LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

NÃO CONFIDENCIAL

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de 2015

Entidade Reguladora de Águas e Resíduos dos Açores, ERSARA

LISBOA ● outubro de 2015

I & D Hidráulica e Ambiente

RELATÓRIO 287/**2015 – DHA/NRE**

Título

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES
Relatório de 2015

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão
Investigadora Principal com Habilitação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

Rogério Mota
Investigador Auxiliar, Núcleo de Geologia de Engenharia e do Ambiente

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Maria José Henriques
Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

Daniel Filipe
Técnico Superior

Válter Nascimento
Bolseiro de Experimentação

Copyright © Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.

Av. do Brasil 101 • 1700-066 Lisboa
e-mail: lnec@lnec.pt
www.lnec.pt

Relatório 287/2015

Proc. 0605/121/18422

ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS DE REABILITAÇÃO PARA MELHORIA DA SITUAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENTE AOS FUROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CONCELHO DE PRAIA DA VITÓRIA, AÇORES

Relatório de 2015

Resumo

Desde 2012, o LNEC tem estado a realizar a "Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores", promovidos pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, através de uma assessoria técnica anual para a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA). Os trabalhos de reabilitação têm vindo a ser promovidos pela Força Aérea Americana e acompanhados pelo LNEC. Este relatório corresponde à assessoria relativa ao período de dezembro de 2013 a julho de 2015.

Este trabalho surge no seguimento do estudo desenvolvido pelo LNEC, para a Câmara Municipal da Praia da Vitória e para o Governo Regional dos Açores, intitulado "*Análise e Parecer sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores*". O seu principal objetivo foi a avaliação ambiental da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos ao longo de toda a área do concelho de Praia da Vitória onde existiam captações que estavam, ou podiam vir a estar, afetadas por situações de poluição associadas às infraestruturas da Base das Lajes, nelas se incluindo algumas importantes estruturas externas à área da base propriamente dita (ex.: *Cinder Pit Pipeline, Cinder Pit Fuel Tanks, South Tank Farm*).

No relatório apresenta-se uma análise dos trabalhos de reabilitação e de monitorização em curso pela Força Aérea Americana, uma análise dos resultados dos trabalhos de prospeção geofísica e de monitorização conduzidos pelo LNEC e, ainda, uma análise sobre os resultados do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano. Por fim, apresentam-se as principais conclusões e recomendações.

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

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

2015 Report

Abstract

Since 2012, LNEC is carrying out an “Analysis and monitoring of the rehabilitation works for improvement of the environmental situation surrounding the water supply wells of Praia da Vitória municipality, Azores” for the Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA). The rehabilitation works are being promoted by the U.S. Air Force in Lajes. This report corresponds to LNEC analysis related to the period between December 2013 and July 2015.

This work follows another study carried out by LNEC for the Praia da Vitória municipality and the Azores Regional Government, entitled "Analysis and Technical Report about the Environmental Situation of Praia da Vitória County Supply Wells, Terceira Island, Azores". Its main objective was the environmental assessment of the quality of groundwater resources over the entire area of Praia da Vitória municipality where there are water supply wells that could come to be affected by pollution associated with the infrastructures of the Lajes Air Base, including some important external structures besides the base area itself (ex .: Cinder Pit Pipeline, Cinder Pit Fuel Tanks, South Tank Farm).

The report presents an analysis of the rehabilitation works and ongoing monitoring by the U.S. Air Force, the conclusions obtained by the geophysical and monitoring work conducted by LNEC, and also an analysis of the results of the monitoring program of water quality for human consumption. Finally, the main conclusions and recommendations are presented.

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

Índice

1 | Introdução 1
2 | Objetivos e metodologia 2
3 | Análise dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela USAF USAFE 65 CES/CEAN 4
3.1 Introdução 4
3.2 Relatórios analisados 5
3.3 Análise dos trabalhos de monitorização 9
3.3.1 Objetivos 9
3.3.2 Locais a monitorizar 9
3.3.3 Frequência de monitorização 9
3.3.4 Parâmetros em análise e valores de referência 9
3.3.5 Procedimentos de amostragem de águas subterrâneas 11
3.3.6 Programa analítico e metodologia 11
3.4 Análise dos trabalhos de reabilitação 11
3.5 Síntese, conclusões e recomendações 16
4 | Prospeção geofísica 18
4.1 Introdução 18
4.2 Trabalhos realizados 18
4.3 Resultados obtidos 20
4.4 Síntese, conclusões e recomendações 28
5 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas 29
5.1 Descrição das campanhas realizadas 29
5.2 Resultados obtidos 35
5.2.1 Considerações gerais 35
5.2.2 Porta de Armas (Main Gate, Site 3001) 35
5.2.3 South Tank Farm (Site 5001/AOC-1) 38
5.2.4 Águas para consumo humano 40
5.2.5 Comparação de metodologias de amostragem e respetivos resultados 40
5.3 Síntese, conclusões e recomendações 42
6 | Análise do programa de controlo da qualidade da água para consumo humano 43
6.1 Análise do programa 43
6.2 Síntese, conclusões e recomendações 49
7 | Síntese, conclusões e recomendações 51
Referências bibliográficas 54
Anexos 55
ANEXO I Ata da reunião 57
ANEXO II Capas dos relatórios analisados 61

Índice de figuras

Figura 3.1 – Espessura máxima de LNAPL encontrada em cinco piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial (MW04 e MW23) e intermédia (MW03, MW11 e MW20) no Site 3001, entre 2012 e 2015, e processos de reabilitação 13
Figura 3.2 – Espessura máxima de LNAPL encontrada em dois piezómetros localizados no aquífero basal (MW08 e MW09) no Site 5001, entre 2012 e 2015, e processos de reabilitação 14
Figura 3.3 – Evolução da espessura de LNAPL sobrenadando o nível piezométrico, entre 2012 e 2015 (dados extraídos dos relatórios referidos na secção 3.2) 15
Figura 4.1 – Localização dos trabalhos de prospeção geofísica realizados 19
Figura 4.2 – Conjunto dos perfis executados, representados considerando que o observador se encontra junto ao perfil P1, apresentados à mesma escala entre si, e respeitando a posição relativa dos perfis P1 a P5, na direção NW-SE. Os perfis P6 a P8 estão representados de acordo com o ângulo que formam com o perfil P1 21
Figura 4.3 – Delimitação das zonas de baixa resistividade (1-6 ohm.m) - a azul - e de resistividade intermédia (6-16 ohm.m) - a encarnado - identificadas nos perfis de resistividade elétrica 23
Figura 4.4 – Reprodução da Figura 1 do relatório (MWH, 2013). As elipses a amarelo identificam o local atravessado pelos perfis P3 e P4, onde se encontravam instalados depósitos (ainda visíveis na imagem menor), com uma bacia de contenção em betão 23
Figura 4.5 – Enquadramento da antiga bacia de contenção de derrames dos depósitos face aos perfis P4 (fotografia da esquerda - vista do centro (120 m) para SE) e P7 (fotografia da direita – vista do centro (60 m) para E) 24
Figura 4.6 – Esquerda – Perfil P1 (vista para NW, a partir dos 85 m). Direita – Perfil P5 (vista para NW, a partir dos 120 m) 24
Figura 4.7 – Esquerda - extrato da Figura 4.1, com implantação aproximada de alguns dos perfis realizados pela Aestus em 2009 (a encarnado). Direita – Extrato da Figura 1A constante no relatório da Aestus (AMEC, 2009) 25
Figura 4.8 – Topo – Perfil PR26W executado pelo LNEC, em junho de 2009. Baixo – Perfil MGA-12, obtido pela Aestus, em maio de 2009 25
Figura 4.9 – Topo – Perfil P1. Centro e base - Perfis obtidos pela Aestus em 2009, no mesmo local do perfil P1 (todos os perfis estão representados com iguais escalas horizontal e vertical). As elipses assinalam as principais anomalias de resistividade elétrica 26
Figura 4.10 – Topo - Perfil P5. Centro - Perfil MGA-04, obtido pela Aestus em 2009. Base - Perfil P1 (perfis representados com iguais escalas horizontal e vertical). As elipses a preto e a encarnado assinalam a posição aproximada de interseção do perfil MGA-04 com os perfis P1 e P5, respetivamente 26
Figura 4.11 – Topo - Perfil P6. Base - Perfil MGA-08, obtido pela Aestus em 2009. Perfis representados com iguais escalas horizontal e vertical. As elipses a encarnado assinalam a posição aproximada de interseção dos perfis 27
Figura 4.12 – Topo - Perfil P2. Base - Perfil MGA-12, obtido pela Aestus em 2009. Perfis representados com iguais escalas horizontal e vertical. As elipses a encarnado assinalam a posição aproximada de interseção dos perfis 27
Figura 5.1 – Localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas em 2015 30
Figura 5.2 – Localização dos pontos de amostragem do LNEC junto ao Site 3001 e sua posição relativa aos locais classificados entre potencialmente contaminados a contaminados 36

Figura 5.3 – Concentração em PAH, TPH e BTEX em oito piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2015 37
Figura 5.4 – Localização dos pontos de monitorização na área junto à *South Tank Farm* em 2013 e 2015 39
Figura 5.5 – Concentrações acima do limite de quantificação em PAH, TPH e BTEX em piezómetros localizados fora do Site 5001, na área junto à *South Tank Farm*, entre 2010 e 2015 40
Figura 5.6 – Concentração em diversos hidrocarbonetos em três piezómetros amostrados por dois processos diferentes, um usado pelo LNEC e outro pela AMEC 41
Figura 6.1 – Concentrações em diferentes hidrocarbonetos superiores ao limite de quantificação nas águas de consumo humano 44
Figura 6.2 – Síntese das concentrações químicas em iões maiores nas águas dos furos de abastecimento 47
Figura 6.3 – Fácies hidroquímica das águas dos furos de abastecimento em diagrama de Piper 48
Figura 6.4 – Mapa da distribuição dos iões maiores das águas dos furos de abastecimento 49

Índice de quadros

Quadro 3.1 – Parâmetros que se sugere serem acrescentados ao programa de monitorização da 65 ABW 10
Quadro 4.1 – Elementos técnicos dos perfis de prospeção geofísica 19
Quadro 5.1 – Características dos pontos de água monitorizados em 2015 31
Quadro 5.2 – Parâmetros químicos analisados 33
Quadro 6.1 – Resultados de análises químicas em furos de captação para abastecimento público 45

Agradecimentos

Agradece-se todo o apoio do Comando Português da Zona Aérea dos Açores (FAP) para a realização deste trabalho, no que diz respeito à componente de realização das reuniões nas Lajes, do trabalho de campo, e ao transporte do equipamento de geofísica de Lisboa para as Lajes e seu retorno para Lisboa, em especial aos Senhores Tenente-Coronel Cristóvão Veliça, Major Paulo Roda, Aspirante Ana Godinho e Sargento-Mor Filipe, bem como às Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes (65 ABW da USAFE), em nome da Eng.ª Susana Simões.

Agradece-se todo o apoio e troca de opiniões com o Eng. Hugo Pacheco, da ERSARA, e o Eng. José Morais, da AmbiPar Control, que em muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Os autores deste relatório agradecem a colaboração no trabalho de monitorização e de recolha de amostras de água desenvolvido pelo Eng. José Morais, da AmbiPar Control, e da Dr.ª Maria José Henriques, do LNEC.

Lista de acrónimos

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

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

DISCO - Discovery of Suspected and Contaminated Site Study

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

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

HTP - Hidrocarbonetos Totais do Petróleo

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

MAb - meias absorventes para remoção de LNAPL

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

NP - Nível Piezométrico

PAH - hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

PSk - dispositivos passivos para remoção de LNAPL ou *skimmers* passivos

PtBa - dispositivos passivos para remoção de LNAPL ou Petrobailer™

Site 3001 - Porta de Armas ou Main Gate

Site 5001 - South Tank Farm ou AOC-1

1 | Introdução

A Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) solicitou ao LNEC a análise e o acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores, em curso desde 2012.

Neste relatório apresentam-se os resultados desse acompanhamento, relativos ao período entre dezembro de 2013 e julho de 2015. O relatório foi estruturado nas seguintes sete temáticas (correspondentes aos sete capítulos): 1) introdução; 2) objetivos e metodologia; 3) análise dos seis relatórios promovidos pela USAF USAFE 65th *Air Base Wing* CES/CEAN (adiante referida por 65th *Air Base Wing* ou 65 ABW), entre dezembro de 2013 e maio de 2015; 4) análise dos resultados da prospeção geofísica conduzida pelo LNEC; 5) análise dos resultados da campanha de monitorização realizada pelo LNEC em janeiro de 2015; 6) análise do resultado do acompanhamento do programa de controlo da qualidade para consumo humano; e 7) conclusões e recomendações.

2 | Objetivos e metodologia

O objetivo global do presente estudo é a "Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental envolvente aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores", promovidos pelas 65 ABW da USAFE, através de uma assessoria técnica. Este relatório corresponde à assessoria relativa ao período de dezembro de 2013 a julho de 2015.

O programa de trabalhos que se propõe foi discriminado nos seguintes aspetos:

a) definir o caderno de encargos das análises químicas a serem efetuadas para este estudo, por um laboratório químico acreditado;
b) propor as melhores soluções técnicas a implementar nas zonas contaminadas e potencialmente contamináveis, por forma a obter a mais rápida reabilitação e melhoria ambiental;
c) avaliar e emitir breve parecer sobre os trabalhos realizados pela 65 ABW entre dezembro de 2013 e a presente data (período de interregno do acompanhamento anual do LNEC);
d) avaliar a adequação da proposta de reabilitação das águas subterrâneas promovida pela 65 ABW, na perspetiva da proteção das águas subterrâneas para abastecimento público do Concelho de Praia da Vitória;
e) analisar, acompanhar e promover a boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela 65 ABW, através da:
    i. deslocação ao Concelho para acompanhamento parcial dos trabalhos;
    ii. promoção e realização de três reuniões anuais e presenciais, em coordenação com o Comando da Zona Aérea dos Açores, com a participação do LNEC, da ERSARA e de representantes do destacamento das Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes, para acompanhamento do desenvolvimento e da eficácia dos trabalhos em curso;
    iii. promoção e realização de duas reuniões anuais e presenciais, em coordenação com a ERSARA, com a participação do LNEC e de autoridades regionais e locais a designar pela ERSARA, para apresentação dos trabalhos promovidos pelo LNEC;
    iv. leitura, avaliação e emissão de parecer dos documentos que forem sendo elaborados para a 65 ABW sobre esta temática;
    v. monitorização semestral *in situ* de parâmetros globais da qualidade da água (nível piezométrico, condutividade elétrica, temperatura e pH) nos furos e piezómetros instalados em 2010 no âmbito do estudo do LNEC, localizados a montante dos furos de captação;
    vi. recolha semestral de amostras de água para análises químicas, visando o

complemento e a fiscalização dos dados obtidos pela 65 ABW (dentro dos locais contaminados) e da entidade gestora da água para consumo humano (furos de captação), na perspetiva da salvaguarda da água para consumo humano, incluindo a repetição de algumas das análises de TCE e PCE realizadas pela entidade gestora nos furos de captação; as campanhas terão um intervalo de, pelo menos, 4 meses entre si;

vii. tratamento da informação recolhida.

f) efetuar perfis geofísicos junto à área dos depósitos de combustível com processo de reabilitação em curso (local do Site 3001 onde se tem verificado o aparecimento de hidrocarbonetos flutuando sobre as águas subterrâneas) visando uma análise indireta não destrutiva para localização dos derrames e sua delimitação;

g) preparar propostas de atas das reuniões previstas nos pontos ii e iii, no prazo de 07 dias úteis após a sua realização e submissão via e-mail, em formato editável, à ERSARA;

h) analisar o programa de controlo da qualidade da água para consumo humano apresentado pela entidade gestora (alínea d), do n.º 1, artigo 7.º, do DLR n.º 8/2010/A) e propor eventuais alterações que se julguem necessárias face aos resultados obtidos, incluindo a validação dos métodos analíticos e limites de deteção usados pelos laboratórios que executam as análises (alínea f), n.º 1, artigo 7.º, do DLR n.º 8/2010/A), bem como novas ações que se julguem necessárias;

i) elaborar um relatório semestral com a síntese da informação obtida para apresentação à ERSARA;

j) elaborar um relatório final com a análise do ponto de situação dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, após integração das recomendações e comentários acordados entre o LNEC e a ERSARA;

k) apoiar a ERSARA em qualquer questão técnico-científica que entenda colocar, incluindo a deslocação e o apoio durante as reuniões para que possa ser chamado.

3 | Análise dos trabalhos de reabilitação e de monitorização promovidos pela USAF USAFE 65 CES/CEAN

3.1 Introdução

Neste capítulo faz-se uma avaliação da adequação da proposta de reabilitação promovida pela Força Aérea Americana, na perspetiva da proteção das águas subterrâneas para abastecimento público do Concelho de Praia da Vitória. Nesse contexto há dois aspetos que foram atendidos, por um lado, a adequação das propostas apresentadas para resolver o problema existente e, por outro, a avaliação da eficácia das medidas aplicadas.

No âmbito da análise, do acompanhamento e da promoção da boa execução dos trabalhos de reabilitação diligenciados pela 65 ABW foram:

- efetuadas deslocações ao local de estudo, onde houve oportunidade de acompanhar os trabalhos de monitorização desenvolvidos em janeiro de 2015, inclusive de efetuar algumas das amostragens em simultâneo com a AMEC (cf. Secção 5.2.5);
- promovida e realizada uma reunião (cf. ANEXO I com a ata da reunião de 2015-01-15), em coordenação com Força Aérea Portuguesa – Comando da Zona Aérea dos Açores, com a participação do LNEC e da ERSARA e de representantes do destacamento da Força Aérea Americana nas Lajes, para acompanhamento do desenvolvimento e da eficácia dos trabalhos em curso e para análise de medidas alternativas de monitorização e de reabilitação;
- além desta reunião, o LNEC foi contactado pelo Ministério da Defesa Nacional (MDN) no sentido de o vir a apoiar num conjunto de questões ambientais relativas ao processo de devolução de instalações militares e terrenos que têm vindo a ser utilizados, nos últimos 60 anos, pelo contingente da 65 ABW, ilha Terceira. Este processo enquadra-se num projeto mais vasto de reorganização das infraestruturas militares dos EUA na Europa. Nesse contexto realizaram-se quatro reuniões no MDN, uma das quais foi uma reunião bilateral com os EUA, realizada a 17 de abril;
- efetuada a leitura e a avaliação dos documentos que foram sendo elaborados para a 65 ABW sobre esta temática (seis relatórios referidos na Secção 3.2).

Conforme atrás referido, no ANEXO I apresenta-se a ata da reunião realizada. As suas principais conclusões e recomendações são apresentadas ao longo do texto deste relatório.

Relativamente aos documentos elaborados pela 65 ABW, apresenta-se uma análise dos mesmos nas secções seguintes.

3.2 Relatórios analisados

Os documentos referentes a estudos promovidos pela 65 ABW, que foram enviados ao LNEC pela Força Aérea Portuguesa, pela ERSARA, e pela própria 65 ABW, constam na listagem seguinte (por ordem cronológica). Salienta-se que, para os relatórios anteriores a 2008, a listagem não é exaustiva, não estando aqui incluídos os inúmeros anexos desses mesmos relatórios, os relatórios realizados fora das áreas de interesse direto para o estudo da proteção da qualidade dos aquíferos da região, nem os relatórios provisórios (*Work Plan*) de relatórios cuja versão definitiva veio a ser publicada.

Anterior a 2008:

- "Environmental Survey for 3 Sites Lajes Field, Azores, Portugal. Final Report", 54 páginas, datado de abril de 1997.

Este estudo apresenta uma primeira análise ambiental de três locais, então designados por AOC1 South Tank Farm, AOC 17 Cabrito Fuel Tank Area e AOC 26 Cova das Cinzas Fuel Tank Areas.

- "CH2M HILL, 2004 – Data Summary Report on Groundwater Sampling at Lajes Field, Azores, Portugal – October 2004".
- "CH2M HILL, 2004 a) – Discovery of Suspected and Contaminated Sites Study (DISCO-Study), Lajes Field, Azores, Portugal".
- "CH2M HILL, 2005 – Data Summary Report. Limited Soil Investigation at the Fire Training Pit and Main Gate/5 Hydrants Area at Lajes Field, Azores, Portugal. October 2005 (Schaller *et al*., 2005) ".
- "BHATE ASSOCIATES, 2006 – Risk Assessment of Priority Sites, Lajes Field, Azores, Portugal. May, 2006".
- "BHATE ASSOCIATES, 2008 – Risk Assessment Summary of Findings for Sites 5001 (South Tank Farm), 3001 (Main Gate Area) and Data Gap Sampling at Lajes Field, Azores, Portugal. 2008".

Este conjunto de relatórios descreve um vasto trabalho de monitorização e de análises químicas realizado e que serviu de base para concluir a classificação dos locais contaminados.

2008:

- "Risk Assessment Report for Priority Sites Lajes Field, Azores, Portugal", 1670 páginas, datado de maio de 2008.

Este relatório descreve exaustivamente todos os trabalhos realizados para apoiar as avaliações de risco, em especial em três locais prioritários (Site 3001 - *Main Gate Area*, Site 3002 - *Fire Training Pit* e Site 5001 - *South Tank Farm*), na área da Base das Lajes, Açores, Portugal, fazendo uma atualização do *Work Plan* com a mesma designação, de maio de 2006.

2009:

- "Site Investigation and Development of Monitoring Plan for Disco Sites 3001 and 5001 Lajes Field, Azores, Portugal. 65th Civil Engineering Squadron. Lajes field. Final Report", 371 páginas, datado de junho de 2009.

O estudo incluiu monitorização contínua dos níveis de águas subterrâneas, amostragem de águas subterrâneas, medição da direção do escoamento de águas subterrâneas e investigação geofísica pelo método da resistividade elétrica em locais DISCO 3001, 5001, e nas zonas dos furos de captação para abastecimento do contingente militar Americano.

2010:

- "Caraterizações do Local na Base das Lajes (65 ABW), Açores, Portugal – Relatório Final, AMEC", datado de outubro de 2010 (o LNEC não tem este relatório; de acordo com o referido nos relatórios de 2009, seria feito um relatório final integrando eventuais comentários, pelo que este relatório deverá ser muito equivalente ao de 2009).

2011:

- "Prepare a Remedial Design and Perform a Pilot Study for Sites 3001 and 5001 Lajes Field, Azores, Portugal. 65th Civil Engineering Squadron Lajes Field", 95 páginas, datado de dezembro de 2011.
- Ficheiro "Monitoring Wells-2.pdf", sem título, contendo os logs dos Monitoring Wells, 84 páginas, datado de julho de 2011.

O primeiro documento apresenta uma síntese dos trabalhos de monitorização realizados bem como uma proposta para os trabalhos de reabilitação dos locais 3001 e 5001. O segundo ficheiro contém os logs da litologia atravessada pelos diversos furos de monitorização (MW) instalados nas áreas contaminadas.

2012:

- "Plano Monitorização Final das Águas Subterrâneas", MWH, 48 páginas, datado de dezembro de 2012.
- "Final Groundwater Monitoring Program Plan", MWH, 48 páginas, datado de dezembro de 2012.
- "Perform LNAPL (LIGHT NON-AQUEOUS PHASE LIQUID) extraction and long term monitoring at Sites 3001 and 5001 at Lajes Field, Azores, Portugal – Project Status update", 2 páginas, datado de 12.12.2012.

O primeiro documento apresenta uma descrição detalhada do plano de monitorização final das águas subterrâneas e o segundo é uma versão em inglês do primeiro. O plano de monitorização contém os dados relativos à extração de LNAPL, já efetuada, e uma proposta de monitorização a longo prazo prevista para os locais 3001 e 5001 visando o acompanhamento dos processos de reabilitação e de atenuação natural em curso. O terceiro relatório é um memorando de duas páginas contendo uma síntese do segundo relatório referido.

2013:

- Ficheiro "Tab 3 - Proposed field work activities.pdf", sem título, 2 páginas, datado de 19.03.2013.
- "Site Investigation Activities and Site Characterizations at Lajes Field, Azores, Portugal", Contract No. FA8903-08-D-8766-0069, AMEC Project No. 775290069, Final Report Groundwater Investigations, 289 páginas, 12.04.2013.
- "Perform LNAPL (Light Non-Aqueous Phase Liquid) extraction and long term monitoring at Sites 3001 and 5001 at Lajes Field, Azores, Portugal – Project Status update", 2 páginas, datado de 10.05.2013.
- "Perform LNAPL (Light Non-Aqueous Phase Liquid) extraction and long term monitoring at Sites 3001 and 5001 at Lajes Field, Azores, Portugal – Project Status update", 2 páginas, datado de 04.06.2013.
- "Perform LNAPL (Light Non-Aqueous Phase Liquid) extraction and long term monitoring at Sites 3001 and 5001 at Lajes Field, Azores, Portugal – Project Status update", 2 páginas, datado de 15.10.2013.

Os primeiros dois relatórios apresentam uma proposta dos trabalhos de monitorização a serem realizados e os resultados obtidos nas campanhas de monitorização, respetivamente. Os três últimos ficheiros correspondem a memorandos com a síntese dos níveis piezométricos e da espessura do produto livre sobre este nível.

Os relatórios acima referidos foram já analisados e apresentados no relatório final de 2013 (Leitão *et al*., 2013). De seguida apresentam-se os relatórios entretanto produzidos e analisados, em conjunto com a informação anterior (cf. Anexo II).

- "Resumo de Projeto Extração de LNAPL (Fase Líquida Leve Não Aquosa) e Monitorização a Longo Prazo nos Locais 3001 e 5001 da Base das Lajes, Açores, Portugal", de 11 páginas, datado de dezembro de 2013.
- "Relatório de Monitorização a Longo Prazo da segunda monitorização semestral de águas subterrâneas realizada em setembro de 2013 nos locais 3001 e 5001 da Base das Lajes", de 48 páginas, datado de dezembro de 2013.
- "Relatório de Monitorização a Longo Prazo. Base das Lajes", de 335 páginas, datado de novembro de 2013.
- "Plano de Operações e Manutenção Programas de Extração de LNAPL, Monitorização a Longo Prazo e Atenuação Natural Monitorizada, Base das Lajes, Açores, Portugal", de 134 páginas, datado de dezembro de 2013.

E, ainda, os seguintes ficheiros em inglês, cujo conteúdo é equivalente aos 4 últimos referidos:

- Ficheiro "FA8903-10-D8573 – Final Project Summary_ENG.pdf"
- Ficheiro "FA8903-10-D8573 – Final 2nd LTM Report_ENG.pdf"
- Ficheiro "FA8903-10-D8573 – Final 2nd LTM Report_Appendices.pdf"
- Ficheiro "FA8903-10-D8573 – Final OMP Update_ENG.pdf"

2014: Ano sem relatórios.

2015:

- "Light non-aqueous phase liquid extraction and long-term monitoring at Sites 3001 and 5001 at Lajes field, Azores, Portugal. Semi annual LTM report - Final", de 32 páginas, datado de janeiro de 2015.
- "Light non-aqueous phase liquid extraction and long-term monitoring at Sites 3001 and 5001 at Lajes field, Azores, Portugal. Second Semi-Annual LTM Report – Final", datado de maio de 2015.

Estes documentos apresentam os resultados obtidos na primeira campanha de monitorização de longo prazo (LTM) efetuada no âmbito do processo de reabilitação de LNAPL em curso nos Sites 3001 e 5001.

Sobre este conjunto de documentos e sobre a sua própria análise da situação, o LNEC emitiu, desde 2009, um conjunto de relatórios[1].

[1] LEITÃO, T.E., JORGE, C., NOVO, M.E., LOBO FERREIRA, J.P., OLIVEIRA, M.M., 2009 - Especificações para a Instalação de Furos de Ensaio, de Piezómetros, de Sondagens de Amostragem e de Análises Químicas de Solos e Águas na Região do Graben das Lajes - Concelho de Praia da Vitória, Ilha Terceira, Açores. Relatório 225/2009-NAS, 46 pp.

LEITÃO, T.E. e NOVO, M.E., 2010 - Análise e Parecer sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória - Açores. Relatório da Caracterização dos Potenciais Focos de Poluição e da Qualidade das Águas Subterrâneas. Relatório 87/2010-NAS, 47 pp.

MOTA, R. e NOVO, M. E., 2010 - Prospecção Geofísica, pelo Método da Resistividade Eléctrica, no Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório 236/2010-NGEA/NAS, 86 pp.

JORGE, C., 2010 - Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Avaliação da Caracterização da Contaminação de Solos Junto a Potenciais Focos de Poluição. Relatório 386/2010-NGEA, 86 pp.

LOBO-FERREIRA, J.P., LEITÃO, T. E., NOVO, M.E., OLIVEIRA L. S., OLIVEIRA, M.M., HENRIQUES M. J. e MARTINS, T., 2010 - Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores - Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas. Relatório 424/2010-NAS, 196 pp.

LOBO-FERREIRA, J.P., LEITÃO, T. E., NOVO, M.E., OLIVEIRA L. S., OLIVEIRA, M.M., HENRIQUES M. J. e MARTINS, T., 2011 - Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores – Síntese do Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas. Relatório 1/2011-NAS, 14 pp.

LEITÃO T.E., 2012 - Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolvente aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. 1.º Relatório – Especificações para Realização de Análises Químicas em Águas Subterrâneas do Concelho de Praia da Vitória, ilha Terceira, Açores. Relatório 222/2012-NAS, 10 pp.

HENRIQUES, M. J., MARTINS, T., LOBO-FERREIRA, J.P., 2013 – Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolvente aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. 2.º Relatório – Mapeamento regional de perímetros de proteção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público no concelho de Praia da Vitória – Aplicação do Método de Krijgsman e Lobo-Ferreira. Relatório 15/2013-NAS, 67 pp.

LEITÃO, T.E., LOBO FERREIRA, J.P., e OLIVEIRA, M.M., 2013 - Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental envolvente aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final. Relatório 407/2013 – DHA/NRE, 127 pp.

LEITÃO T.E., 2014 - Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolvente aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. 1.º Relatório – Caderno de encargos para realização de análises químicas em águas subterrâneas. Relatório 468/2014 – DHA/NRE, 13 pp.

3.3 Análise dos trabalhos de monitorização

3.3.1 Objetivos

Os trabalhos de monitorização tiveram como objetivo central continuar a avaliar a evolução dos processos de remediação de LNAPL (fase líquida leve não aquosa), em curso desde setembro de 2012, nos locais 3001 e 5001, e avaliar a sua eficácia na melhoria da qualidade da água dos piezómetros localizados a jusante.

Nesse contexto fez-se: (1) a avaliação da espessura do produto sobrenadante; (2) a avaliação das concentrações de poluentes nos restantes piezómetros; (3) a análise indireta sobre a qualidade das águas subterrâneas através do reconhecimento de atenuação natural existente no local relativamente aos LNAPL; e (4) a análise de eventuais ações complementares em termos de monitorização e de reabilitação.

Conforme referido em Leitão *et al*. (2013), o programa de monitorização estabelecido pela 65 ABW contempla uma rede de Monitorização a Longo Prazo (LTM) e de Monitorização da Atenuação Natural (MNA), tendo sido integradas as sugestões feitas pelo LNEC/ERSARA nas reuniões havidas.

3.3.2 Locais a monitorizar

Os locais propostos, com monitorização em curso em 2012 e 2013, foram considerados adequados. Consiste num conjunto de 22 piezómetros no Site 3001 e de sete piezómetros no Site 5001. Confirma-se a inclusão do ponto MW07 (Site 3001) para registo da piezometria, na rede de monitorização LTM, de acordo com o sugerido pelo LNEC. Em dezembro de 2013 este programa foi revisto no âmbito do "Plano de Operações e Manutenção Programas de Extração de LNAPL, Monitorização a Longo Prazo e Atenuação Natural Monitorizada, Base das Lajes, Açores, Portugal", tendo sido excluídos os piezómetros MW11 (onde apareceu uma película de LNAPL, pelo que passou a ter sistema de reabilitação instalado no piezómetro) e o MW26, ambos do Site 3001, e substituindo-se o piezómetro MW17 pelo MW16 (que ainda contém TPH) no Site 5001.

3.3.3 Frequência de monitorização

A frequência de monitorização semestral proposta foi considerada adequada e mantém-se até à data.

3.3.4 Parâmetros em análise e valores de referência

Os parâmetros a analisar no âmbito do programa de Long Term Monitoring (LTM) incidem sobre os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), TPH (hidrocarbonetos totais do petróleo, C5-C36) e PAH (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos).

Para o programa de Monitoring Natural Attenuation (MNA) estão a ser monitorizados indicadores geoquímicos que traduzem a redução da água por consumo de oxigénio resultante da eventual degradação de hidrocarbonetos [(oxigénio dissolvido (O_2); potencial de oxidação-redução (ORP); pH;

condutividade elétrica (CE); temperatura, sulfato (SO_4^{2-}); nitrato (NO_3^-); ferro ferroso dissolvido (Fe^{2+}); manganês dissolvido (Mn); e metano (CH_4^+)], e parâmetros microbiológicos.

Durante a amostragem tem sido, ainda, registado o nível piezométrico, a interface água / produto livre e os parâmetros de campo pH, temperatura, oxigénio dissolvido, potencial de oxidação-redução (ORP) e condutividade elétrica, bem como observações organoléticas.

Em Leitão *et al*. (2013) foi sugerido que fossem explicitados quais os parâmetros a analisar no que diz respeito aos PAH, sugerindo a inclusão do acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g.h.i)perileno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenz(a.h)antraceno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1.2.3.cd)pireno, naftaleno, fenantreno e pireno. Estes foram incluídos. Contudo, há um outro conjunto de elementos, cuja concentração apresentou valores assinaláveis nos piezómetros (nos aquíferos suspensos ou no basal) junto a áreas poluídas, que não foram contemplados nas análises realizadas. Sugere-se a sua inclusão em amostragens futuras, de acordo com o Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Parâmetros que se sugere serem acrescentados ao programa de monitorização da 65 ABW

Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados
1.1.1.2-Tetracloroetano
1.2.3-Triclorobenzeno
1.2.4-Triclorobenzeno
1.3.5-Triclorobenzeno
1.3-Dicloropropano
2.2-Dicloropropano
2-Clorotolueno
Bromoclorometano
Clorobenzeno
Clorofórmio
trans-1.3-Dicloropropeno
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados
1.2.4-Trimetilbenzeno
1.3.5-Trimetilbenzeno
Isopropilbenzeno
Metil tert-Butil Éter (MTBE)
n-Butilbenzeno
n-Propilbenzeno
p-Isopropiltolueno
sec-Butilbenzeno
Estireno
tert-Butil álcool
tert-Butilbenzeno

3.3.5 Procedimentos de amostragem de águas subterrâneas

Nos procedimentos de amostragem de águas subterrâneas utilizados pela 65 ABW, as amostras foram recolhidas através de um processo de bombeamento de baixo caudal, usando uma bomba *bladder*. O propósito é recolher uma amostra de água subterrânea representativa do aquífero em torno do piezómetro, cujo procedimento evite o arejamento e a potencial volatilização de parâmetros objetivo.

Conforme indicado em Leitão *et al*. (2013), atendendo a que o objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos das ações de reabilitação dos LNAPL a longo prazo, julga-se que a recolha de amostras de água representativas proposta dará origem a resultados de concentrações em LNAPL baixas, i.e. apenas correspondentes à fração diluída, na medida em que estes hidrocarbonetos flutuam maioritariamente sobre a água. Nesse contexto, julga-se que a recolha de amostras (não representativas) localizadas na parte superficial da coluna de água onde os LNAPL se concentram e na parte inferior da coluna de água onde se localizam os DNAPL, permitiria obter uma informação do pior cenário e, assim, melhor orientar os procedimentos da reabilitação. Neste âmbito realizou-se, em janeiro de 2015, uma análise comparativa dos dois procedimentos de amostragem (cf. secção 5.2.5), análise essa que não se apresentou muito conclusiva, dado só se referir a três pontos com uma pequena coluna saturada de água.

Assim, sugere-se a realização de ambos os procedimentos de recolha em alguns piezómetros até se obter uma informação conclusiva.

3.3.6 Programa analítico e metodologia

O programa e protocolos previstos integram uma adequada cadeia de custódia, incluindo questões de saúde pública, onde os meios analíticos a utilizar parecem apropriados e há o adequado número de duplicados, de brancos de campo e de equipamento.

O limite de deteção para os PAH (0,5 µg/L) foi considerado elevado. O LNEC sugeriu que os limites fossem, pelo menos, uma ordem de grandeza inferior, aspeto que foi incorporado nas análises de 2014 em diante (passou a 0,01 µg/L).

3.4 Análise dos trabalhos de reabilitação

No Site 3001 foram identificadas duas áreas principais cujas águas subterrâneas estão afetadas pela presença de LNAPL sobrenadando o nível piezométrico, uma localizada junto aos piezómetros MW04 e MW23, que afeta as formações hidrogeológicas superficiais, e, a segunda, na área dos piezómetros MW03, MW11 e MW20, afetando as formações hidrogeológicas intermédias (cf. Figura 3.1). Salienta-se a presença de LNAPL na formação hidrogeológica intermédia do Site 3001.

No Site 5001 foi identificada a presença de LNAPL sobrenadando o nível piezométrico nos pontos MW08 e MW09, em 2012 (Figura 3.2), localizados no aquífero basal, tendo reaparecido no MW08 em 2015.

Os trabalhos de reabilitação das águas subterrâneas incidem essencialmente na extração de LNAPL nos piezómetros onde este produto sobrenada a água. O programa de extração de LNAPL implementado nos piezómetros mais afetados inclui as seguintes ações:

- a extração manual periódica, com bailers;
- a instalação de dispositivos passivos (acionados automaticamente sempre que é detetada acumulação de LNAPL sobre o nível piezométrico), nomeadamente *skimmers* (designadas em diferentes figuras por PSk) e Petrobailer™ (designadas em diferentes figuras por PtBa);
- a utilização de meias absorventes (designadas em diferentes figuras por MAb).

Atendendo à evolução da espessura de LNAPL sobrenadando o nível piezométrico (cf. Figura 3.3), aos resultados da monitorização nos piezómetros envolventes, à medição indireta dos processos de atenuação natural em curso e à extração de LNAPL, este procedimento foi sendo reavaliado, com a implementação de alteração das ações de reabilitação em função da evolução da situação. Nas Figura 3.1 e Figura 3.2 apresentam-se os diversos equipamentos destinados à reabilitação que foram sendo colocados ao longo do tempo nos piezómetros afetados.

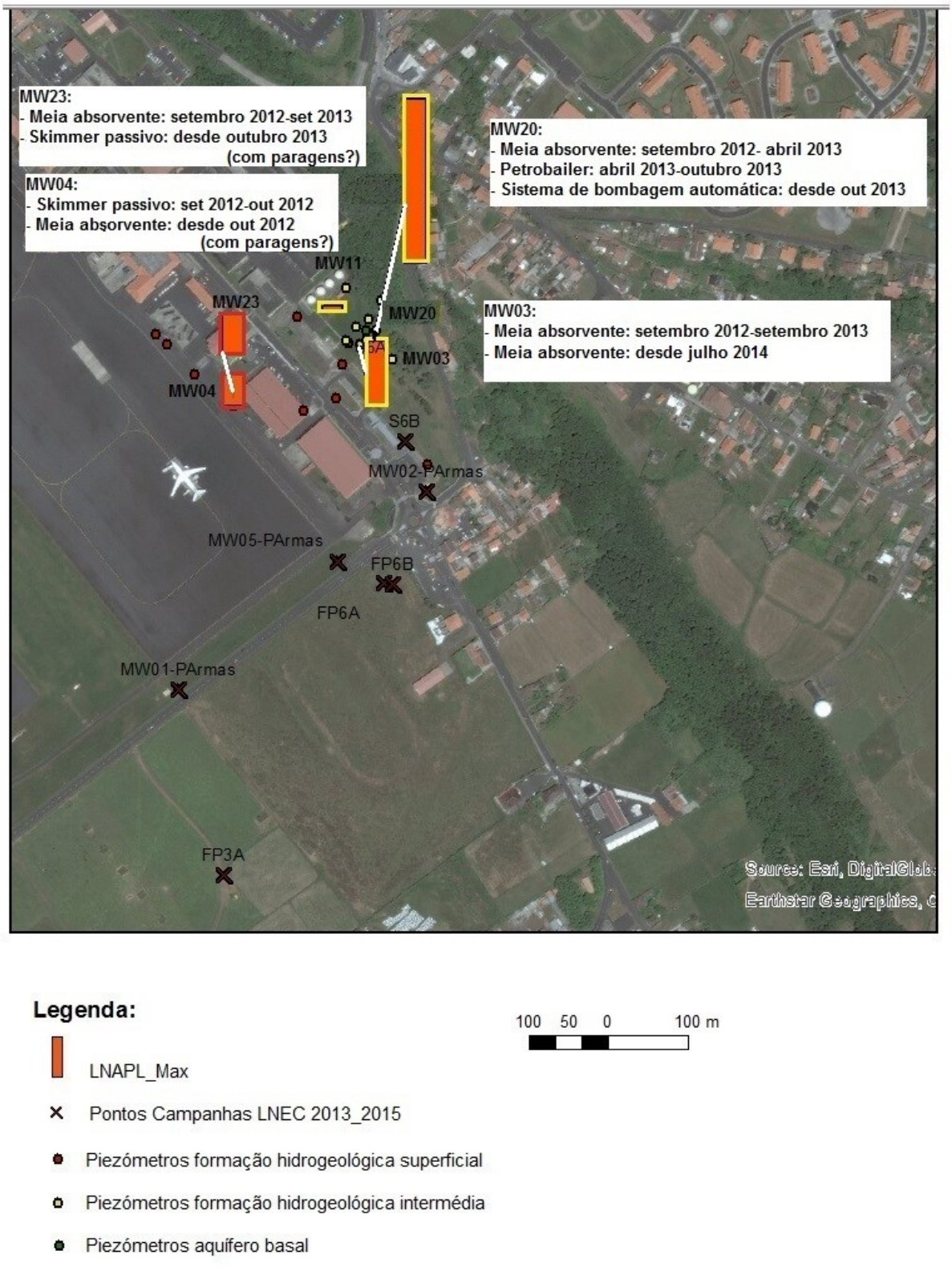


Figura 3.1 – Espessura máxima de LNAPL encontrada em cinco piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial (MW04 e MW23) e intermédia (MW03, MW11 e MW20) no Site 3001, entre 2012 e 2015, e processos de reabilitação

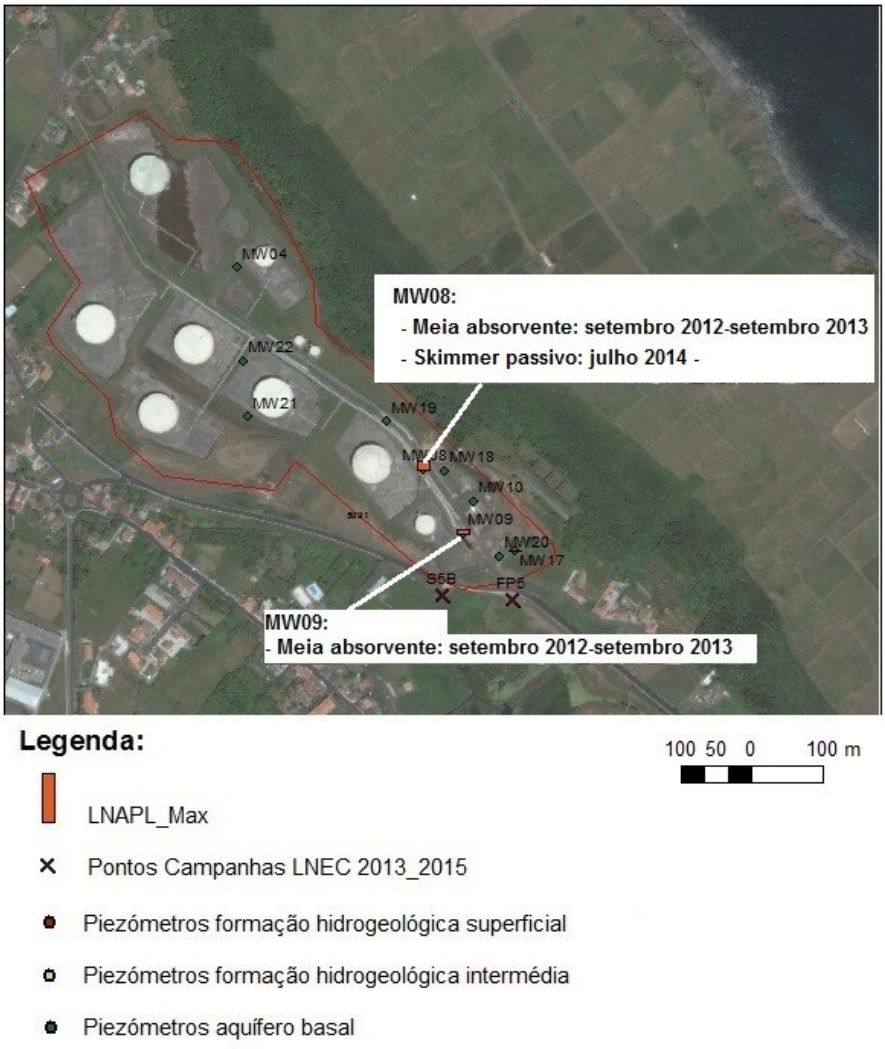


Figura 3.2 – Espessura máxima de LNAPL encontrada em dois piezómetros localizados no aquífero basal (MW08 e MW09) no Site 5001, entre 2012 e 2015, e processos de reabilitação

Não foi considerado um programa de reabilitação específico para os DNAPL pela 65 ABW até à data, de acordo com a já mencionada sugestão apresentada em Leitão *et al.* (2013).

De acordo com os relatórios promovidos pela 65 ABW (cf. Secção 3.2), desde setembro de 2012 foram retirados manualmente, através de *bailers* descartáveis, descarregadores passivos e meias absorventes, 232 litros de LNAPL (182 L em 2012/13 e 50 L em 2014) (e 433 kg de uma mistura de LNAPL e águas oleosas) no Site 3001. No Site 5001 a presença de LNAPL é bastante inferior, com um total de 0,63 litros removidos e registando valores muito baixos desde 2013. Contudo, em julho de 2014 foi medido 1 cm de LNAPL sobrenadante e registada a remoção de 0,1 L de LNAPL, o que confirma que ainda existem LNAPL, apesar da sua baixa acumulação.

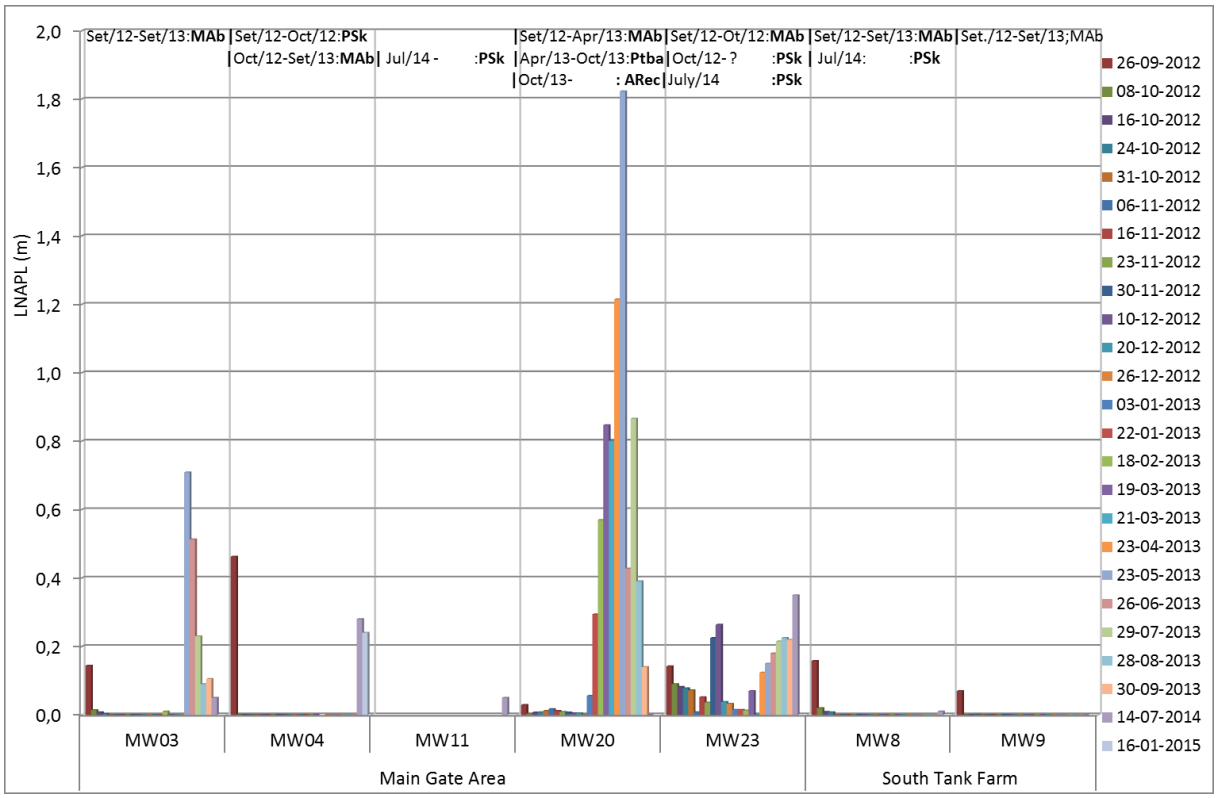


Figura 3.3 – Evolução da espessura de LNAPL sobrenadando o nível piezométrico, entre 2012 e 2015 (dados extraídos dos relatórios referidos na secção 3.2)

A evolução da situação apresentada na Figura 3.3 mostra períodos de clara redução de LNAPL nos piezómetros MW4 (Site 3001), MW8 (Site 5001), após as primeiras intervenções de remoção de produto, mas que depois vêm a recuperar após um período significativo sem extração de produto. Esse comportamento conduziu a alterações nos procedimentos de reabilitação, conforme sintetizado na Figura 3.1 e na Figura 3.2.

As oscilações da espessura de LNAPL devem resultar tanto da flutuação do nível piezométrico (e consequente arraste e acumulação de poluentes retidos no solo), como também do próprio processo de recolha que poderá causar pequenos cones de depressão hidrostática (e o consequente movimento de LNAPL em direção ao piezómetro). Por outro lado, entre outubro de 2013 e julho de 2014, foram reportadas diversas situações que conduziram à ausência de extração de LNAPL. Esta interrupção de procedimentos pode estar na origem da subida da espessura de LNAPL nalguns piezómetros (e.g. Figura 3.3, piezómetros MW04 e MW23).

Terá que ser continuado o trabalho de reabilitação e de monitorização para confirmar se as ações levadas a cabo vão ao encontro do pretendido, *i.e.* reabilitar os locais mais contaminados com LNAPL para posterior reavaliação da situação. Devem ser reforçadas outras ações complementares para se atingir a reabilitação do local, nomeadamente destinadas a remover LNAPL com maior frequência do que o inicialmente previsto. Na secção seguinte são sugeridas recomendações para melhorar a eficácia do processo de reabilitação.

3.5 Síntese, conclusões e recomendações

Síntese e conclusões:

- Os locais para monitorização, quer para a rede de longo prazo quer para o programa de atenuação natural, bem como a frequência de amostragem (semestral) são considerados adequados, incluindo as alterações propostas em dezembro de 2013.
- Os parâmetros a analisar [BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), TPH (hidrocarbonetos totais do petróleo, C5-C36) e PAH (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos), bem como indicadores geoquímicos do processo de reabilitação] são considerados adequados; não obstante, propõe-se a inclusão de alguns hidrocarbonetos em falta que foram encontrados nas águas subterrâneas em anos anteriores (cf. Quadro 3.1).
- O procedimento de amostragem de águas subterrâneas proposto pelas 65 ABW é válido, embora se sugira o seu complemento com outro tipo de amostragem (ver recomendações na secção seguinte).
- Confirma-se a manutenção de duas plumas principais de TPH com LNAPL sobrenadando as águas subterrâneas no Site 3001. No Site 5001 não existe uma pluma definida sendo as concentrações de TPH mais baixas, embora se tenha verificado o reaparecimento de 1 cm de LNAPL sobrenadante (MW08) após 3 anos sem ocorrências.
- A presença de LNAPL sobrenadando as águas subterrâneas desde 2010 foi detetada em sete piezómetros, cinco dos quais localizados no Site 3001 e dois no Site 5001, salientando-se a sua presença na formação hidrogeológica intermédia do Site 3001.
- A remoção de LNAPL tem vindo a ser realizada desde setembro de 2012, com a extração de 232 litros de LNAPL no Site 3001 e de 0,63 litros no Site 5001.
- Observaram-se oscilações assinaláveis da espessura de LNAPL sobre o nível piezométrico ao longo dos anos, tendo-se verificado o ressurgimento em alguns locais onde se vinha verificando a diminuição. Este facto deverá resultar tanto da flutuação do nível piezométrico (e consequente arraste e acumulação de poluentes retidos no solo), como também do próprio processo de recolha que poderá causar pequenos cones de depressão hidrostática (e o consequente movimento de LNAPL em direção ao piezómetro), bem como da interrupção do procedimento de reabilitação em alguns locais.
- Os trabalhos desenvolvidos permitem concluir que, apesar dos trabalhos de remoção de LNAPL iniciados em setembro de 2012, grande parte da contaminação permanece no mesmo local, embora eventualmente com concentrações menores.
- Em diversos outros piezómetros dentro do Site 3001 foram encontrados hidrocarbonetos com concentrações acima do permitido em dissolução na água, em especial nas análises efetuadas em janeiro de 2015 pela 65 ABW.

- Uma vez mais se assinala que, embora a questão prioritária tenha sido estabelecida para os LNAPL, dada a sua deteção em quantidades assinaláveis e em diversos locais, o assunto dos DNAPL não pode deixar de constituir uma questão de grande relevo, atendendo à sua propensão para migrar em profundidade até encontrar uma base impermeável.

Recomendações:

- Sugere-se o prosseguimento do trabalho de monitorização para confirmar se as ações levadas a cabo vão ao encontro da reabilitação dos locais mais contaminados. Sugere-se complementar a amostragem representativa de águas subterrâneas com amostras localizadas (LNAPL junto ao nível piezométrico e DNAPL junto à base dos piezómetros), até se obter uma informação conclusiva.
- Sugere-se que sejam implementadas ações complementares de reabilitação que permitam aumentar a eficácia da remoção de LNAPL, designadamente:
    - analisar a viabilidade de remoção total dos solos nas zonas contaminadas do Site 3001 (cf. manchas azuis da Figura 4.3), até se atingir o nível piezométrico;
    - aumentar a extração de água/LNAPL nas áreas dos piezómetros que apresentaram hidrocarbonetos flutuando sobre o nível piezométrico de forma a causar um rebaixamento do mesmo e, assim, aumentar a afluência de LNAPL e a sua taxa de remoção;
    - prever novos locais de extração de água/LNAPL nos locais contaminados do Site 3001 (identificados pela geofísica, cf. Figura 4.3), através da instalação de novos piezómetros nos locais e profundidades necessários;
    - colocar dispositivos de remoção mais eficazes nos locais de reaparecimento (p.e. o MW04 do Site 3001 mantém apenas a meia absorvente devendo passar a *skimmer* passivo ou outro processo mais eficaz de remoção);
    - contemplar ações de aceleração do processo de degradação de hidrocarbonetos na zona saturada, designadamente através de *biosparging* com *soil vapor extraction*;
    - contemplar ações de aceleração do processo de degradação de hidrocarbonetos na zona vadosa (não-saturada), designadamente através *bioventing*.
    - não interromper o processo de remoção até que exista confirmação da remoção.
- Sugere-se que, no seguimento da recolha de amostras de águas para análise de DNAPL junto ao fundo dos piezómetros, seja feita uma análise de risco de poluição e, caso necessário, seja equacionada a sua remoção.
- Por fim, mas não de menor importância, sugere-se a remoção das fontes de poluição, nomeadamente com a remoção dos Pipelines do Cabrito e da Cova das Cinzas.

4 | Prospeção geofísica

4.1 Introdução

A prospeção por métodos elétricos baseia-se na geração de um campo elétrico, através da injeção de corrente elétrica no terreno por meio de dois elétrodos metálicos nele cravados, e na medição da diferença de potencial elétrico entre dois outros pontos, igualmente através de elétrodos metálicos cravados no terreno.

Nos perfis de resistividade elétrica utiliza-se geralmente o dispositivo do tipo dipolo-dipolo, quando se pretende avaliar variações laterais da resistividade ao longo de um perfil. A sua materialização no terreno consiste na disposição de uma linha de elétrodos, igualmente espaçados, procedendo-se à injeção de corrente elétrica nos dois primeiros elétrodos (dipolo de injeção) e à leitura sucessiva do potencial elétrico gerado no terreno, nos 10 pares de elétrodos seguintes (dipolos de leitura), após o que o dipolo de injeção avança para a posição seguinte no alinhamento (perfil), repetindo-se o processo de leitura, e assim sucessivamente até se atingir o último par de elétrodos. Os valores de resistividade elétrica aparente assim obtidos são representados sob a forma de pseudo-secção bidimensional de resistividade elétrica e possuem muita informação. O seu processamento, com recurso a programas informáticos, resulta na obtenção de tomografias de resistividade elétrica, que representam graficamente uma imagem bidimensional do terreno em profundidade, em termos de resistividade (modelo da resistividade elétrica do terreno).

As variações mais significativas do campo elétrico resultam habitualmente de heterogeneidades litológicas ou da presença de estruturas subsuperficiais com resistividades anómalas em relação ao meio envolvente. O grau de variação da distribuição do potencial elétrico depende do contraste entre a resistividade destas estruturas e o meio envolvente, bem como da sua orientação face ao dispositivo utilizado.

Tendo em conta que a corrente elétrica se propaga no terreno principalmente através do eletrólito constituído pela água existente nos seus vazios e pelos sais nela dissolvidos, a resistividade depende não só da porosidade do terreno, como também do teor em água e da concentração iónica no meio aquoso, assim como da composição da matriz sólida do terreno.

4.2 Trabalhos realizados

Na fase de planeamento do trabalho de prospeção geofísica, e tendo em conta os objetivos a atingir, previu-se a execução de um conjunto de 5 perfis de resistividade elétrica, formando uma malha, junto da Porta de Armas da Base Aérea n.º 4, no local onde, até há algum tempo, se encontravam uns depósitos de combustível. No decurso do trabalho, face às dificuldades apresentadas pela densidade do arvoredo situado a NE da área vedada e aos resultados obtidos com os primeiros perfis, procedeu-se a uma alteração da implantação dos perfis e à realização de perfis adicionais,

perfazendo um total de 8 perfis de resistividade elétrica, que se entrecruzaram, tal como se apresenta na Figura 4.1, e com as dimensões constantes no Quadro 4.1.

Os trabalhos de campo decorreram na semana de 11 a 15 de maio de 2015, e os dados colhidos (resistividades elétricas aparentes) foram processados com o programa Res2Dinv, resultando em tomografias bidimensionais de resistividade elétrica. A topografia do terreno foi incorporada nos modelos, resultando esta de um levantamento efetuado com um DGPS, encontrando-se a antena base instalada no topo de um murete próximo da zona central do perfil P1 (ver Figura 4.1). Considerou-se que a cota da base deste murete é a mesma do edifício vizinho T-705, fornecida pela Engª Susana Simões do 65th Air Base Wing da USAF.

Figura 4.1 – Localização dos trabalhos de prospeção geofísica realizados

Quadro 4.1 – Elementos técnicos dos perfis de prospeção geofísica

Identificação dos perfis	Dist. Dipolar (m)	Comprimento (m)	Profundidade máxima (m)
P1	5	200	25
P2	6	240	27,5
P3	6	235	27,5
P4	6	228	27,5
P5	6	240	27,5
P6	3	120	15
P7	3	120	15
P8	3	120	15

4.3 Resultados obtidos

Apresentam-se na Figura 4.2, de forma integrada, e com a identificação de algumas das estruturas presentes no terreno, os resultados obtidos nos 8 perfis realizados. Com base no espetro de valores obtidos, e para que os modelos de resistividade elétrica sejam comparáveis com aqueles obtidos em 2009 (Figura 30 de Mota e Novo, 2010) e com os resultados da Aestus na zona da Porta de Armas (AMEC, 2009), a escala logarítmica de representação da gama de resistividades elétricas encontra-se compreendida entre 1 e 281 ohm.m.

Considera-se que os valores mais baixos da resistividade elétrica (1-6 ohm.m) se encontram associados à presença de uma mistura de água com hidrocarbonetos, estes numa fase de biodegradação (Cassidy *et al*., 2001 e Godio e Naldi, 2003). Os valores de resistividade elétrica situados entre 6 e 16 ohm.m poderão, igualmente, encontrar-se associados à presença de hidrocarbonetos, embora numa menor concentração e/ou numa fase de menor biodegradação.

Por interpolação entre os vários perfis executados, marcaram-se no Google™ Earth vários locais onde ocorrem anomalias de baixa resistividade elétrica (ver Figura 4.3). De entre estes destacam-se, como mais significativos:

- o local onde estiveram instalados depósitos, a E do edifício da Porta de Armas, sob os quais haveria uma bacia de contenção de derrames, constituída por uma laje de betão, parcialmente identificada no perfil P4 (Figura 4.2) e ainda visível na Figura 4.4 (ver igualmente delimitações visíveis nas fotografias constantes na Figura 4.5);
- uma pluma com foco junto ao furo MW20 (Figura 4.6) – furo no qual se encontra instalado um sistema de extração de hidrocarbonetos – e estendendo-se para SW, de P5 para P2, mas com algum gradiente, uma vez que surge com maior resistividade no perfil P2, o que indiciará uma redução na concentração de hidrocarbonetos, ou uma menor biodegradação dos seus elementos; esta pluma poderá ter ligação com a anomalia de baixa resistividade identificada cerca dos 160 m do perfil P1, pelo que se identificou, na Figura 4.3, com cor mais ténue, a interpolação entre as anomalias identificadas em P1 e P2.

Não se procedeu à interpolação das anomalias de resistividade elétrica intermédia (6-16 ohm.m), assinaladas a encarnado na Figura 4.3, uma vez que poderão corresponder a níveis dispersos de água com provável presença de hidrocarbonetos, possivelmente não relacionadas entre si, com eventual exceção daquelas identificadas no início dos perfis P3, P4 e P5.

A anomalia de baixa resistividade identificada no início do perfil P1, centrada no poste elétrico e na caixa elétrica vizinha (Posto de Transformação?), poderá encontrar-se relacionada com a "terra" deste sistema elétrico, e não com uma eventual pluma de contaminação.

A interface este, entre as anomalias de baixa resistividade e uma região de elevadas resistividades nos perfis P6, P7 e P8, e a interface, com características semelhantes, presente no extremo SE dos perfis P4 e P5, corresponderá provavelmente à ocorrência da falha de Santiago, já assinalada em Mota e Novo (2010). Esta falha funcionará provavelmente como zona tampão para a propagação da água com hidrocarbonetos.

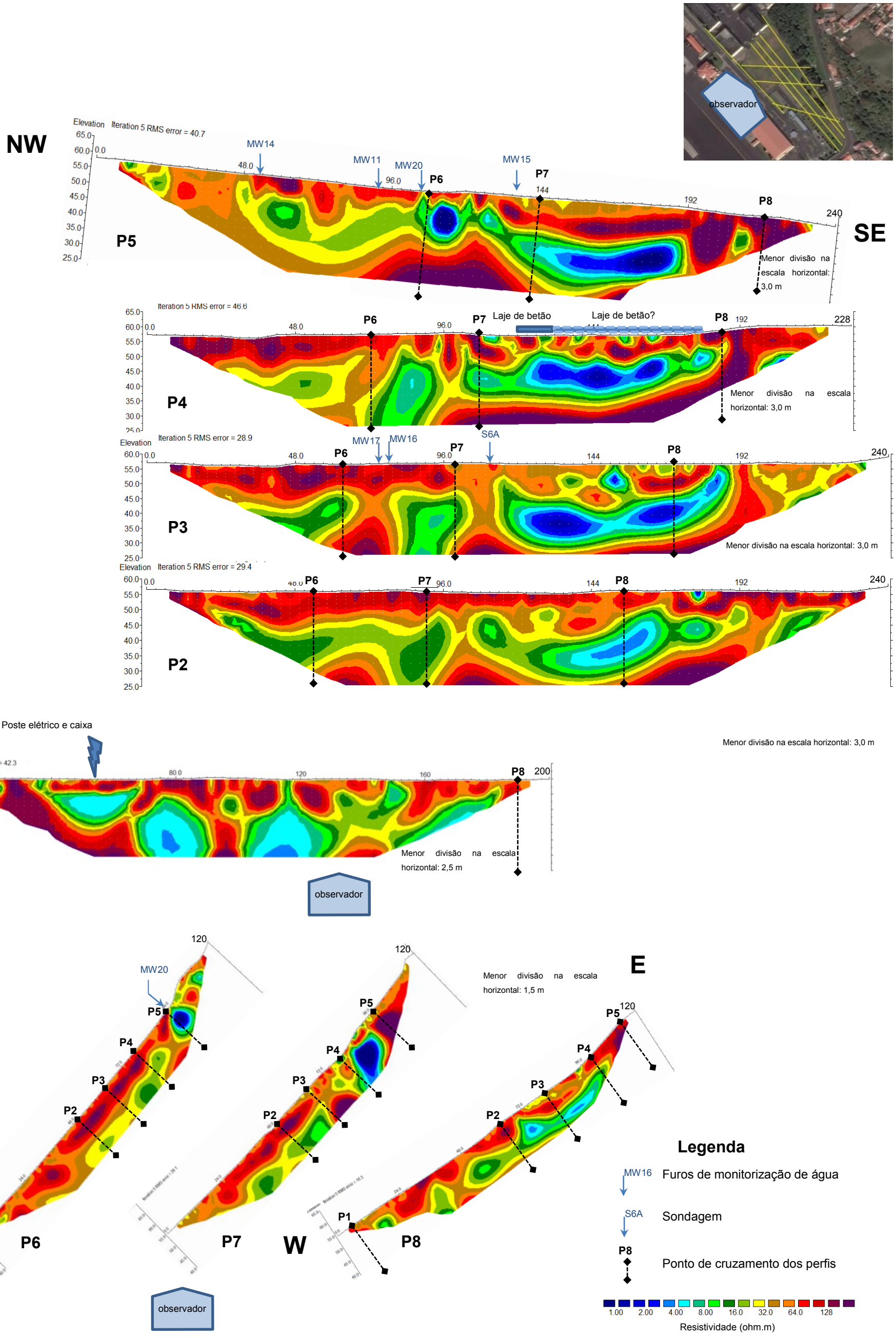


Figura 4.2 – Conjunto dos perfis executados, representados considerando que o observador se encontra junto ao perfil P1, apresentados à mesma escala entre si, e respeitando a posição relativa dos perfis P1 a P5, na direção NW-SE. Os perfis P6 a P8 estão representados de acordo com o ângulo que formam com o perfil P1

Página propositadamente deixada em branco

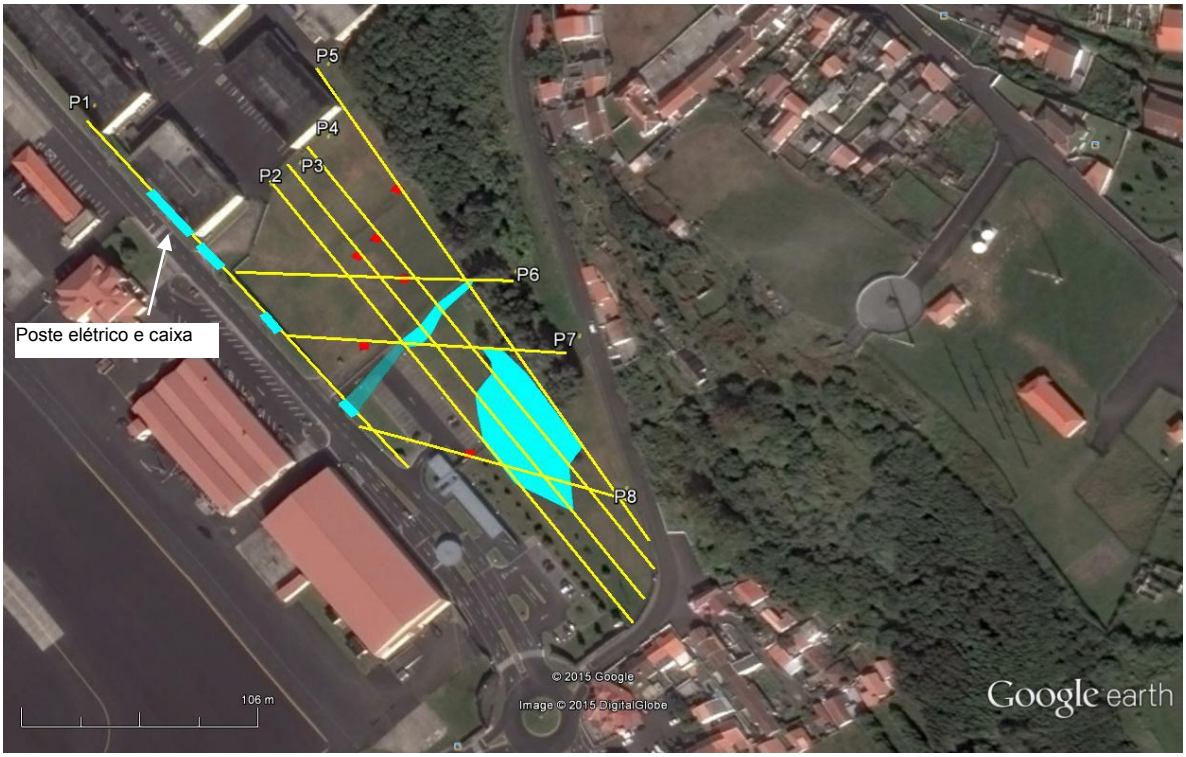


Figura 4.3 – Delimitação das zonas de baixa resistividade (1-6 ohm.m) - a azul - e de resistividade intermédia (6-16 ohm.m) - a encarnado - identificadas nos perfis de resistividade elétrica

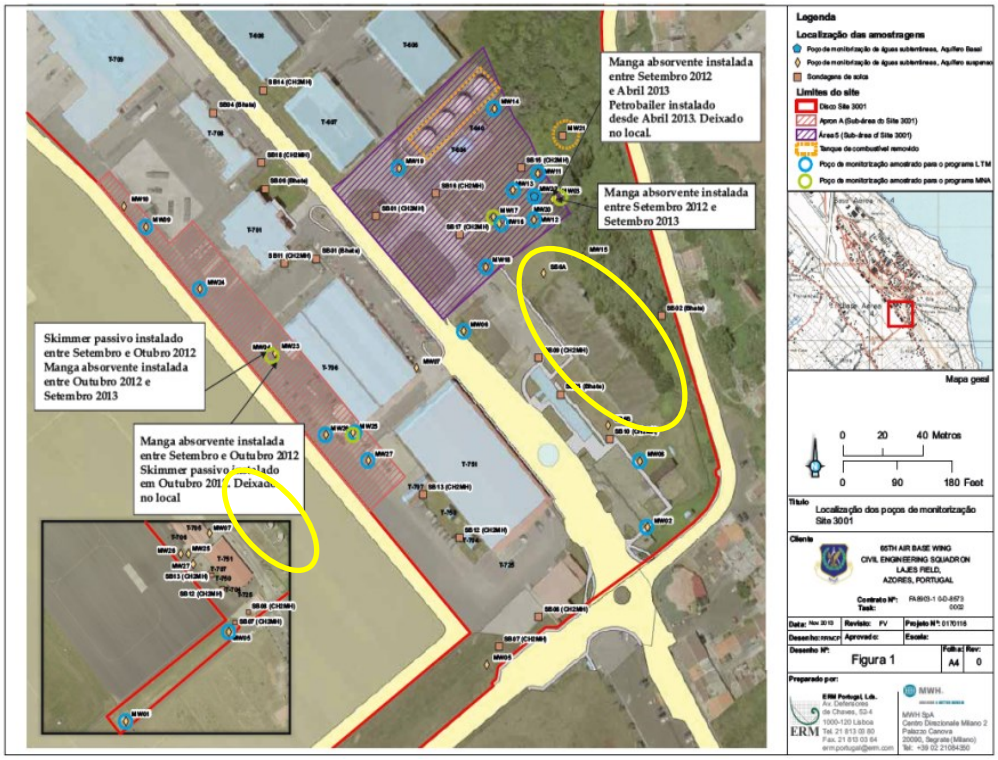


Figura 4.4 – Reprodução da Figura 1 do relatório (MWH, 2013). As elipses a amarelo identificam o local atravessado pelos perfis P3 e P4, onde se encontravam instalados depósitos (ainda visíveis na imagem menor), com uma bacia de contenção em betão

As fotografias constantes nas figuras seguintes ilustram alguns dos pontos mais relevantes dos perfis executados.

Figura 4.5 – Enquadramento da antiga bacia de contenção de derrames dos depósitos face aos perfis P4 (fotografia da esquerda - vista do centro (120 m) para SE) e P7 (fotografia da direita – vista do centro (60 m) para E)

Figura 4.6 – Esquerda – Perfil P1 (vista para NW, a partir dos 85 m). Direita – Perfil P5 (vista para NW, a partir dos 120 m)

Após a realização dos trabalhos de campo, constatou-se que alguns dos perfis agora executados se cruzaram ou se sobrepuseram a perfis realizados pela empresa Aestus (AMEC, 2009), em maio de 2009, tal como se ilustra na Figura 4.7. Este facto permite avaliar a evolução, em termos de resistividade elétrica, que ocorreu no local após precisamente 6 anos.

Em junho de 2009, o LNEC utilizou os orifícios para os elétrodos que a Aestus fez no pavimento betuminoso para a execução do perfil MGA-12, daí resultando os perfis PR25W e PR26W (Mota e Novo, 2010). Para validação da análise comparativa entre os resultados da Aestus, obtidos em maio de 2009, e os do LNEC, obtidos em maio de 2015, procede-se de seguida à comparação da parte coincidente, entre o perfil MGA-12 e o perfil PR26W (Figura 4.8). Estes perfis foram obtidos no mesmo local, com pequena diferença temporal, mas, com diferentes equipamentos,

com diferentes dispositivos de medição (no caso do LNEC foi utilizado o dispositivo de Wenner que possui a mesma disposição de elétrodos no terreno) e os dados obtidos no campo foram processados com diferentes programas informáticos (programa Res2Dinv, no caso do LNEC). Para facilitar a análise comparativa, procurou-se utilizar no perfil PR26W uma escala idêntica à utilizada pela Aestus, embora com as necessárias diferenças nas cores utilizadas definidas automaticamente pelo programa Res2Dinv.

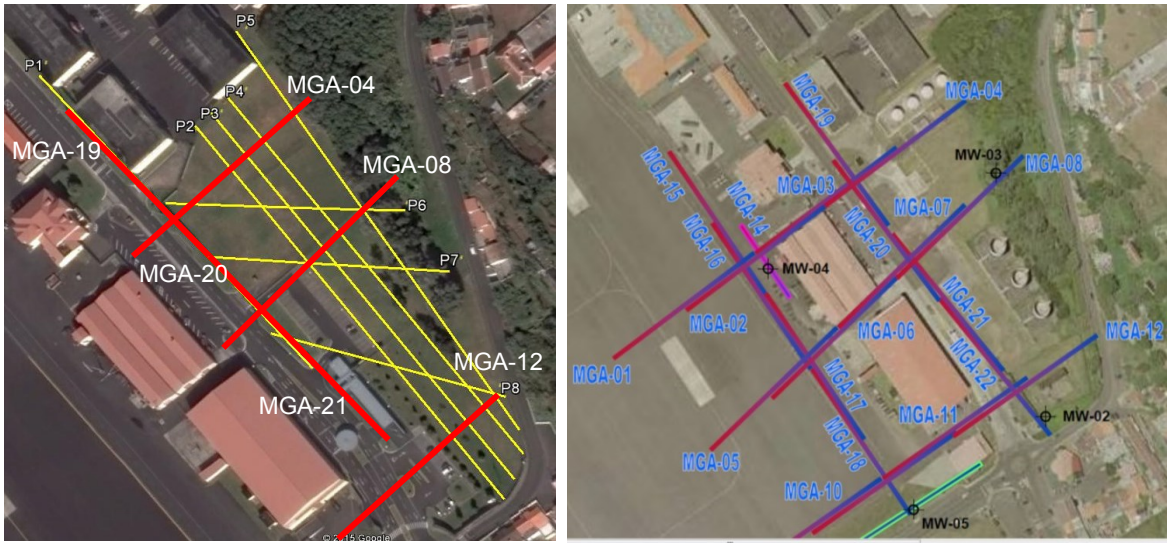


Figura 4.7 – Esquerda - extrato da Figura 4.1, com implantação aproximada de alguns dos perfis realizados pela Aestus em 2009 (a encarnado). Direita – Extrato da Figura 1A constante no relatório da Aestus (AMEC, 2009)

Da análise dos perfis destaca-se a elevada concordância entre ambos, tanto na forma como na magnitude das anomalias resistivas (no limite do parque de estacionamento) e das anomalias condutoras (por exemplo aquelas que ladeiam a anomalia resistiva indicada). É, assim, válida a comparação entre os modelos de resistividade elétrica obtidos pela Aestus, em 2009, e aqueles obtidos pelo LNEC, em 2015, nos locais comuns.

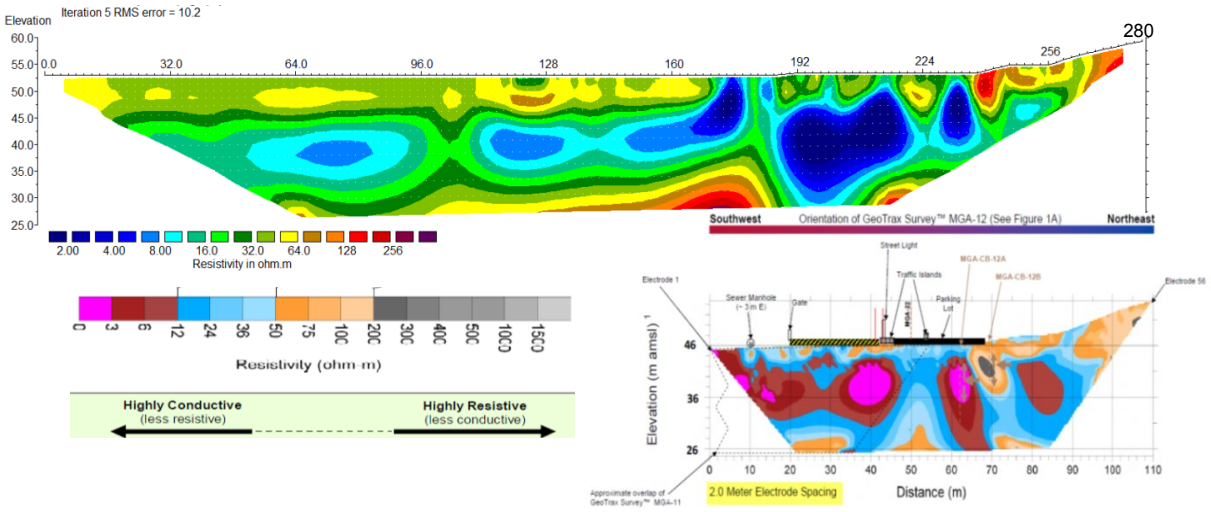


Figura 4.8 – Topo – Perfil PR26W executado pelo LNEC, em junho de 2009. Baixo – Perfil MGA-12, obtido pela Aestus, em maio de 2009

Apresenta-se, da Figura 4.9 à Figura 4.12, a comparação entre os resultados obtidos pela Aestus, em maio de 2009, e aqueles obtidos pelo LNEC, em maio de 2015, para análise da evolução das principais anomalias de resistividade elétrica. Existe uma diferença de cotas entre os modelos da Aestus e os do LNEC, o que se deverá às dificuldades assinaladas por esta empresa (AMEC, 2009).

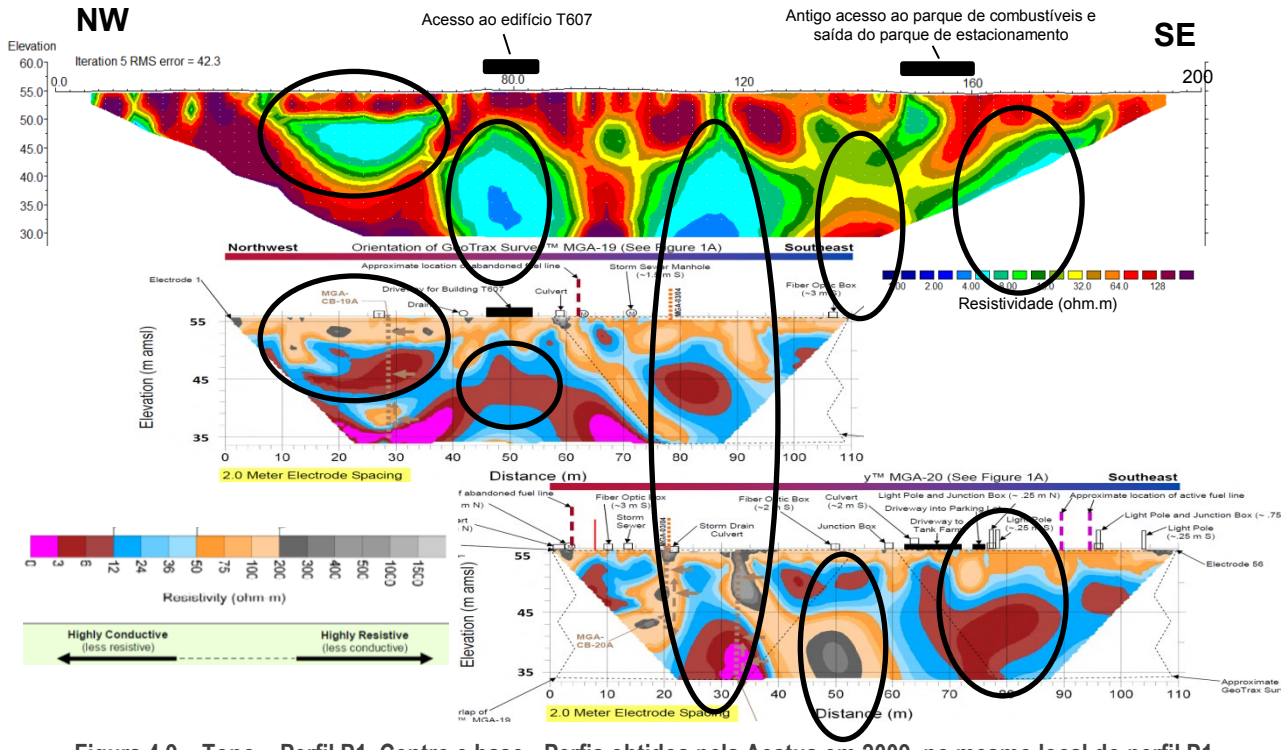


Figura 4.9 – Topo – Perfil P1. Centro e base - Perfis obtidos pela Aestus em 2009, no mesmo local do perfil P1 (todos os perfis estão representados com iguais escalas horizontal e vertical). As elipses assinalam as principais anomalias de resistividade elétrica

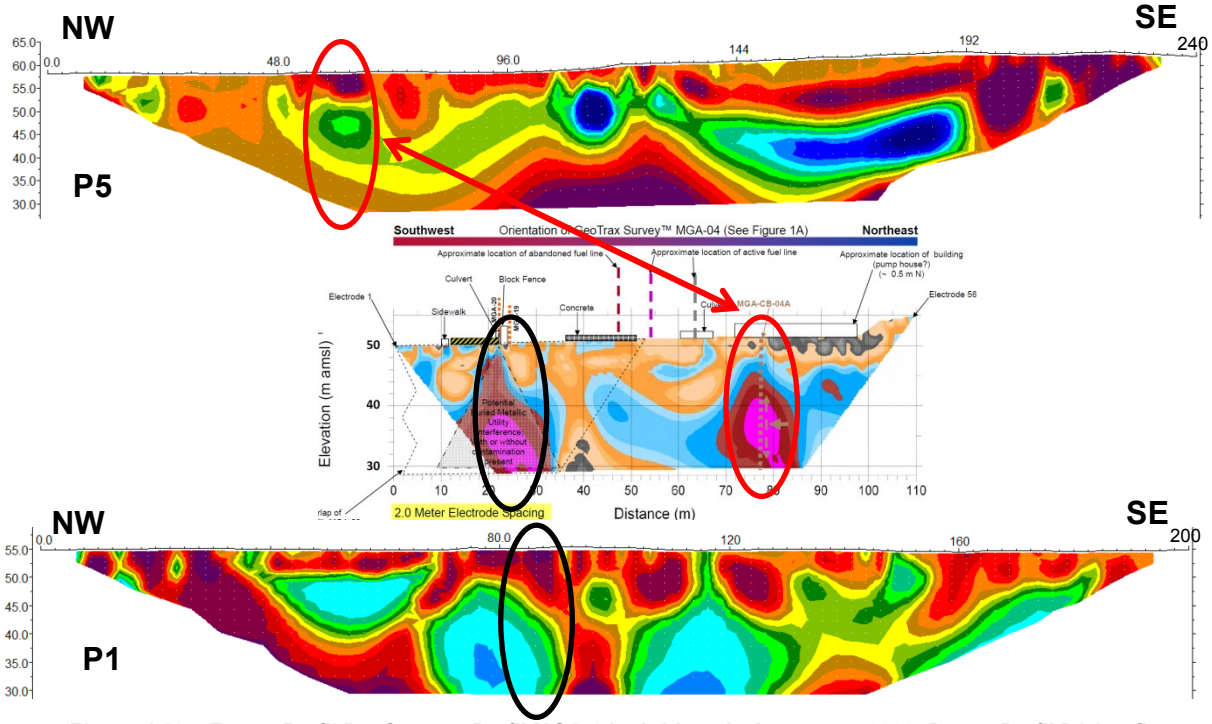


Figura 4.10 – Topo - Perfil P5. Centro - Perfil MGA-04, obtido pela Aestus em 2009. Base - Perfil P1 (perfis representados com iguais escalas horizontal e vertical). As elipses a preto e a encarnado assinalam a posição aproximada de interseção do perfil MGA-04 com os perfis P1 e P5, respetivamente

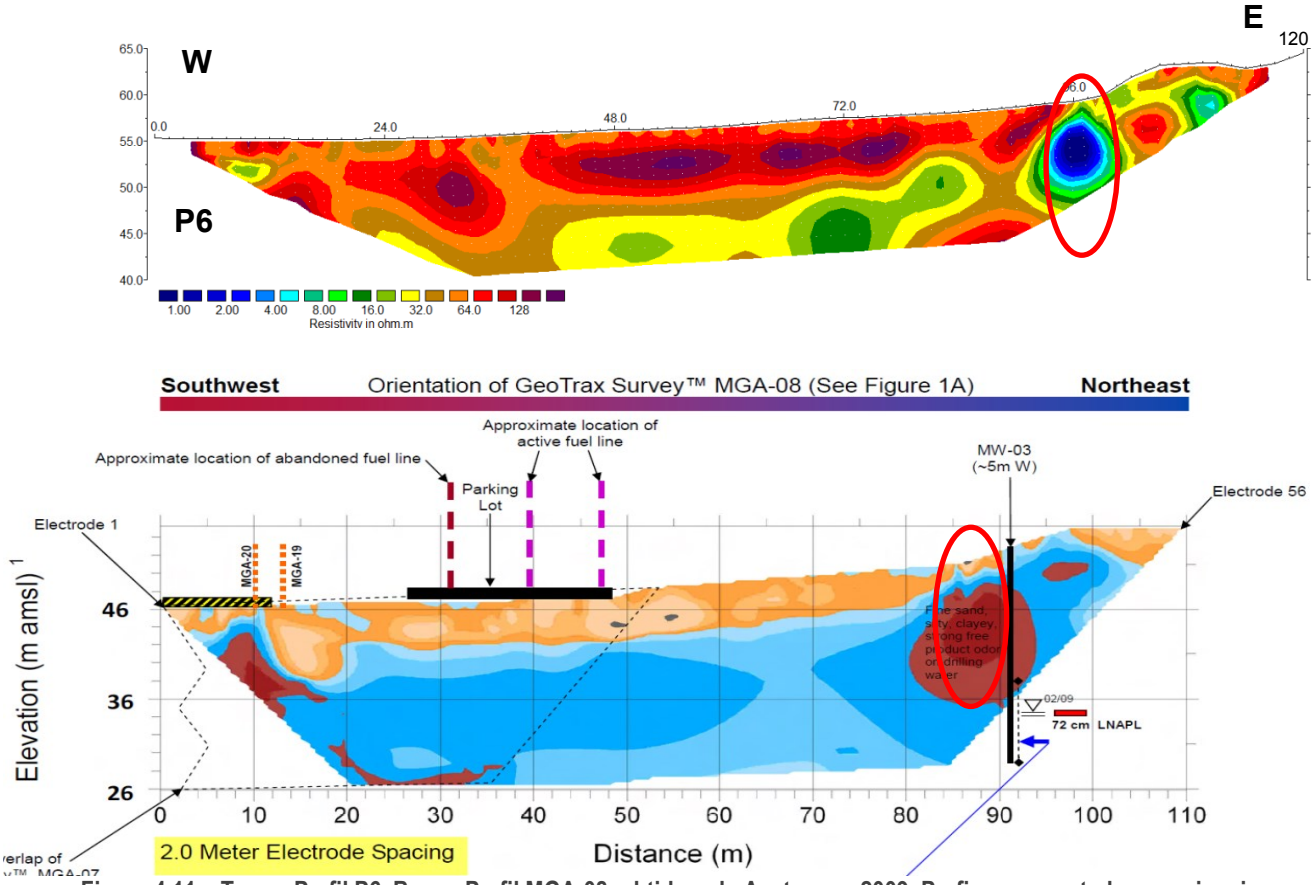


Figura 4.11 – Topo - Perfil P6. Base - Perfil MGA-08, obtido pela Aestus em 2009. Perfis representados com iguais escalas horizontal e vertical. As elipses a encarnado assinalam a posição aproximada de interseção dos perfis

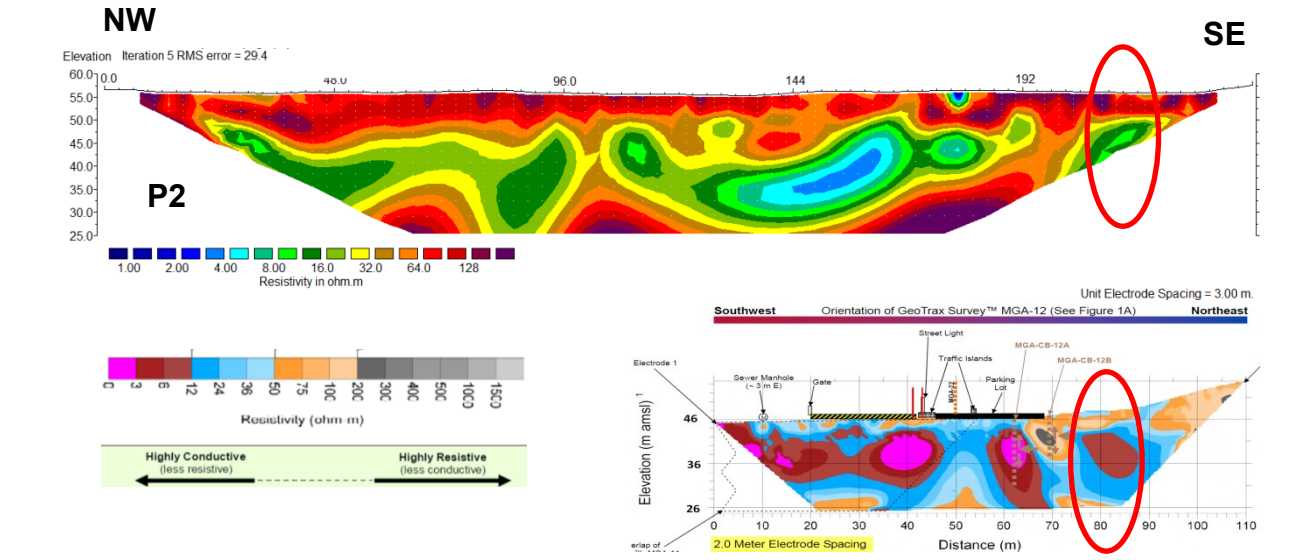


Figura 4.12 – Topo - Perfil P2. Base - Perfil MGA-12, obtido pela Aestus em 2009. Perfis representados com iguais escalas horizontal e vertical. As elipses a encarnado assinalam a posição aproximada de interseção dos perfis

Da observação dos modelos constantes na Figura 4.9 à Figura 4.12, constata-se que persistem as anomalias identificadas há 6 anos, e com as mesmas características, tanto em termos de dimensão como de resistividade elétrica.

4.4 Síntese, conclusões e recomendações

Síntese e conclusões:

- identificaram-se duas zonas com valores de baixa resistividade elétrica associadas provavelmente a plumas de hidrocarbonetos;
- as anomalias de baixa resistividade elétrica identificadas, em locais coincidentes com perfis realizados há 6 anos, mantêm as características então obtidas: pode-se, assim, admitir que não se terá verificado uma melhoria significativa relativamente à presença de hidrocarbonetos no local através das ações de reabilitação em curso, e que aparentemente não ocorreu uma migração das plumas para jusante;
- as características da interface entre as anomalias de baixa resistividade e uma região de elevada resistividade identificada a NE do local prospetado, indiciam que esta zona corresponderá provavelmente à falha de Santiago, a qual, aparentemente, estará a funcionar como zona tampão para a propagação para NE da água com hidrocarbonetos.

Visando a avaliação da evolução da situação em análise recomenda-se a continuação da monitorização por métodos geofísicos, designadamente na sequência das ações de reabilitação que se venham a realizar.

5 | Monitorização da qualidade das águas subterrâneas

5.1 Descrição das campanhas realizadas

Durante o primeiro semestre de 2015 foi realizada pelo LNEC, conjuntamente com a empresa subcontratada pelo LNEC AmbiPar Control, uma campanha de monitorização em dez pontos de água pertencentes às formações hidrogeológicas superficial e intermédia, bem como a cinco furos de abastecimento à Praia da Vitória, que capta o aquífero basal. A próxima campanha está prevista para setembro de 2015. As campanhas foram programadas para dois períodos distintos do ano hidrológico, de forma a poder verificar eventuais alterações induzidas pela oscilação dos níveis piezométricos resultante da época de águas altas e baixas.

Do mesmo modo que em 2013, o principal objetivo das campanhas foi complementar a informação obtida pela 65 ABW, efetuada apenas dentro dos Sites 3001 e 5001, de forma a acompanhar a evolução da qualidade da água nos níveis suspensos à saída das áreas poluídas e antes de poder atingir os potenciais meios recetores, nomeadamente dos pontos de captação de água para consumo humano que captam o aquífero basal.

Em cada ponto foram recolhidos três tipos de amostras de água, procurando obter o pior cenário de concentração de poluentes: (1) uma amostra superficial (S) no contacto do nível piezométrico, para analisar a presença de hidrocarbonetos sobrenadantes (LNAPL); (2) uma amostra no fundo do piezómetro (F), procurando encontrar os hidrocarbonetos mais densos do que a água (DNAPL) e (3) uma amostra representativa obtida a meio da coluna de água, no final das amostragens anteriores, retirada após a purga do piezómetro confirmada pela estabilização dos valores de temperatura, pH e condutividade elétrica da água retirada.

Os locais de amostragem e as respetivas características são apresentados na Figura 5.1 e no Quadro 5.1, respetivamente.

As campanhas incluíram a monitorização *in situ* de parâmetros globais da qualidade da água (nível piezométrico, condutividade elétrica, temperatura e pH) e a recolha de amostras de água para análises químicas. Nesses pontos foram realizadas recolhas para análise química de 109 parâmetros químicos diferentes, entre elementos de campo, iões maiores, metais pesados e hidrocarbonetos (cf. Quadro 5.2).

Além do conjunto de análises referidas foram efetuadas amostras completas de duplicados e de brancos de campo que confirmaram a fiabilidade dos resultados obtidos. Esta análise, bem como a descrição completa dos métodos utilizados, critérios de calibração, análises de controlo em laboratório e de toda a cadeia de custódia, é apresentada pela AmbiPar Control, que teve a seu cargo todo o processo de realização de análises químicas, da cadeia de custódia e de controlo de qualidade.

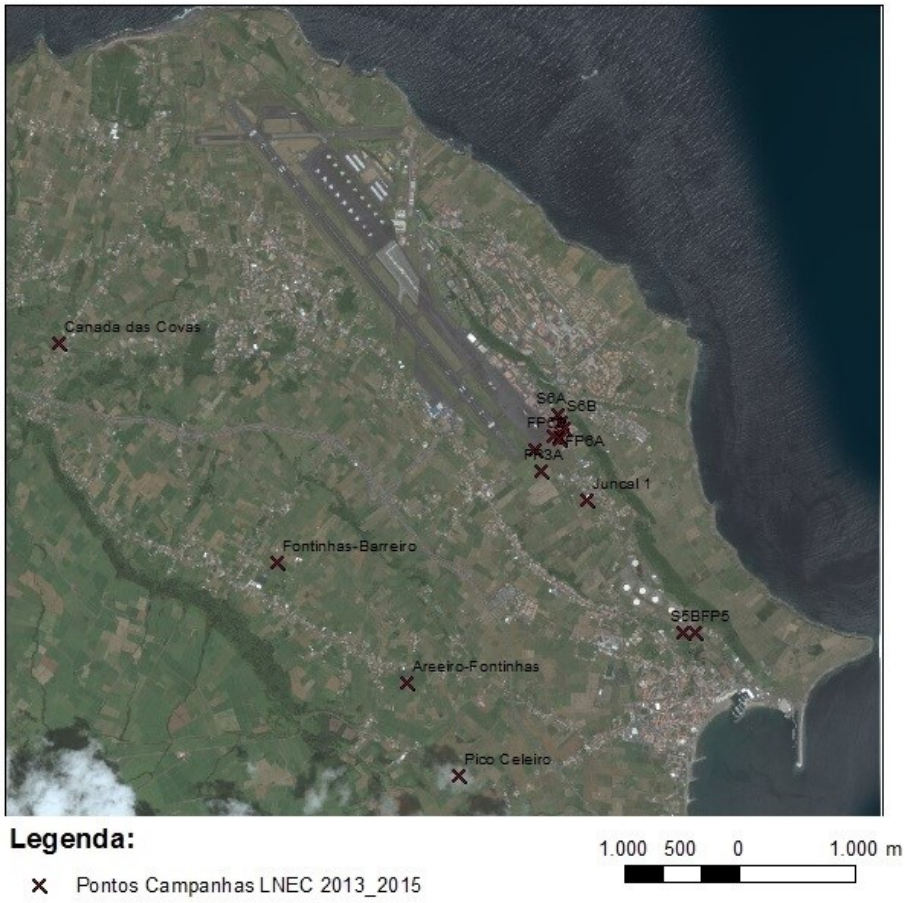


Figura 5.1 – Localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas em 2015

Quadro 5.1 – Características dos pontos de água monitorizados em 2015

	DESIGNAÇÃO	Local	Coordenadas E	Coordenadas N	Profundidade do furo (m)	Cota do solo (m)	Tubos ralos	
							Profundidade (m)	Cota (m)
Disco Site 3001 e envolvente	**MW01, Site 3001**	Porta de Armas	493293	4289156	9,80	54,70	6,80 a 9,80	
	MW02, Site 3001		493535	4289352	7,80	53,67	4,80 a 7,80	
	MW05, Site 3001		493454	4289287	6,40	52,86	3,40 a 6,40	
	S6A		493479	4289472	11,00	56,44	2,6 a 8,6	53,84 a 47,84
	S6B		493512	4289400	9,00	54,31	2 a 7	52,26 a 47,26
	FP3A	Exterior da Porta de Armas	493335	4288976	16,50	53,56	7,50 a 8,50 e 13,00 a 15,00	48,31 a 47,31 e 42,81 a 40,81
	FP6A		493491	4289262	42,00	53,56	37,00 a 40,00	16,56 a 13,56
	FP6B		493500	4289260	12,00	53,56	2,00 a 4,00	51,56 a 49,56
Disco Site 5001 e envolvente	**S5B**	Exterior da *South Tank Farm*	494571	4287582	5,30	1,66	1,3 a 5,3	0,36 a -3,64
	FP5		494670	4287575	12,00	1,73	5,50 a 8,50	-3,77 a -6,77
Furos abastecimento CMPV	**Areeiro-Fontinhas**	Fontinhas/Canada do Pico	492163	4287111	102,60	94,01	92,50 a 102,60	1,51 a -8,59
	Canada das Covas	S. Brás/à EM 518	489154	4290054	111,77	103,45	100,40 a 111,77	3,05 a -8,25
	Fontinhas-Barreiro	Fontinhas/C Barreiro	491037	4288172	116,55	106,92	105,75 a 116,55	1,17 a -9,62
	Juncal 1	Juncal	493741	4288704	62,70	55,22	54,15 a 64,8	1,07 a -9,58
	Pico Celeiro	Fontinhas/Canada da Cidade	492629	4286337	89,82 (1) /101,00 (2) /86,35 (3)	78,42		

Página propositadamente deixada em branco

Quadro 5.2 – Parâmetros químicos analisados

Parâmetro
Inorgânicos não metálicos
Cloretos
Nitratos
Sulfatos
Metais em solução / Catiões maiores
Alumínio - Al
Antimónio - Sb
Arsénio - As
Bário - Ba
Berílio - Be
Boro - B
Cádmio - Cd
Cálcio - Ca
Crómio - Cr
Cobalto - Co
Cobre - Cu
Ferro - Fe
Chumbo - Pb
Lítio - Li
Magnésio - Mg
Manganês - Mn
Mercúrio - Hg
Molibdeno - Mo
Níquel - Ni
Fósforo - P
Potássio - K
Selénio - Se
Prata - Ag
Sódio - Na
Vanádio - V
Zinco - Zn
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo - HTP
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo
BTEX
Benzeno
Etilbenzeno
Meta-para xileno
Orto-xileno
Tolueno

Quadro 5.2 (cont.) – Parâmetros químicos analisados

Parâmetro
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados
1.1.1.2-Tetracloroetano
1.1.1-Tricloroetano
1.1-Dicloroetano
1.2.3-Triclorobenzeno
1.2.4-Triclorobenzeno
1.2-Dicloroetano
1.3.5-Triclorobenzeno
1.3-Dicloropropano
2.2-Dicloropropano
2-Clorotolueno
Bromoclorometano
Bromodiclorometano
Bromofórmio
Clorobenzeno
Clorofórmio
cis-1.2-Dicloroeteno
Dibromoclorometano
Tetracloroetileno (PCE)
Tetraclorometano
trans-1.3-Dicloropropeno
Tricloroetileno (TCE)
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados
1.2.4-Trimetilbenzeno
1.3.5-Trimetilbenzeno
Isopropilbenzeno
Metil tert-Butil Éter (MTBE)
n-Butilbenzeno
n-Propilbenzeno
p-Isopropiltolueno
sec-Butilbenzeno
Estireno
tert-Butil álcool
tert-Butilbenzeno
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH)
Acenafteno
Acenaftileno
Antraceno
Benzo(a)antraceno
Benzo(a)pireno
Benzo(b)fluoranteno
Benzo(g.h.i)perileno
Benzo(k)fluoranteno
Criseno
Dibenz(a.h)antraceno
Fluoranteno
Fluoreno
Indeno(1.2.3.cd)pireno
Naftaleno
Fenantreno
Pireno
Parâmetros agregado: índice de fenóis e e 4 PAH (DL 306/2007)

Recorda-se que a seleção destes parâmetros teve em consideração dois critérios principais: (1) serem elementos cuja concentração foi superior ao limite de deteção em algum ponto do aquífero basal ou a valores que devem ser analisados segundo o DL 306/2007 - Qualidade da água destinada ao consumo humano ou (2) serem elementos cuja concentração, embora sempre inferior ao limite de deteção em todos os furos e piezómetros analisados no aquífero basal (23 locais diferentes), apresenta valores assinaláveis em furos ou piezómetros (nos aquíferos suspensos ou no basal) junto a áreas poluídas.

5.2 Resultados obtidos

5.2.1 Considerações gerais

O conjunto de resultados foi analisado à luz da legislação Portuguesa em vigor para os parâmetros definidos para a qualidade das águas subterrâneas na origem, decorrente da aplicação da Diretiva-Quadro da Água (DQA) e da Lei da Água. Para os parâmetros não contemplados naquela legislação foram utilizados os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 306/2007 para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Por fim, para os restantes parâmetros não definidos na legislação Portuguesa foram utilizadas as normas do Canadá relativas aos *standards* para condições de águas subterrâneas potáveis. Optou-se por esta legislação estrangeira por ser das mais completas, juntamente com a legislação Holandesa, e em sintonia com o definido na legislação imposta pela DQA de definição de *standards* de qualidade na origem. Em síntese, e por sequência, são utilizados os seguintes documentos normativos:

- 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);
- VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 Qualidade da água destinada ao consumo humano;
- Canadá - *Standards in a Potable Groundwater Condition* (Table 2).

Procurou-se enquadrar a nova informação obtida durante este Estudo com os trabalhos anteriormente desenvolvidos.

5.2.2 Porta de Armas (Main Gate, Site 3001)

Neste local foram efetuadas amostragens nos oito piezómetros que haviam sido selecionados para monitorização em 2013. Cinco destes localizam-se dentro do Site 3001 ou próximo do seu limite exterior (MW01, MW02, MW05, S6A e S6B), e três fora desse perímetro (FP3A, FP6A e FP6B), conforme indicado na Figura 5.2.

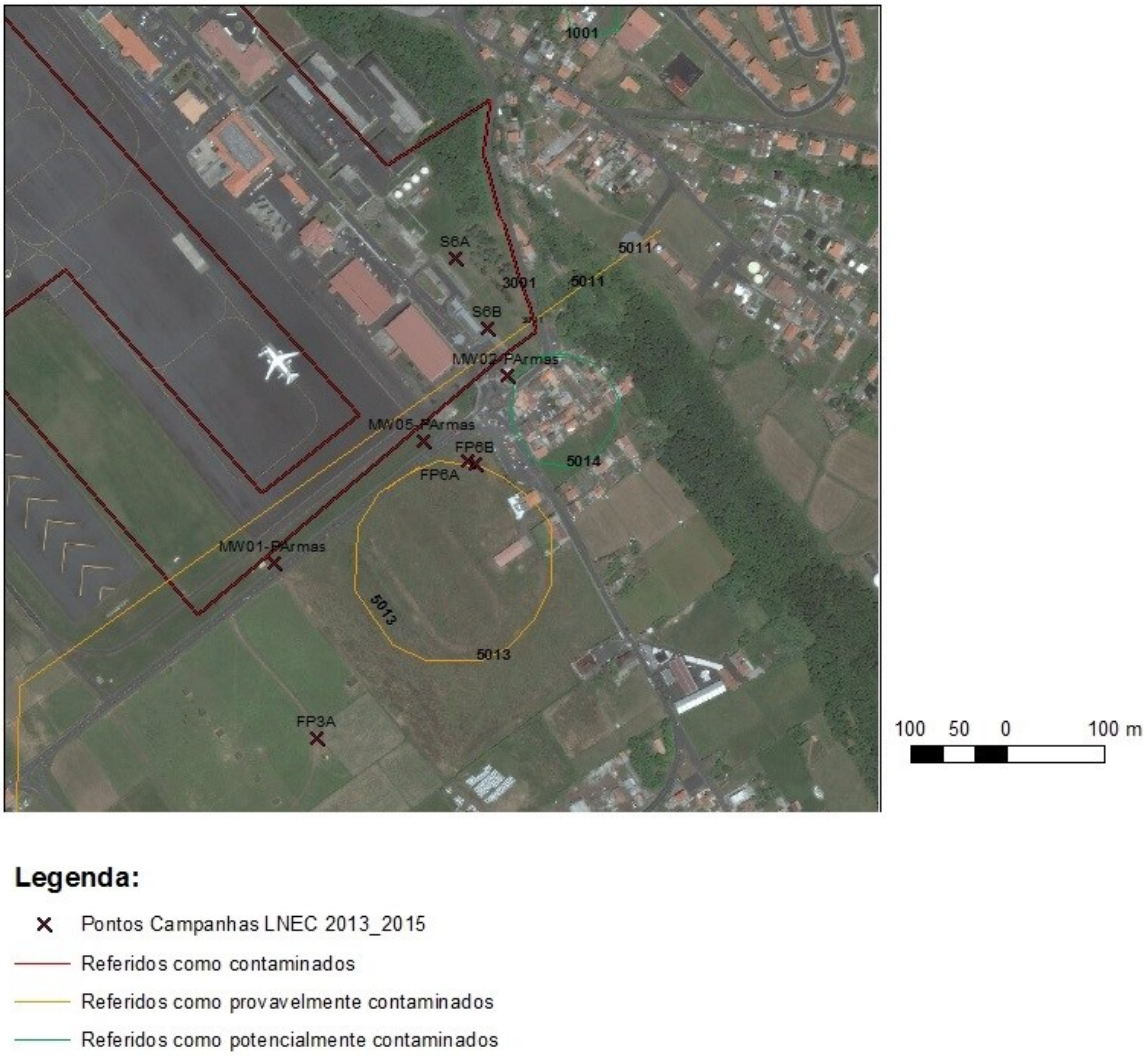


Figura 5.2 – Localização dos pontos de amostragem do LNEC junto ao Site 3001 e sua posição relativa aos locais classificados entre potencialmente contaminados a contaminados

A Figura 5.3 representa as concentrações de hidrocarbonetos mais elevadas observadas em cada ponto de água, desde 2010, independentemente da profundidade de recolha. Corresponde, assim, ao pior cenário de poluição.

No seguimento dos resultados das análises de 2013, também em 2015 se regista a quase ausência de hidrocarbonetos nos três piezómetros localizados fora do Site 3001, sendo a exceção um valor de 0,119 mg/L de hidrocarbonetos totais de petróleo no ponto FP3A (cf. Figura 5.3). Esse valor encontra-se muito próximo do limite de quantificação (0,1 mg/L) e abaixo da Norma do Canadá (0,75 mg/L) para a potabilidade de águas subterrâneas.

O restante conjunto de resultados obtidos para o Site 3001 permitem registar a presença de diversos elementos e compostos orgânicos nas formações aquíferas suspensas, com variações assinaláveis entre campanhas. A maioria dos pontos apresenta valores mais baixos na campanha de janeiro de

2015, embora o oposto se tenha passado no ponto MW01, que apresentou concentrações maiores para os mesmos parâmetros encontrados em 2013. Registam-se: (1) PAH (acenafteno, acenaftileno, antraceno, fluoranteno, fluoreno, fenantreno, naftaleno e pireno); (2) VOCs (1.2.4-trimetilbenzeno, bromodiclorometano, clorofórmio, dibromoclorometano, tetracloroetileno, triclorofluorometano, PCE e tert-butilbenzeno), (3) hidrocarbonetos totais do petróleo: e (4) BTEX (etilbenzeno, meta-para xileno e orto-xileno).

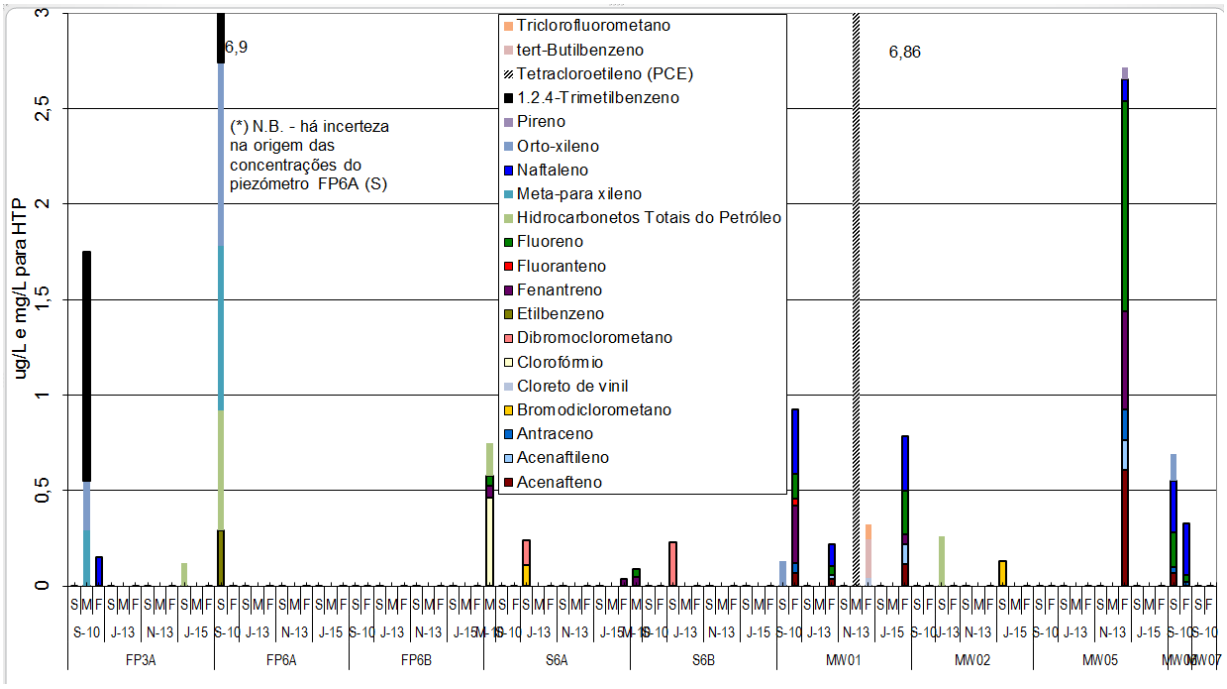


Figura 5.3 – Concentração em PAH, TPH e BTEX em oito piezómetros localizados nas formações hidrogeológicas superficial e intermédia, dentro e fora do Site 3001, entre 2010 e 2015

De todas as análises efetuadas em hidrocarbonetos, apenas foi ultrapassado o Limiar de Qualidade [nos termos do Anexo II e VII do DL 208/2008, definido em INAG (2009), no valor de 0,3 μg/L] em 2013, no ponto MW1, onde a concentração em tetracloroetileno (PCE) apresentou valores de 6,86 μg/L.

Os resultados obtidos pelo LNEC em 2015, não só com base nas análises químicas, mas também na componente geofísica, permitem confirmar as conclusões de relatórios anteriores:

- as plumas de TPH com LNAPL sobrenadando as águas subterrâneas encontradas no Site 3001 têm-se mantido relativamente estáveis;
- em 2013 não tinham sido encontrados hidrocarbonetos nos três pontos de monitorização localizados a jusante do Site 3001, mas em 2015 registou-se a ocorrência de hidrocarbonetos totais no ponto FP3A, fora do perímetro;
- a presença, em algum período, de concentrações de hidrocarbonetos nos piezómetros localizados a sul da Porta de Armas, comprova que o sentido do escoamento subterrâneo

nas formações suspensas processa-se, essencialmente, para SSE e que há ligações hidráulicas entre os pontos de concentração de poluentes e os locais monitorizados. Existem algumas informações contraditórias a este respeito do sentido do escoamento, nomeadamente no relatório AMEC (2015), por exemplo na sua figura 1, onde podem ser encontrados três sentidos de escoamento diferentes. Crê-se que a natureza pouco contínua destes aquíferos suspensos pode gerar este tipo de aparente contradição, uma vez que não haverá uma ligação hidráulica contínua que permita um só sentido global de escoamento;

- mantêm-se as observações de assinaláveis variações nas concentrações entre as amostras realizadas em diferentes períodos e a diferentes profundidades, resultantes essencialmente da infiltração da água de precipitação e consequente migração de poluentes para níveis inferiores, da oscilação do nível piezométrico e do processo de reabilitação.

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

A monitorização do Site 5001 foi, quer em 2013 quer em 2015, efetuada através da recolha de amostras de água para análise química em dois piezómetros: FP5 e S5B (cf. Figura 5.4). O seu principal objetivo foi analisar a evolução da situação da qualidade da água a jusante do Site 5001 nomeadamente protegendo a Lagoa, atendendo a que os furos de captação de água para consumo humano se localizam a montante. Neste local, as captações localizam-se no aquífero basal, uma vez que não há formação hidrogeológica superficial.

Nos dois pontos monitorizados foram recolhidas amostras de água a três profundidades diferentes, mantendo o procedimento já referido na Secção 5.1.

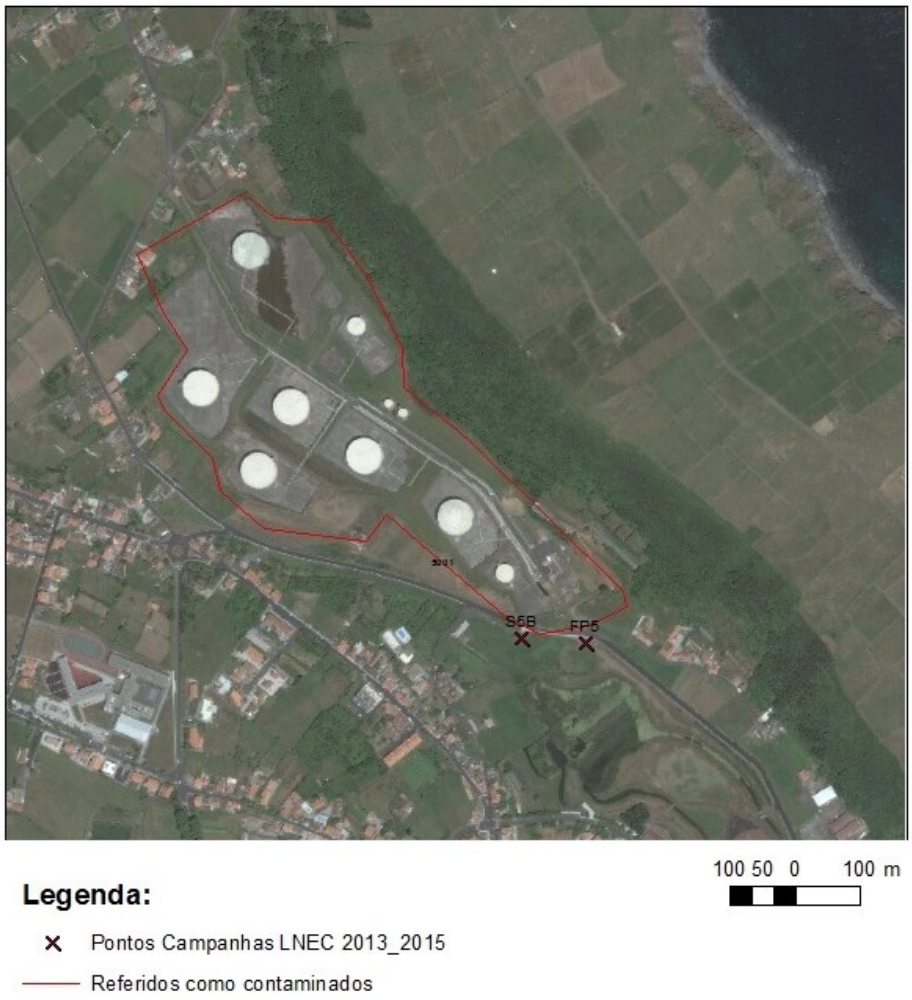


Figura 5.4 – Localização dos pontos de monitorização na área junto à *South Tank Farm* em 2013 e 2015

Os resultados das análises químicas são apresentados na Figura 5.5. Foram encontrados vestígios de hidrocarbonetos totais de petróleo, de meta-para xileno, de orto-xileno e de bromodiclorometano, em concentrações abaixo dos limiares definidos de 0,75 mgTPH/L e de 16 μg bromodiclorometano /L, respetivamente. O meta-para xileno e o orto-xileno não têm limiares definidos em nenhuma das legislações utilizadas.

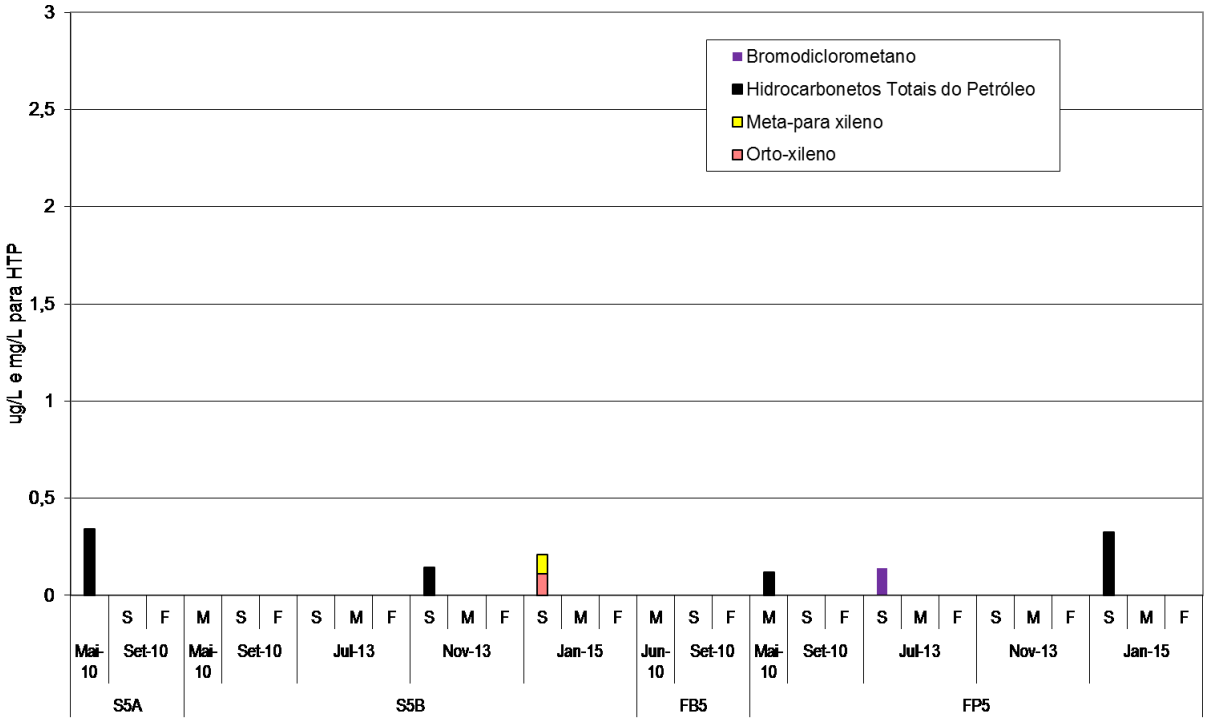


Figura 5.5 – Concentrações acima do limite de quantificação em PAH, TPH e BTEX em piezómetros localizados fora do Site 5001, na área junto à *South Tank Farm*, entre 2010 e 2015

O reaparecimento de alguns elementos vestígiais nos dois pontos amostrados implica que se continue a monitorização da evolução da situação, também nesta área.

5.2.4 Águas para consumo humano

Na campanha de monitorização de 2015, da responsabilidade do LNEC, foram igualmente realizadas análises a cinco furos utilizados, ou em utilização, para produção de água para consumo humano, mas apenas para hidrocarbonetos (o mesmo conjunto de 85 que tem vindo a ser analisado para os demais pontos). Na campanha realizada nenhum hidrocarboneto foi detetado acima do limite de quantificação. A análise da qualidade destas águas desde 2013 é apresentada no Capítulo 6.

5.2.5 Comparação de metodologias de amostragem e respetivos resultados

Um outro aspeto que foi objeto de análise em 2015 foi a comparação de procedimentos de amostragem e a sua potencial importância nos valores de concentração de contaminantes encontrados na água. Nesse contexto, a campanha do LNEC de janeiro de 2015 foi programada de forma a fazer coincidir as datas de amostragem com a campanha conduzida pela AMEC. A amostragem conjunta foi realizada em três pontos: MW01, MW02 e MW05. O LNEC, como é habitual, fez uma amostragem onde as amostras para análise de LNAPL foram recolhidas à superfície da água; as amostras para análise de DNAPL foram recolhidas junto ao fundo dos piezómetros e os restantes parâmetros a meio da coluna de água, após um procedimento de purga. A AMEC fez apenas uma amostragem representativa, isto é, após a purga do piezómetro.

A Figura 5.6 apresenta os resultados obtidos para a qualidade das águas, para os parâmetros com valores superiores ao limite de quantificação respetivo, permitindo comparar as duas metodologias de amostragem.

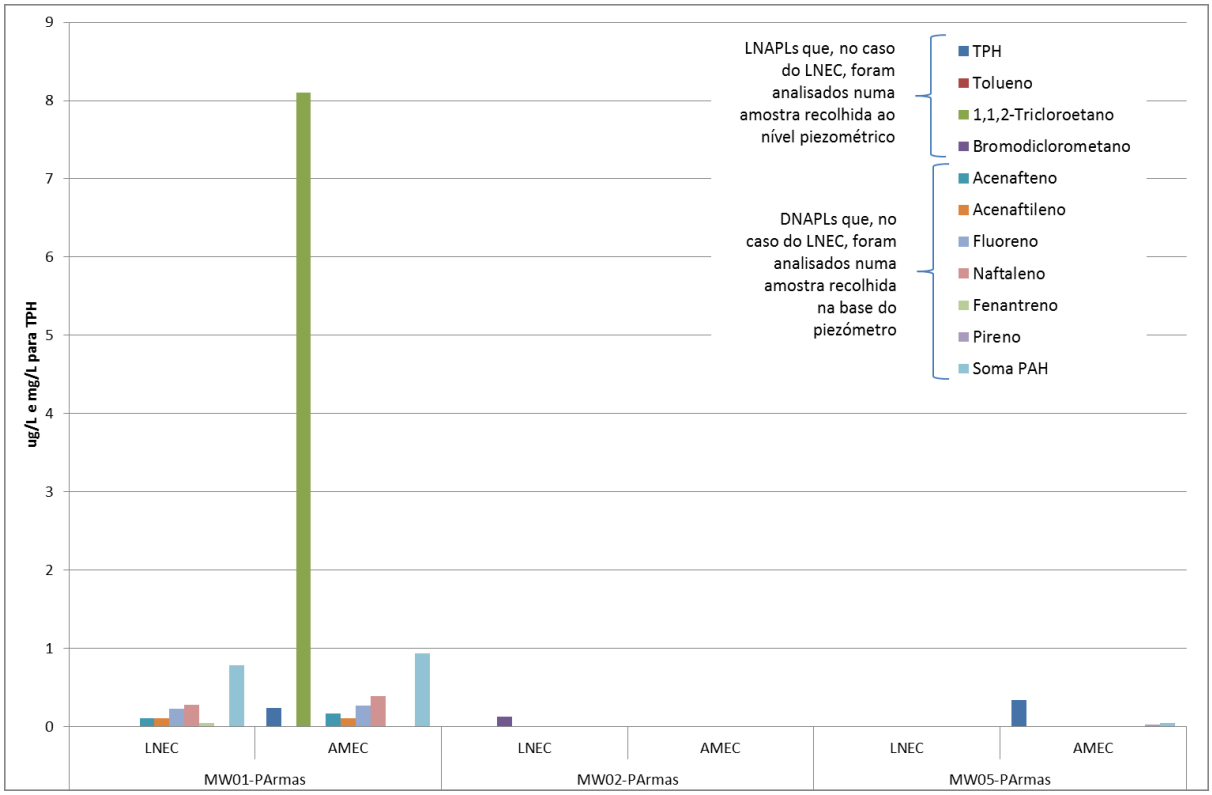


Figura 5.6 – Concentração em diversos hidrocarbonetos em três piezómetros amostrados por dois processos diferentes, um usado pelo LNEC e outro pela AMEC

A análise da Figura 5.6 permite concluir que, com exceção do parâmetro 1,1,2 tricloroetano (acima da norma do Canadá = 4,7 mg/L), os resultados são bastante semelhantes, na medida em que, da lista de cerca de 90 parâmetros analisados, os parâmetros superiores ao limite de quantificação são quase sempre os mesmos e as suas concentrações também. Estes valores mostram não existirem diferenças assinaláveis de concentração resultantes do processo de amostragem, embora a AMEC tenha detetado TPH, pireno e PAH no MW05 e o LNEC não. O contrário era esperado atendendo a que a amostragem do LNEC foi feita no local onde seria espectável encontrar mais DNAPL (fundo do piezómetro, como resultado de ser um líquido pouco miscível e mais denso do que a água). Diversas explicações podem ser dadas: 1) existência de DNAPL dissolvidos a migrar no interior da coluna de água, em quantidade equivalente ou superior aos DNAPL depositados; 2) de não se tratar da mesma amostra, mas sim de amostras recolhidas em sequência; 3) existência de uma pequena coluna saturada de água em cada piezómetro, conduzindo a que a diferença de amostragem não seja significativa.

Os LNAPL encontrados no MW01 e MW05 pela AMEC não foram detetados pelo LNEC e o detetado pelo LNEC no MW02 não foi detetado pela AMEC. As explicações referidas para o caso dos DNAPL também são aqui aplicáveis.

A conclusão que se pode extrair desta análise é que o processo de amostragem não evidencia, até à data, diferenças significativas nos resultados. Aguardam-se resultados das campanhas da AMEC com amostragens utilizando os dois processos descritos, em alguns piezómetros.

5.3 Síntese, conclusões e recomendações

Síntese e conclusões:

- Foram recolhidas amostras de água em cinco furos de abastecimento e em dez piezómetros, a três profundidades diferentes: (1) uma amostra superficial para análise de LNAPL; (2) uma amostra de fundo para análise de DNAPL e (3) uma amostra representativa onde foram analisados os restantes parâmetros.
- No conjunto de 85 hidrocarbonetos analisados nas águas para consumo humano não foi detetado nenhum hidrocarboneto acima do limite de quantificação.
- Não foi ultrapassado o Limiar de Qualidade em nenhuma das análises efetuadas pelo LNEC em hidrocarbonetos nos piezómetros dentro e fora dos Sites 3001 e 5001. No entanto, observou-se o reaparecimento/aumento de alguns hidrocarbonetos nos pontos FP3A e MW01 (Site 3001) e S5B e FP5, todos eles já fora do perímetro do Site 3001.
- A presença, em algum período, de concentrações de hidrocarbonetos nos piezómetros localizados a sul da Porta de Armas, comprova que o sentido do escoamento subterrâneo nas formações suspensas processa-se, essencialmente, para SSE e que há ligações hidráulicas entre os pontos de concentração de poluentes e os locais monitorizados.

Recomendação:

- Manter esta análise semestral complementar.

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

6.1 Análise do programa

O LNEC tem, igualmente, vindo a acompanhar o programa de controlo da qualidade da água para consumo humano, apresentado pela entidade gestora [DLR n.º 8/2010/A, art.º 7.º 1d)] Praiambiente, e tem vindo a propor algumas alterações ao mesmo atendendo aos resultados obtidos.

Nesse contexto foi identificado no relatório de dezembro de 2013 (cf. Leitão *et al*., 2013), um conjunto de novas análises químicas que deveriam ser efetuadas, que incluíam hidrocarbonetos presentes nas áreas poluídas, bem como o ajuste de alguns limites de quantificação. Todas essas indicações foram incorporadas nas análises solicitadas pela Praiambiente.

No início de 2015, altura em que a assessoria do LNEC à ERSARA foi renovada, a Praiambiente enviou ao LNEC os boletins de ensaio com os resultados, incluindo a incorporação dos novos elementos solicitados pelo LNEC. No Quadro 6.1 encontram-se os resultados obtidos. Sombreado a amarelo encontram-se os hidrocarbonetos que possuem valores superiores ao limite de quantificação. A vermelho assinalam-se os valores que se encontram acima do valor limite imposto pela legislação nacional, comunitária ou canadiana.

A sua análise permitiu verificar que houve diversos períodos onde os valores de hidrocarbonetos nas águas para consumo humano terão estado acima dos limites de quantificação, aspeto esse que não foi relevado nem pela empresa encarregue das análises químicas nem pela Praiambiente. A Figura 6.1 contém um gráfico com os valores registados, respetivos parâmetros e períodos.

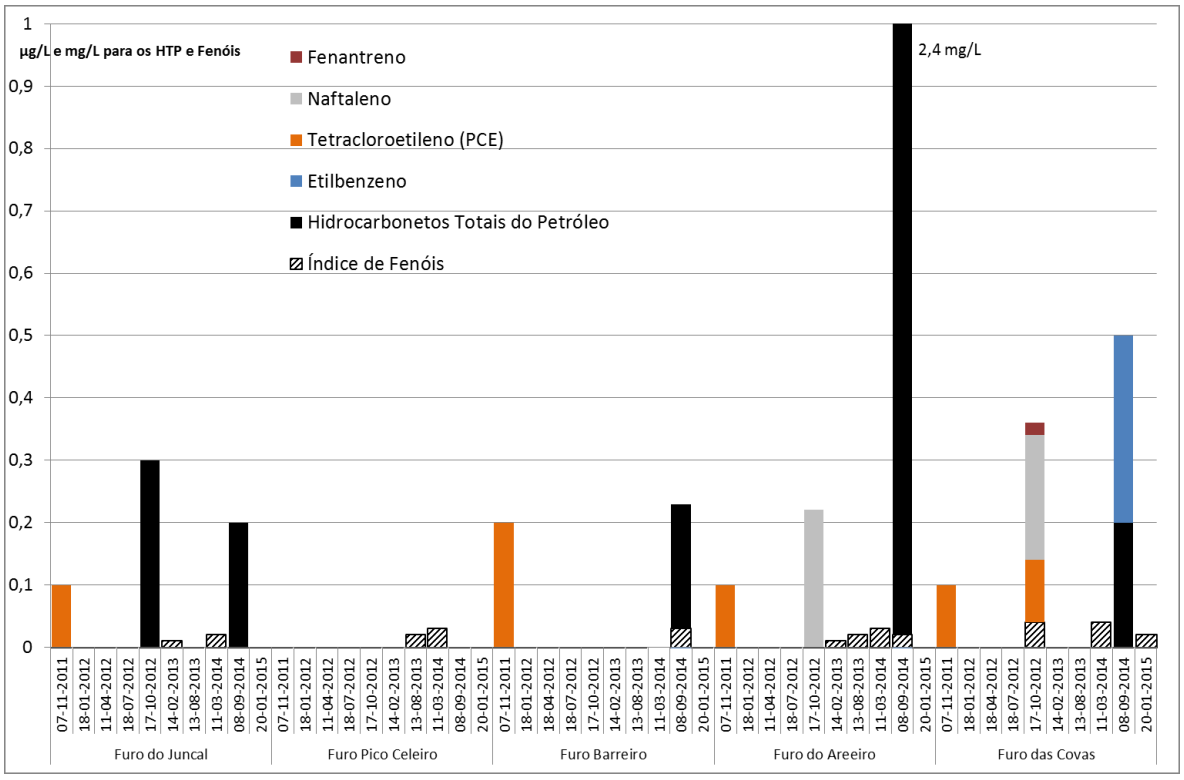


Figura 6.1 – Concentrações em diferentes hidrocarbonetos superiores ao limite de quantificação nas águas de consumo humano

Salienta-se que, apesar destas concentrações serem superiores ao limite de quantificação em diversos períodos, os hidrocarbonetos (HTP) encontrados na água apenas ultrapassam as normas de qualidade para o Furo do Areeiro, no dia 08/09/2014.

Solicitou-se ao laboratório a confirmação destes valores, bem como de um outro conjunto de análises cujos valores se encontravam fora dos valores das demais análises ao mesmo parâmetro, tendo a resposta obtida sido a confirmação dos resultados. O facto de essa resposta ter incluído a confirmação de valores menores que 9,1 mg/L para nitratos (quando o limite de quantificação referido é de 2 mg/L), valores de 0,12 mg/L para o vanádio (quando todas as amostras se situam perto de 0,012 mg/L) e, também, pela presença de inúmeros hidrocarbonetos conduziu a que fossem solicitadas as análises seguintes a um outro laboratório, como forma de comparação/confirmação dos resultados obtidos.

Como resposta imediata à análise dos resultados de qualidade, a ERSARA solicitou ao laboratório que tem vindo a trabalhar com o LNEC desde 2010 que fizesse novas análises de hidrocarbonetos, o que ocorreu ainda em março de 2015. Os resultados deram todos negativos.

Quadro 6.1 – Resultados de análises químicas em furos de captação para abastecimento público

Parâmetro	Valor Limite	Unidade	Método	Limite Quantificação	Furo do Juncal										Furo Pico Celeiro										Furo Barreiro									
Data					07-11-2011	18-01-2012	11-04-2012	18-07-2012	17-10-2012	14-02-2013	13-08-2013	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015	07-11-2011	18-01-2012	11-04-2012	18-07-2012	17-10-2012	14-02-2013	13-08-2013	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015	07-11-2011	18-01-2012	18-04-2012	18-07-2012	17-10-2012	14-02-2013	13-08-2013	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015
Temperatura		oC	SMEWW 2550	0,01	23				18	18			21	18	18				18	18			18	18	20,5				17	17			20	17
pH	<5,5; >9	Sorensen	SMEWW 4500 H$^+$ B	0,05	7				6,9	7,3			6,8	6,9	7,6				7,4	7,5			7,3	7,5	7,3				7,2	7,4			7,1	7,4
Condutividade eléctrica	2500	µS/cm	NP EN 27888:1996	*0*	1140	1490		1500	1510	1550	1550	1590	1540	1500	606	495		609	527	484	475	513	548	538	1150	1160		1170	1160	1160	1070	1120	1120	1070
Índice de Fenóis	0,89	mg/L	W-PHI-PHO	0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,01	-0,002	0,02	-0,002	-0,003	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,002	0,02	0,03	-0,002	-0,003	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,002	-0,002	0,03	-0,003
Acidez pH 4.5		mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	-0,15				-0,06	-0,06			-0,06	-0,06	-0,15				-0,06	-0,06			-0,06	-0,06	-0,06				-0,06	-0,06			-0,06	-0,06
Acidez pH 8.3		mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	0,216				0,4	0,38			0,41	0,41	-0,16				0,06	0,08			0,12	-0,06	0,09				0,1	0,07			0,1	-0,06
Alcalinidade pH 4.5		mmol/L	W-ALK-PCT	0,15	1,194				1,34	1,24			-0,06	-0,06	0,379				0,4	0,39			0,49	0,49	0,495				0,6	0,52			0,68	0,66
Cloretos	250	mg/L	W-CL-IC	1	271	335		355	379	420	198	400	390	340	114	98		135	120	94	100	103	110	113	264	270		295	307	323	141	305	326	183
Dióxido de carbono livre, CO2		mg/L	W-CO2F-CC2	0	19				36	34			147	36	5				5	7			53	4	8				9	6			9	5
Bicarbonato		mg/L	W-CO2F-CC2	0	146				163	152			177	180	46				49	47			60	60	60				74	63			83	80
Nitratos	50	mg/L	W-NO3-IC	2	22				25	25			22,9	15,4	14				21	35			19,1	11,3	6				7,2	-9,1			6,7	5,3
Sulfato SO_4^{2-}	250	mg/L	W-SO4-IC	5	48,5				48	51			51	44	14,6				17	13			17,4	15,6	42				41	41			40	35
Total de dióxido de carbono livre, CO_2		mg/L	W-CO2F-CC2	0	115				122	104					54				44	48					62				44	73				
Alumínio - Al	0,2	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,1				-0,1	0,018			-0,01	-0,01	-0,1				-0,1	-0,01			-0,01	-0,01	-0,1				-0,1	0,02			-0,01	-0,01
Antimónio - Sb	0,005	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025
Arsénio - As	0,01	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,003				-0,003	-0,003			-0,003	-0,003	-0,003				-0,003	-0,003			-0,003	-0,003	-0,003				-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
Bário - Ba	1	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	0,0078	0,018	0,0072	-0,0005	0,0141	0,0127	0,005	-0,003	0,013	0,013	-0,0005	0,008	0,004	-0,0005	0,0037	0,0047	-0,003	-0,003	0,004	-0,003	-0,0005	0,014	-0,0005	-0,0005	0,0047	0,0036	-0,003	-0,003	0,007	-0,003
Berílio - Be	0,004	mg/L	W-METAXFL1	0,0002	-0,0002				-0,0002	-0,0002			-0,0002	-0,0006	-0,0002				-0,0002	-0,0002			0,002	-0,0006	-0,0002				-0,0002	-0,0002			-0,0002	-0,0006
Boro - B	5	mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,05	0,1	0,12	0,11	0,13	0,12	0,06	0,1	0,1	-0,06	-0,01	-0,01	0,04	0,03	0,04	0,04	-0,03	-0,06	0,16	-0,06	-0,01	-0,01	0,06	0,05	0,06	0,06	-0,03	-0,06	0,17	-0,06
Cádmio - Cd	0,005	mg/L	W-METAXFL1	0,0004	-0,0004				-0,0004	-0,0003			-0,0003	-0,0003	-0,0004				-0,0004	-0,0003			-0,0003	-0,0003	-0,0004				-0,0004	-0,0003			-0,0003	-0,0003
Cálcio - Ca		mg/L	W-METAXFL1	0,005	29,9				38,3	38,8			39,1	35,4	16,4				17,6	15,3			16,2	15,7	29				26,7	30,2			28,6	28,3
Crómio - Cr	0,05	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,0005				-0,0005	-0,0007			-0,0007	-0,0007	-0,0005				-0,0005	-0,0007			0,0008	-0,0007	-0,0005				-0,0005	-0,0007			-0,0007	-0,0007
Cobalto - Co	0,0038	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002
Cobre - Cu	2	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,005				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002				0,002	-0,002			0,002	-0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002
Ferro - Fe	0,2	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,013				0,004	0,007			0,005	0,006	-0,01				0,006	0,009			0,018	0,02	0,029				0,296	0,333			0,146	0,051
Chumbo - Pb	0,01	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,005				-0,005	-0,003			-0,003	-0,003	-0,005				-0,005	-0,003			-0,003	-0,003	-0,005				-0,005	-0,003			-0,003	-0,003
Lítio - Li		mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001				-0,001	0,0022			-5	-5	-0,001				-0,001	-0,001			-5	-5	-0,001				-0,001	0,0012			-5	-5
Magnésio - Mg		mg/L	W-METAXFL1	0,003	34,8				43,8	43,4			42	36	13,1				12,6	11,5			12,7	11,1	22,6				25,2	24,4			22,4	21,1
Manganês - Mn	0,05	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,004				-0,0005	0,0018			-0,001	-0,001	-0,004				-0,0005	0,0037			-0,001	0,0009	-0,004				-0,0005	0,0031			0,0001	-0,001
Mercúrio - Hg	1	µg/L	W-HG-AFSFL	0,01	-0,01				-0,01	0,14			-0,1	-0,1	-0,01				-0,01	0,1			-0,1	-0,1	-0,01				-0,01	-0,1			0,15	-0,1
Molibdeno - Mo	0,07	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,003				-0,002	0,002			0,002	0,002	-0,002				-0,002	0,002			-0,002	-0,002	0,003				-0,002	0,002			0,003	-0,002
Níquel - Ni	0,02	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002				-0,002	0,001			-0,002	-0,002
Fósforo - P		mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,123				0,175	0,126			0,126	0,149	0,087				0,098	0,101			0,107	0,116	0,096				0,093	0,091			0,114	0,091
Potássio - K		mg/L	W-METAXFL1	0,015	10,9				13,3	11,2			12,2	10,14	4,51				6,11	4,29			4,8	4,1	7,37				8,44	7,4			7,9	7,13
Selénio - Se	0,01	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025
Prata - Ag	0,0015	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001				-0,001	-0,001			-0,001	-0,001	-0,001				-0,001	-0,001			-0,001	-0,001	-0,001				-0,001	-0,001			-0,001	-0,001
Sódio - Na	200	mg/L	W-METAXFL1	0,03	193	197		216	217	217	202	215	239	211	65,3	61,9		77,7	74,3	64,3	50,4	65,4	70,8	64	158	143		176	176	168	123	160	171	156
Vanádio - V	0,0062	mg/L	W-METAXFL1	0,001	0,015	-0,001	0,014	0,007	0,015	0,014	0,023	0,015	0,013	0,015	0,011	-0,001	-0,001	-0,001	0,011	0,011	0,024	0,012	0,12	0,011	0,018	0,02	-	-	0,019	0,018	0,026	0,019	0,013	0,019
Zinco - Zn	1,1	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,02				0,03	0,02			0,01	-0,016	-0,002				0,01	0,01			-0,007	-0,016	0,022				0,01	0,01			0,02	-0,016
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	0,75	mg/L	W-TPHW-IR	0,1	-0,1				0,3	-0,1			0,2	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			0,2	-0,1
BTEX																																		
Benzeno	1	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,2			-0,02	-0,02	-0,2				-0,2	-0,2			-0,02	-0,02	-0,2				-0,2	-0,2			-0,02	-0,02
Etilbenzeno	2,4	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3
Meta-para xileno		µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,6	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,6	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,6
Orto-xileno		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3
Tolueno	-	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados																																		
1.1.1.2-Tetracloroetano	1,1	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,2			-0,2	-0,2	-0,1				-0,1	-0,2			-0,2	-0,2	-0,1				-0,1	-0,2			-0,2	-0,2
1.1.1-Tricloroetano	4,7	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1
1.1-Dicloroetano		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05
1.2.3-Triclorobenzeno		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05
1.2.4-Triclorobenzeno	3	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05
1.2-Dicloroetano	3	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
1.3.5-Triclorobenzeno		µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,01			-0,01	-0,01	-0,2				-0,2	-0,01			-0,01	-0,01	-0,2				-0,2	-0,01			-0,01	-0,01
1.3-Dicloropropano	1	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
2.2-Dicloropropano		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-0,1			-0,1	-0,1	-1				-1	-0,1			-0,1	-0,1	-1				-1	-0,1			-0,1	-0,1
2-Clorotolueno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Bromoclorometano		µg/L	W-VOCGMS05	2	-2				-2	-2			-2	-2	-2				-2	-2			-2	-2	-2				-2	-2			-2	-2
Bromodiclorometano	16	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2
Bromofórmio	0,89	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,2
Clorobenzeno		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3
Clorofórmio		µg/L	W-VOCGMS01	0,3	-0,3				-0,3	-0,2			-0,2	-0,2	-0,3				-0,3	-0,2			-0,2	-0,2	-0,3				-0,3	-0,2			-0,3	-0,2
cis-1.2-Dicloroeteno	0,5	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3
Dibromoclorometano	0,44	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2
Tetracloroetileno (PCE)	0,3	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	0,2				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1
Tetracloreometano	1,6	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,06	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,06	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,06
trans-1.3-Dicloropropeno	0,5	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-1			-1	-1	-0,1				-0,1	-1			-1	-1	-0,1				-0,1	-1			-1	-1
Tricloroetileno (TCE)	-	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados																																		
1.2.4-Trimetilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
1.3.5-Trimetilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Isopropilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	15	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,05			-0,05	-0,05	-0,2				-0,2	-0,05			-0,05	-0,05	-0,2				-0,2	-0,05			-0,05	-0,05
n-Butilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
n-Propilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
p-Isopropiltolueno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
sec-Butilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Estireno	5,4	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,3	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,3	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,3
tert-Butil álcool		µg/L	W-VOCGMS01	5	-5				-5	-1			-1	-1	-5				-5	-1			-1	-1	-5				-5	-1			-1	-1
tert-Butilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs)																																		
Acenafteno	4,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Acenaftileno	1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,03			-0,03	-0,03	-0,01				-0,01	-0,03			-0,03	-0,03	-0,01				-0,01	-0,03			-0,03	-0,03
Antraceno	2,4	µg/L	W-PAHGMS01	0,02	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Benzo(a)antraceno	1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Benzo(a)pireno	0,01	µg/L	W-PAHGMS01	0,02	-0,02				-0,02	-0,02			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,02			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,02			-0,01	-0,01
Benzo(b)fluoranteno	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Benzo(g,h,i)perileno	0,2	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Benzo(k)fluoranteno	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Criseno	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Dibenz(a,h)antraceno	0,2	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Fluoranteno	0,41	µg/L	W-PAHGMS01	0,03	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Fluoreno	120	µg/L	W-PAHGMS01	0,02	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Indeno(1.2.3.cd)pireno	0,2	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Naftaleno	11	µg/L	W-PAHGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,01			-0,01	-0,01	-0,1				-0,1	-0,01			-0,01	-0,01	-0,1				-0,1	-0,01			-0,01	-0,01
Fenantreno	1	µg/L	W-PAHGMS01	0,03	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Pireno	4,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,06	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,03	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04

\- Valores anómalos e pouco credíveis, apesar de confirmados pelo laboratório de análises químicas

Quadro 6.1 (cont.) – Resultados de análises químicas em furos de captação para abastecimento público

Parâmetro	Valor Limite	Unidade	Método	Limite Quantificação	Furo do Areeiro										Furo das Covas									
Data					07-11-2011	18-01-2012	11-04-2012	18-07-2012	17-10-2012	14-02-2013	13-08-2013	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015	07-11-2011	18-01-2012	18-04-2012	18-07-2012	17-10-2012	14-02-2013	13-08-2013	11-03-2014	08-09-2014	20-01-2015
Temperatura		oC	SMEWW 2550	0,01	18				19	17,5			19	17,5	18,5				17	18			18,5	18
pH	<5,5; >9	Sorensen	SMEWW 4500 H$^+$ B	0,05	7,4				7,4	7,6			7,3	7,6	6,7				7	7,3			6,8	7,2
Condutividade eléctrica	2500	µS/cm	NP EN 27888:1996	*0*	674	660			633	576	666	578	638	634	594	337			464	400	478	370	372	330
Índice de Fenóis	0,89	mg/L	W-PHI-PHO	0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,01	0,02	0,03	0,02	-0,003	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	0,04	-0,002	-0,002	0,04	-0,002	0,02
Acidez pH 4.5		mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	-0,15				-0,06	-0,06			-0,06	-0,06	-0,15				-0,06	-0,06			-0,06	-0,06
Acidez pH 8.3		mmol/L	W-ACID-PCT	0,15	-0,16				0,08	0,07			0,09	-0,06	0,268				0,35	0,09			0,11	0,13
Alcalinidade pH 4.5		mmol/L	W-ALK-PCT	0,15	0,466				0,45	0,41			0,6	0,52	0,8				0,64	0,47			0,71	0,71
Cloretos	250	mg/L	W-CL-IC	1	141	138			150	143	163	137	131	64	111	62			95	77	100	70	68	64
Dióxido de carbono livre, CO2		mg/L	W-CO2F-CC2	0	6				7	6			8	3	24				31	8			10	11
Bicarbonato		mg/L	W-CO2F-CC2	0	57				55	51			73	63	98				78	57			87	87
Nitratos	50	mg/L	W-NO3-IC	2	19				24	30			23,4	16	12				12	11			10,4	8,4
Sulfato SO_4^{2-}	250	mg/L	W-SO4-IC	5	17,8				20	19			18,4	18	13,2				12	13			8,9	9,5
Total de dióxido de carbono livre, CO_2		mg/L	W-CO2F-CC2	0	62				31	38					108				61	50				
Alumínio - Al	0,2	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,1				-0,1	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,1	0,013			0,015	0,01
Antimónio - Sb	0,005	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025
Arsénio - As	0,01	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,003				-0,003	-0,003			-0,003	-0,003	-0,003				-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
Bário - Ba	1	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,0005	0,008	-0,0005	-0,0005	0,0026	0,0007	-0,003	-0,003	0,004	-0,003	-0,0005	0,008	-0,0005	-0,0005	0,005	0,0006	-0,003	-0,003	0,003	-0,003
Berílio - Be	0,004	mg/L	W-METAXFL1	0,0002	-0,0002				-0,0002	-0,0002			-0,0002	-0,0006	-0,0002				-0,0002	-0,0002			-0,0002	-0,0006
Boro - B	5	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,01	-0,01	0,06	0,02	0,05	0,04	-0,03	-0,06	0,08	0,08	0,08	-0,01	0,06	0,05	-0,01	0,56	-0,03	-0,06	-0,06	0,09
Cádmio - Cd	0,005	mg/L	W-METAXFL1	0,0004	-0,0004				-0,0004	-0,0003			-0,0003	-0,0003	-0,0004				-0,0004	-0,0003			-0,0003	-0,0003
Cálcio - Ca		mg/L	W-METAXFL1	0,005	18,2				19,2	17,2			17	16,2	9,6				13	5,91			5,6	5,77
Crómio - Cr	0,05	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,0005				0,0005	0,001			-0,0007	-0,0007	0,0034				0,0005	0,0009			0,0008	-0,0007
Cobalto - Co	0,0038	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002
Cobre - Cu	2	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002				-0,002	-0,002			-0,002	-0,002	0,008				0,002	-0,002			-0,002	-0,002
Ferro - Fe	0,2	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,01				0,003	0,004			-0,003	0,01	0,205				0,143	0,123			0,182	0,269
Chumbo - Pb	0,01	mg/L	W-METAXFL1	0,005	-0,005				-0,005	-0,003			-0,003	-0,003	-0,005				-0,005	-0,003			-0,003	-0,003
Lítio - Li		mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001				-0,001	-0,001			-5	-5	-0,001				-0,001	0,005			-5	-5
Magnésio - Mg		mg/L	W-METAXFL1	0,003	14,9				14,5	13,6			13,6	11,7	11,2				12,5	5,82			5,28	5,06
Manganês - Mn	0,05	mg/L	W-METAXFL1	0,0005	-0,004				-0,0005	0,0024			-0,001	-0,001	-0,004				-0,0005	0,004			0,0015	0,0021
Mercúrio - Hg	1	µg/L	W-HG-AFSFL	0,01	-0,01				-0,01	0,11			0,1	-0,1	-0,01				-0,01	0,12			-0,1	-0,1
Molibdeno - Mo	0,07	mg/L	W-METAXFL1	0,002	0,003				-0,002	0,002			-0,002	-0,002	0,006				-0,002	0,004			0,004	0,004
Níquel - Ni	0,02	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002				-0,002	0,001			-0,002	-0,002	0,005				0,007	0,002			-0,002	-0,002
Fósforo - P		mg/L	W-METAXFL1	0,01	0,084				0,087	0,088			0,113	0,096	0,128				0,149	0,141			0,17	0,114
Potássio - K		mg/L	W-METAXFL1	0,015	4,75				5,32	4,13			5	4,3	6,25				7,53	4,91			5,2	4,41
Selénio - Se	0,01	mg/L	W-METAXFL1	0,01	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025	-0,0025				-0,0025	-0,0025			-0,0025	-0,0025
Prata - Ag	0,0015	mg/L	W-METAXFL1	0,001	-0,001				-0,001	-0,001			-0,001	-0,001	-0,001				-0,001	-0,001			-0,001	-0,001
Sódio - Na	200	mg/L	W-METAXFL1	0,03	85,9	83,7			88,5	80,4	82,1	76,9	89,4	84,1	88,5	49,7			99,7	66,9	79,6	60,3	63,1	59,5
Vanádio - V	0,0062	mg/L	W-METAXFL1	0,001	0,013	-0,001			0,013	0,012	0,024	0,014	0,011	0,013	0,01	-0,001	-		0,011	0,011	0,023	0,013	0,015	0,012
Zinco - Zn	1,1	mg/L	W-METAXFL1	0,002	-0,002				-0,002	0,01			-0,007	-0,016	0,03				-0,002	0,01			-0,007	-0,016
Hidrocarbonetos Totais do Petróleo	0,75	mg/L	W-TPHW-IR	0,1	-0,1				-0,1	-0,1			2,4	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			0,2	-0,1
BTEX																								
Benzeno	1	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,2			-0,02	-0,02	-0,2				-0,2	-0,2			-0,02	-0,02
Etilbenzeno	2,4	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			0,3	-0,3
Meta-para xileno		µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,6	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,6
Orto-xileno		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3
Tolueno	-	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Compostos Orgânicos Voláteis Halogenados																								
1.1.1.2-Tetracloroetano	1,1	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,2			-0,2	-0,2	-0,1				-0,1	-0,2			-0,2	-0,2
1.1.1-Tricloroetano	4,7	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1
1.1-Dicloroetano		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,1	-0,1
1.2.3-Triclorobenzeno		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05
1.2.4-Triclorobenzeno	3	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05	-0,1				-0,1	-0,05			-0,05	-0,05
1.2-Dicloroetano	3	µg/L	W-VOCGMS01	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
1.3.5-Triclorobenzeno		µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,01			-0,01	-0,01	-0,2				-0,2	-0,01			-0,01	-0,01
1.3-Dicloropropano	1	µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
2.2-Dicloropropano		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-0,1			-0,1	-0,1	-1				-1	-0,1			-0,1	-0,1
2-Clorotolueno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Bromoclorometano		µg/L	W-VOCGMS05	2	-2				-2	-2			-2	-2	-2				-2	-2			-2	-2
Bromodiclorometano	16	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2
Bromofórmio	0,89	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,2
Clorobenzeno		µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3
Clorofórmio		µg/L	W-VOCGMS01	0,3	-0,3				-0,3	-0,2			-0,2	-0,2	-0,3				-0,3	-0,2			-0,2	-0,2
cis-1.2-Dicloroeteno	0,5	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,3
Dibromoclorometano	0,44	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2	-0,1				-0,1	-0,3			-0,3	-0,2
Tetracloroetileno (PCE)	0,3	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	0,1				0,1	-0,1			-0,1	-0,1
Tetraclorometano	1,6	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,06	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,06
trans-1.3-Dicloropropeno	0,5	µg/L	W-VOCGMS05	0,1	-0,1				-0,1	-1			-1	-1	-0,1				-0,1	-1			-1	-1
Tricloroetileno (TCE)	-	µg/L	W-VOCGMS01	0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1	-0,1				-0,1	-0,1			-0,1	-0,1
Compostos Orgânicos Voláteis não Halogenados																								
1.2.4-Trimetilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
1.3.5-Trimetilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Isopropilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	15	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,05			-0,05	-0,05	-0,2				-0,2	-0,05			-0,05	-0,05
n-Butilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
n-Propilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
p-Isopropiltolueno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
sec-Butilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Estireno	5,4	µg/L	W-VOCGMS01	0,2	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,3	-0,2				-0,2	-0,3			-0,3	-0,3
tert-Butil álcool		µg/L	W-VOCGMS01	5	-5				-5	-1			-1	-1	-5				-5	-1			-1	-1
tert-Butilbenzeno		µg/L	W-VOCGMS05	1	-1				-1	-1			-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAHs)																								
Acenafteno	4,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Acenaftileno	1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,03			-0,03	-0,03	-0,01				-0,01	-0,03			-0,03	-0,03
Antraceno	2,4	µg/L	W-PAHGMS01	0,02	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Benzo(a)antraceno	1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Benzo(a)pireno	0,01	µg/L	W-PAHGMS01	0,02	-0,02				-0,02	-0,02			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,02			-0,01	-0,01
Benzo(b)fluoranteno	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Benzo(g,h,i)perileno	0,2	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Benzo(k)fluoranteno	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Criseno	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Dibenz(a,h)antraceno	0,2	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01	-0,01				-0,01	-0,01			-0,01	-0,01
Fluoranteno	0,41	µg/L	W-PAHGMS01	0,03	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Fluoreno	120	µg/L	W-PAHGMS01	0,02	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Indeno(1.2.3.cd)pireno	0,2	µg/L	W-PAHGMS01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Naftaleno	11	µg/L	W-PAHGMS01	0,1	-0,1				0,22	-0,01			-0,01	-0,01	-0,1				0,2	-0,01			-0,01	-0,01
Fenantreno	1	µg/L	W-PAHGMS01	0,03	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Pireno	4,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,06	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01	-0,02				-0,02	-0,01			-0,01	-0,01
Soma de 4 PAH (DL 306/2007)	0,1	µg/L	W-PAHGMS01	0,03	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,1	-0,1	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
	-	Valores anómalos e pouco credíveis, apesar de confirmados pelo laboratório de análises químicas																						

Por outro lado, o LNEC propôs que a Praiambiente fizesse uma amostragem semanal de todos hidrocarbonetos, durante um período de dois meses, findo o qual a situação seria reapreciada. A Praiambiente foi responsável pelo processo de amostragem após a primeira campanha. Os resultados obtidos para todo o conjunto de hidrocarbonetos analisado, para as datas de 12/05/2015, 19/05/2015, 26/05/2015, 02/06/2015, 01/07/2015, 07/07/2015, 14/07/2015 e 21/07/2015, foram negativos, embora o índice de fenóis tenha sido de 0,005 mg/L (Juncal e Pico Celeiro) e de 0,006 mg/L (Barreio e Covas) na campanha de 01/07/2015, voltando a registar os mesmos valores na campanha de 07/07/2015 nos furos do Juncal e Covas, para depois não voltar a aparecer em nenhuma das campanhas seguintes. De referir que o valor limite pelas Normas do Ontário é de 0,89 mg/L.

Os restantes resultados das análises de monitorização da qualidade da água evidenciaram que todos os parâmetros determinados se encontram em conformidade com as Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, e do Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, definidas no DL 208/2008, com Valor Paramétrico definido no DL 306/2007, o qual define as normas da qualidade da água destinada ao consumo humano, e nos Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2) canadianos, com exceção do parâmetro ferro, nos furos das Covas e Barreiro, e do parâmetro cloreto, nos furos do Juncal e do Barreiro, e o parâmetro vanádio, em todos os furos.

Conforme já referido em relatórios anteriores, a presença de ferro na água com valores um pouco superiores ao valor paramétrico de 0,20 mgFe/L deverá ser de origem natural, devido à constituição geológica dos solos vulcânicos. A fixação dos valores paramétricos de ferro resulta essencialmente das consequências de carácter organoléptico, ou de dificuldades de exploração das redes, e não de critérios sanitários ou por se atingirem níveis de toxicidade significativos.

A presença de cloretos na água deve-se à sobrexploração do aquífero de base e à exploração de furos na interface da água salobra. Contudo, os valores obtidos não se afastam muito do valor paramétrico de 250 mgCl/L), com cerca de 75% das análises com valores abaixo dos 300 mgCl/L (cf. Figura 6.2).

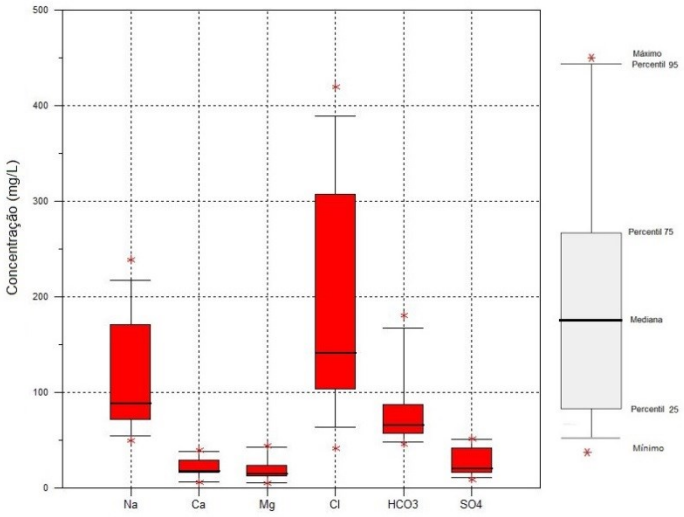


Figura 6.2 – Síntese das concentrações químicas em iões maiores nas águas dos furos de abastecimento

A fácies hidroquímica entre furos é muito semelhante, tratando-se de águas cloretadas sódicas, estáveis (cf. Figura 6.3 e Figura 6.4). O valor paramétrico definido para o Cl não está relacionado com questões de saúde pública, mas sim para evitar sabor e fenómenos de corrosão.

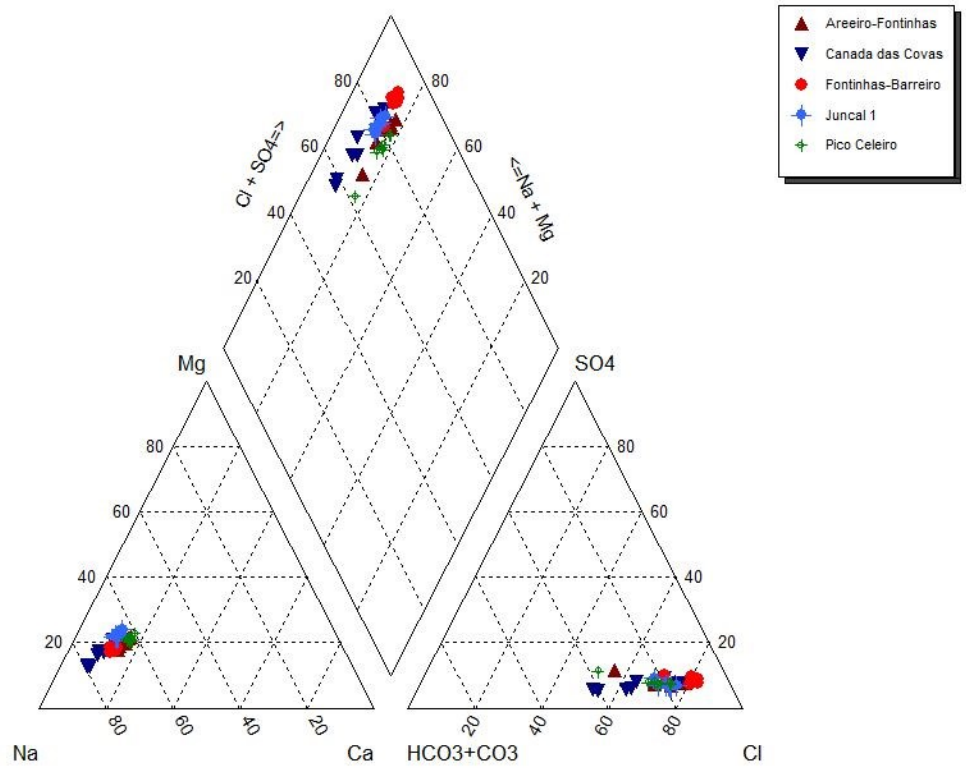


Figura 6.3 – Fácies hidroquímica das águas dos furos de abastecimento em diagrama de Piper

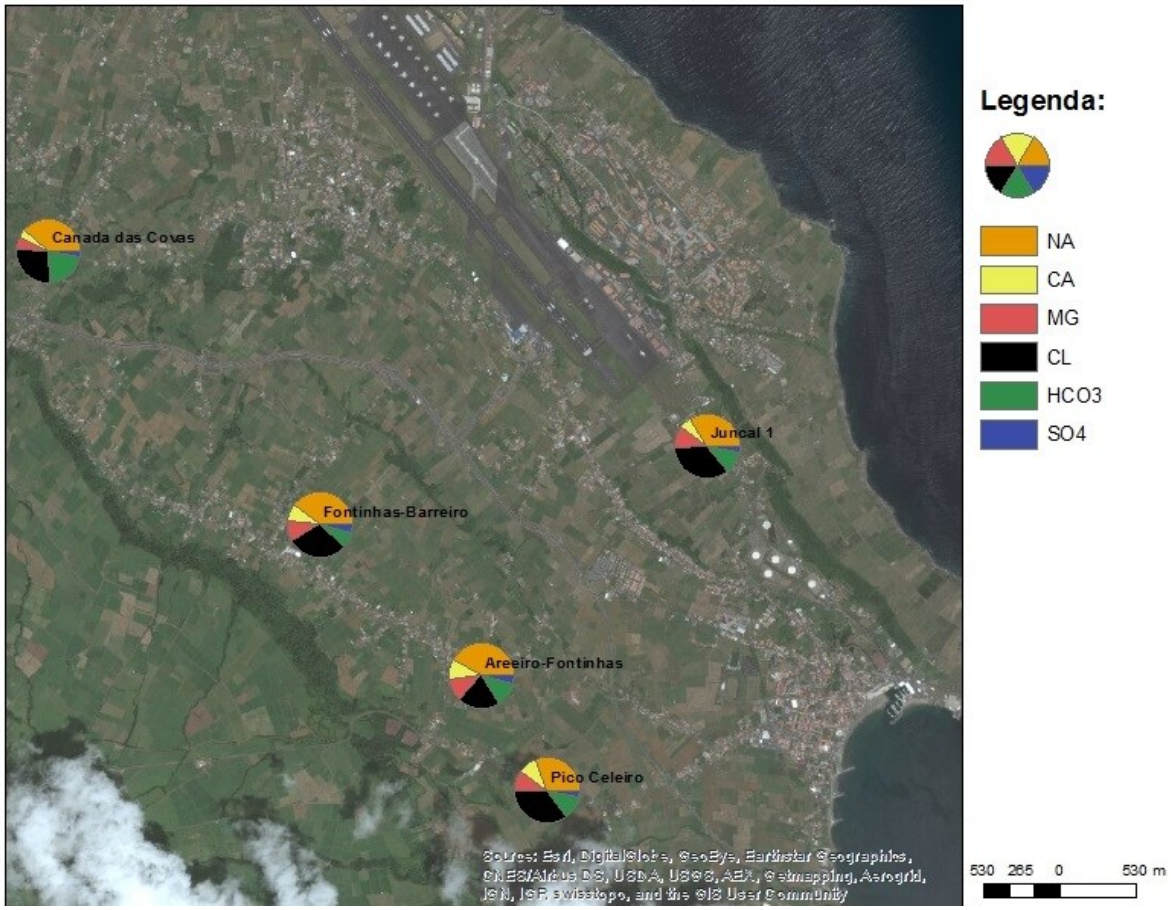


Figura 6.4 – Mapa da distribuição dos iões maiores das águas dos furos de abastecimento

Uma vez mais se salienta que o parâmetro vanádio não tem valores, nem níveis de risco associados em nenhuma legislação nacional e comunitária. No entanto, o LNEC tem vindo a considerar os padrões de qualidade definidos na legislação em vigor no Canadá, os quais consideram o limite de 0,0068 mgV/L, e tendo em conta esta base considerou-se que o vanádio não estaria em conformidade. Porém, de acordo com Mendes, B. e Oliveira, J.F.S. (2004), nas águas para consumo humano, o teor em vanádio pode ir até aos 0,02 mgV/L. Os resultados obtidos são inferiores ou muito próximos deste valor, com exceção do valor de 0,12 mg/L obtido no furo das Covas em 08/09/2014, mas que se crê ter sido um erro laboratorial.

6.2 Síntese, conclusões e recomendações

Síntese e conclusões:

- O conjunto de análises solicitadas pela Praiambiente até janeiro de 2015 apresentou diversos períodos onde os valores de hidrocarbonetos nas águas de consumo humano terão estado acima dos limites de quantificação.
- Todas as análises realizadas quer pelo LNEC (janeiro 2015), quer pela ERSARA (março 2015) ou pela Praiambiente (campanhas semanais entre 12/05/2015 e 30/07/2015) apresentaram resultados de hidrocarbonetos abaixo dos limites de quantificação, embora

com índice de fenóis positivos em duas campanhas (duas ordens de grandeza abaixo do valor permitido na legislação do Canadá), em alguns furos.

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

Recomendações:

- Sugere-se a manutenção das análises químicas de hidrocarbonetos. Esta situação deverá ser revista em função dos resultados e/ou quando for feita uma deteção contínua (cf. ponto seguinte).
- Colocar nos cinco furos para abastecimento público do concelho de Praia da Vitória um sistema de amostragem passiva para deteção contínua cumulativa de hidrocarbonetos (este sistema oferece várias vantagens sobre amostragem tradicional, na medida em que o amostrador fica no lugar por um longo período de tempo, acumulando os analitos pesquisáveis. O resultado final é uma média da concentração, durante esse tempo, o que elimina o risco de não-deteção de, por exemplo, picos ocasionais de poluente emitido, o que poderá ser eventualmente o caso nas Lajes).

7 | Síntese, conclusões e recomendações

O acompanhamento dos trabalhos de reabilitação e de monitorização da evolução da qualidade da águas subterrâneas dos Sites 3001 e 5001, ambos em curso e promovidos pela 65 ABW, os trabalhos de geofísica realizados em 2015, a monitorização complementar das águas subterrâneas efetuada pelo LNEC e, ainda, pela Praiambiente (empresa responsável pelo abastecimento daquele Concelho) permitiram identificar um conjunto de situações com base nas quais se sugerem algumas recomendações para o prosseguimento dos trabalhos de melhoria da situação ambiental. Estas sugestões foram também apresentadas em Leitão e Antunes (2015)[2], embora tenham sido revistas à luz dos novos dados entretanto obtidos.

As principais recomendações que se salientam incluem:

1. Remover as origens de poluição, começando pelos *pipelines* do Cabrito e da Cova das Cinzas.
2. Executar, no processo de monitorização:
   - a manutenção da monitorização semestral planeada, quer para a Monitorização a Longo Prazo quer para o Programa de Atenuação Natural, para ambos os Sites 3001 e 5001, incorporando ainda, os parâmetros referidos na Secção 3.3.4;
   - a colocação de sistemas automáticos de recolha do produto e medições mensais da evolução da sua espessura, em todos os piezómetros que apresentem hidrocarbonetos flutuando sobre o nível piezométrico;
   - a realização de medições semestrais em todos os piezómetros onde, no passado, tenham sido detetados hidrocarbonetos, devendo ser aferido o melhor procedimento de recolha dos mesmos em função da sua concentração.
3. Reforçar as ações de reabilitação em curso pelo tempo necessário para remoção dos poluentes sobrenadantes detetados e evitando a sua infiltração a médio prazo para o aquífero basal, designadamente:
   - analisar a viabilidade de remoção total dos solos nas zonas contaminadas do Site 3001 (cf. manchas azuis da Figura 4.3), até se atingir o nível piezométrico;
   - aumentar a extração de água/LNAPL nas áreas dos piezómetros que apresentaram hidrocarbonetos flutuando sobre o nível piezométrico de forma a causar um rebaixamento do mesmo e, assim, aumentar a afluência de LNAPL e a sua taxa de remoção;

[2] Trabalho realizado para o Ministério da Defesa tendo em vista fazer um ponto de situação e uma proposta de metodologia de atuação que apoiasse aquele ministério nas relações bilaterais relativas à Base das Lajes, incluindo não só os locais 3001 e 5001 e as áreas dos furos para abastecimento público, em análise neste trabalho, mas também todo o restante passivo ambiental originado pela presença da 65 ABW.

- prever novos locais de extração de água/LNAPL nos locais contaminados do Site 3001 (identificados pela geofísica, cf. Figura 4.3), através da instalação de novos piezómetros nos locais e profundidades necessários;
- colocar dispositivos de remoção mais eficazes nos locais de reaparecimento (p.e. o MW04 do Site 3001 mantém apenas uma meia absorvente devendo passar a *skimmer* passivo ou outro processo mais eficaz de remoção);
- não interromper o processo de remoção até que exista confirmação de remoção.

4. Acionar, após remoção dos LNAPL sobrenadantes, medidas complementares para se acelerar a reabilitação completa dos locais, nomeadamente destinadas a remover LNAPL com maior frequência do que o inicialmente previsto ou medidas que estimulem a biodegradação *in situ,* designadamente:

   - contemplar ações de aceleração do processo de degradação de hidrocarbonetos na zona saturada, designadamente através de biosparging com soil vapor extraction;
   - contemplar ações de aceleração do processo de degradação de hidrocarbonetos na zona vadosa (não-saturada), designadamente através bioventing.

5. Recolher amostras (não representativas) de LNAPL e DNAPL, na parte superficial da coluna de água e na base dos piezómetros, respetivamente, de forma a obter informação correspondente ao pior cenário para a análise do risco.
6. Efetuar uma análise de risco de poluição por DNAPL e, caso necessário, equacionar a sua remoção.
7. Colocar nos cinco furos para abastecimento público do concelho de Praia da Vitória um sistema de amostragem passiva para deteção contínua cumulativa de hidrocarbonetos (este sistema oferece várias vantagens sobre amostragem tradicional na medida em que o amostrador fica no lugar por um longo período de tempo, acumulando os analitos pesquisáveis. O resultado final é uma média da concentração, durante esse tempo, o que elimina o risco de não-deteção de, por exemplo, picos ocasionais de poluente emitido, o que poderá ser eventualmente o caso nas Lajes).

Atendendo ao conjunto de recomendações anteriormente apresentadas, quer para a monitorização quer para a reabilitação, o processo de reabilitação, natural e/ou induzido, das áreas restritas afetadas deve ser continuado pela 65 ABW, sob supervisão do Estado Português, até que as ações levadas a cabo conduzam à efetiva reabilitação dos locais contaminados.

Lisboa, LNEC, julho de 2015

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Teresa Viseu

A Diretora do Departamento de Hidráulica e Ambiente

Rafaela de Saldanha Matos

O Chefe do Núcleo de Geologia de Engenharia e do Ambiente

Telmo Jeremias

A Diretora do Departamento de Geotecnia

Laura Caldeira

AUTORIA

Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação

Rogério Mota

Investigador Auxiliar

Referências bibliográficas

(ver também a secção 3.2)

AMEC (2009) – **Site Investigation and Development of Monitoring Plan for Disco sites 3001 and 5001 Lajes Field, Azores, Portugal** - 65th Civil Engineering Squadron - Lajes Field - Final Report.

CASSIDY, D.P., WERKEMA Jr., D.D., SAUCK, W., ATEKWANA, E., ROSSBACH, S. e DURIS, J. (2001) – **The Effects of LNAPL Biodegradation Products on Electrical Conductivity Measurements**, Journal of Environmental and Engineering Geophysics, Vol. 6, n.º 1, 47-52.

GODIO, A. e NALDI, M. (2003) – **Two-dimensional Electrical Imaging for Detection of Hydrocarbon Contaminants**, Near Surface Geophysics, 131-137.

LEITÃO T.E., LOBO-FERREIRA, J.P. e OLIVEIRA, M.M. (2013) – **Análise e Acompanhamento dos Trabalhos de Reabilitação para Melhoria da Situação Ambiental Envolvente aos Furos de Abastecimento de Água do Concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório Final**. Relatório 407/2013-DHA/NRE, 127 pp.

LEITÃO T.E. 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**. Relatório 140/2015 – CD, 30 pp.

LOBO-FERREIRA, J.P., LEITÃO, T. E., NOVO, M.E., OLIVEIRA L. S., OLIVEIRA, M.M., HENRIQUES M. J. E MARTINS, T. (2010) - **Análise e Parecer Sobre a Situação Ambiental nas Áreas de Captação dos Furos de Abastecimento do Concelho de Praia da Vitória – Açores** - Relatório Final da Avaliação das Águas Subterrâneas. Relatório 424/2010- NAS, 196 pp.

MOTA, R. e NOVO, M.E. (2010) – **Prospecção Geofísica, pelo Método da Resistividade Elétrica, no Concelho de Praia da Vitória, Açores**. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Relatório 236/2010 – NGEA/NAS, 85 pp.

MWH (2013) – **Plano de Operações e Manutenção. Programas de Extração de LNAPL, Monitorização a Longo Prazo e Atenuação Natural Monitorizada. Base das Lajes, Açores, Portugal.** 65.º Esquadrão de Engenharia Civil - Base das Lajes - Atualização para 2014 (Contrato nº FA8903-10-D-8573).

SCHALLER, J., HANSEN, J., MOWEREY, H.A., NINGLEGEN, W., GÖLLINGER, F. (2005) – **Hydrogeological Report Lajes Field, Azores, Portugal – Final**. CH2M HILL, US AIR Forces in Europe. Fevereiro 2005.

Anexos

ANEXO I
Ata da reunião

Ata da reunião

Ata da 4.ª Reunião de acompanhamento, 2015-01-15

Designação	**4.ª Reunião de acompanhamento**	
Data; hora	2015-01-15; 14h00 – 16h30	
Autoria	Teresa Leitão	
Objetivo	Acompanhamento do desenvolvimento e da eficácia dos trabalhos de reabilitação em curso	
Presenças	ERSARA	• Eng.º Hugo Pacheco
	LNEC	• Dr. Teresa E. Leitão
	Comando Português da Zona Aérea dos Açores	• Major Paulo Roda • Sargento-Mor Filipe • Aspirante Ana Godinho
	Forças Armadas dos Estados Unidos da América nas Lajes (65 ABW da USAFE)	• Col. Stephen Carson, 65th ABW, Mission Support Group • Eng.ª Susana Simões, LGS-11, DAF *Environmental Engineer* • Sr.ª Elma Mendonça, da 65th ABW, como tradutora
Agenda	1. Apresentação pelo LNEC/ERSARA de uma breve síntese dos últimos resultados da monitorização obtidos e dos trabalhos a desenvolver em 2015 e 2016. 2. Apresentação pela 65 ABW da USAFE do ponto da situação com os resultados da monitorização e o cronograma das ações do Plano de Descontaminação promovidos pela Força Aérea Americana. 3. Análise de ações conjuntas para acompanhamento do desenvolvimento e da eficácia dos trabalhos em curso. 4. Marcação da próxima reunião em 2015. 5. Outros assuntos de interesse comum.	
Ata	1. Apresentação pelo LNEC/ERSARA de uma breve síntese dos últimos resultados da monitorização obtidos e dos trabalhos a desenvolver em 2015 e 2016. • Dr. Teresa Leitão: o fez uma breve exposição oral dos trabalhos desenvolvidos pelo LNEC até ao final de 2013, altura em que terminou o primeiro contrato com a ERSARA, e suas principais conclusões; o apresentou os trabalhos que seriam desenvolvidos em 2015 e 2016, no âmbito de um novo contrato com a ERSARA, referindo nomeadamente a componente de análise geofísica que iria ser retomada; o referiu que estava a ser realizada nesses dias a primeira campanha de amostragem de águas de 2015, nos mesmos pontos e profundidades, no sentido de se analisar a evolução da situação, tendo ficado combinada a amostragem conjunta com a AMEC que se encontrava na Ilha para efetuar a sua campanha; o referiu a necessidade de manter o programa de reabilitação, designamenente atendendo a que haviam sido detetados TCE e PCE nas análises realizadas através da Praia Ambiente, embora com conteúdos muito baixos; o referiu que o próximo relatório final do LNEC seria entregue à ERSARA em julho de 2015, sendo posteriormente disponibilizado às entidades interessadas. 2. Ponto da situação e cronograma das ações do plano de descontaminação de águas subterrâneas promovidas pela Força Aérea Americana. • Eng.ª Susana Simões: o fez referência à última reunião ter sido realizada em novembro de 2015; o fez uma apresentação em powerpoint sobre as principais conclusões dos trabalhos em curso e das principais preocupações daí decorrentes nomeadamente dos LNAPL estarem nas formações hidrogeológicas intermédias (second perched aquifer), a 15 m de profundidade;	

	○ referiu terem sido utilizados os piezómetros instalados pelo LNEC (FP3 e FP5), fora do perímetro do Site 3001, e não terem sido encontrados LNAPL; ○ referiu que os TPH medidos em 2013 em piezómetros fora do Site 5001 se encontram abaixo dos valores de intervenção; ○ mencionou que um novo contato iria ser efetivado em 2015, possivelmente com a AMEC, e que iriam ser realizadas amostragens representativas e a diferentes níveis para os hidrocarbonetos que permitissem obter o pior cenário de concentrações quer de LNAPL, através de uma recolha de amostras no contacto com o nível piezométrico, quer de produtos mais densos do que a água (DNAPL, nomeadamente TCE, PCE e PAH) e na base dos piezómetros; ○ questionou que outras ações poderiam ser conduzidas, referindo a questão das remoções dos pipelines previstas. 3. Análise de ações conjuntas para acompanhamento do desenvolvimento e da eficácia dos trabalhos em curso. Seguiu-se um período de debate onde se procuraram analisar outras ações complementares para se atingir a reabilitação do local, nomeadamente a remoção do pipeline, a remoção de LNAPL com maior frequência que o contratualizado pelas 65 ABW, a monitorização dedicada dos DNAPL, a troca de informação sobre a evolução da situação pelos estudos em curso. 4. Marcação da próxima reunião em 2015. • Foi acordado que seria realizada nova reunião a meio de 2015, possivelmente durante a campanha semestral do LNEC, em data a acordar. 5. Outros assuntos de interesse comum. • Mantiveram-se as observações anteriores relativas ao interesse de todas as partes em continuar a colaborar em estreita articulação para que os trabalhos de descontaminação em curso sejam eficazes e comprovem ser suficientes para assegurar a proteção a longo prazo das águas subterrâneas para abastecimento público no Concelho de Praia da Vitória.

ANEXO II
Capas dos relatórios analisados

Capas dos relatórios analisados

(entre dezembro de 2013 e julho de 2015)

Base das Lajes
Açores, Portugal

RESUMO DE PROJETO
Extração de LNAPL (Fase Líquida Leve Não Aquosa) e monitorização a longo prazo nos Locais 3001 e 5001 da Base das Lajes, Açores, Portugal

Elaborado Para:
Base das Lajes, Açores, Portugal
Centro Engenharia Civil da Força Aérea
Base da Força Aérea de Lackland, Texas

Número de Contrato: FA8903-10-D-8573
Ordem de Serviço: 0002
Projeto: MQNA0879151P1

Dezembro de 2013

MWH ERM

Base das Lajes
Açores Portugal

Relatório de Monitorização a Longo Prazo da segunda monitorização semestral de águas subterrâneas realizada em setembro de 2013 nos locais 3001 e 5001 da Base das Lajes.

Elaborado Para:
Base das Lajes, Açores, Portugal
Centro Engenharia Civil da Força Aérea
Base da Força Aérea de Lackland, Texas

Número de Contrato: FA8903-10-D-8573
Ordem de Serviço: 0002
Projeto: MQNA0879151P1
Extração de LNAPL (FASE LÍQUIDA LEVE NÃO AQUOSA) e monitorização a longo prazo nos Locais 3001 e 5001 da Base das Lajes, Açores, Portugal

Dezembro de 2013

MWH ERM

Relatório da Monitorização a Longo Prazo
Base das Lajes
FA8903-10-D-8573
Novembro de 2013

Figura 1. *Layout* do Local DISCO 3001

65th AIR BASE WING

PLANO DE OPERAÇÕES E MANUTENÇÃO
PROGRAMAS DE EXTRAÇÃO DE LNAPL,
MONITORIZAÇÃO A LONGO PRAZO E ATENUAÇÃO NATURAL MONITORIZADA
BASE DAS LAJES, AÇORES, PORTUGAL
65° ESQUADRÃO DE ENGENHARIA CIVIL
BASE DAS LAJES

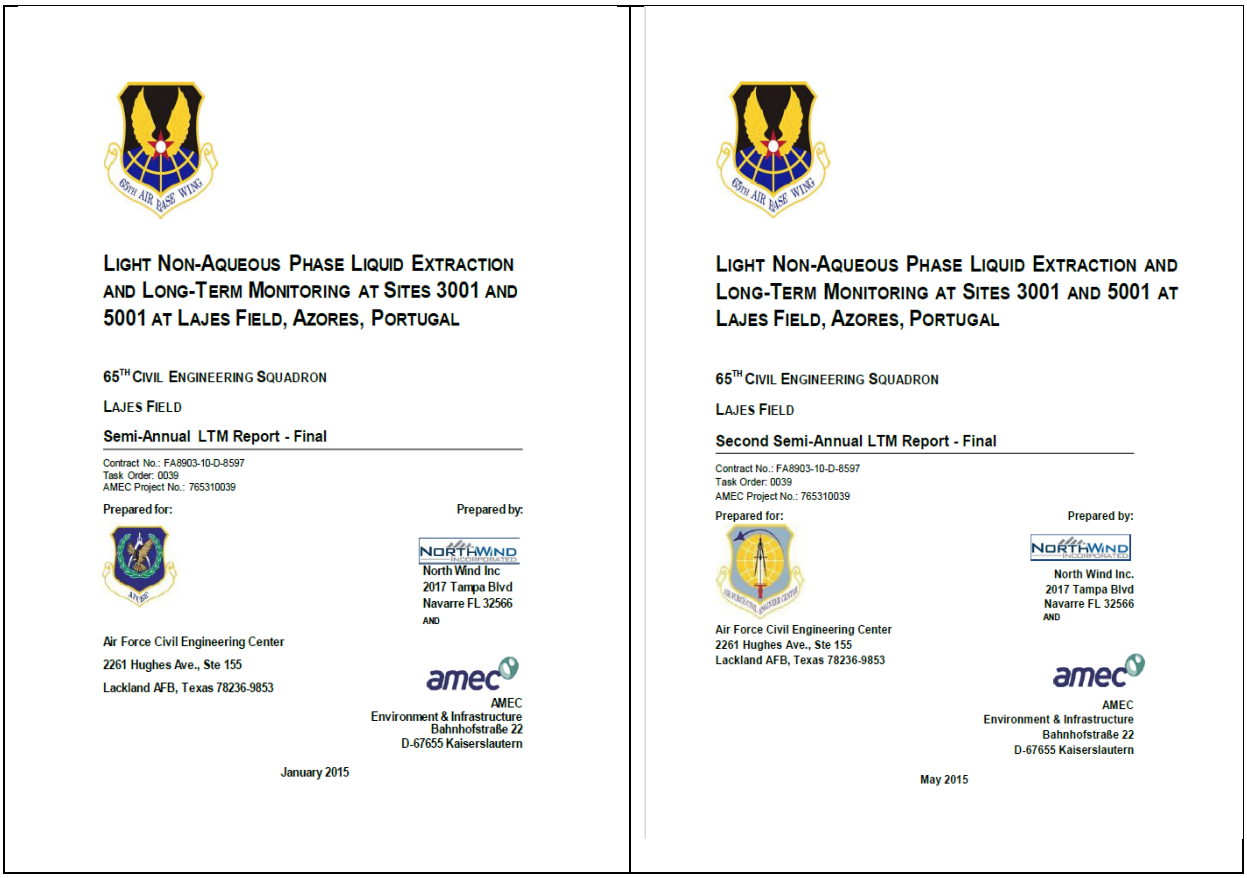
ATUALIZAÇÃO PARA 2014

Elaborado para:

Centro de Engenharia Civil e Ambiente
da Força Aérea
2261 Hughes Ave., Ste 155
Lackland AFB, Texas 78236-9853

Dezembro de 2013

i



LIGHT NON-AQUEOUS PHASE LIQUID EXTRACTION AND LONG-TERM MONITORING AT SITES 3001 AND 5001 AT LAJES FIELD, AZORES, PORTUGAL

65TH CIVIL ENGINEERING SQUADRON

LAJES FIELD

Semi-Annual LTM Report - Final

Contract No.: FA8903-10-D-8597
Task Order: 0039
AMEC Project No.: 765310039

Prepared for:

Air Force Civil Engineering Center
2261 Hughes Ave., Ste 155
Lackland AFB, Texas 78236-9853

Prepared by:

North Wind Inc
2017 Tampa Blvd
Navarre FL 32566
AND

AMEC
Environment & Infrastructure
Bahnhofstraße 22
D-67655 Kaiserslautern

January 2015

LIGHT NON-AQUEOUS PHASE LIQUID EXTRACTION AND LONG-TERM MONITORING AT SITES 3001 AND 5001 AT LAJES FIELD, AZORES, PORTUGAL

65TH CIVIL ENGINEERING SQUADRON

LAJES FIELD

Second Semi-Annual LTM Report - Final

Contract No.: FA8903-10-D-8597
Task Order: 0039
AMEC Project No.: 765310039

Prepared for:

Air Force Civil Engineering Center
2261 Hughes Ave., Ste 155
Lackland AFB, Texas 78236-9853

Prepared by:

North Wind Inc.
2017 Tampa Blvd
Navarre FL 32566
AND

AMEC
Environment & Infrastructure
Bahnhofstraße 22
D-67655 Kaiserslautern

May 2015