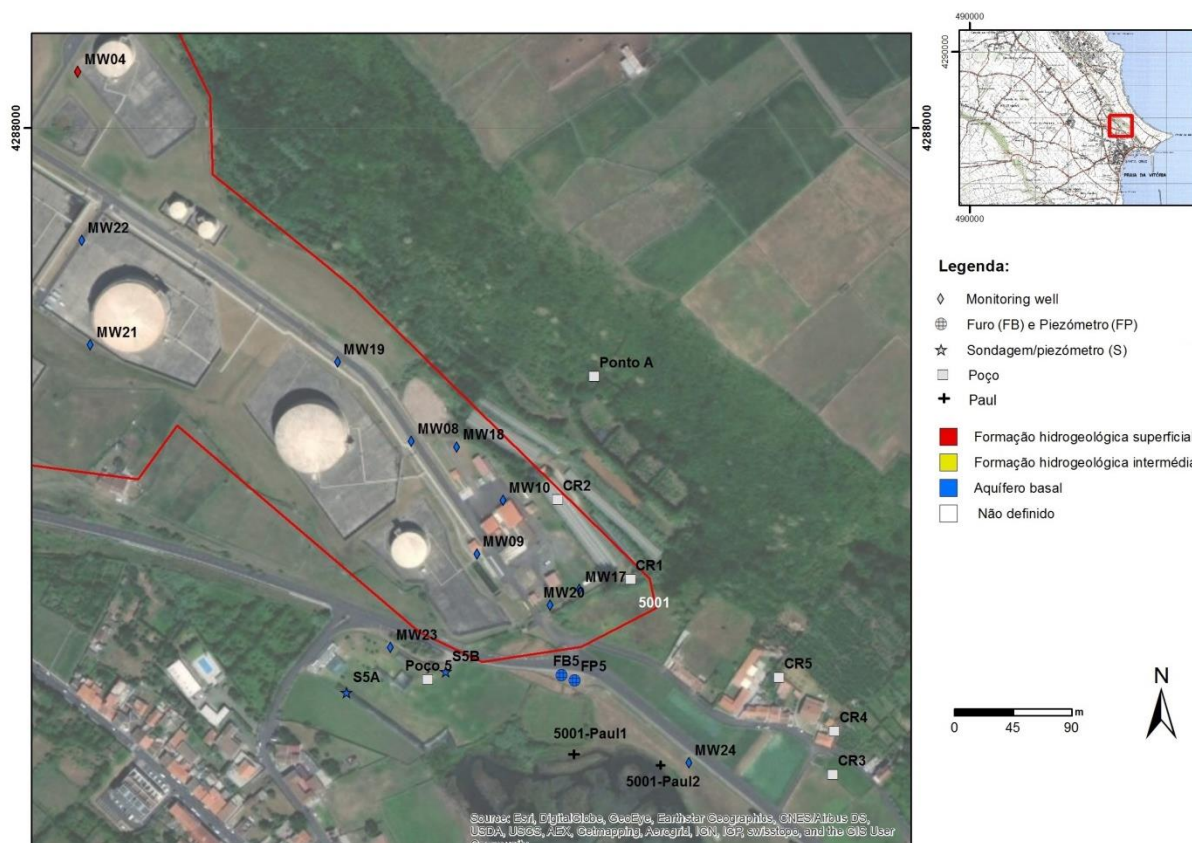


Figura 3.16 – Mapa do Site 5001

A principal questão ambiental que se coloca neste Site decorre da contaminação por hidrocarbonetos resultante do facto de estarem instalados nesta área 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 pelo LNEC em relatórios anteriores 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.

3.3.2 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 3.7).

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 à que tem vindo a ser feita nos últimos anos em dois piezómetros (FB5 e o S5B), cf. Figura 3.16), 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 3.16.

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 3.7 – 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
5001-Paul1	494666,00	4287520,00	-	-	-	-
5001-Paul2	494736,00	4287512,00	-	-	-	-

3.3.3 Resultados obtidos

3.3.3.1 Águas subterrâneas

O Quadro 3.8 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas em junho de 2021 e o Quadro 3.9 para outubro de 2021.

Os resultados apresentados nos Quadro 3.8 e Quadro 3.9 permitem observar a presença de HTP em diversos piezómetros amostrados dentro do Site 5001, em especial no piezómetro 5001-MW08 em todas as campanhas realizadas (Figura 3.17). 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. A concentração em HTP no piezómetro 5001-MW08 parece decrescente, ao contrário do que acontece nos outros dois pontos. Este facto deve ser acompanhado em campanhas posteriores para avaliar uma eventual migração da contaminação.

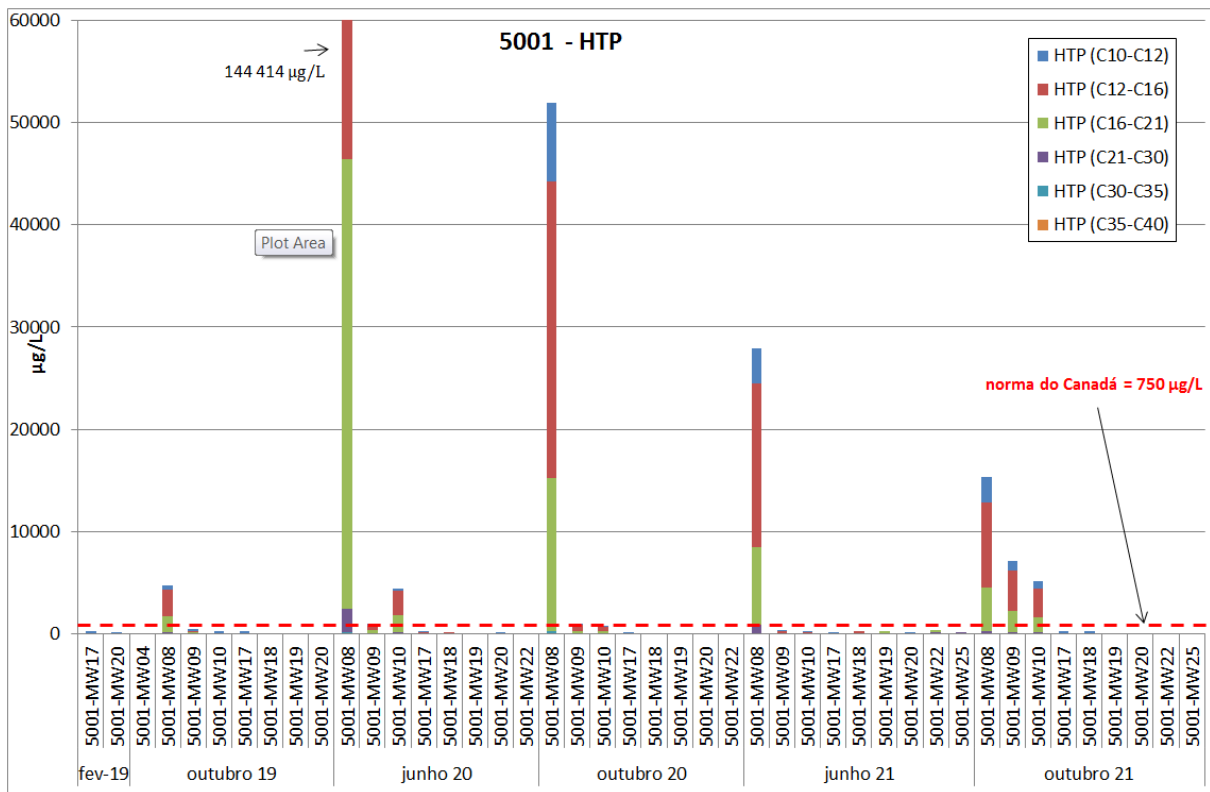


Figura 3.17 – Concentração em HTP nas águas subterrâneas do Site 5001

Em 2021 mantiveram-se as concentrações elevadas em BTEX que se observaram em campanhas anteriores, com concentrações acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA e da norma do Canadá (cf. Anexo III) para o etilbenzeno, nos piezómetros 5001-MW08 e 5001-MW17 (cf. Figura 3.18).

As concentrações em COV em 2021 continuam essencialmente a ser 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 grande maioria dos COV não-halogenados não tem normas definidas (cf. Figura 3.19). 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.

As concentrações em HAP nas águas amostradas apresentam diversos valores muito acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 3.8). Os valores mais elevados 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).

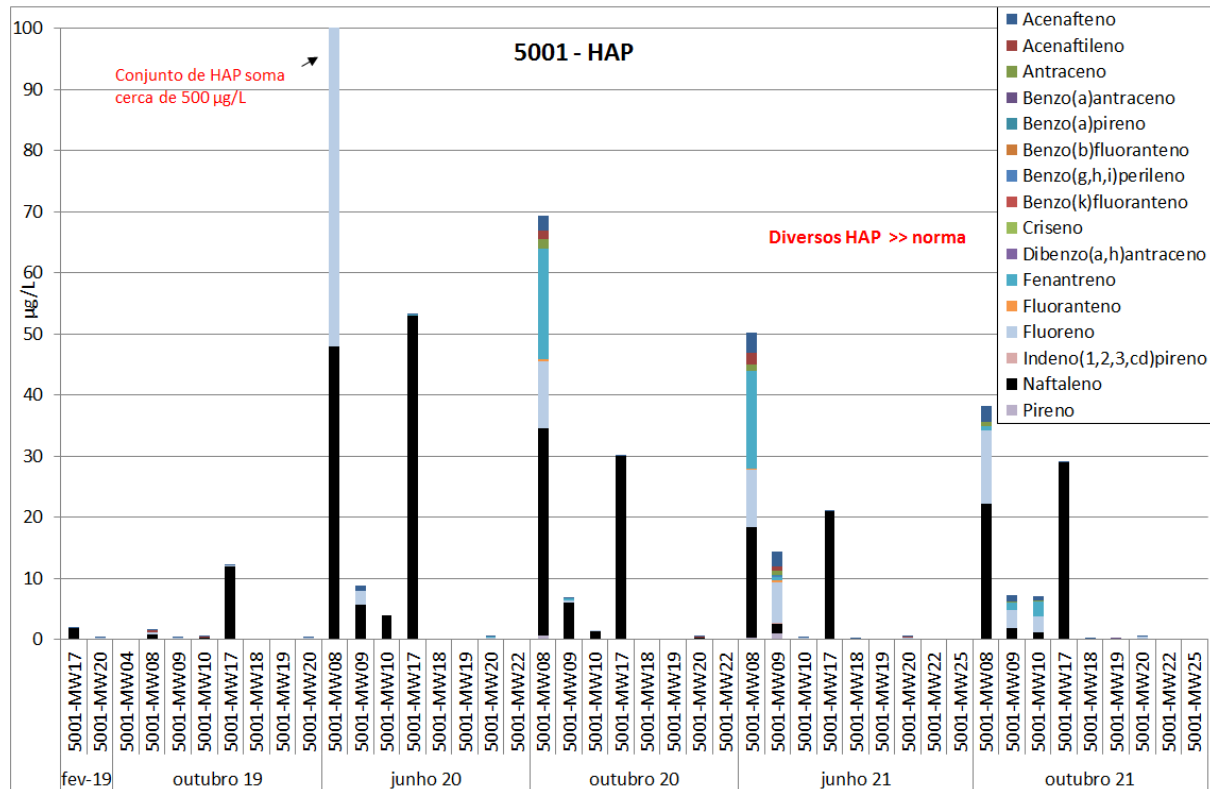


Figura 3.20 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5001

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, uma vez mais, só pode ser realizada em junho) e após o período seco (correspondente à campanha de setembro/outubro, que também apenas pode ser realizada no final de 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 3.8). O valor de Eh poderá ser um indicador das áreas onde há hidrocarbonetos em maior quantidade e está a haver biodegradação natural.

Em 2021, as concentrações em HTP estiveram acima do limite de quantificação no piezómetro 5001-MW24, com valor próximo da norma de qualidade. Trata-se de uma situação que importa manter sob vigilância.

Os BTEX e os COV encontrados dentro do Site 5001 (Figura 3.21 e Quadro 3.8) também se observam em 2021 (e anos anteriores) 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 3.21), ocorrem essencialmente para o etilbenzeno. Os COV com valores mais elevados dentro do Site 5001, como o caso do isopropilbenzeno e n-propilbenzeno (cf. Figura 3.19) também se observam nalgumas amostragens em piezómetros a jusante do Site, embora em concentrações muito inferiores e de forma esporádica.

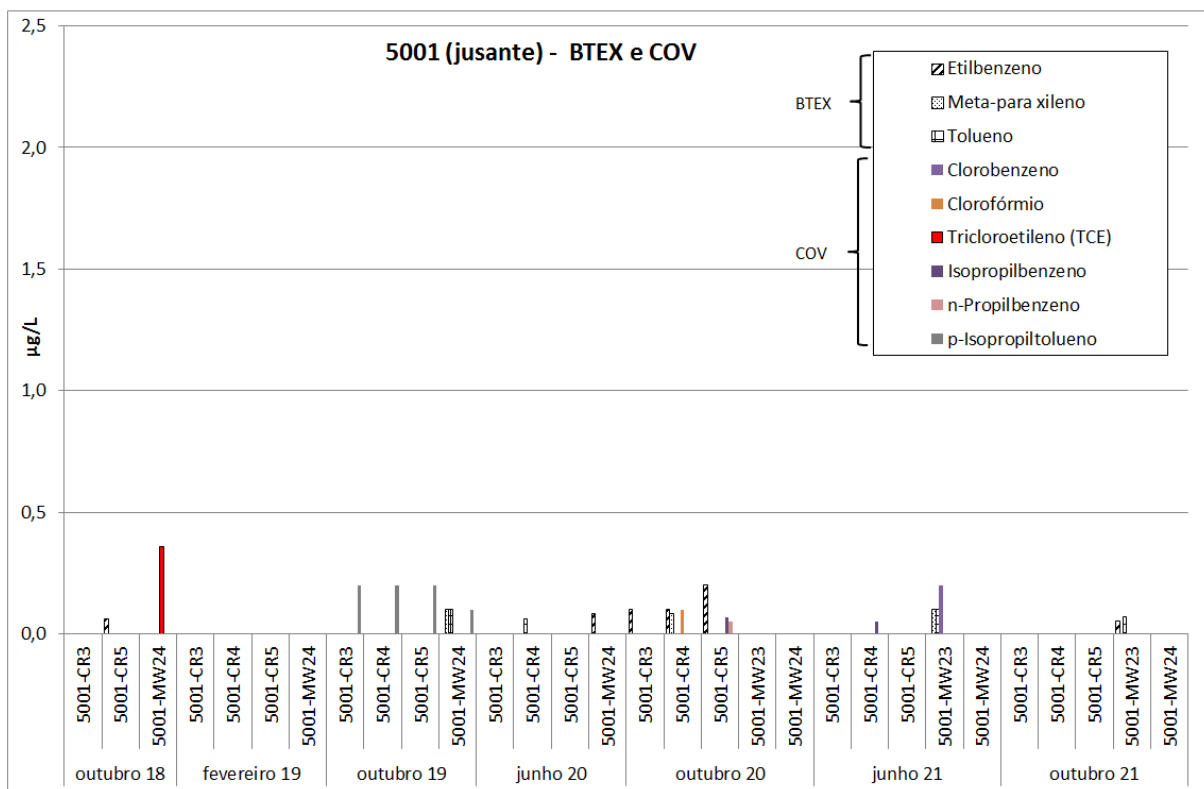


Figura 3.21 – Concentração em BTEX e COV nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001

A monitorização da concentração em hidrocarbonetos a jusante do Site 5001, com destaque para o piezómetro 5001-MW23 dada a sua localização, deverá prosseguir para avaliar a evolução desta situação.

Em 2021, a concentração de HAP nas amostras de água recolhidas fora do Site 5001 apresentou valores superiores ao limite de quantificação apenas nos piezómetros 5001-MW23 e 5001-MW24, embora em concentrações muito inferiores comparativamente com as do interior do Site 5001. Não obstante, o pireno apresenta valores acima da norma da APA (cf. Quadro 3.8).

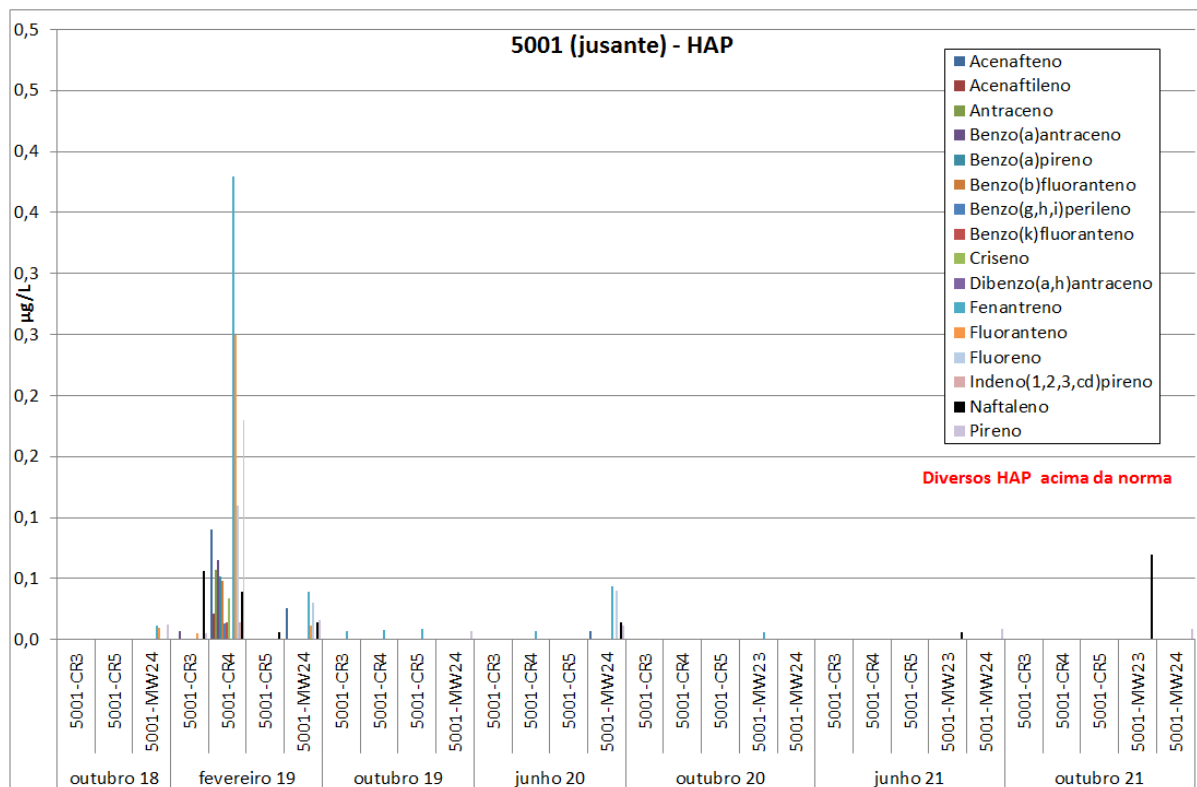


Figura 3.22 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas a jusante do Site 5001

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.

3.3.3.2 Água do Paul da Praia

O Quadro 3.10 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nas margens do Paul da Praia, a sul do Site 5001 (Figura 3.16).

Página intencionalmente deixada em branco

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 3.10), enquanto nas campanhas de fevereiro se observa mais a contribuição continental, vinda da descarga do aquífero basal, com consequente 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.

As campanhas realizadas em períodos de maior contributo continental (e menor condutividade elétrica, cf. Quadro 3.10) são aquelas em que se observaram as maiores concentrações em hidrocarbonetos (cf. fevereiro de 2019 e junho de 2020). Em 2021, em ambas as campanhas, a influência da maré era elevada (ver condutividade elétrica elevada), registando-se baixa concentração em hidrocarbonetos, próxima dos limites de quantificação.

3.3.4 Conclusões e recomendações

A Figura 3.23, Figura 3.24, Figura 3.25 e Figura 3.26 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 e jusante, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação. Nas figuras é também apresentada, devido à proximidade entre ambos os Sites, a síntese dos resultados para o Site 5010, discutidos em detalhe na Secção 3.7.

Os resultados das campanhas realizadas em 2021 mostram que se mantém elevada a contaminação dentro do Site 5001, com consequências nas águas a jusante.

Destaca-se, ainda, a manutenção da concentração muito elevada em nitratos (cerca do dobro do limite estabelecido na norma) registada nos poços 5001-CR4 e 5001-CR5. É provável que esta contaminação não esteja 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/>).

Página intencionalmente deixada em branco

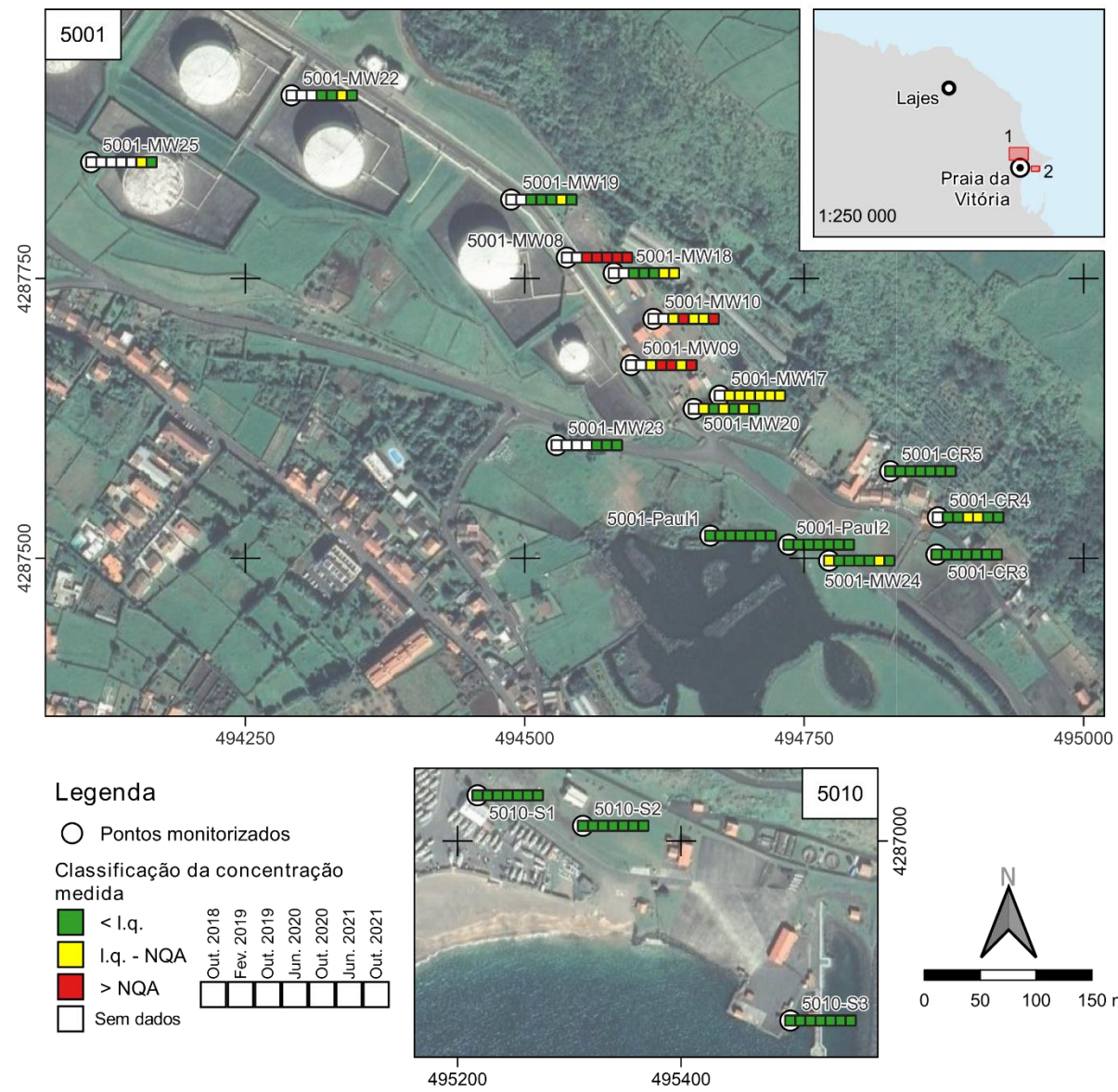


Figura 3.23 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 para os HTP

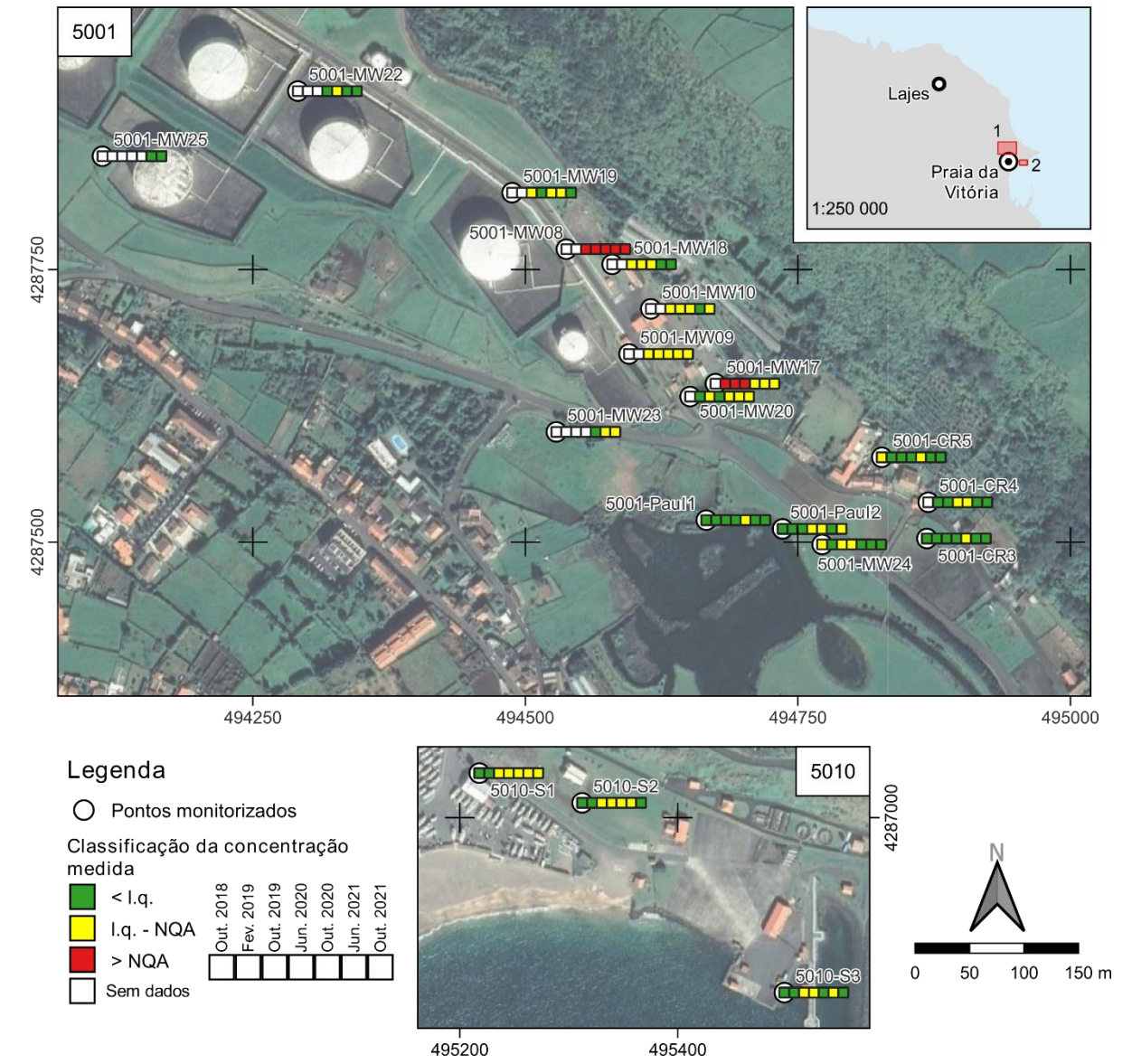


Figura 3.24 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 para os BTEX (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)

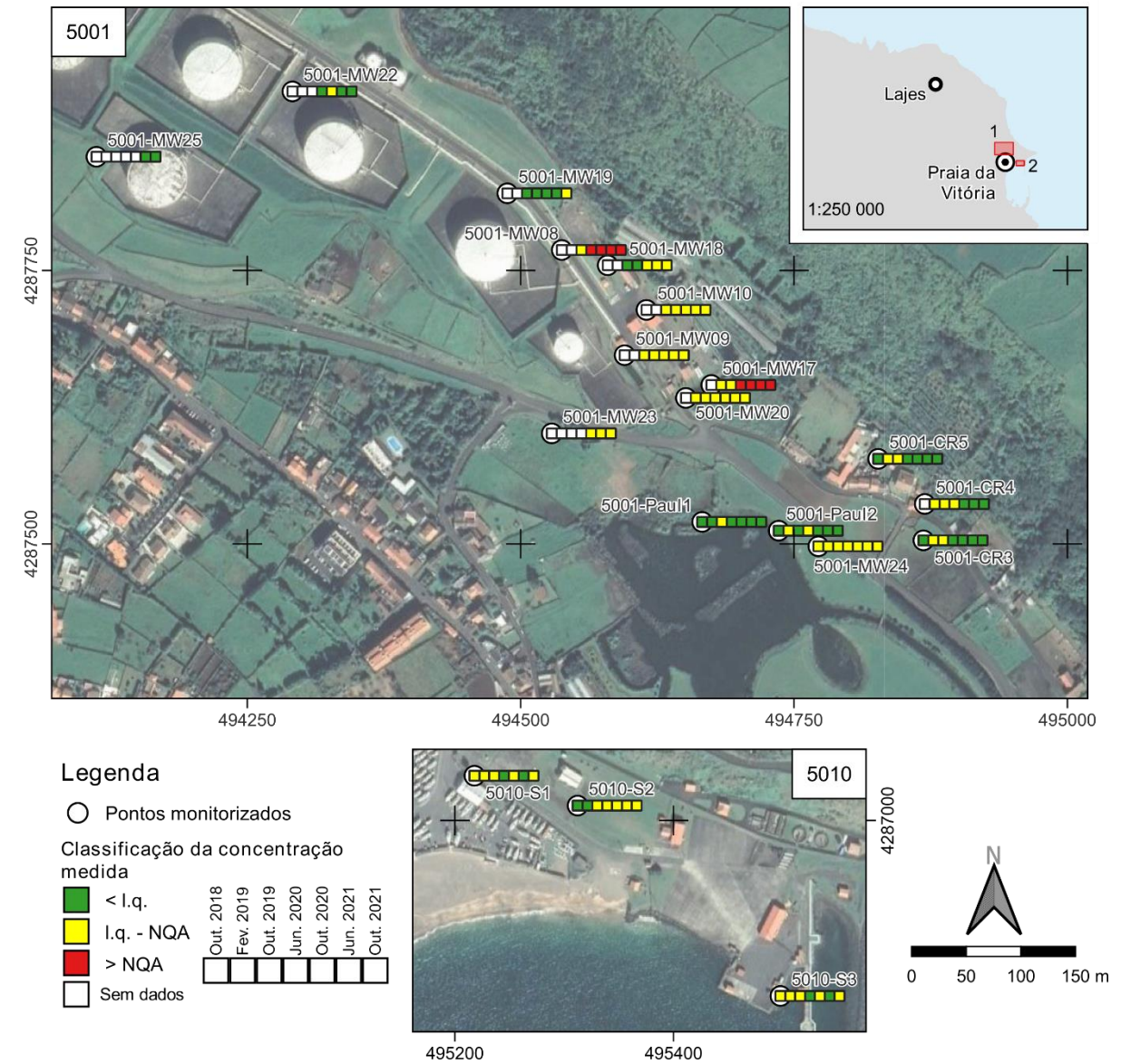
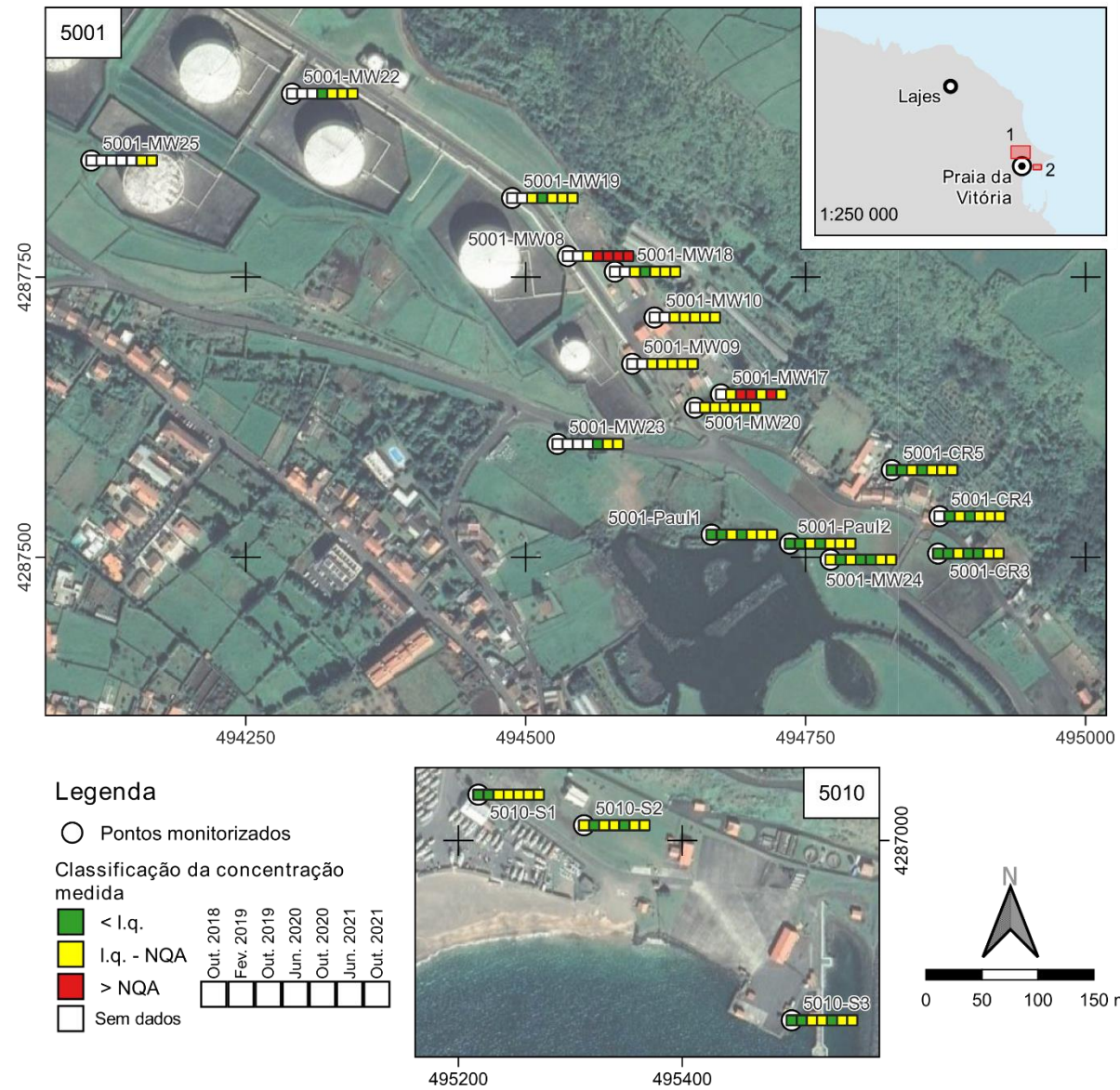


Figura 3.25 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 para os COV (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição do i.q. e da NQA)

Figura 3.26 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 os HAP (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição da NQA)

3.4 Site 5002: Cinder Pit Fuel Tanks

3.4.1 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 3.27) 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).

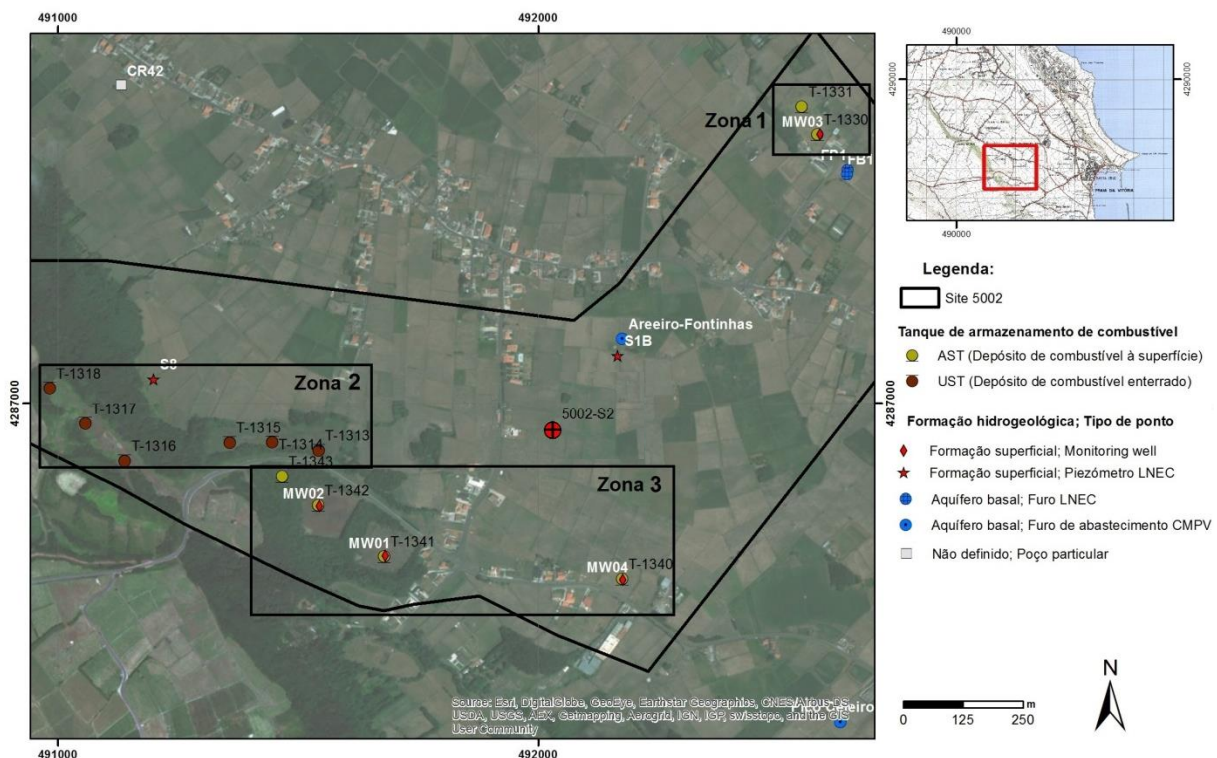


Figura 3.27 – Mapa do Site 5002

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,b), 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, recolhida em 2011, que apresentou teor em chumbo 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 menor expressão, também a Zona 1 apresentou valores acima das normas para a qualidade dos solos, com impacte 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.

3.4.2 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 3.27 ou foram destruídos ou estavam sem água, não sendo possível recolher amostras de água.

Quadro 3.11 – 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

3.4.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.12 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no piezómetro 5002-MW03 nas cinco campanhas realizadas entre 2018 e 2021.

Quadro 3.12 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no Site 5002

Designação local	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03	5002-MW03				
Data amostragem	18-10-2018	21-02-2019	02-10-2019	29-06-2020	20-10-2020	04-07-2021	26-10-2021					
Parâmetro	Unidade								Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
In situ												
Temperatura	oC	-	16,0	22,8	20,2	17,5	21,6	19,5	-	-	-	-
pH	Sorensen	-	7,16	6,59	6,84	6,78	6,48	7,42	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	-	560	480	610	605	549	486	LQ e L	2500	0	0
Potencial redox (Eh)	mV	-	295,0	297,0	163,4	143,8	160	192,5	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	-	6,92	4,91	3,63	4,77	3,87	6,02	-	-	-	-
Parâmetros agregados												
Índice de fenóis	mg/L	0,015	0,037	0,250	-0,001	-0,001	0,001		Canadá	0,89	0	4
Iões maiores												
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	87	130	110	96	99	110	140	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L	110	84	130	110	130	89	77	LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	0,68	3,10	1,60	6,40	1,10	7,10	5,90	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	61	62	43	41	46	41	30	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L	-	28	28	24	28	20	21	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	-	21	30	24	25	22	19	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	-	5,4	6,6	5,9	6,1	5,4	4,8	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	-	63	56	56	54	54	44	VP	200	0	0
Metais em solução												
Alumínio - Al	mg/L	5,00	0,10	0,21	-0,10	0,22	-0,1	-0,1	VP	0,2	3	0
Antimónio - Sb	mg/L	-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	LQ e L	0,01	0	0
Bário - Ba	mg/L	0,19	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1	0	0
Bérbilio - Be	mg/L	0,0048	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	1	0
Boro - B	mg/L	-0,10	0,17	0,29	0,30	0,25	0,32	0,4	Canadá	5	0	0
Cádmio - Cd	mg/L	0,0024	-0,0004	-0,0004	-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	-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	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	1	0
Cobre - Cu	mg/L	0,0093	-0,005	-0,005	-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	-0,001	-0,001	VP	0,05	0	0
Ferro - Fe	mg/L	11	0,11	0,21	0,50	0,2	-0,05	0,07	VP	0,2	3	0
Ferro (II)	mg/L	-	-	-	0,091	0,13	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	-	-	-	0,41	0,075	-0,05	-0,05	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,21	-	0,26	0,27	0,27	0,3	0,36	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	2,30	0,22	0,22	-0,15	0,22	-0,15	-0,15	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	0,020	0,027	0,010	-0,005	0,009	0,006	0,007	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L	0,370	0,018	0,120	-0,010	0,21	-0,01	0,01	VP	0,05	3	0
Mercúrio - Hg	µg/L	-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	-0,005	Canadá	0,07	0	0
Níquel - Ni	mg/L	-0,005	-0,005	-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	0,002	0,003	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-	-0,005	-	-	-	-	Canadá	0,002	0	0
Titânio - Ti	mg/L	-	-	-	-0,05	-0,05	0,023	-0,05	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	0,0003	-0,0050	0,0032	-0,0500	0,00135	0,00142	0,0017	Canadá	0,0062	0	0
Zinco - Zn	mg/L	3,7	-0,010	0,014	-0,010	0,016	-0,01	-0,01	Canadá	1,1	1	0
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP												
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	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	-0,05	-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	0,06	0,09	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Meta-para xileno	µg/L	-0,05	-0,05	0,10	-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	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	0
Tolueno	µg/L	-0,05	0,20	0,20	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Soma BTEX	µg/L	0,00	0,20	0,30	0,06	0,09	0,00	0,00	-	-	0	4
Soma xilenes	µg/L	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	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	-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-Tetracloretoano	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	-0,1	-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	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	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	-0,05	-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
Bromodiolometano	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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,6	0	0
cis-1,3-Dicloropropileno	µg/L	-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	0
Clorotoxeno	µg/L	-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	-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												

Página intencionalmente deixada em branco

Em 2021, não se registou a presença de nenhum hidrocarboneto acima dos limites de quantificação.

Em anos anteriores, os resultados das análises químicas das amostras de água mostraram a ausência de HTP e de COV halogenados. Observou-se a presença de três BTEX (etilbenzeno, meta-para xileno e tolueno), embora com valores abaixo das normas, e dois COV não halogenados (p-isopropiltolueno e tert-Butil álcool) com concentrações acima dos limites de quantificação, mas que não têm norma definida.

Desde 2018, os únicos compostos com concentrações acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA foram quatro HAP (criseno, fenantreno, fluoreno e pireno) em outubro de 2019 (cf. Quadro 3.12), embora com concentrações inferiores às normas de outros países (cf. Anexo III).

Quanto aos metais pesados mantém-se a observação de haver algumas campanhas com metais pesados em concentrações acima das normas (e.g. Al, Fe, Mn), o que é típico destes solos vulcânicos e das condições de especiação na altura da amostragem (responsáveis pela precipitação ou dissolução dos metais). Em 2021, não se observaram metais pesados acima das normas.

3.4.4 Conclusões e recomendações

A Figura 3.6, Figura 3.7, Figura 3.8 e Figura 3.9, apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5002, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação. No mesmo conjunto de figuras apresenta-se a síntese de resultados para os Sites 3001, 5013 e 5014 (cf. Secções 3.1, 3.8 e 3.9, respetivamente).

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 com uma situação em outubro de 2019 onde se observaram valores 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 III).

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 3.27) 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.

3.5 Site 5003: North Storm Sewer Drainage Outfall

3.5.1 Contexto histórico

O Site 5003 localiza-se no topo norte da pista de aviação da Base das Lajes (Figura 3.28). 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.

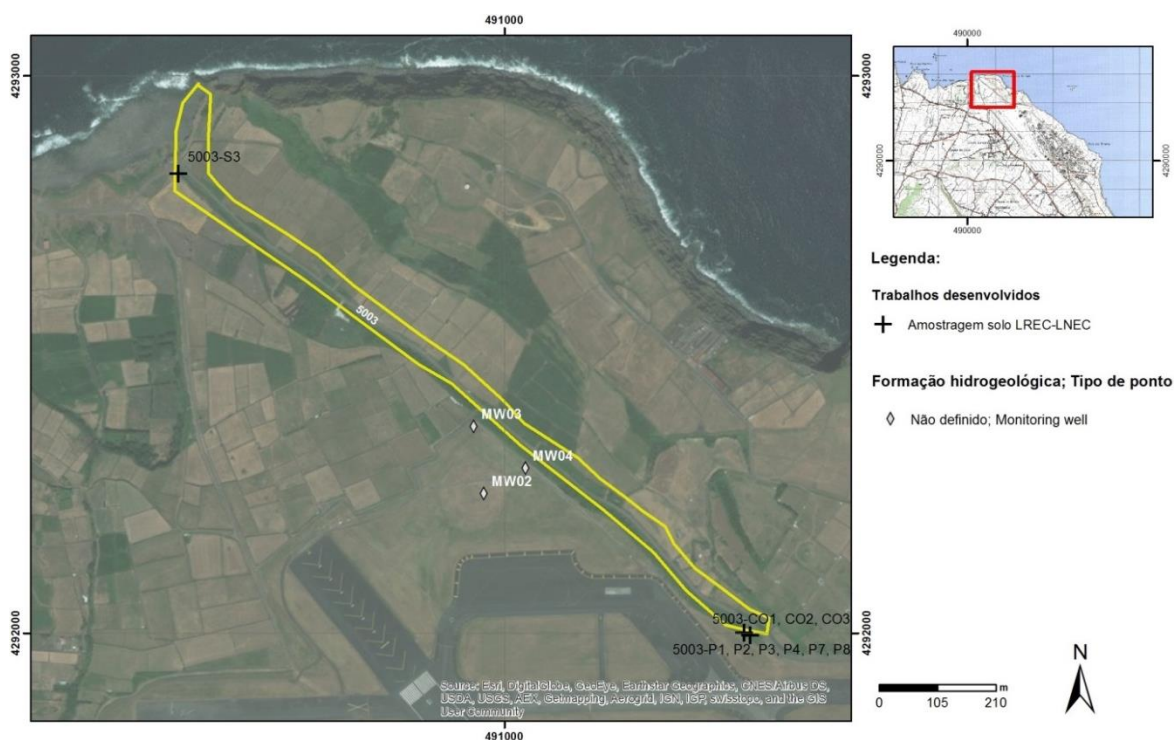


Figura 3.28 – Mapa do Site 5003

Os solos amostrados no Site 5003 foram considerados contaminados por diversos metais pesados e hidrocarbonetos. Em 2021, a USAFE iniciou obras de reparação do ponto de descarga (tendo sido previamente removidos os solos contaminados), com a instalação de uma bacia de receção que permitirá a recolha de água e separação de hidrocarbonetos, em caso de derrame.

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

3.5.2 Resultados obtidos

O Quadro 3.13 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 2021.

Página intencionalmente deixada em branco

Em 2021 não se registou a presença de nenhum hidrocarboneto acima dos limites de quantificação.

Os resultados obtidos nos últimos anos mostram que estes dependem das condições meteorológicas que precedem a amostragem. De facto, observa-se que as amostras de água que apresentam menores condutividades elétricas, em resultado da diluição após dias de elevada precipitação (e.g. fevereiro e outubro de 2019, e junho de 2020), são aquelas onde se observaram maiores concentrações em hidrocarbonetos possivelmente resultantes da lavagem da pista.

No Quadro 3.13 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 3.22), embora nas últimas três amostragens estes compostos não tenham sido registados.

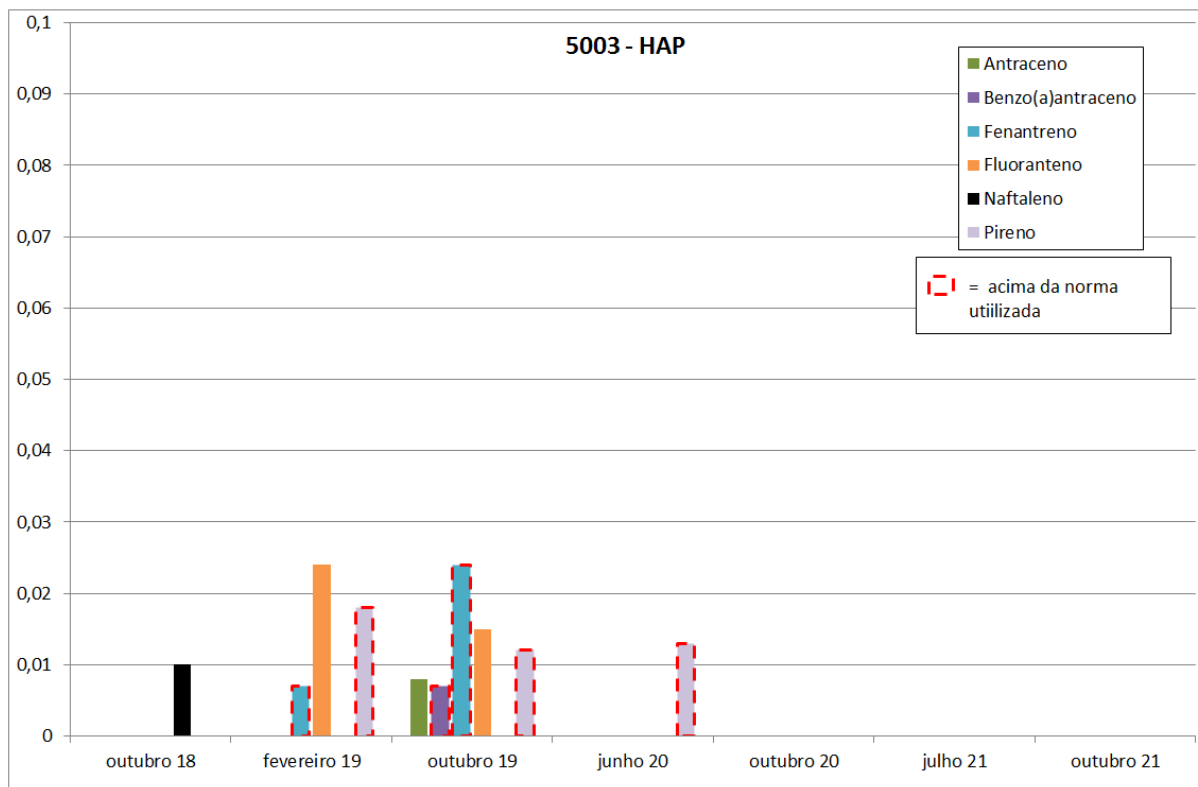


Figura 3.29 – Concentração em HAP nas águas subterrâneas do Site 5003

As obras de requalificação da área da descarga da água drenada da pista, e a respetiva remoção dos solos contaminados, permitirão melhorar a qualidade ambiental deste local. Todavia, importa manter a análise da qualidade destas águas que, apesar de apresentarem concentrações baixas, têm um efeito cumulativo nos solos da zona de descarga.

Em 2021, à semelhança de campanhas anteriores, os metais pesados apresentaram 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.

3.5.3 Conclusões e recomendações

A Figura 3.30 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5003, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação.

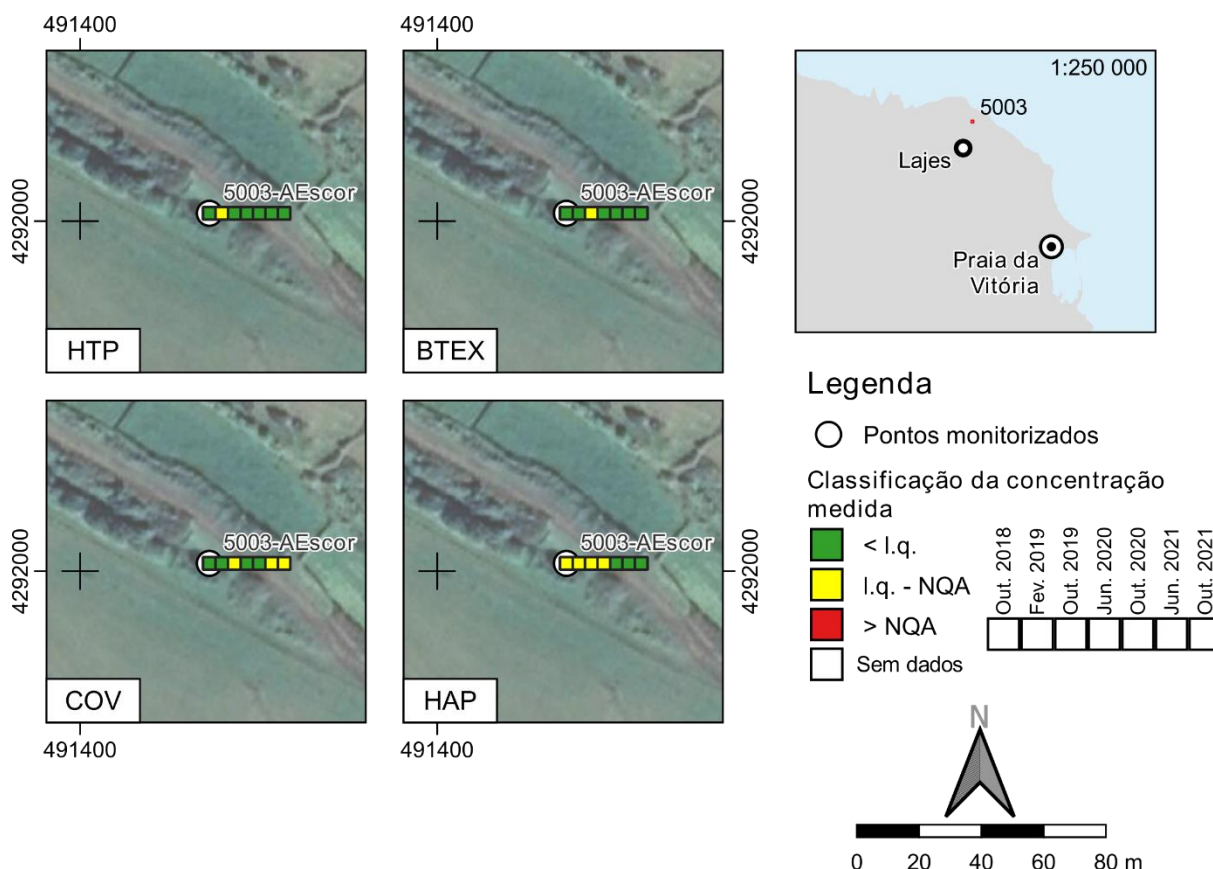


Figura 3.30 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5002 (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição dos l.q. e das NQA)

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), sendo que em 2021 já não se verificou a ocorrência de HAP.

Admite-se que a estrutura em construção neste local permita promover uma adequada remoção dos contaminantes contidos nas águas de escorrência da pista antes da rejeição das águas para o meio ambiente. Mantém-se, contudo, a recomendação de avaliar a sua eficácia através da monitorização ao longo do primeiro ano de funcionamento, com uma 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.

3.6 Site 5008: Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ

3.6.1 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 3.31) 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 (2011) 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.

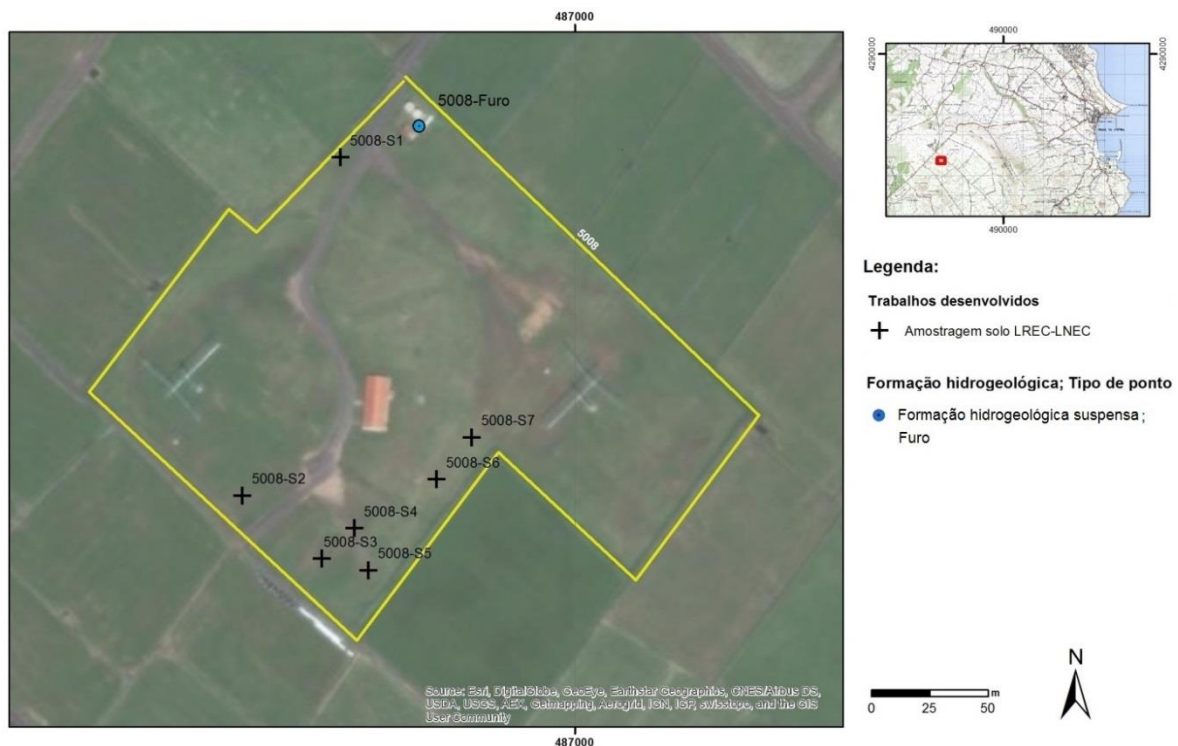


Figura 3.31 – Mapa do Site 5008

O Site 5008 apresentou solos considerados contaminados por diversos metais pesados e hidrocarbonetos (AMEC, 2011). 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.

3.6.2 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.

3.6.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.14 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no furo do Site 5008 entre 2018 e 2021.

Quadro 3.14 – Resultados das análises químicas das amostras de água recolhidas no furo do Site 5008

Parâmetro	Unidade	5008-Furo	5008-Furo	5008-Furo	5008-Furo	5008-Furo	5008-Furo	Norma	Valor	N.º ocorrências acima do valor	N.º ocorrências positivas
		18-10-2018	03-10-2019	29-06-2020	19-10-2020	01-07-2021	26-10-2021				
In situ											
Temperatura	°C	17,1	16,6	18,3	15,0	16,1	16,4	-	-	-	-
pH	Sorensen	7,11	6,86	6,46	7,37	7,01	7,04	LQ e L	5,5; 9	0	0
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	162,9	149,2	169,7	163,0	190,0	161,0	LQ e L	2500	0	0
Potencial redox (Eh)	mV	79,0	140,9	127,6	80,7	176,9	143,4	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/l	-	2,99	4,02	1,89	4,5	4,72	-	-	-	-
Parâmetros agregados											
Índice de fendís	mg/L	0,0025	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	Canadá	0,89	0	1
Iões maiores											
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	60	51	59	70	65	65	-	-	0	0
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	0
Cloreto - Cl	mg/L	18	17	17	16	25	19	LQ e L	250	0	0
Nitrato - NO ₃	mg/L	5,9	5,3	7,0	4,5	7,1	6,5	NQ	50	0	0
Sulfato - SO ₄	mg/L	5,0	7,4	7,1	5,1	6,2	5	LQ e L	250	0	0
Cálcio - Ca	mg/L	5,6	5,1	5,9	6,2	6,2	5,7	-	-	0	0
Magnésio - Mg	mg/L	4,2	3,8	5,0	5,3	5,1	5	-	-	0	0
Potássio - K	mg/L	5,5	5,3	6,0	6,0	6,2	5,8	-	-	0	0
Sódio - Na	mg/L	19	19	20	91	24	21	VP	200	0	0
Metais em solução											
Alumínio - Al	mg/L	-0,1	-0,1	-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	-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	LQ e L	0,01	0	0
Bárium - 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	-0,1	-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	-0,0004	LQ e L	0,005	0	0
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	0,030	-0,005	-0,005	-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	0,0100	0,1300	0,0063	0,0470	-0,0050	0,1700	VP	2	0	0
Crómio - Cr	mg/L	-0,0010	0,0011	-0,0010	-0,0010	-0,0010	-0,0010	VP	0,05	0	0
Ferro total (Fe total)	mg/L	0,73	2,30	0,37	0,37	0,23	2,6	VP	0,2	6	6
Ferro (II)	mg/L	-	-	0,19	0,22	0,08	0,62	-	-	0	0
Ferro (III)	mg/L	-	-	0,18	0,14	0,18	1,9	-	-	0	0
Fluoreto - F	mg/L	0,27	0,25	0,26	0,27	0,24	0,23	VP	1,5	0	0
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,24	0,22	0,21	-0,15	0,2	0,19	-	-	0	0
Lítio - Li	mg/L	0,020	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-	-	0	0
Manganês - Mn	mg/L	0,036	0,037	0,019	-0,010	-0,010	0,050	VP	0,05	0	0
Mercurio - Hg	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	LQ e L	1	0	0
Molibdênio - Mo	mg/L	-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	VP	0,02	0	0
Selénio - Se	mg/L	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,0009	-0,001	-0,001	VP	0,01	0	0
Tálio - Tl	mg/L	-	-0,0005	-	-	-	-	Canadá	0,002	0	0
Titânio - Ti	mg/L	-	-	-0,05	-0,05	-0,005	-0,05	-	-	0	0
Vanádio - V	mg/L	0,00426	0,00257	-0,05000	0,00450	0,00470	0,00450	Canadá	0,0062	0	0
Zinco - Zn	mg/L	0,14	1,00	0,12	0,25	0,09	1,8	Canadá	1,1	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	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	18	-15	-15	-15	-15	-	-	0	1
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	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	1
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	1
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	0,06	0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	2
Soma BTEX	µg/L	0,06	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	-	-	0	3
Soma xilenes	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	-0,1	-0,1	-	-	0	0
1,2,4-Trimetilbenzeno	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
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	-0,2	-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	-1	-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	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	0	0
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	-0,1	-0,1	-0,1	L	0,65	0	0
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	-0,5	-0,5	-0,5	1,1	-0,5	-	-	0	1
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	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	0
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,05									

Página intencionalmente deixada em branco

Os resultados obtidos em 2021 confirmam o referido em relatórios anteriores. Trata-se de uma água com características de qualidade muito estáveis, 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 do aquífero basal. A concentração em fluoreto também é típica das formações suspensas.

Em 2021, o único hidrocarboneto registado foi o tribromometano, na campanha de junho.

Apesar de se ter observado a presença de hidrocarbonetos nalguma das campanhas efetuadas, observa-se que a maioria das análises apresentam resultados abaixo ou próximos dos limites de quantificação (HTP, BTEX, COV e HAP), embora o fenantreno e de pireno tenham tido concentrações acima dos limiares estabelecidos pela APA em outubro de 2019. Estas concentrações estão, contudo, muito abaixo dos valores estabelecidos noutros países.

Os valores acima da norma obtidos para alguns metais pesados (ferro e chumbo) podem dever-se ao próprio material da tubagem do furo. O zinco apresentou concentração acima da norma na última campanha. Os restantes metais pesados apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação ou valores muito baixos.

3.6.4 Conclusões e recomendações

A Figura 3.32 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5008, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação.

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.

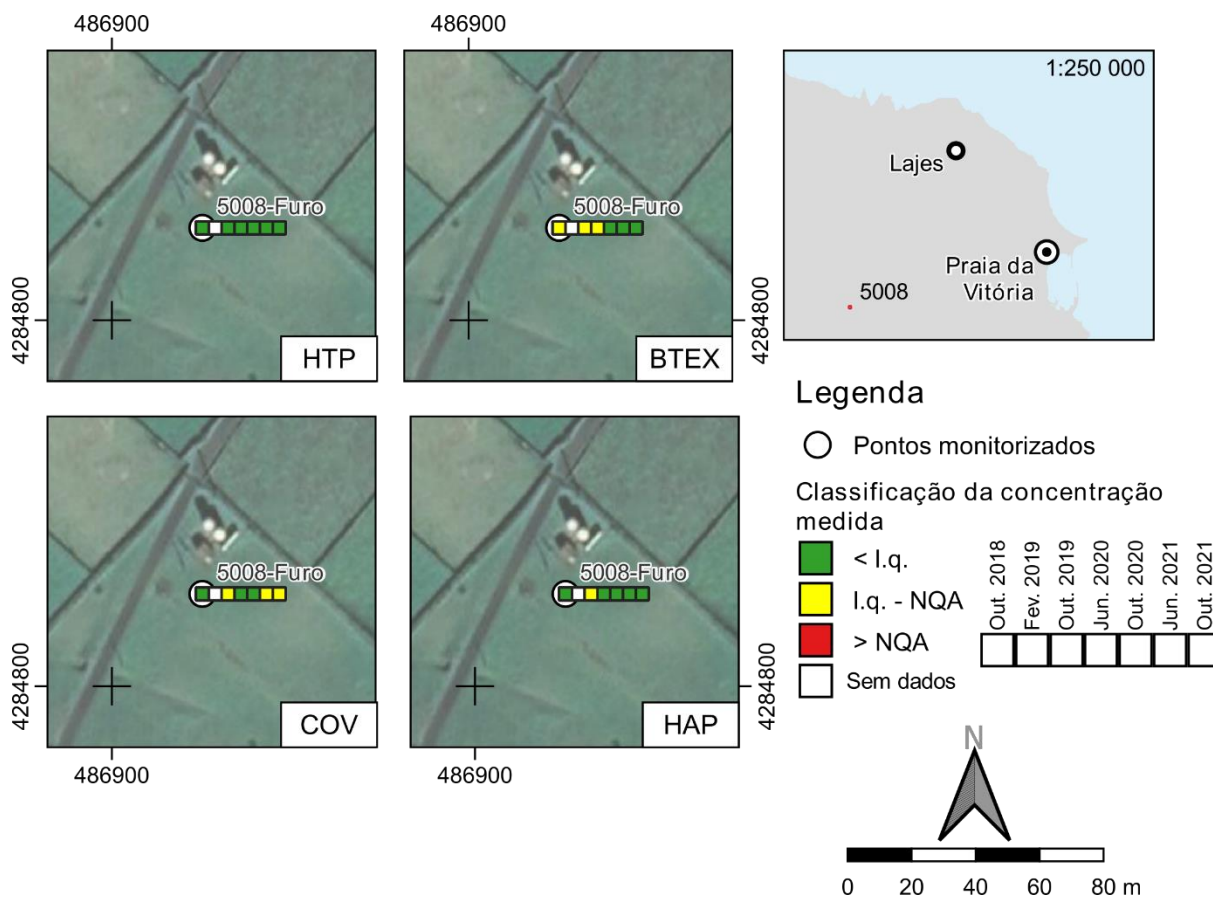


Figura 3.32 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5008 (valores médios) (ver no Quadro 2.1 a metodologia de definição dos I.q. e das NQA)

3.7 Site 5010: Medium Port Command

3.7.1 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 3.33). 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. No entanto, recomenda que a água do porto adjacente à área dos solos impactados por hidrocarbonetos seja monitorizada periodicamente.



Figura 3.33 – 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 2021.

3.7.2 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 3.15. Neste local, o aquífero basal encontra-se apenas a cerca de 2 m de profundidade.

Quadro 3.15 – 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

3.7.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.16 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos três piezómetros do Site 5010, em junho e em outubro de 2021.

Página intencionalmente deixada em branco

No Site 5010 não se observaram HTP nas águas subterrâneas amostrada e analisadas em 2021, mantendo-se a situação idêntica ao observado anteriormente.

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, diminuíram desde então. Em 2021, apenas se observaram BTEX no piezómetro 5010-S1 (Figura 3.34).

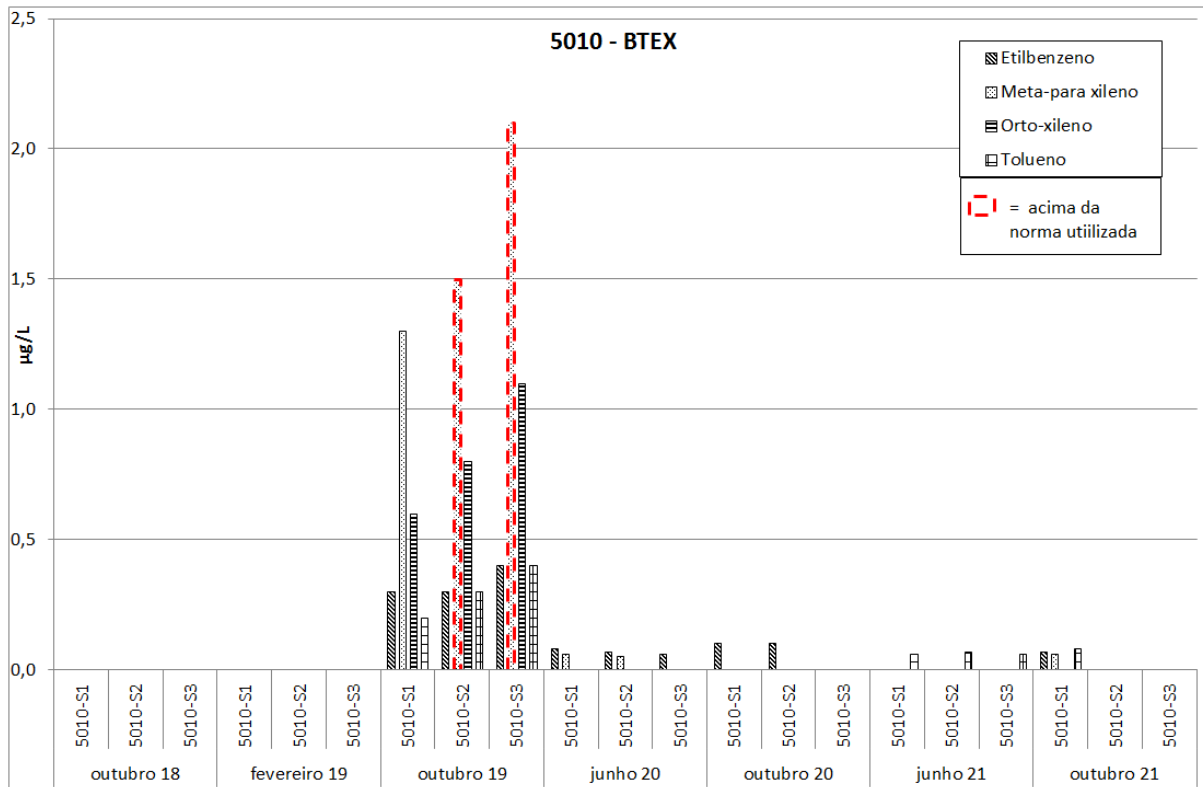


Figura 3.34 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5010

A presença de COV nas últimas campanhas tem sido esporádica nas águas dos três piezómetros, em nenhum caso ultrapassando as normas, quando existentes (Quadro 3.16). Os principais compostos acima dos limites de quantificação são COV não halogenados (Figura 3.35). Nos resultados de 2021 apenas se registou triclorofluorometano nas águas do piezómetro 5010-S3, na campanha de outubro.

Em relação aos HAP analisados nas águas subterrâneas dos três piezómetros amostrados, observa-se a sua presença em concentrações acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (em diversos casos, também estão acima dos limites estabelecidos noutros países, Canadá e Holanda) nas campanhas de outubro de 2019 e de 2021 (cf. Figura 3.36), sendo o piezómetro 5010-S3 o que apresenta as maiores concentrações. O que parecia tratar-se de um evento isolado em 2019, semelhante ao verificado para os BTEX, volta a verificar-se em 2021. Poderá encontrar-se alguma justificação para esta contaminação decorrente da recente utilização deste local como “Drive Through” para rastreio de COVID-19, associada aos elevados níveis piezométricos e à permeabilidade do pavimento. O piezómetro 5010-S3 encontra-se, contudo, fora do percurso dos carros. Havia obras nos pipelines próximo a este piezómetro na altura da amostragem.

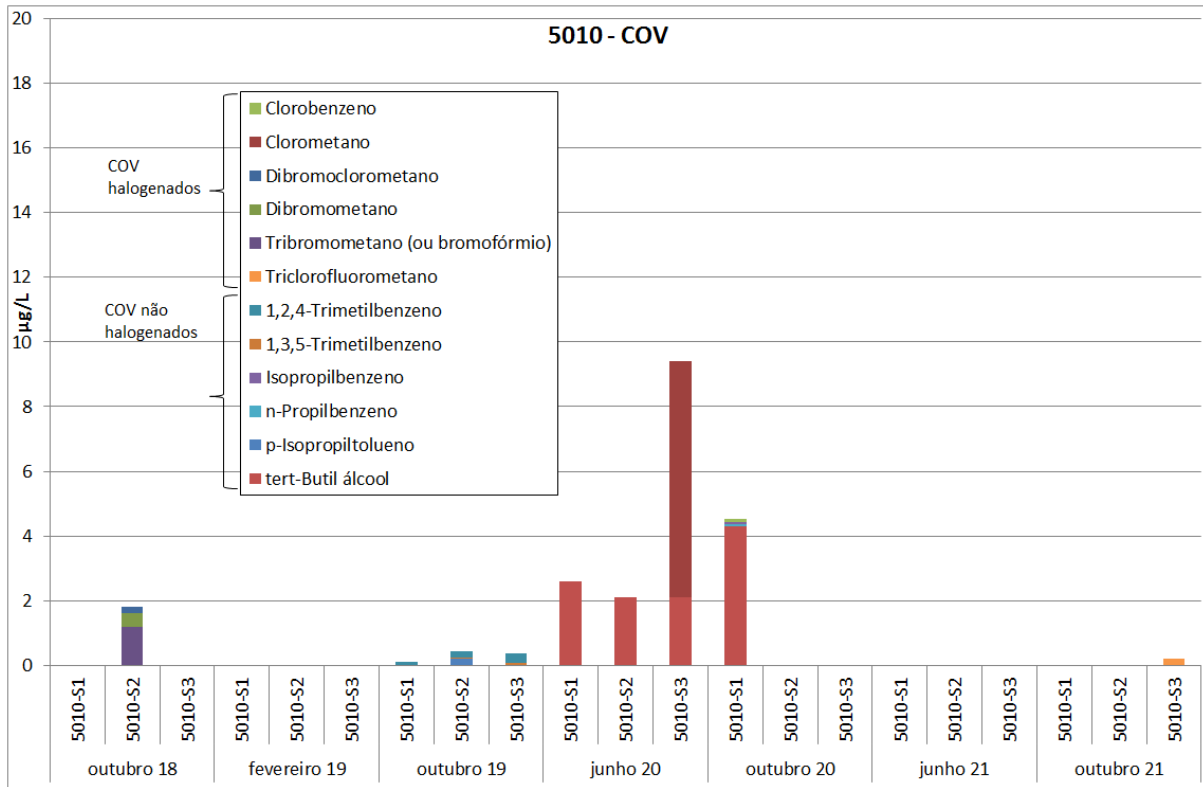


Figura 3.35 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5010

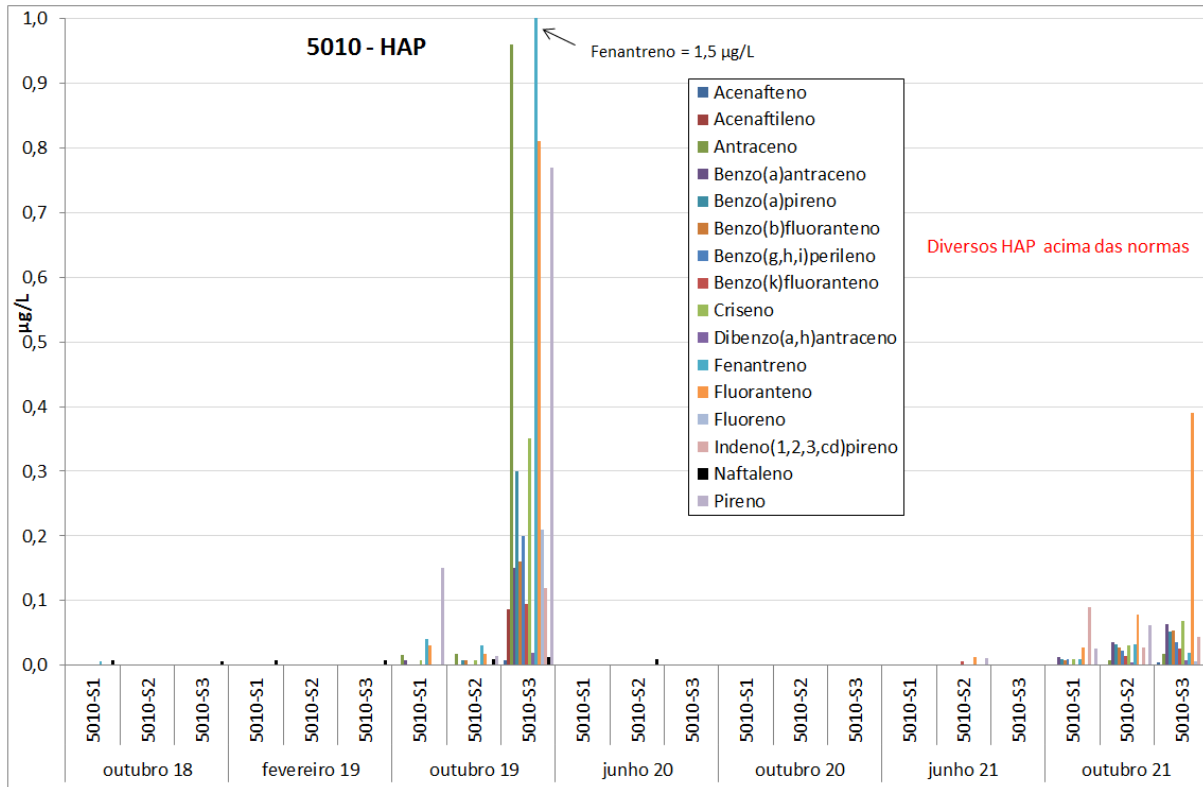


Figura 3.36 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5010

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.

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.

3.7.4 Conclusões e recomendações

A Figura 3.23, Figura 3.24, Figura 3.25 e Figura 3.26 apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5001 e jusante, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação. Nas figuras é também apresentada, devido à proximidade entre ambos os Sites, a síntese dos resultados para o Site 5001, discutidos em detalhe na Secção 3.3.

Na campanha de outubro de 2021 voltou a observar-se a presença de diversos HAP com valores acima dos limites estabelecidos pela APA (benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno e pireno) e, nalguns casos, acima dos limites adotados pela Canadá. Apenas os HAP apresentaram valores acima das normas.

Este facto revela a lixiviação dos contaminantes presentes nos solos. Já em 2019, aquando da amostragem e análise dos solos resultantes da perfuração dos três piezómetros, observaram-se HAP acima dos limites do Canadá em diversas amostras e profundidades (cf. Leitão, Mota e Antunes, 2019). 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 2021 poderão estar relacionadas com o uso do local como centro de testagem COVID na modalidade de “Drive Through”, que resultou na acumulação diária de veículos no Site.

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.

3.8 Site 5013: Military Highway Spill

3.8.1 Contexto histórico

O Site 5013 localiza-se numa bifurcação da estrada (também conhecida por estrada militar, Figura 3.37) 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 3.37).

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.

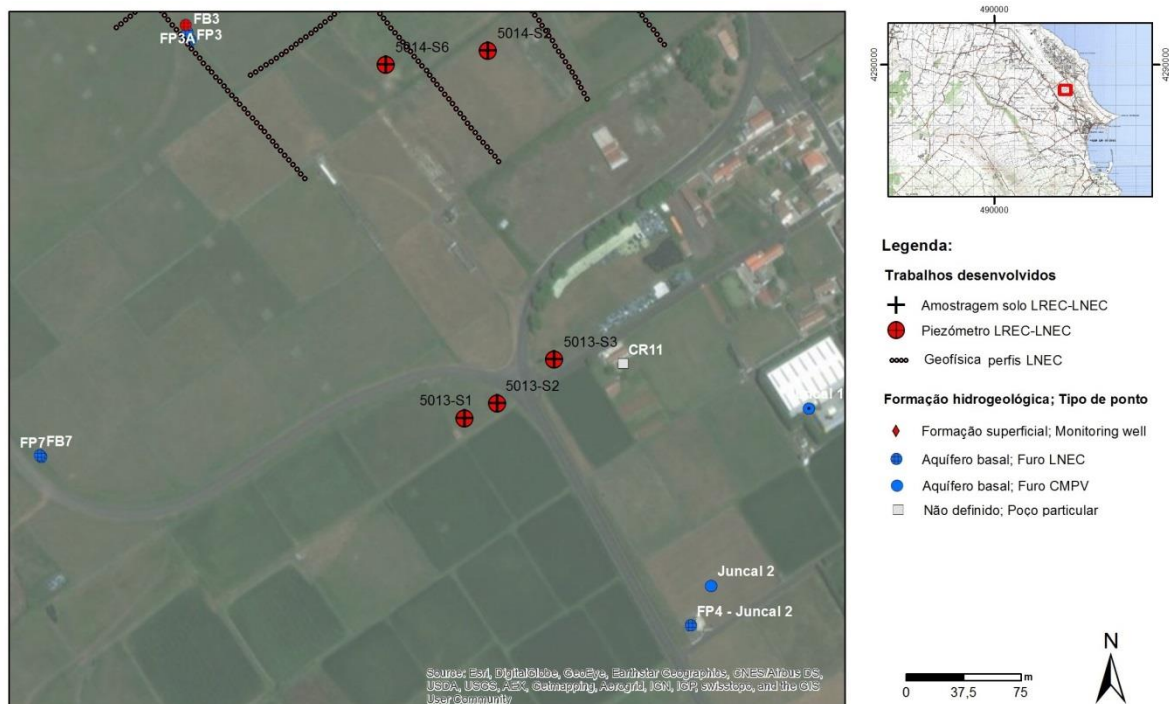


Figura 3.37 – Mapa do Site 5013

3.8.2 Plano de monitorização

O plano de monitorização do Site 5013 prevê a análise da qualidade das águas subterrâneas nos três piezómetros, cujas características são apresentadas no Quadro 3.17. Contudo, o piezómetro 5013-S2 nunca teve água e o 5013-S1 só teve água nas duas primeiras campanhas, pelo que apenas tem sido possível amostrar o piezómetro 5013-S3. Crê-se que este local corresponde à parte terminal da formação hidrogeológica superficial.

Quadro 3.17 – 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

3.8.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.18 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

Página intencionalmente deixada em branco

Em 2021 não foram encontrados quaisquer hidrocarbonetos na água do piezómetro 5013-S3.

Os únicos compostos orgânicos que apresentaram concentrações ligeiramente acima do limite de quantificação nalguma campanha foram o etilbenzeno, clorometano e PCE, além de seis HAP (cf. Quadro 3.18 e Figura 3.38), três dos quais acima dos limites estabelecidos pela APA (criseno, fenantreno e pireno), mas bastante inferiores aos limites estabelecidos noutros países.

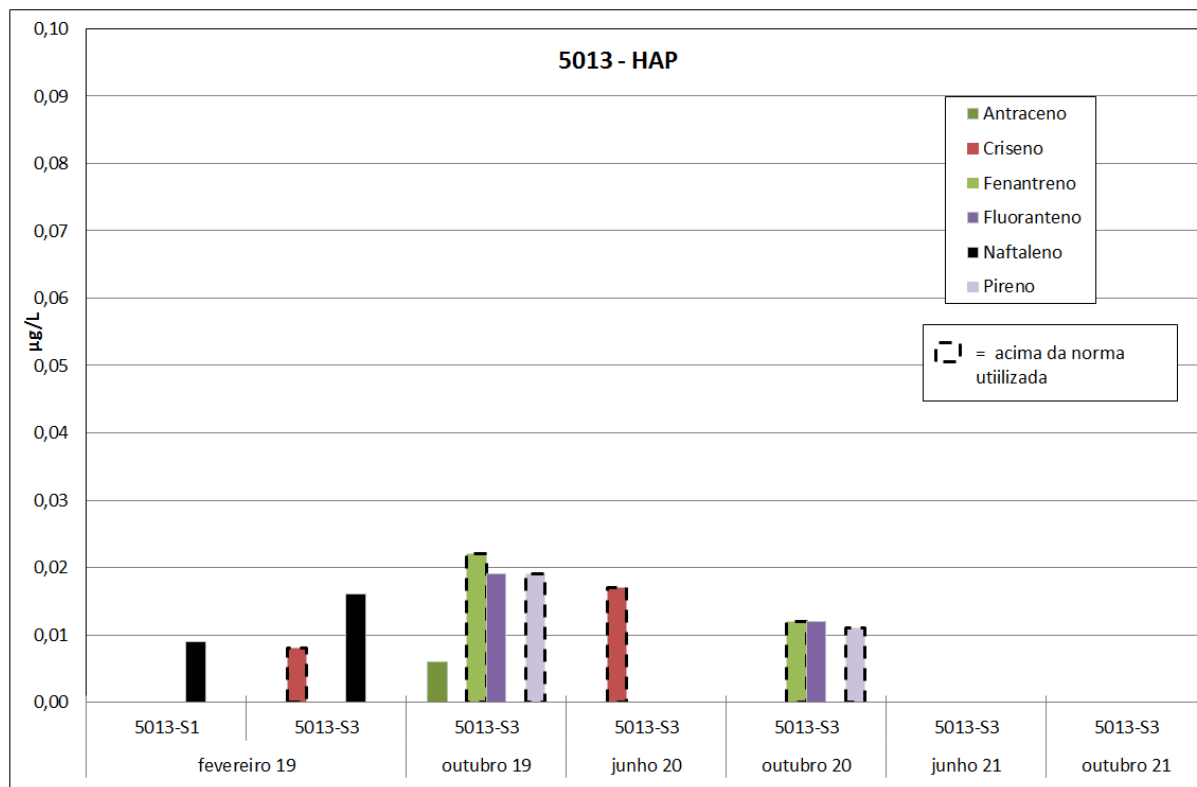


Figura 3.38 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5013

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, cujas concentrações têm vindo a diminuir.

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.

3.8.4 Conclusões e recomendações

A Figura 3.6, Figura 3.7, Figura 3.8 e Figura 3.9, apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5013, com valores definidos de acordo com a metodologia explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação. No mesmo conjunto de figuras apresenta-se a síntese de resultados para os Sites 3001, 5002 e 5014 (cf. Secções 3.1, 3.4 e 3.9, respetivamente).

No conjunto de campanhas realizadas, as concentrações de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas em anos anteriores foram 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, procedeu-se à monitorização das águas subterrâneas para avaliar a evolução desta situação. Os resultados obtidos para as concentrações nas águas subterrâneas conduzem a que se admita que a biodegradação natural seja suficiente para a bioreabilitação deste Site, mesmo considerando que o uso do local para pastagem, uma vez que a contaminação remanescente tenderá a infiltrar-se.

3.9 Site 5014: Former Running Track

3.9.1 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 3.39 apresenta a localização do Site 5014 com os piezómetros e os perfis geofísicos 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, 2011) 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.

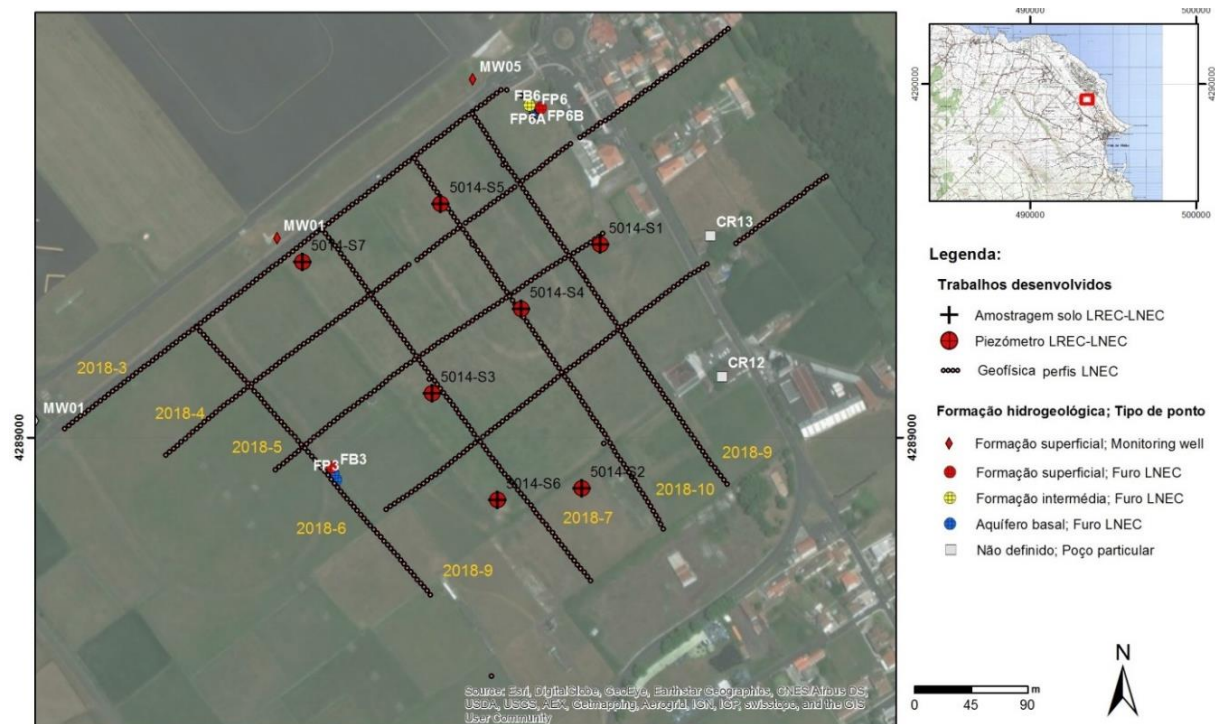


Figura 3.39 – Mapa do Site 5014

3.9.2 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 3.19.

Quadro 3.19 – 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

3.9.3 Resultados obtidos

O Quadro 3.20 apresenta os resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas nos piezómetros do Site 5014 em junho 2021 e o Quadro 3.21 apresenta os resultados relativos a outubro de 2021.

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

Quadro 3.21 – Resultados das análises químicas de amostras de água recolhidas no Site 5014, em outubro de 2021

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	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021	24-10-2021					
Parâmetro																				
In situ																				
Temperatura	oC	19,1	18,9	18,5	18,9	19	18	18,7	19,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	Sorensen	7,2	7,4	6,96	7,52	7,93	7,6	7,12	7,29	LQ e L	5,5; 9	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Condutividade eléctrica	µS/cm (20°C)	971	721	556	458	436	1238	477	737	LQ e L	2500	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencial redox (Eh)	mV	107,0	227,0	-35,0	87,4	-97,0	-96,0	247,8	123,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxigénio dissolvido	mg/L	2,21	3,70	3,50	4,11	2,20	2,96	4,70	6,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parâmetros agregados																				
Índice de fenóis	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	Canadá	0,89	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Íões maiores																				
Bicarbonato - HCO ₃	mg/L	560	350	210	200	200	330	150	270	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbonato - CO ₃	mg/L	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorato - Cl	mg/L	67	76	58	55	39	280	71	91	LQ e L	250	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato - NO ₃	mg/L	-0,1	2,3	-0,1	2,1	-0,1	-0,1	0,7	15,0	NQ	50	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato - SO ₄	mg/L	58	13	6	13	9	-5	25	28	LQ e L	250	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio - Ca	mg/L	120	56	21	38	33	73	22	73	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésio - Mg	mg/L	29	21	13	13	14	32	11	16	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Potássio - K	mg/L	20	16	9	8	19	14	6	23	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Sódio - Na	mg/L	69	76	52	42	31	120	54	49	VP	200	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Metais em solução																				
Alumínio - Al	mg/L	0,33	-0,10	-0,10	-0,10	0,19	0,14	-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	VP	0,005	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	-	-	-	-	-	-	-	-
Bário - Ba	mg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	Canadá	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Berílio - Be	mg/L	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	Canadá	0,004	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Boro - B	mg/L	-0,1	0,12	-0,1	0,14	-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	-0,0004	-0,0004	-0,0004	LQ e L	0,005	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo - Pb	mg/L	-0,005	-0,005	0,008	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	LQ e L	0,01	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobalto - Co	mg/L	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,005	-0,003	-0,003	-0,003	Canadá	0,0038	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre - Cu	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,016	-0,005	-0,005	-0,005	VP	2	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	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro - Fe	mg/L	0,08	0,13	32,00	0,06	2,40	5,70	-0,05	-0,05	VP	0,2	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro (II)	mg/L	-0,05	-0,05	30,00	-0,05	2,40	5,80	-0,05	-0,05	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro (III)	mg/L	0,06	0,11	1,90	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoreto - F	mg/L	0,65	0,58	0,36	0,55	0,57	0,36	0,35	0,65	VP	1,5	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato - PO ₄	mg/L	0,24	-0,15	-0,15	-0,15	1,50	4,00	-0,15	0,74	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Lítio - Li	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganês - Mn	mg/L	0,44	0,13	7,50	-0,01	1,70	2,30	1,20	-0,01	VP	0,05	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	-	-	-	-	-	-	-	-
Molibdeno - Mo	mg/L	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,013	-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	VP	0,02	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Selénio - Se	mg/L	0,0010	-0,0010	-0,0010	0,0040	0,0010	-0,0010	-0,0010	0,0020	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	-0,050	-0,050	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Vanádio - V	mg/L	0,001	0,0007	-0,0002	0,0004	0,0074	0,001	0,0007	0,0016	Canadá	0,0062	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco - Zn	mg/L	0,020	0,010	-0,010	-0,010	0,020	0,050	-0,010	0,070	Canadá	1,1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP																				
HTP	µg/L	-38	-38	86	-38	-38	86	-38	-38	Canadá	750	0	-	-	-	-	-	-	-	-
HTP (C10-C12)	µg/L	-10	-10	36	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
HTP (C12-C16)	µg/L	-10	-10	23	-10	-10	18	-10	-10	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
HTP (C16-C21)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
HTP (C21-C30)	µg/L	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
HTP (C30-C35)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
HTP (C35-C40)	µg/L	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
BTX																				
Benzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	VP e L	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Etilbenzeno	µg/L	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Meta-para-xileno	µg/L	-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	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	L	1,3	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tolueno	µg/L	0,80	0,07	0,08	2,10	1,50	39,00	0,07	-0,05	L	1,3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Soma BTX	µg/L	0,80	0,07	0,08	2,10	1,50	39,00	0,07	0,00	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Soma xileno	µg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados																				
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	1,1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	-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	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	Canadá	5	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	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1-Dicloropropileno	µg/L	-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	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3-Trimetilbenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	Canadá	70	0	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	-0,1																		

Em 2021, registaram-se HTP apenas na campanha de outubro. A Figura 3.40 apresenta os resultados obtidos, onde é possível verificar que 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.

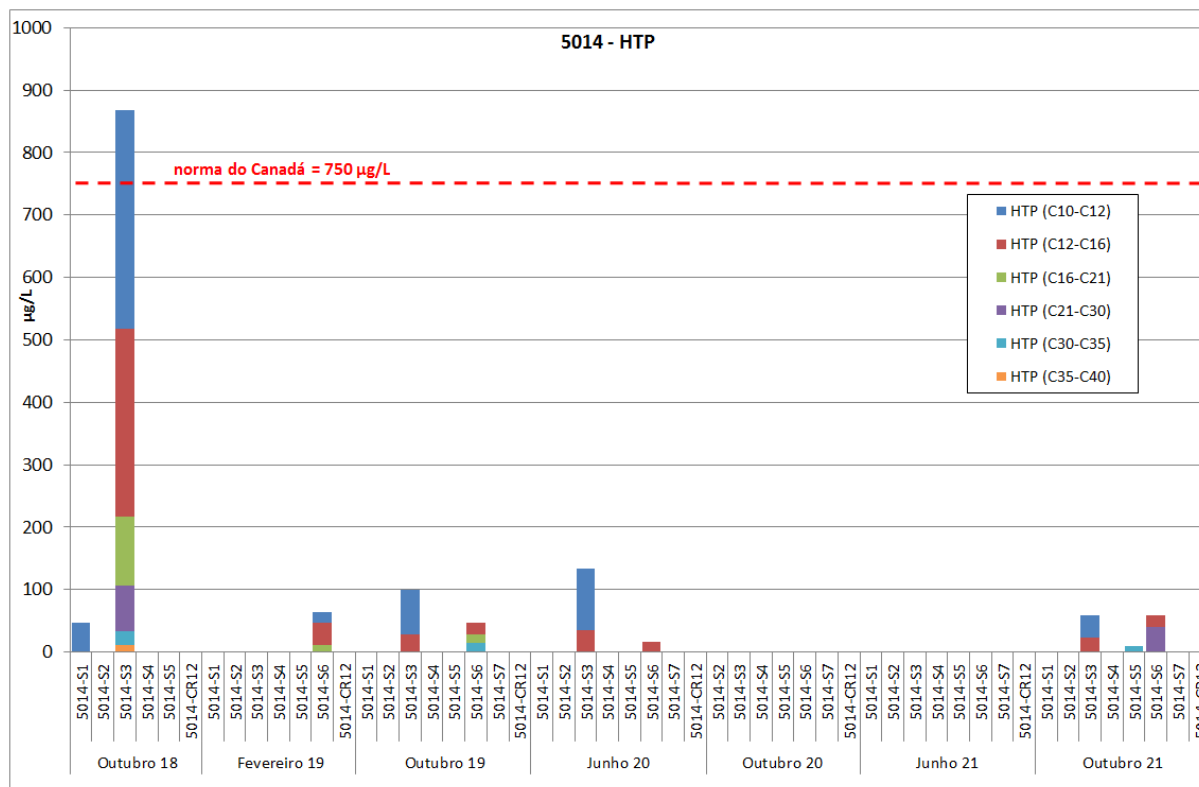


Figura 3.40 – Concentrações em HTP nas águas subterrâneas do Site 5014

As concentrações em BTEX nas águas amostradas em outubro de 2021 voltaram a apresentar concentrações superiores às normas, facto que não acontecia deste a campanha de outubro de 2019 (Figura 3.41). Em 2021, o tolueno foi o BTEX que surgiu acima do Limiar de Qualidade estabelecido pela APA, inclusive em concentrações acima da norma do Canadá (24 µg/L, T2 - standards para zonas com águas subterrâneas potáveis, cf. Anexo III). Verifica-se a presença de BTEX nos solos, sendo estes lixiviados para as águas subterrâneas após episódios de precipitação. A presença esporádica deve-se a condições mais ou menos favoráveis à sua volatilização ou solubilização.

Em 2021, os COV encontrados apresentaram concentrações abaixo das normas, quando estas existem (Quadro 3.20 e Figura 3.42).

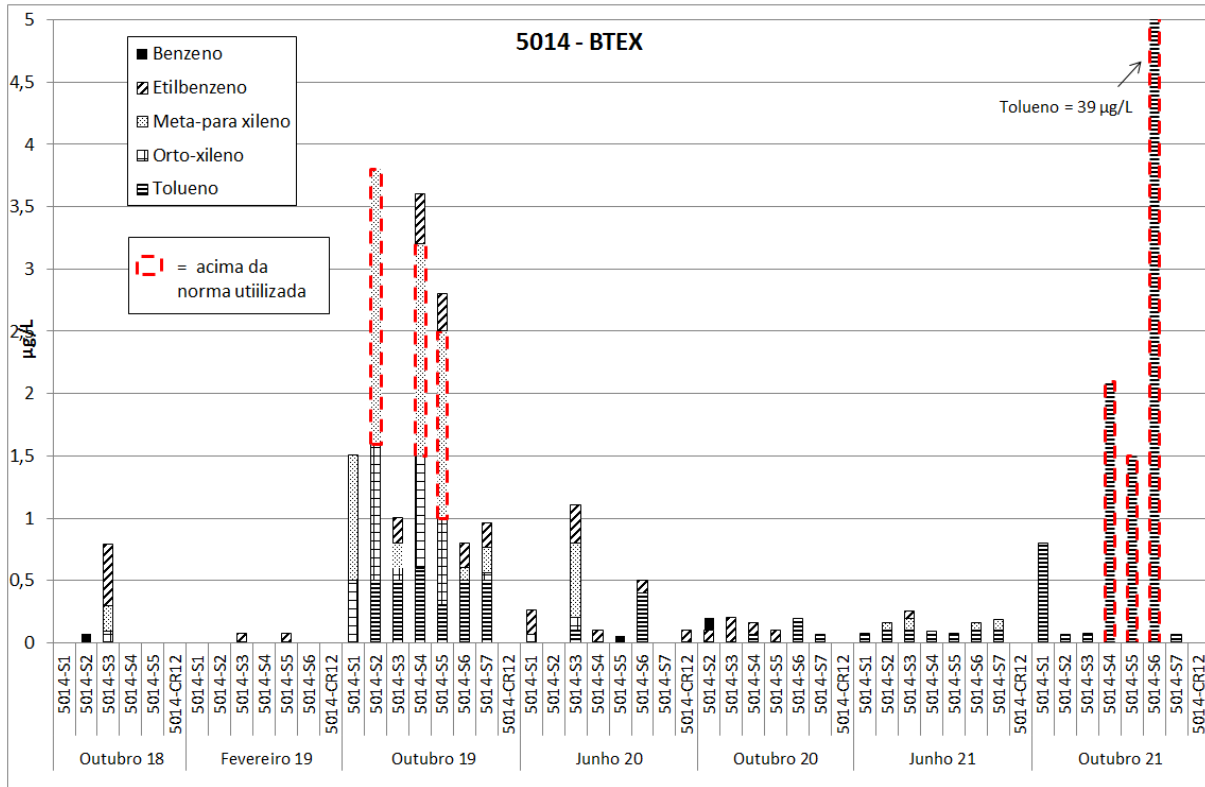


Figura 3.41 – Concentrações em BTEX nas águas subterrâneas do Site 5014

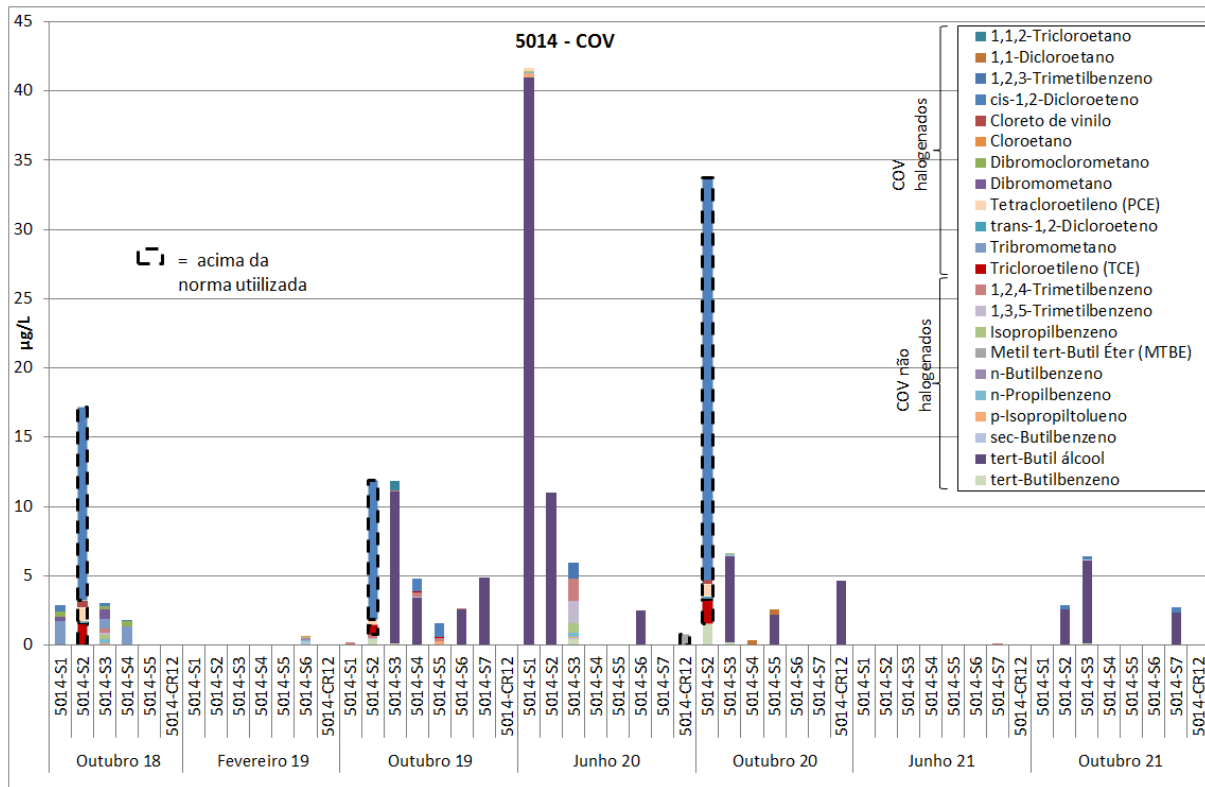


Figura 3.42 – Concentrações em COV nas águas subterrâneas do Site 5014

Em relação aos HAP há diversos compostos com valores bastante acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA (Quadro 3.20), embora inferiores às normas utilizadas noutros países (Canadá e Holanda), em campanhas anteriores. Em 2021, as concentrações foram inferiores às registadas em anos anteriores.

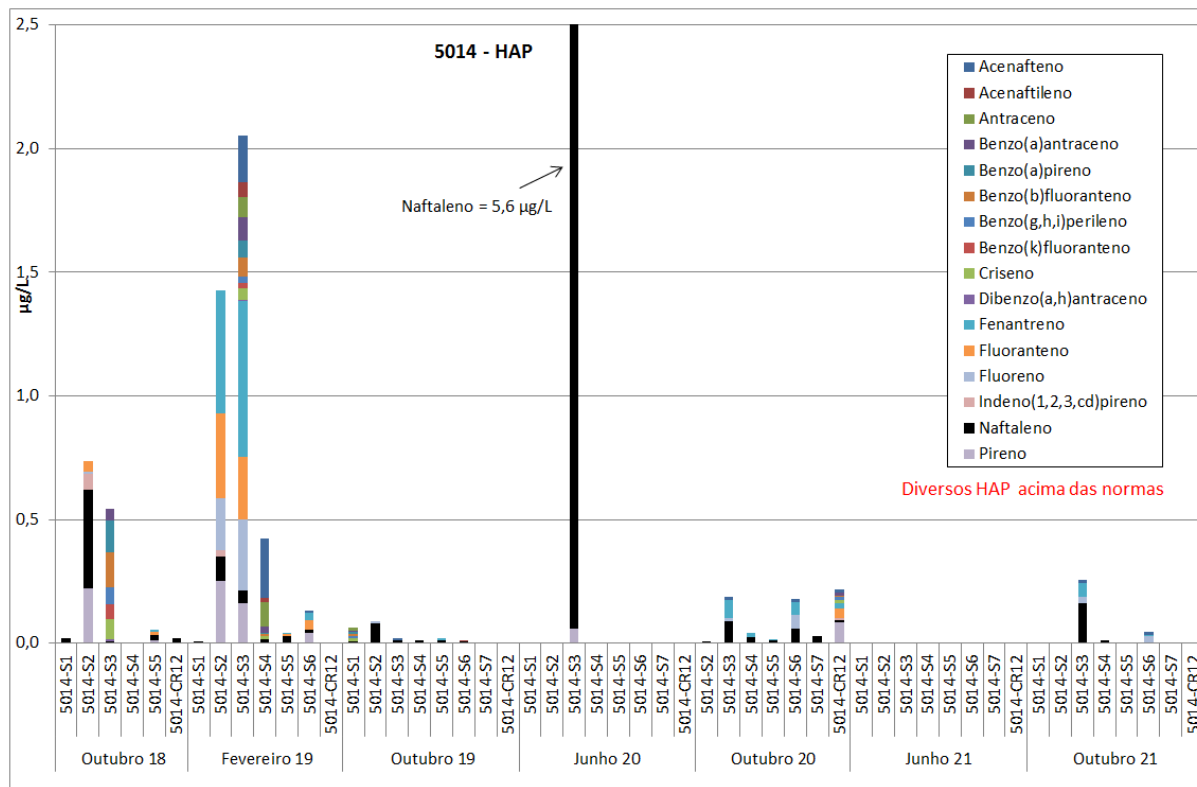


Figura 3.43 – Concentrações em HAP nas águas subterrâneas do Site 5014

Conforme referido anteriormente, 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 apresentam geralmente Eh (potencial oxidação-redução) negativo (cf. Quadro 3.20), 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 quase todas as campanhas continuam a ser o Al, Pb, Fe e Mn. Além desses foram encontrados em 2021 o Co e V. Todos eles são normalmente encontrados em solos de natureza vulcânica.

3.9.4 Conclusões e recomendações

A Figura 3.6, Figura 3.7, Figura 3.8 e Figura 3.9, apresenta uma síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas do Site 5014, com valores definidos de acordo com a metodologia

explicada no Quadro 2.1. Estes mapas devem ser consultados apenas para analisar a evolução da qualidade das águas entre campanhas. Importa salientar que pode haver situações em que as NQA foram ultrapassadas para algum composto dentro de um grupo de hidrocarbonetos, embora o valor médio não reflita essa situação. No mesmo conjunto de figuras apresenta-se a síntese de resultados para os Sites 3001, 5002 e 5013 (cf. Secções 3.1, 3.4 e 3.8, respetivamente).

No Site 5014 observou-se a presença de contaminação com valores acima das normas em várias classes de hidrocarbonetos, em diversas campanhas.

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.

4 | Conclusões e recomendações

Neste relatório apresenta-se um diagnóstico com base na interpretação dos resultados das análises químicas das amostras de águas subterrâneas obtidas nas duas campanhas de monitorização da qualidade realizadas em 2021. Apresenta-se uma análise dos resultados obtidos comparando-os com os das campanhas anteriores e com a qualidade dos solos (nos locais onde estes foram analisados, cf. Leitão, Mota e Antunes, 2019).

O Quadro 4.1 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 campanhas realizadas entre 2018 e 2021. 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 de uma Norma de Qualidade Ambiental (NQA) (cf. capítulo 2 | e Anexo III) e o vermelho destaca situações em que as concentrações estão acima de uma NQA. 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 uma NQA, então a cor para o Site e data respetivos será vermelho, pelo que se representa a pior situação dentro de cada grupo².

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

² Nota: as figuras de síntese apresentadas no final de cada Site referem-se a um valor médio dentro de um grupo de parâmetros de hidrocarbonetos (HTP, BTEX, COV, HAP), pelo que há situações em que o valor médio das concentrações do grupo é inferior à NQA, embora possa haver valores individuais acima da NQA. Assim, é possível que haja cores vermelhas neste quadro síntese que não têm correspondência na cor do valor médio das figuras do mesmo Site.

Quadro 4.1 – Síntese dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas entre 2018 e 2021

HTP	out. 18	feb. 19	out. 19	jun. 20	out. 20	jun. 21	out. 21	BTEX	out. 18	feb. 19	out. 19	jun. 20	out. 20	jun. 21	out. 21
3001				C12-C40				3001							
3003								3003			X				
5001			C10-C30	C10-C40	C10-C40	C10-C40	C10-C40	5001	E	EX	E	E	E	E	E
5002								5002							
5003								5003							
5008								5008							
5010								5010			X				
5013								5013							
5014	C10-C40							5014			X				T

COV	out. 18	feb. 19	out. 19	jun. 20	out. 20	jun. 21	out. 21	HAP	out. 18	feb. 19	out. 19	jun. 20	out. 20	jun. 21	out. 21
3001			TCE	TCE; Cis-1,2DCE	TCE	TCE; Cis-1,2DCE; Clf.	TCE; Cis-1,2DCE; Clf.	3001							
3003		PCE; TCE	PCE		PCE; 1,1DCE; 1,1DCEta		PCE; TCE; 1,2DCEta	3003							
5001		MTBE		MTBE				5001							
5002								5002							
5003								5003							
5008								5008							
5010								5010							
5013								5013							
5014	PCE; TCE; Cis-1,2DCE		TCE; Cis-1,2DCE		TCE; Cis-1,2DCE			5014							

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)

Em relação aos HTP os únicos três locais com situações acima das normas foram os Sites 3001, 5001 e 5014, embora neste último apenas em 2018. Destaca-se a diferença registada nos valores máximos em 2021, com o Site 5001 apresentado concentrações máximas de 29 000 µg/L (sendo a norma de 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 HTP só ultrapassaram a norma numa ocasião, em outubro de 2018, 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), sendo o etilbenzeno e xilenos os que surgem em mais situações com concentrações acima das normas.

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 eletrónicos. 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 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.

Finalmente os HAP são os compostos que mais ocorreram acima das normas (cf. Anexo III), em todos os Sites analisados e pelo menos numa das campanhas (cf. Quadro 4.1). Para estes compostos observa-se uma grande diferença entre as normas definidas pela APA e as definidas por outros países (cf. capítulo 2). 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 4.2 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.

No resumo apresentado no Quadro 4.2 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 4.2 – Resumo das principais conclusões e recomendações relativamente aos locais analisados em 2021

Identificação do Local		Classificação DISCO	Antecedentes	Principais resultados das campanhas de 2021	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>Realizada purga do furo 3001-MW30 (basal), em 2020, que conduziu à limpeza progressiva da água subterrânea.</p>	<p>Oscilações da espessura de LNAPL em dois piezómetros, um da formação superficial (3001-MW23) e outro da formação intermédia (3001-MW20). Medição de valores considerados não representativos no piezómetro 3001-MW04, da formação superficial.</p> <p>Ressurgimento dos COV registados em campanhas anteriores à purga do furo 3001-MW30. Encontrados HTP, 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 para os HTP, COV e HAP são excedidos.</p>	<p>Investigar as origens dos COV registados no furo 3001-MW30, e proceder à sua eliminação.</p> <p>Retomar a reabilitação dos solos e das 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>Esperam-se obras de impermeabilização das superfícies a curto prazo.</p>	<p>Surgem concentrações de BTEX, embora com valores inferiores aos limites estabelecidos, e apenas na campanha de junho.</p> <p>Verifica-se também uma redução nas concentrações de COV e HAP, embora ainda se observem alguns valores 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>Prosseguir a 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>Amostras de água com valores de HTP, BTEX e HAP superiores aos limiares estabelecidos pela APA, e nalguns casos, aos estabelecidos no Canadá.</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>Em 2021 apenas um piezómetro localizado na Zona 1, tinha água. Neste piezómetro todas as concentrações em hidrocarbonetos estiveram abaixo dos limites de quantificação.</p>	<p>Apenas um piezómetro localizado na Zona 1, tinha água. Neste piezómetro já não foram encontrados valores de HAP acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA.</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 para consolidar conclusões relativas à melhoria da situação.</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>Construção recente de uma estrutura de receção da água da pista, admitindo-se que na ocasião foram removidos os solos contaminados nesse local. No passado foi 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,</p>	<p>Em outubro 2021 não foram detetados valores acima dos Limiares de Qualidade.</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>

Identificação do Local		Classificação DISCO	Antecedentes	Principais resultados das campanhas de 2021	Recomendações
Ref.	Designação	(CH2MHILL, 2004)			
5008	Cinco Picos Globe Com Annex Number XYNJ	Potencialmente contaminado de maior risco	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.	Não foi detetada presença de chumbo ou HAP nas águas subterrâneas em ambas as campanhas realizadas em 2021.	Nova amostragem de solos e remoção de solos superficiais contaminados, caso estes ainda existam. Monitorização da qualidade das águas até remoção de solos contaminados.
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. Em 2020 tinha-se verificado uma melhoria da situação em relação às águas subterrâneas, com todos os valores abaixo dos limites estabelecidos pela APA.	Em outubro de 2021 verificou-se o reaparecimento de HAP com valores acima dos limites estabelecidos pela APA e, nalguns casos, acima dos estabelecidos no Canadá.	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 três piezómetros instalados.	Verificou-se a tendência de melhoria da situação, não tendo sido detetados quaisquer hidrocarbonetos nas águas subterrâneas.	Sem recomendações adicionais.
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 sete piezómetros instalados.	Verificou-se uma melhoria da situação relativamente às concentrações em COV e de HAP. No caso dos HAP, surgem algumas ocorrências acima dos Limiares de Qualidade estabelecidos pela APA, mas abaixo das normas utilizadas noutros países (Canadá). Em outubro de 2021 verifica-se, no entanto, um agravamento da situação em relação aos BTEX, que apresentam valores acima das normas estabelecidas pela APA e, nalguns casos acima dos limites estabelecidos pelo Canadá.	Aprofundar a análise dos problemas identificados, em especial junto ao 5014-S3, e estudar/efetivar medidas para reabilitar o Site. Prosseguir a monitorização da qualidade das águas subterrâneas nos sete 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 2021

VISTOS

O Diretor do Departamento de Transportes



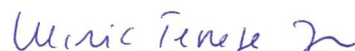
António Lemonde Macedo

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas



Teresa Viseu

A Diretora do Departamento de Hidráulica e Ambiente

Helena Alegre


AUTORIA



Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação



Tiago N. Martins

Técnico Superior



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, 2011 – **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 Envolve aos Furos de Abastecimento de Água**

- do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final, 2018.** LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 421/2018 – DHA/NRE.
- LEITÃO T.E.; 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., 2020a – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Apreciação Sumária do "Medical Report - Substantial Impact to Human Health and Safety – Lajes Field Remediation Sites 3001 and 5001".** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 201/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; ANTUNES, M.L., 2020b – **Estudos Complementares no Âmbito dos Processos de Reabilitação Ambiental Relacionados com a Utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Resultados da Monitorização de águas Subterrâneas Realizada em 2020.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 467/2020 – CD.
- LEITÃO T.E.; 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. 0605/121/2285001. 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. 0605/121/2285001. Relatório 280/2020 – CD.

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 5 de março de 2021



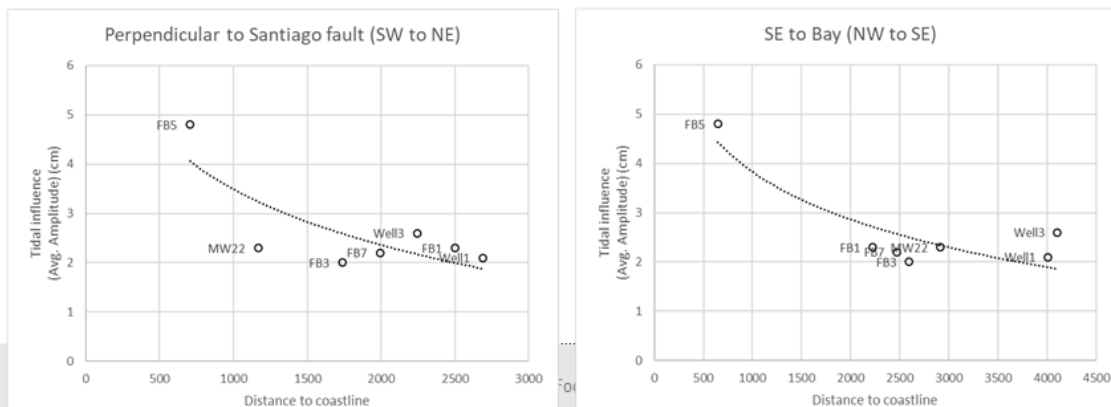
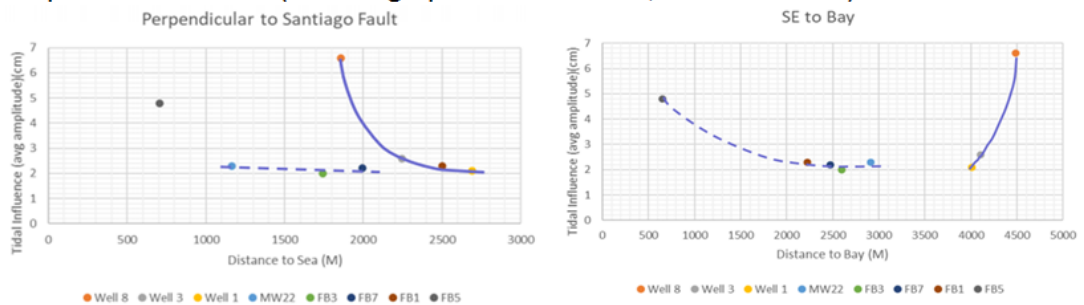
ENVIRONMENTAL REHABILITATION RELATED TO LAJES MILITARY BASE

PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Environmental experts meeting
March, 4th, 2021

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

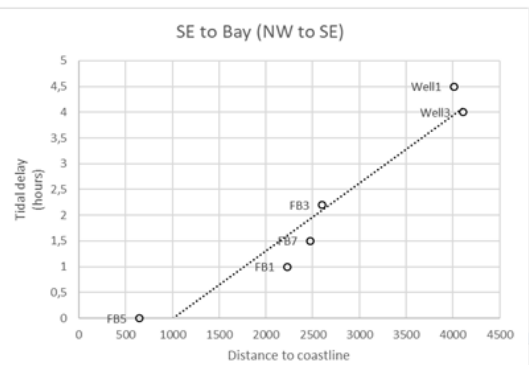
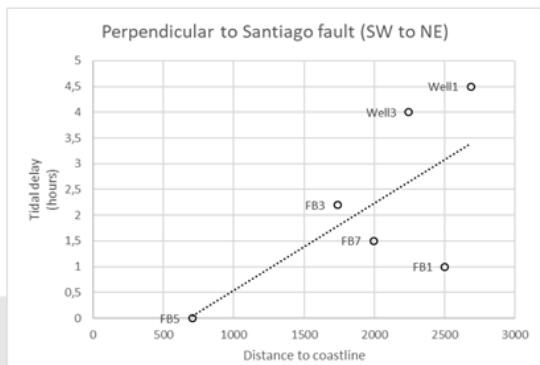
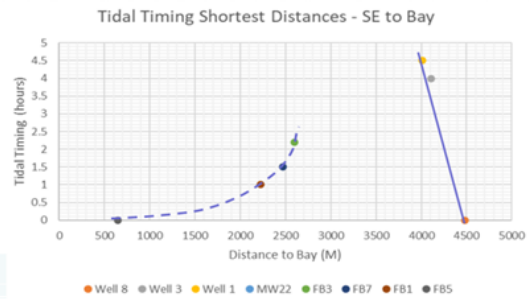
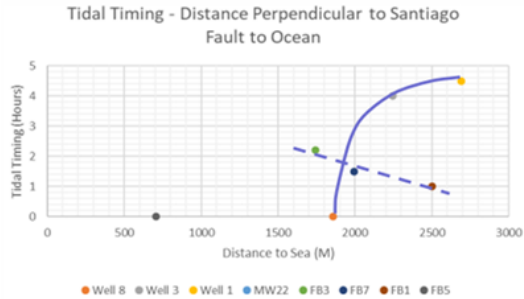
Amplitude v. distance (bottom graphics are identical, without Well 8)



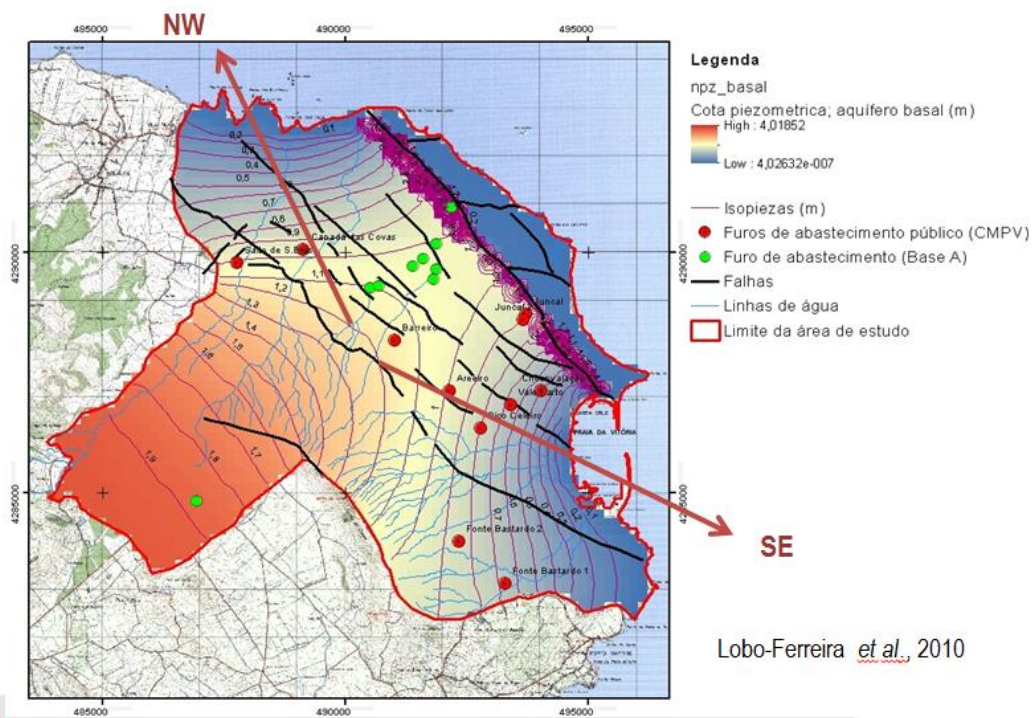
EC | 2

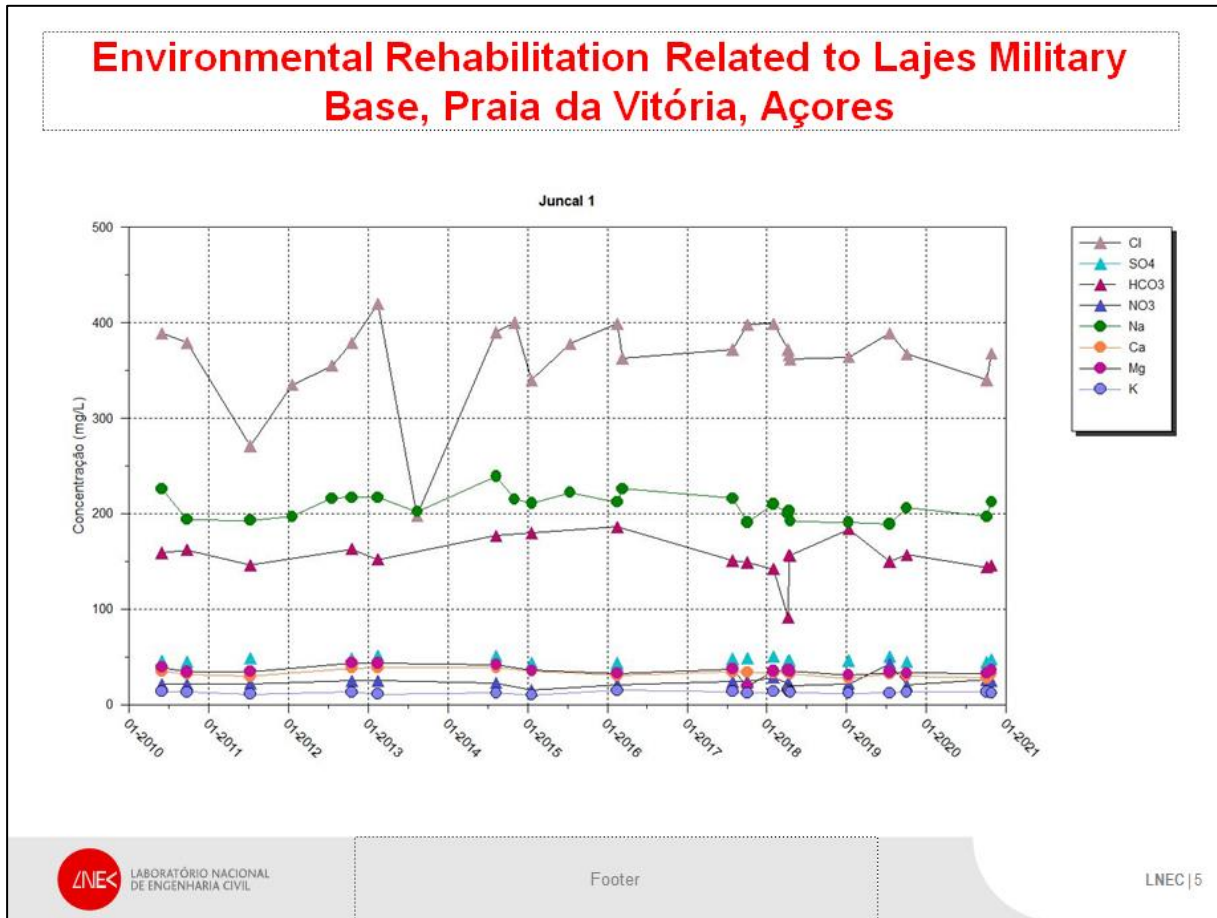
Environmental Rehabilitation Related to Lajes Military Base, Praia da Vitória, Açores

Timing of tide v. distance (bottom graphics are identical, without Well 8)



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





ANEXO II

Apresentações realizadas na reunião de 2 de dezembro de 2021

Oct.19 / Jun 20 / Oct 20 / Jun 21 / Oct 21

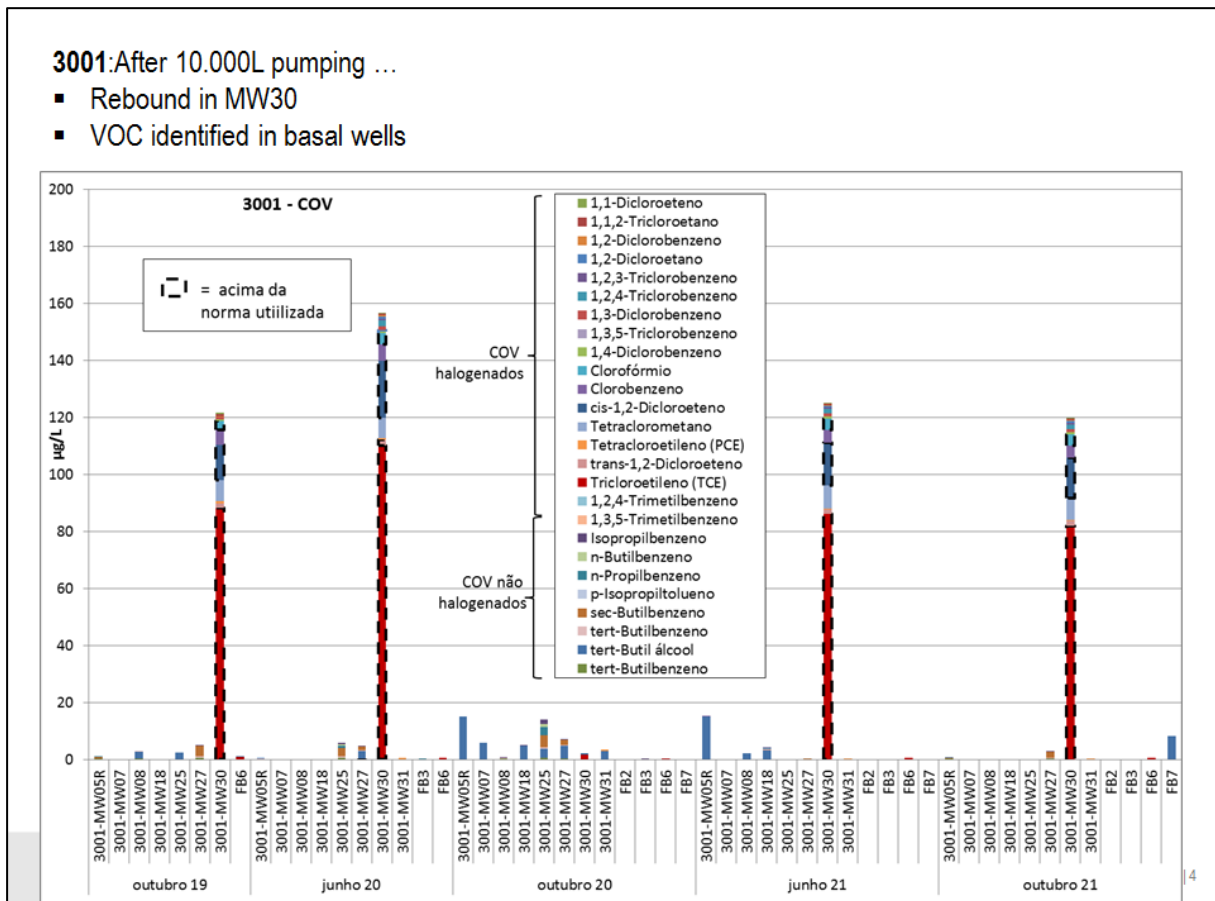
3001-MW04 (1st perched aquifer): 0.64 / 0.73 / 1.94 / 2.52 / 5.14 m Clogged!

3001-MW23 (1st perched aquifer): 0.08 / 0.16 / 0.29 / 0.16 / 0.19 m

3001-MW20 (2nd perched aquifer): 0.47 / 0.45 / 0.42 / 0.45 / 0.52 m

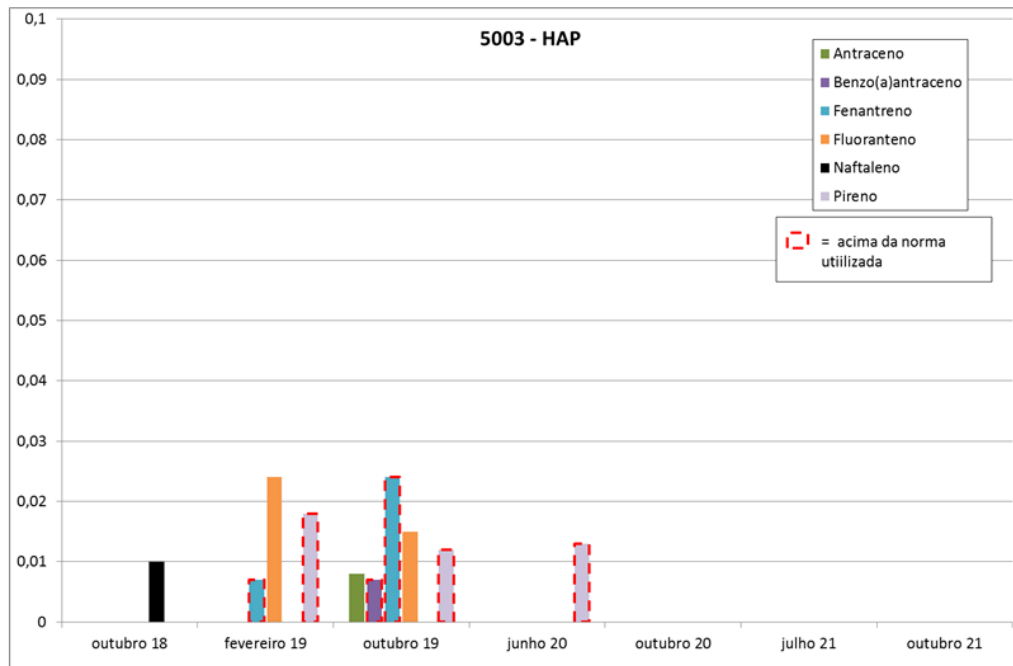
5001-MW08, 2020 & 2021

LNEC | 3



5003 – North Storm Sewer Drainage Outfall:

- In 2021, no hydrocarbons were detected
- Higher periods with HC correspond to lower EC (after rain events)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

LNEC | 5

5008 – Cinco Picos

In the last 3 campaigns only tribromomethane was detected once (1.1 µg/L)

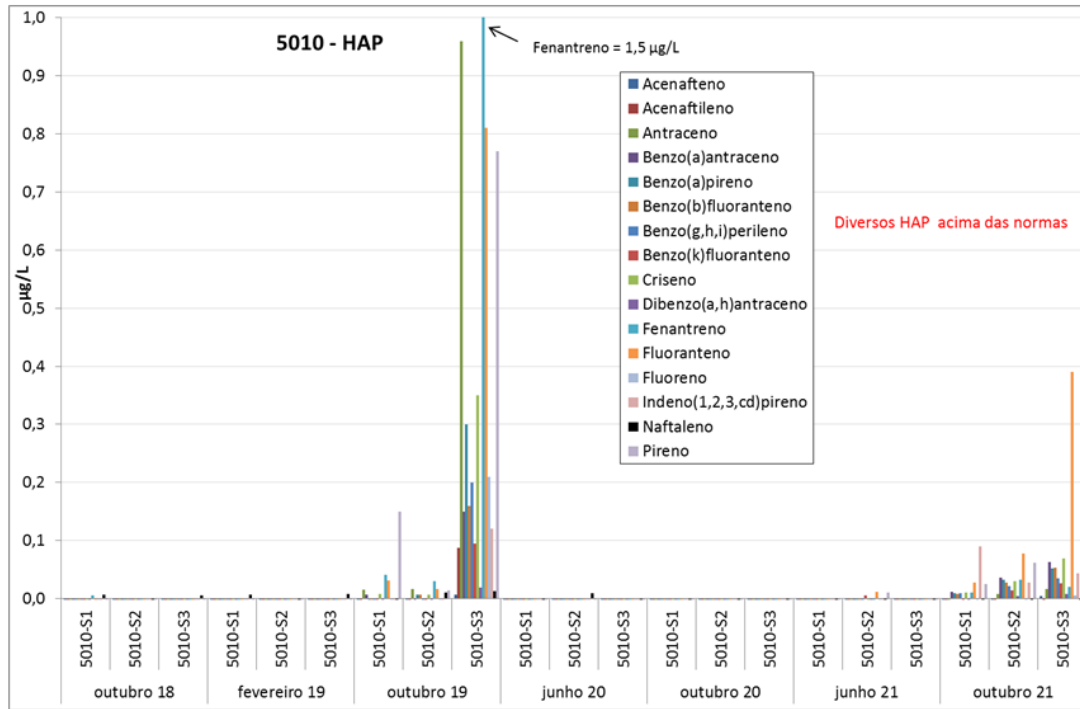


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

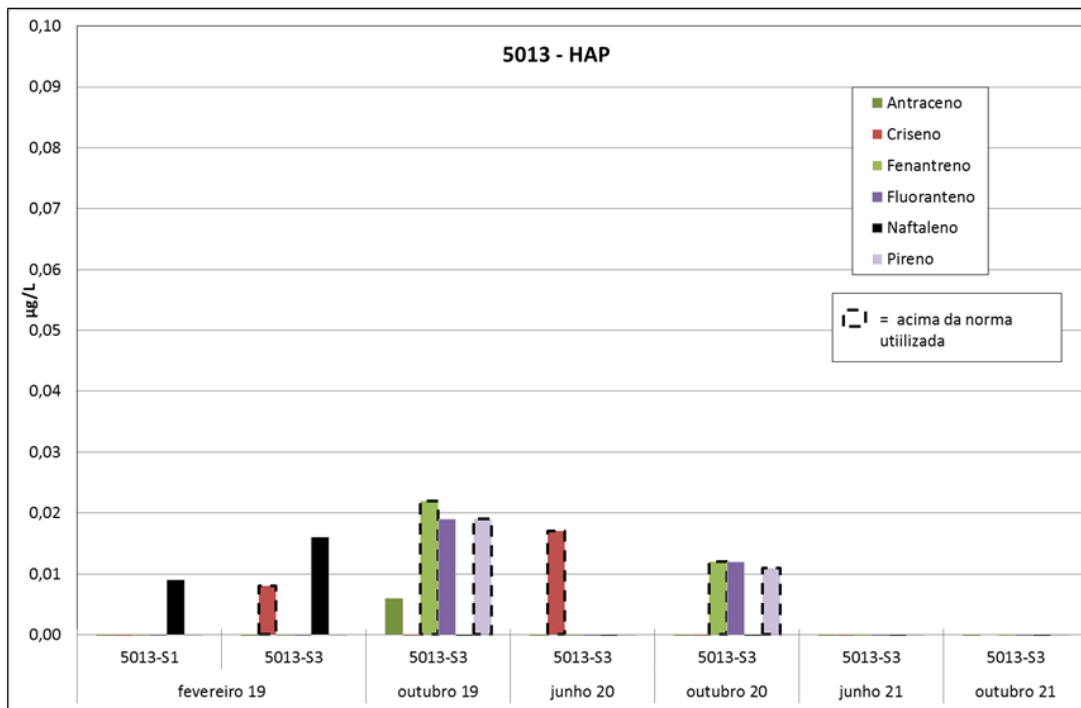
LNEC | 6

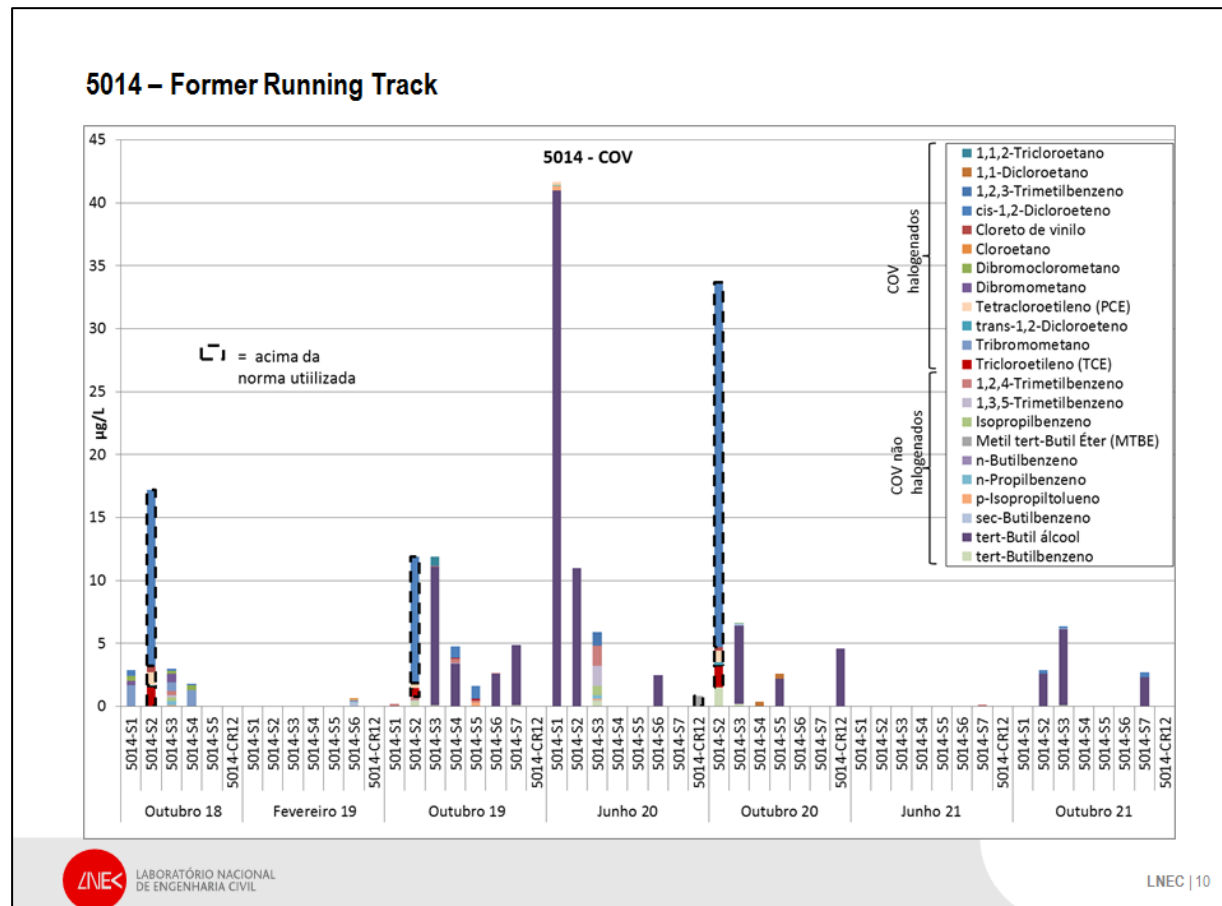
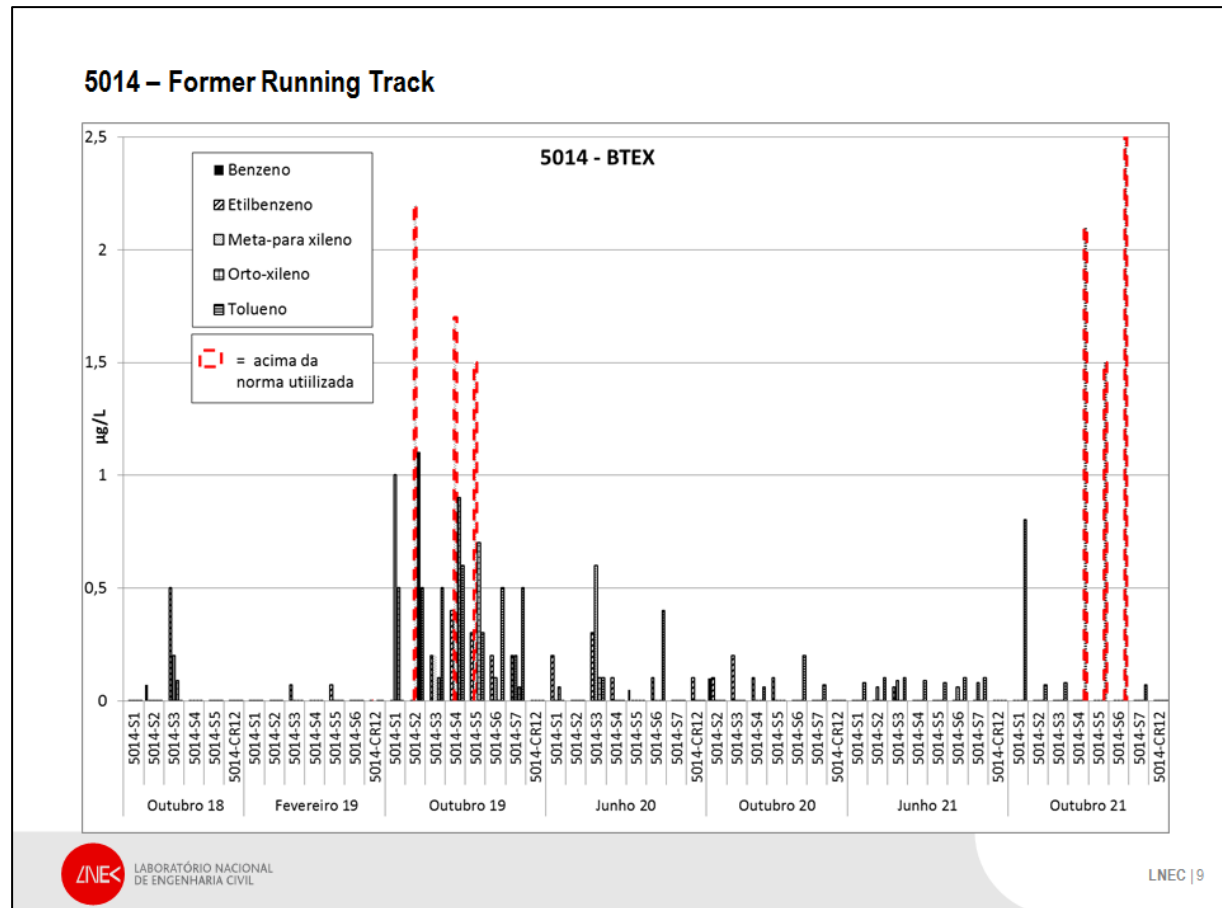
5010 – Medium Port Command

- PAH still occurring in most campaigns. Need for action



5013 – Military Highway Spill: No hydrocarbons detected in 2021. Most HC detected before were PAH





ANEXO III

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*



www.lnec.pt

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