



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

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

**Estudo da rede de abastecimento de água em zonas  
com solos potencialmente contaminados**

Ministério da Defesa Nacional

Lisboa • dezembro de 2020

**I&D** CONSELHO DIRETIVO

RELATÓRIO 478/2020 – CD

## **Título**

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

Estudo da rede de abastecimento de água em zonas com solos potencialmente contaminados

## **Autoria**

DEPARTAMENTO HIDRÁULICA E AMBIENTE

### **Dália Loureiro**

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Engenharia Sanitária

### **Elsa Mesquita**

Bolseira de Pós-Doutoramento, Núcleo de Engenharia Sanitária

### **Maria João Rosa**

Investigadora Principal, Chefe do Núcleo de Engenharia Sanitária

### **Teresa E. Leitão**

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

CONSELHO DIRETIVO

### **Maria de Lurdes Antunes**

Investigadora-Coordenadora, Vogal do Conselho Diretivo

## **Colaboração**

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

### **Paula Beceiro**

Técnica Superior, Núcleo de Engenharia Sanitária

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

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: [lnec@lnec.pt](mailto:lnec@lnec.pt)

[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

Relatório 478/2020

Proc. 0102/1201/22465

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

Estudo da rede de abastecimento de água em zonas com solos potencialmente contaminados

### Resumo

---

O LNEC encontra-se a apoiar o Ministério da Defesa Nacional (MDN) num conjunto de questões técnico-ambientais relacionadas com a presença, nos últimos 60 anos, do contingente da Força Aérea Americana (USAFE) na Base das Lajes, ilha Terceira. Em 2020, os trabalhos desenvolvidos pelo LNEC incluíram a assessoria nas questões relacionadas com os sistemas de abastecimento de água para consumo humano no concelho da Praia da Vitória que atravessam zonas onde existem suspeitas de contaminação de solos.

O trabalho que se apresenta neste relatório teve por objetivos (i) identificar os possíveis pontos críticos de contaminação da água da rede de abastecimento de Agualva-Praia e as principais causas e (ii) apresentar recomendações para a manutenção da qualidade da água distribuída e eventual implementação de trabalhos na rede de forma a mitigar riscos em zonas críticas.

Para responder a estes objetivos, estudou-se o traçado e as características da rede do subsistema Agualva-Praia (comprimentos, diâmetros, materiais, reservatórios, estações elevatórias) e avaliou-se a condição infraestrutural e operacional por zona de influência de cada reservatório, com base na informação cedida pela entidade gestora Praia Ambiente, E.M..

Para identificação de zonas ou pontos críticos de contaminação da água da rede de abastecimento, cruzou-se o resultado da análise da condição infraestrutural (idade, avarias, roturas) e operacional (pressões de serviço) dos troços de rede que atravessam solos potencialmente contaminados com os resultados (reportados em relatórios anteriores) de ocorrência de hidrocarbonetos nos solos e nas origens de água e de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) na rede de abastecimento.

Os teores de HAP detetados até ao presente na rede não suscitam preocupação em termos de qualidade da água para consumo humano. Ainda assim, a análise integrada permitiu identificar pontos em troços da rede que atravessam solos potencialmente contaminados para os quais se recomendaram medidas de monitorização de HAP na água e/ou intervenção na rede, em quatro níveis de prioridade.

Ao nível 1, recomendaram-se medidas de monitorização e de intervenção em troços das redes R4 - Pico Celeiro e B-R7 - Santa Rita, por apresentarem elevada ocorrência de roturas e não existirem dados de HAP na rede. Num nível 2 de prioridade, sinalizou-se a monitorização de HAP na água em troços da rede R3 - Vale Farto (baixa taxa de roturas, HAP acima dos valores de referência numa amostra de solo, ocorrência de baixas concentrações de HAP na água em alguns pontos de amostragem da rede). Ainda ao nível 2, recomendaram-se medidas de monitorização e de intervenção em troços da rede R0 - Caminho de Cima (nível moderado de roturas, uma ocorrência de HAP em baixas concentrações na água da rede). Ao nível 3, em troços da rede R10 - Rua das Covas e Rede

de condutas adutoras (nível moderado de roturas, escassez ou ausência de dados de HAP na água da rede), recomendaram-se medidas de monitorização e de intervenção. Ao nível 4, recomendou-se a monitorização de HAP na água em troços das redes R5 - Areeiro e EE-R8 - Juncal (nula/baixa ocorrência de roturas, sem dados suficientes de qualidade da água).

Em conformidade, sugerem-se alterações ao Plano de Monitorização Especial da água na rede (frequência e pontos de amostragem) e o diagnóstico e controlo das perdas de água nos troços e zonas com taxas mais elevadas de roturas e/ou problemas de pressão.

No que se refere à implementação de trabalhos na rede que atravessa solos potencialmente contaminados, recomenda-se a reabilitação faseada da rede, apoiada numa estratégia de gestão patrimonial das infraestruturas da entidade gestora e em planos táticos e operacionais desenvolvidos para o subsistema Agualva-Praia. Em específico, recomenda-se a substituição dos troços em fibrocimento, pela idade elevada e histórico de roturas, que as novas tubagens sejam instaladas em valas com isolamento em relação aos solos circundantes e que se adote uma classe de pressão superior, de modo a garantir uma maior barreira à potencial entrada de contaminantes.

Palavras-chave: Base das Lajes / Qualidade da água para consumo humano / Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos / Rede de distribuição de água

## COMPLEMENTARY STUDIES IN THE FRAMEWORK OF ENVIRONMENTAL REHABILITATION PROCESSES RELATED TO THE USE OF THE LAJES BASE BY THE USA

Study of the water supply network in areas with soils suspected to be contaminated

### Abstract

---

LNEC is supporting the Ministry of National Defence (MDN) on several technical and environmental issues related to the US Air Force (USAFE) contingent at Lajes Base, Terceira island, over the last 60 years. In 2020, the work developed by LNEC included advising on issues related to water quality for human consumption in Praia da Vitória municipality and related water supply systems crossing areas with soil suspected to be contaminated.

The work presented in this report aimed at (i) identifying the possible critical points towards the contamination of Agualva-Praia drinking water supply system, and the main causes, and (ii) presenting recommendations for the maintenance of the drinking water quality and possible implementation of network works to mitigate risks in critical areas.

To address these objectives, the layout and characteristics of the existing network (lengths, diameters, materials, storage tanks, pumping stations) were studied, and the infrastructure and operational condition of the drinking water supply system was analysed, using the data made available by the water utility, Praia Ambiente E.M..

For identifying critical areas/points for drinking water contamination by hydrocarbons, an integrated analysis was conducted with the results of the infrastructure (age, failures, pipe bursts) and operational (service pressures) conditions of the network sections crossing potentially contaminated soils, and the corresponding data of hydrocarbons in soils and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the water sources and supply network.

The PAH levels detected so far in the water supply network raise no concerns for human consumption. Even so, the integrated analysis allowed identifying points in pipe sections crossing potentially contaminated soils where PAH monitoring and/or intervention measures were recommended according to four levels of priority.

At level 1, monitoring and intervention measures were recommended for pipe sections of R4 - Pico Celeiro and B-R7 - Santa Rita, with high rates of pipe bursts and no data for HAP in the water network. At priority level 2, monitoring of HAP in water was recommended for pipe sections of R3 - Vale Farto (low pipe burst rate, HAP above the reference values in one soil sample, occurrence of HAP traces in some water network sampling points). Also at level 2, monitoring and intervention measures were recommended for pipe sections of R0 - Caminho de Cima (moderate rate of pipe bursts, one occurrence of HAP traces in water network). At level 3, in pipe sections of R10 - Rua das Covas and in sections of the water supply pipelines (moderate rate of pipe bursts, lack of/no data of HAP in water), monitoring and intervention measures were recommended. At level 4, water HAP monitoring was recommended in pipe sections of R5 - Areeiro and EE-R8 – Juncal (null/low occurrence of pipe bursts, lack of water quality data).

Accordingly, changes to the Water Special Monitoring Plan (sampling frequency and points) are suggested, as well as water loss diagnosis and control in network areas/sections with higher rates of pipe bursts and/or pressure problems.

Regarding intervention works in pipe sections crossing potentially contaminated soils, a phased rehabilitation of the network is recommended, supported by an infrastructure asset management strategy, and tactical and operational plans developed for Agualva-Praia subsystem. Specifically, the rehabilitation of asbestos cement network is recommended, due to its ageing and pipe burst historical data. Furthermore, one recommends the new pipes crossing potentially contaminated soils to be installed in ditches with insulation from the surrounding soils and to adopt a higher nominal pressure class, to ensure a stronger barrier against water contaminants' intrusion.

Keywords: Lajes base / Drinking water quality / Polycyclic aromatic hydrocarbons / Drinking water distribution network



## Índice

1	Introdução .....	1
1.1	Âmbito e objetivos.....	1
1.2	Metodologia.....	2
1.3	Estrutura do relatório .....	3
2	Presença de contaminantes nas origens de água .....	4
3	Áreas com solos potencialmente contaminados e sua relevância na qualidade da água da rede de abastecimento .....	6
4	Qualidade da água na rede de abastecimento .....	10
4.1	Pontos de amostragem.....	10
4.2	Resultados do Plano de Monitorização Especial .....	12
4.3	Discussão e síntese dos resultados .....	17
5	Rede de abastecimento do subsistema Aqualva-Praia .....	19
5.1	Nota introdutória .....	19
5.2	Caracterização da rede de abastecimento .....	20
5.3	Recomendações para a gestão da rede de abastecimento .....	29
5.4	Recomendações relativas à implementação de trabalhos na rede de abastecimento .....	31
6	Análise do risco associado aos materiais utilizados e ao estado da rede de abastecimento nas zonas potencialmente contaminadas .....	32
6.1	Troços de rede que atravessam solos potencialmente contaminados .....	32
6.2	Análise integrada e identificação de pontos críticos .....	37
7	Conclusões e recomendações .....	41
	Referências bibliográficas .....	45

## Índice de figuras

Figura 2.1 – Concentrações em hidrocarbonetos em amostras pontuais de água dos furos de captação de água para consumo humano entre 2018 e 2020 (Leitão e Henriques, 2020) .5	5
Figura 3.1 – Rede de abastecimento de água, locais com historial de contaminação em 2004 (DISCO Sites, segundo CH2MHILL, 2004) e infraestruturas de captação de água no concelho de Praia da Vitória (elaborado com base em elementos fornecidos pela Praia Ambiente, E.M.).....7	7
Figura 3.2 – Síntese qualitativa da concentração máxima em hidrocarbonetos em solos e sedimentos (Leitão, Mota e Antunes, 2019) .....8	8
Figura 3.3 – Mapa da concentração em HTP nos solos (amostras P4 a P20) a sudeste do Site 5001 (Leitão, Mota e Antunes, 2020) .....9	9
Figura 3.4 – Mapa da concentração em HAP nos solos (amostras P4 a P20) a sudeste do Site 5001 (Leitão, Mota e Antunes, 2020) .....9	9
Figura 4.1 – Zonas de distribuição de água da rede Agualva-Praia, pontos de amostragem na rede (P, cf. Quadro 4.1), no solo (P6 e P9, cf. Figura 3.3) e furos monitorizados (F) (de acordo com os elementos fornecidos pela Praia Ambiente, E.M.) e locais com solos potencialmente contaminados (Leitão, Mota e Antunes, 2019) ..... 11	11
Figura 4.2 – Resultados de HAP e de THM nos pontos monitorizados na Volta do Paul (P1-P5, Quadro 4.1) (barras a vazio - resultados abaixo do limite de quantificação dos parâmetros apresentados) ..... 14	14
Figura 4.3 – Resultados de HAP e THM nos pontos monitorizados no Juncal, Pico Celeiro, Canada Joaquim Alves e Canada do Alecrim (P6-P12, Quadro 4.1) (barras a vazio - resultados abaixo do limite de quantificação) ..... 15	15
Figura 5.1 – Zonas de influência dos reservatórios de abastecimento (R0-R13; 13 zonas, cada com uma cor diferente), com localização dos furos (F), pontos de amostragem na rede (P) e solos potencialmente contaminados..... 23	23
Figura 5.2 – Pressões medidas e roturas em cada zona de influência dos reservatórios no período 2011-2019 ..... 26	26
Figura 5.3 – Zonas de influência de reservatórios sinalizadas para diagnóstico de perdas de água, implementação de medidas operacionais e/ou futura reabilitação (seis zonas, cada com uma cor diferente), com localização dos furos (F), pontos de amostragem na rede (P) e dos solos potencialmente contaminados ..... 28	28
Figura 6.1 – Troços da rede que atravessam solos potencialmente contaminados, com localização dos furos (F) e pontos de amostragem na rede (P) e no solo (P6 e P9, cf. Figura 3.3) ... 33	33
Figura 6.2 – Troços em fibrocimento e PVC que atravessam solos potencialmente contaminados, com localização dos furos (F) e pontos de amostragem na rede (P)..... 37	37

## Índice de quadros

Quadro 4.1 – Identificação e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem (P) do Plano de Monitorização Especial estabelecido pela Praia Ambiente, E.M., em 2020, na rede de abastecimento da Agualva-Praia .....	10
Quadro 4.2 – Identificação das zonas de abastecimento da rede Agualva-Praia, reservatórios e estações elevatórias e origens de água que servem os pontos de amostragem (informação fornecida pela Praia Ambiente, E.M.) .....	11
Quadro 4.3 – Resumo dos relatórios de ensaio analisados .....	12
Quadro 4.4 – Resumo das ocorrências de HAP registadas entre 23/03/2020 e 26/10/2020 na rede de abastecimento de Agualva-Praia, respetivos valores paramétricos (VP) na água para consumo humano e sua classificação em termos de carcinogenicidade (assinalam-se a negrito as ocorrências (HAP e valores) acima do limite de quantificação, LQ) .....	16
Quadro 4.5 – Resumo das ocorrências de fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno registadas entre 23/03/2020 e 26/10/2020 na rede de abastecimento de água de Agualva-Praia .....	17
Quadro 5.1 – Caracterização global do subsistema de abastecimento de água Agualva-Praia .....	22
Quadro 5.2 – Caracterização das zonas de influência dos reservatórios e da rede de condutas adutoras do subsistema Agualva-Praia: identificação (ID) do reservatório e da rede, comprimento de rede, classes de pressão nominal, zonas de abastecimento associadas e respetivas cotas médias do terreno .....	24
Quadro 5.3 – Caracterização das zonas de influência dos reservatórios e da rede de condutas adutoras do subsistema Agualva-Praia em termos de válvulas redutoras de pressão e câmaras de perda de carga, zonas de abastecimento, pressão estática e pressão de serviço medida .....	25
Quadro 5.4 – Síntese dos principais problemas nas zonas de influência de reservatórios e na rede de condutas adutoras do subsistema Agualva-Praia .....	29
Quadro 6.1 – Caracterização dos troços que atravessam solos potencialmente contaminados, em termos de comprimento, material, classe de pressão e pressão média e máxima medida .....	34
Quadro 6.2 – Caracterização dos troços que atravessam solos potencialmente contaminados, em termos de origens de água, roturas, pontos de amostragem de água na rede e informação complementar .....	34
Quadro 6.3 – Análise dos fatores considerados críticos para a contaminação da água da rede de abastecimento e priorização (1 a 4: 1 mais prioritário, 4 menos prioritário) dos troços de rede em termos de adoção de medidas de monitorização ou intervenção .....	39

## Lista de acrónimos

---

BTEX	Benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos
CD	Conselho Diretivo
COV	Compostos orgânicos voláteis
DN	Diâmetro nominal
E.M.	Empresa municipal
EG	Entidade gestora
ERSARA	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores
FC	Fibrocimento
FFD	Ferro fundido dúctil
GPI	Gestão patrimonial de infraestruturas
HAP	Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
HTP	Hidrocarbonetos totais do petróleo
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LQ	Limite de quantificação (do método analítico do parâmetro)
LREC	Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores
MDN	Ministério da Defesa Nacional
NES	Núcleo de Engenharia Sanitária
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEAD	Polietileno de alta densidade
PN6	Pressão nominal de 6 bar
PN10	Pressão nominal de 10 bar
PVC	Policloreto de vinilo
THM	Trihalometanos
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
VP	Valor paramétrico
ZMC	Zona de medição e controlo
EE	Estação elevatória
R	Reservatório

# 1 | Introdução

## 1.1 Âmbito e objetivos

O presente documento foi elaborado no âmbito do “Contrato de cooperação para estudos complementares no âmbito dos processos de reabilitação ambiental relacionados com a utilização da Base das Lajes pelos EUA” (Contrato n.º 11/DGRDN/2020) celebrado entre a Direção-Geral de Recursos da Defesa Nacional (DGRDN) do Ministério da Defesa Nacional (MDN) e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), e diz respeito à assessoria do LNEC nas questões relacionadas com os sistemas de abastecimento de água para consumo humano que atravessam zonas com solos potencialmente contaminados por hidrocarbonetos, decorrentes das atividades do contingente da Força Aérea Americana (USAFE) na Base das Lajes, ilha Terceira.

Nos últimos anos, em paralelo com os estudos realizados no âmbito da assessoria que o LNEC presta ao MDN, relacionados com a potencial contaminação de solos e águas subterrâneas resultante do armazenamento e do manuseamento de combustíveis e de outras substâncias poluentes, a análise do potencial impacte das questões ambientais na água para consumo humano tem-se centrado na análise da qualidade da água na origem, i.e., nos furos de captação de águas subterrâneas. Este trabalho vem sendo realizado para a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) através de várias assessorias técnicas entre a ERSARA e o LNEC, que analisa e processa os dados do programa de controlo de qualidade na origem e se pronuncia sobre o plano de monitorização anualmente proposto pela entidade gestora, Praia Ambiente, E.M. (e.g., Leitão e Henriques, 2019; 2020).

Em 2019 foi questionada a possibilidade de poder haver contaminação da água da rede de distribuição de Aqualva-Praia, com outra origem que não a da água nos furos. Atendendo a este facto, a Praia Ambiente teve a iniciativa de realizar análises complementares para alguns hidrocarbonetos nalguns pontos da rede de distribuição (que incidiram especialmente sobre hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, HAP, conforme adiante explicado). A deteção de vestígios de HAP em amostras de água recolhidas, em 2019, na rede de abastecimento de água situada nas proximidades do site 5001, levou a Praia Ambiente a incluir no Plano de Monitorização Especial para 2020, pontos de amostragem de água para pesquisa de hidrocarbonetos na rede de abastecimento de Aqualva-Praia, além das análises da água dos furos que vinha sendo realizada desde 2011.

O Plano de Monitorização Especial 2020 e os resultados dos respetivos ensaios analíticos foram objeto de análise pelo LNEC e constam de três relatórios. Os dois relatórios relativos à qualidade da água na rede de distribuição foram elaborados no âmbito do contrato entre o LNEC e o MDN (Mesquita e Rosa, 2020; Mesquita, 2020) e o relatório relativo à qualidade à água na origem (furos de captação de águas subterrâneas) foi elaborado no âmbito do contrato entre o LNEC e a ERSARA (Leitão e Henriques, 2020).

O trabalho que se apresenta neste relatório tem por objetivos i) identificar os possíveis pontos críticos de contaminação da água da rede de abastecimento de Agualva-Praia e as principais causas, e ii) apresentar recomendações relativas à gestão da rede de abastecimento para a manutenção da qualidade da água distribuída e eventual implementação de trabalhos na rede de forma a mitigar riscos em zonas críticas.

## 1.2 Metodologia

Como ponto de partida, considerou-se que a presença de contaminantes, neste caso de HAP, nos sistemas de distribuição de água podia ocorrer por quatro vias principais:

1. presença desses contaminantes nas origens de água usadas como fonte de abastecimento;
2. permeação dos HAP presentes nos solos, ou na água do solo, através dos materiais da rede de distribuição;
3. intrusão de água de solos contaminados (Oleszczuk e Baran, 2005; Jonge *et al.*, 2008) através de fissuras na rede de distribuição associadas à má condição infraestrutural, a roturas ou a variações excessivas de pressão;
4. contaminação pelos materiais dos componentes da rede de distribuição em contacto com a água (e.g., condutas, válvulas, acessórios) ou pelos materiais utilizados nas obras de intervenção nas redes de distribuição (e.g., vedantes, soldaduras), que tenham HAP na sua constituição.

Para avaliar o potencial de intrusão de água de solos contaminados através de fissuras na rede (3) foi necessário caracterizar a rede de abastecimento de Agualva-Praia e analisar a sua condição infraestrutural e operacional, com base em informação cedida pela entidade gestora, Praia Ambiente, que incluiu:

1. a análise do traçado da rede do subsistema Agualva-Praia;
2. a caracterização da rede (comprimentos, diâmetros, materiais, reservatórios, estações elevatórias) e sua condição infraestrutural (idade, avarias, roturas);
3. o funcionamento operacional da rede (pressões) com potencial efeito em perdas de água;
4. a identificação de zonas ou pontos críticos (com pressões elevadas e ocorrência de roturas) e recomendações para a gestão e reabilitação dessa infraestrutur.

Para identificar os pontos críticos de contaminação da água da rede de abastecimento de Agualva-Praia e as principais causas, procedeu-se a uma análise integrada da ocorrência de HAP na água da rede de abastecimento com os fatores que a poderão explicar, i.e. ocorrência de roturas ou problemas de pressão na rede, ocorrência de HAP nas origens de água e ocorrência de HAP nos solos, para os troços de rede de cada zona de influência de reservatório que atravessam solos contaminados. A partir desta análise priorizaram-se troços de rede para adoção de medidas de monitorização de HAP ou de intervenção na rede.

### 1.3 Estrutura do relatório

Este documento divide-se em sete capítulos. O primeiro capítulo expõe o âmbito e objetivo deste trabalho e a metodologia seguida.

O segundo e terceiro capítulos resumem os resultados de qualidade da água nos furos (origens de água) e de contaminação dos solos, reportados em relatórios anteriores e relevantes para o presente estudo.

No quarto capítulo avaliam-se os resultados de qualidade da água na rede de abastecimento de Aqualva-Praia em 2020, no que se refere a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP).

A análise infraestrutural e operacional da rede de abastecimento do subsistema Aqualva-Praia é apresentada no quinto capítulo, onde também se elencam recomendações relativas à gestão de perdas de água e à reabilitação da rede de abastecimento de forma a mitigar riscos de contaminação em zonas críticas.

No sexto capítulo apresenta-se uma análise integrada dos resultados para identificação de pontos críticos de ocorrência de HAP na água da rede de abastecimento e definição de medidas para a sua prevenção e/ou mitigação.

O sétimo capítulo fecha o relatório com as conclusões e recomendação gerais resultantes deste estudo.

## 2 | Presença de contaminantes nas origens de água

Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) não são normalmente encontrados na água em concentrações expressivas devido à sua baixa solubilidade em água e à elevada afinidade com material particulado e hidrófobo (WHO, 2017). Segundo a Organização Mundial de Saúde, a sua presença em águas superficiais e subterrâneas em teores superiores a 0,05 µg/L e a 0,005 µg/L, respetivamente, é indicativa da existência de uma fonte de poluição (WHO, 2003). A contaminação das massas de água resulta normalmente de fontes localizadas de poluição industrial, com posterior deposição e contaminação de solos, e subsequente arrastamento por escorrências urbanas ou lixiviação para as águas subterrâneas através de solos contaminados.

Existe um histórico desde 2011 relativamente à presença de contaminantes nas origens de água para abastecimento do concelho de Praia da Vitória, que vem sendo analisado pelo LNEC desde 2012, no âmbito de diversos protocolos de cooperação com a ERSARA (cf. Leitão e Henriques, 2019; 2020). Relativamente à presença de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas, concluiu-se que, nos últimos 10 anos, de entre as mais de 15 000 análises efetuadas para diversos hidrocarbonetos nos seis furos que abastecem o sistema Agualva-Praia, houve 37 ocasiões em que a concentração de hidrocarbonetos foi superior ao limite de quantificação, envolvendo, em quase todos os casos, HAP [fenantreno (11x), fluoranteno (8x), fluoreno (5x), naftaleno (2x) e pireno (5x)], tetracloroetileno (5x) e etilbenzeno (1x) (cf. Leitão e Henriques, 2019; 2020).

Em duas ocasiões, registaram-se valores de hidrocarbonetos acima dos valores de referência utilizados. A primeira ocorreu a 07/11/2011, no furo Canada das Covas, com 0,02 µg/L fenantreno, sendo 0,0065 µg/L o valor estabelecido pela APA (2015) e 1 µg/L a norma do Canadá para condições de águas subterrâneas potáveis (ME, 2011). A segunda ocorreu a 08/09/2014, no furo Areeiro-Fontinhas, com 2,4 mg/L HTP (hidrocarbonetos totais do petróleo), sendo 0,75 mg/L a norma do Canadá (ME, 2011).

Nos últimos três anos, entre 2018 e 2020, das 5 529 análises efetuadas a hidrocarbonetos, houve 20 casos com valores positivos, mas que não excederam as normas acima referidas. Das últimas cinco campanhas, apenas na campanha de outubro de 2020 os valores de hidrocarbonetos estiveram acima dos limites de quantificação mas abaixo dos valores de referência estabelecidos pela APA para os compostos fenantreno e fluoreno (Figura 2.1) (Leitão e Henriques, 2020).

Nessa campanha de outubro de 2020, a presença de fenantreno e de fluoreno em concentrações muito equivalentes em todos os furos, incluindo no furo Pico Viana (utilizado como referência uma vez que se encontra fora da área potencialmente sujeita a contaminação proveniente da atividade da Base das Lajes), acrescida da não confirmação destas concentrações nas amostras contínuas recolhidas nos mesmos furos naquele período, levou os autores do estudo (Leitão e Henriques, 2020) a levantar a questão de se poder tratar de um erro laboratorial (p.e. devido a atmosfera contaminada durante as análises), aspeto que terá que ser confirmado em campanhas posteriores.

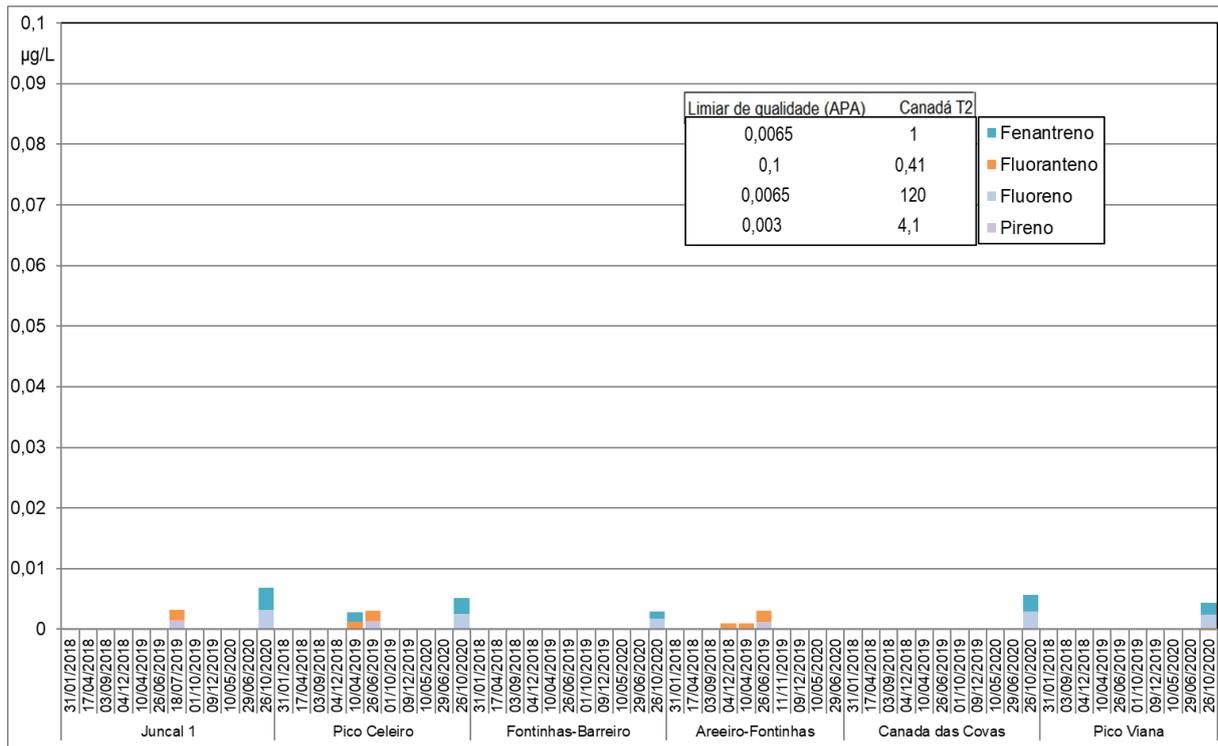


Figura 2.1 – Concentrações em hidrocarbonetos em amostras pontuais de água dos furos de captação de água para consumo humano entre 2018 e 2020 (Leitão e Henriques, 2020)

### 3 | **Áreas com solos potencialmente contaminados e sua relevância na qualidade da água da rede de abastecimento**

A existência de áreas com solos potencialmente contaminados atravessados por redes de distribuição de água constitui um possível cenário de contaminação da água utilizada para consumo humano, tanto pela eventual permeação de contaminantes através dos materiais da rede como pela possibilidade de entrada de água dos solos pelas fissuras da rede de distribuição.

Nesse contexto, e como ponto de partida para esta análise, importa identificar os locais onde há solos potencialmente contaminados e cruzar essa informação com a localização espacial da rede de distribuição. Os locais onde estas duas situações se cruzam serão aqueles que teoricamente apresentam maior risco para a qualidade da água para consumo humano.

Essa informação encontra-se projetada na Figura 3.1, onde os locais com historial de contaminação foram identificados em 2004 como locais contaminados, provavelmente contaminados e potencialmente contaminados (cf. CM2HILL, 2004), e onde também se apresenta uma perspetiva mais alargada da localização dos furos e das nascentes que compõem toda a rede de origens de água para consumo humano do concelho de Praia da Vitória.

Os resultados de estudos realizados mais recentemente (e.g., Leitão, Mota e Antunes, 2019; 2020; Leitão e Antunes, 2020) indicam que as áreas consideradas como potencialmente contaminadas foram reduzidas a 10 sites.

Leitão, Mota e Antunes (2019) apresentam uma síntese da qualidade dos solos nalgumas dessas áreas (em oito sites, cf. Figura 3.2), em termos de uma análise qualitativa das concentrações máximas registadas para 83 hidrocarbonetos analisados, divididos em quatro grupos: hidrocarbonetos totais do petróleo (HTP); benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX); compostos orgânicos voláteis (COV) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP). A Figura 3.2 apresenta uma projeção dos resultados da concentração máxima em hidrocarbonetos nos locais analisados, onde foi representado o valor máximo da concentração obtida numa mesma sondagem independentemente da sua profundidade. A Figura 3.2 permite observar que, em quase todas as situações, são os HAP e os HTP aqueles que apresentaram concentrações acima dos valores de referência utilizados (i.e. a legislação do Canadá, adotada pela APA em 2019 (cf. ME, 2011; APA, 2019), tendo sido utilizada a *Table 2: Full Depth Generic Site Condition Standards in a Potable Ground Water Condition*).

Num estudo realizado em 2020, após uma primeira análise da informação sobre a qualidade da água na rede de distribuição (e.g., Mesquita, 2020), foi feita uma caracterização mais detalhada da qualidade dos solos a sudeste do Site 5001 (onde se localizam os pontos de amostragem da rede de abastecimento P1 a P5, cf. Quadro 4.1), em 17 locais de solos (P4 a P20, cf. Figura 3.3), tendo sido colhidas amostras pelo LREC a duas profundidades (Amaral, 2020; Leitão, Mota e Antunes, 2020). As amostras mais profundas não ultrapassaram os 2 m de profundidade e corresponderam sensivelmente

à profundidade do nível piezométrico. As análises químicas realizadas incluíram o mesmo conjunto de parâmetros acima referido. Os resultados obtidos mostram que as concentrações em BTEX e em COV se encontravam abaixo dos respetivos limites de quantificação. A Figura 3.3 e a Figura 3.4 ilustram os resultados obtidos de HTP e HAP, respetivamente.

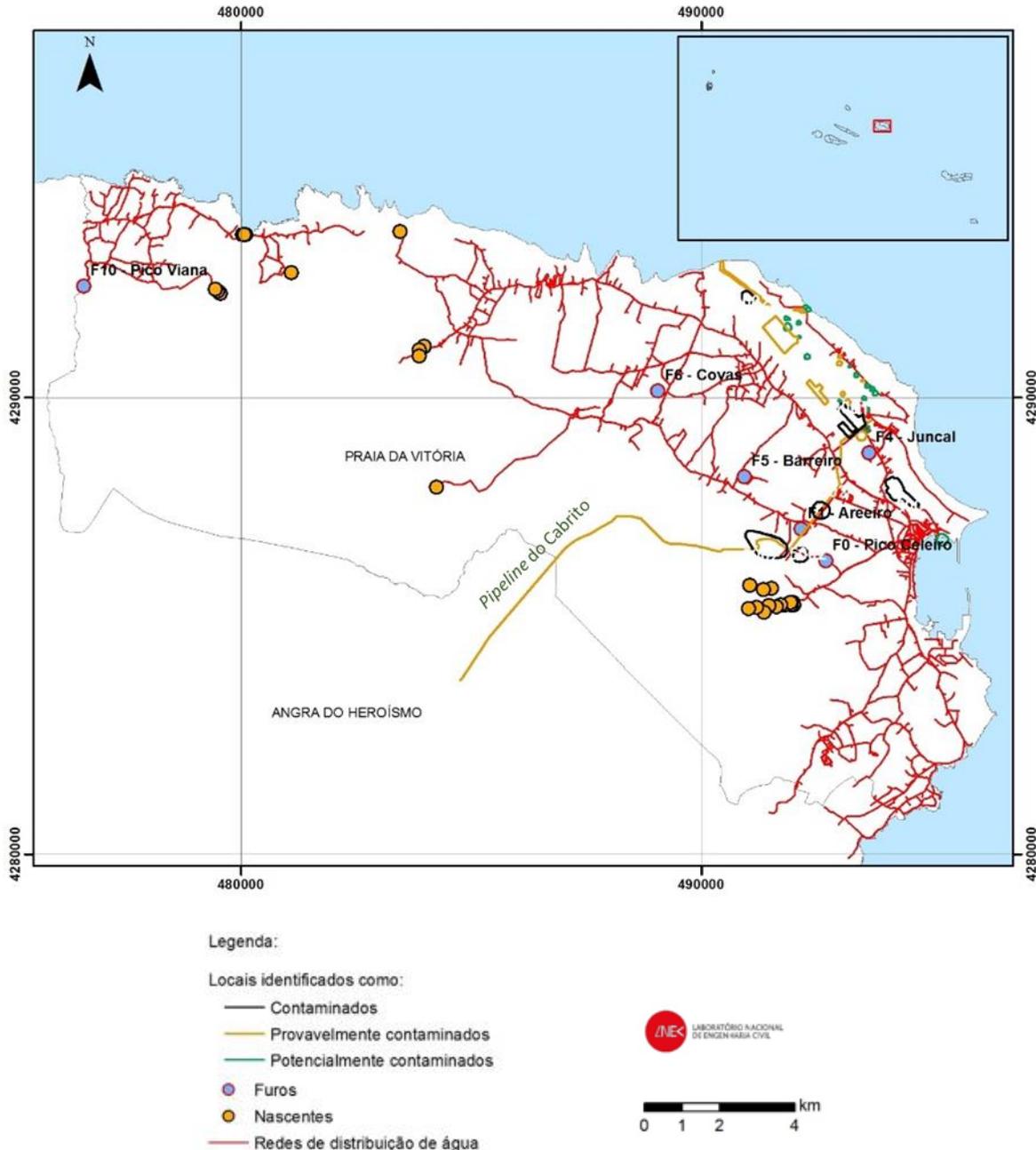


Figura 3.1 – Rede de abastecimento de água, locais com historial de contaminação em 2004 (DISCO Sites, segundo CH2MHILL, 2004) e infraestruturas de captação de água no concelho de Praia da Vitória (elaborado com base em elementos fornecidos pela Praia Ambiente, E.M.)

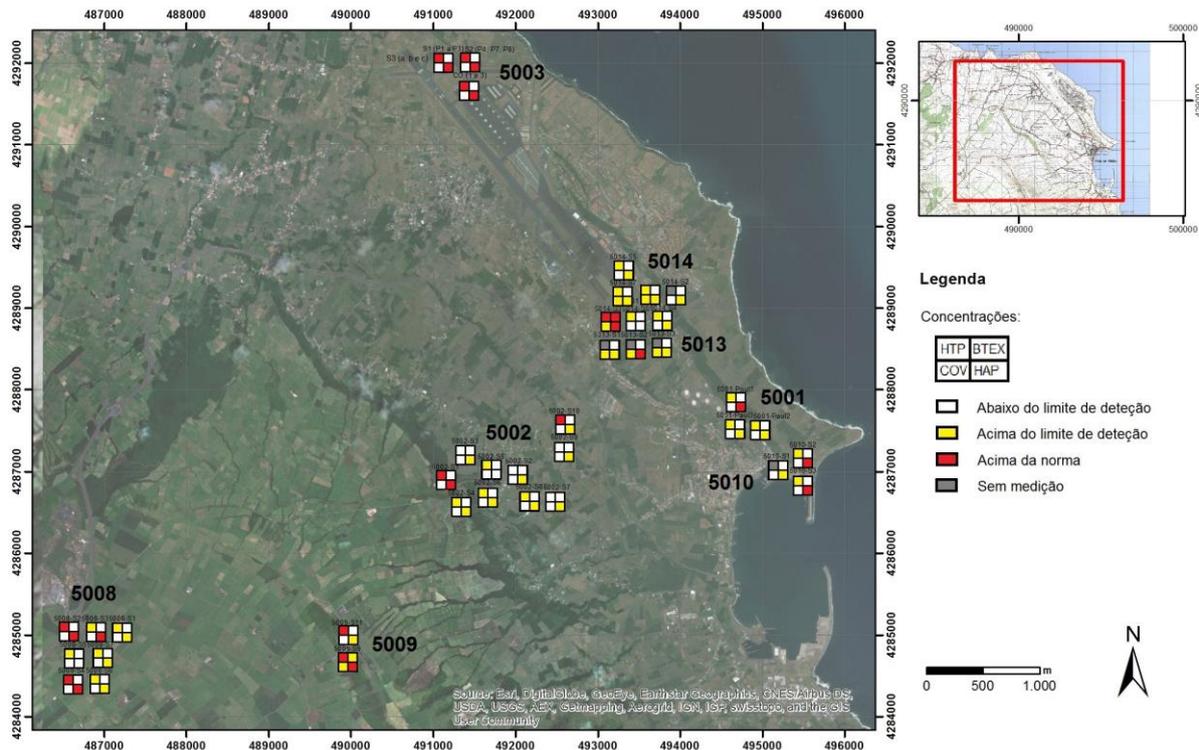


Figura 3.2 – Síntese qualitativa da concentração máxima em hidrocarbonetos em solos e sedimentos (Leitão, Mota e Antunes, 2019)

A Figura 3.3 e a Figura 3.4 mostram diversas concentrações em HTP acima dos limites de quantificação, uma pequena diferença entre as duas profundidades amostradas e, ainda, que não foram ultrapassadas as normas do Canadá utilizadas (3250 mg/kg, para a qualidade dos solos em locais com condições para águas subterrâneas potáveis – ME, 2011, entretanto adotadas pela APA, 2019). Com exceção do observado na amostra do ponto P6, recolhida entre 1,1 e 1,2 m de profundidade, os valores obtidos foram da mesma ordem de grandeza dos reportados para amostras recolhidas junto ao Paul em 2019 (Leitão, Mota e Antunes, 2019). As amostras com valores acima dos limites de quantificação para HTP apresentaram também concentrações em HAP quantificáveis. À semelhança do verificado para os HTP, os HAP apresentaram valores mais altos no centro da área estudada. Do conjunto das amostras, apenas a amostra de solo P9 (profundidade 0,7-0,8 m) apresentou concentrações em diversos HAP acima das normas do Canadá, estabelecidas para a qualidade dos solos em locais com condições para águas subterrâneas potáveis (Leitão, Mota e Antunes, 2020; ME, 2011).

Leitão, Mota e Antunes (2020) **concluíram** que os elementos apresentados não suscitam preocupação relativamente à contaminação dos solos e à consequente migração por esta via de hidrocarbonetos para a rede de distribuição de água para consumo humano. Ainda assim, os resultados apresentados em relatórios para as águas subterrâneas (cf. Leitão e Antunes, 2020) **recomendam** que se mantenha o acompanhamento semestral das análises à água do Paul, dos poços/nascente e dos piezómetros neste local, bem como a monitorização da qualidade da água na rede de distribuição de água para consumo humano nesta zona, nomeadamente em HAP.



Figura 3.3 – Mapa da concentração em HTP nos solos (amostras P4 a P20) a sudeste do Site 5001 (Leitão, Mota e Antunes, 2020)



Figura 3.4 – Mapa da concentração em HAP nos solos (amostras P4 a P20) a sudeste do Site 5001 (Leitão, Mota e Antunes, 2020)

## 4 | Qualidade da água na rede de abastecimento

Este capítulo sintetiza a avaliação dos resultados de qualidade da água para consumo humano decorrentes do Plano de Monitorização Especial 2020 estabelecido pela Praia Ambiente, E.M. na rede de abastecimento Agualva-Praia, situada no concelho de Praia da Vitória. Esta análise incidiu sobre os teores em hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) determinados em 12 pontos da rede de abastecimento. Os restantes parâmetros contemplados no Plano de Monitorização Especial 2020, designadamente trihalometanos (THM), cloro residual e temperatura, são apresentados, mas não são alvo de discussão neste relatório.

### 4.1 Pontos de amostragem

Os pontos de amostragem da rede de abastecimento contemplados no Plano de Monitorização Especial de 2020 estabelecido pela Praia Ambiente, E.M. estão identificados no Quadro 4.1 e localizam-se em zonas com potencial contaminação/presença de hidrocarbonetos e metais em solos e águas subterrâneas (Leitão, Mota e Antunes, 2020; Leitão e Antunes, 2020). Estes pontos da rede de abastecimento (P) fazem parte de diferentes zonas de abastecimento, com mistura de água de diversas origens (furos e nascentes) e servidos por diferentes reservatórios, como mostra o Quadro 4.2. Estas zonas de abastecimento são caracterizadas com mais detalhe no Capítulo 5 |.

**Quadro 4.1 – Identificação e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem (P) do Plano de Monitorização Especial estabelecido pela Praia Ambiente, E.M., em 2020, na rede de abastecimento da Agualva-Praia**

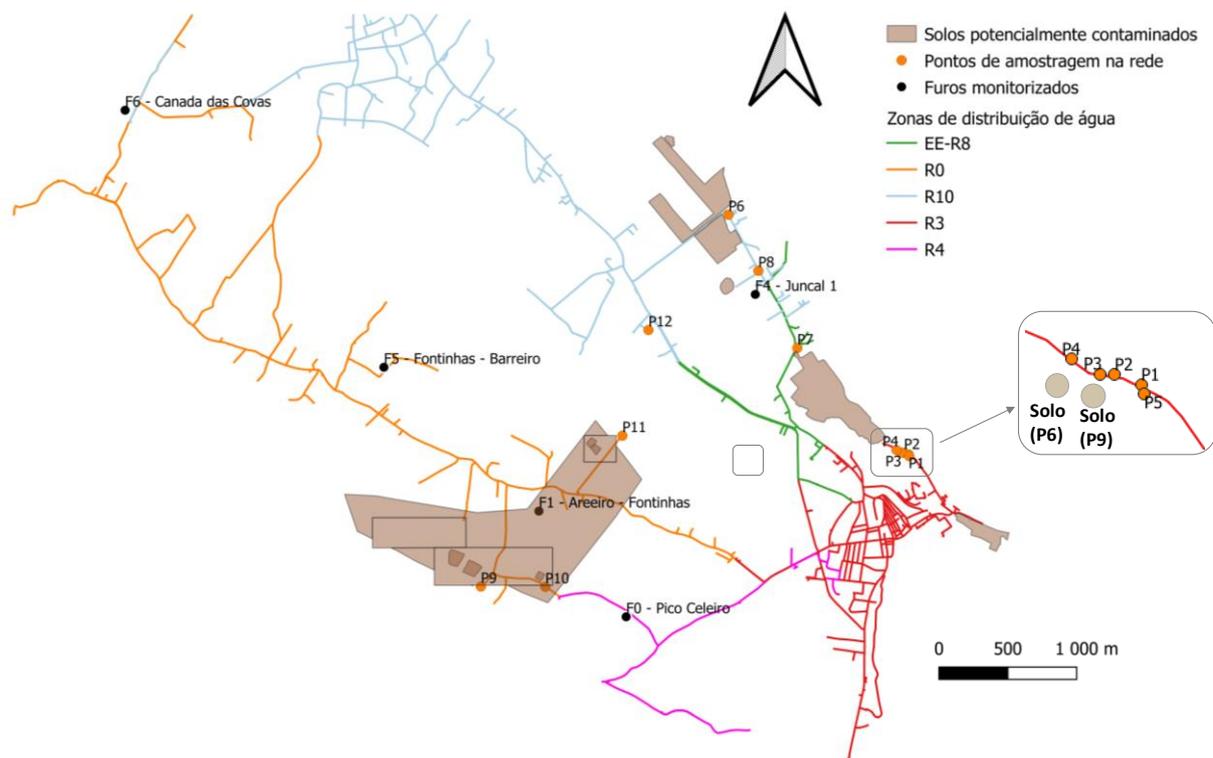
Designação	Ponto de amostragem	Morada	x	y
P1	Creche do Gu e da Tita	Volta do Paul n.º 18	- 27,059225	38,736434
P2	Volta do Paul n.º 22	Volta do Paul n.º 22	- 27,059610	38,736548
P3	Volta do Paul n.º 26	Volta do Paul n.º 26	- 27,059830	38,736556
P4	Volta do Paul n.º 28	Volta do Paul n.º 28	- 27,060243	38,736723
P5	Volta do Paul - Boca de incêndio	Boca Incêndio, Volta do Paul	- 27,059180	38,736325
P6	Juncal Casa de Pasto "Chica"	Estrada do Juncal n.º 106 Santa Cruz	- 27,074316	38,752287
P7	Estrada do Juncal - boca de incêndio	Boca Incêndio, Estrada do Juncal	- 27,068553	38,743471
P8	Juncal - Rua das Cantarias	Rua das Cantarias n.º 57	- 27,071815	38,748583
P9	Pico Celeiro - Fonduras	Fonduras n.º 8 Casa da Ribeira	- 27,095015	38,727673
P10	Pico Celeiro - Instalações José Valadão	Pico Celeiro n.º 19	- 27,089624	38,727656
P11	Canada Joaquim Alves	Caminho do Joaquim Alves n.º 30	- 27,083187	38,737665
P12	Canada do Alecrim – boca de incêndio	Boca de incêndio, Rua do Alecrim	- 27,081010	38,744656

Na Figura 4.1 apresenta-se parte da rede de abastecimento em análise (Agualva-Praia) com a localização dos respetivos pontos de amostragem, dos furos e dos principais locais com solos potencialmente contaminados (Leitão, Mota e Antunes, 2019). Os pontos de amostragem P11 e P12

encontram-se na zona de influência do *pipeline* do Cabrito, que, entretanto, foi desativado e nalguns troços intervencionado.

**Quadro 4.2 – Identificação das zonas de abastecimento da rede Agualva-Praia, reservatórios e estações elevatórias e origens de água que servem os pontos de amostragem (informação fornecida pela Praia Ambiente, E.M.)**

Pontos de amostragem (P)	Zonas de distribuição	Origens de água	Reservatórios (R) e Estações elevatórias (EE)
P1 P2 P3 P4 P5	R3. Praia da Vitória	Furo Areeiro-Fontinhas (F1) Nascentes das Beiras: Lourais, Minhoco e Bicas da Saúde	R6 - Beiras R3 - Vale Farto
P6	R10. Lajes/Santa Luzia /Juncal	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas	R0 - Ladeira do Cardoso R10 - Covas
P7	EE-R8. Santa Rita/25 de Abril	Furo Canada das Covas (F6) Furo Juncal 1 (F4) Nasc. das Frechas	R0 - Ladeira do Cardoso R10 - Covas EE-R8 - Juncal
P8	R10. Lajes/Santa Luzia /Juncal	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas	R0 - Ladeira do Cardoso R10 - Covas
P9		Furo Canada das Covas (F6)	
P10	R0. Fontinhas	Furo Fontinhas-Barreiro (F5) Nasc. das Frechas	R0 - Ladeira do Cardoso
P11			
P12	R10. Lajes/Santa Luzia /Juncal	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas	R0 - Ladeira do Cardoso R10 - Covas



**Figura 4.1 – Zonas de distribuição de água da rede Agualva-Praia, pontos de amostragem na rede (P, cf. Quadro 4.1), no solo (P6 e P9, cf. Figura 3.3) e furos monitorizados (F) (de acordo com os elementos fornecidos pela Praia Ambiente, E.M.) e locais com solos potencialmente contaminados (Leitão, Mota e Antunes, 2019)**

## 4.2 Resultados do Plano de Monitorização Especial

Neste estudo foram analisados os resultados apresentados em oito relatórios de ensaios (Quadro 4.3) referentes a oito campanhas de monitorização da qualidade da água na rede de abastecimento de Agualva-Praia no concelho de Praia da Vitória. Estas campanhas decorreram entre 23 de março e 26 de outubro de 2020, no âmbito do Plano de Monitorização Especial estabelecido pela Praia Ambiente, E.M. para 2020, e abrangeram 12 pontos da rede de abastecimento localizados na envolvente das áreas com solos potencialmente contaminados por hidrocarbonetos.

Quadro 4.3 – Resumo dos relatórios de ensaio analisados

Relatório N.º	Data de emissão	Data das colheitas	Pontos de colheita	Parâmetros analisados
34 2000 050	06-04-2020	23-03-2020	A	<b>16 HAP:</b> Acenafteno Acenaftileno Antraceno
34 2000 051	11-05-2020	27-04-2020	A + B	Benzo[a]antraceno Benzo[a]pireno*
34 2000 054	12-06-2020	25-05-2020	A	Benzo[b]fluoranteno* Benzo[k]fluoranteno* Benzo[g,h,i]perileno*
34 2000 055	13-07-2020	29-06-2020	A	Indeno[1,2,3-cd]pireno* Criseno Dibenzo[a,h]antraceno
34 2000 057	13-08-2020	27-07-2020	A	Fenantreno Fluoranteno Fluoreno Naftaleno
34 2000 058	09-09-2020	24-08-2020	A	Pireno
34 2000 059	09-10-2020	28-09-2020	A	<b>THM:</b> Clorofórmio* Bromodiclorometano* Dibromoclorometano* Bromofórmio*
34 2000 060	10-11-2020	26-10-2020	A + B	<b>Temperatura</b> <b>Cloro residual livre*</b>

**A:** 5 pontos na Volta do Paul: Creche do Gu e da Tita; n.º 22; n.º 26/26B; n.º 28, Boca de incêndio (P1-P5, Quadro 4.1)  
**B:** 7 pontos em: Juncal - Casa de Pasto "Chica", Boca de Incêndio, Rua Cantarias n.º 7; Pico Celeiro - Fonduras n.º 8, Instalações José Valadão; Canada Joaquim Alves n.º 8; Canada do Alecrim - Boca de Incêndio (P6-P12, Quadro 4.1)

\* Parâmetros contemplados no DL 152/2017

Foram pesquisados 16 hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, incluindo os cinco HAP contemplados na legislação portuguesa referente à qualidade da água para consumo humano (DL 152/2017) (Quadro 4.3). Foram também analisados os teores de quatro trihalometanos (THM) e de cloro residual livre (Quadro 4.3), parâmetros contemplados no DL 152/2017 que indicam, respetivamente, a presença de subprodutos de desinfecção e de um residual de desinfetante na rede de distribuição e que não são alvo de discussão neste relatório.

Os relatórios de ensaios analisados dizem respeito à **monitorização mensal** de cinco pontos da rede de distribuição localizados na Volta do Paul (**P1-P5** na Volta do Paul, Quadro 4.1: Creche do Gu e da Tita, n.º 22, n.º 26, n.º 28, Boca de incêndio) e à monitorização **semestral** de outros sete pontos de amostragem (**P6-P12**, Quadro 4.1: Juncal Casa de Pasto "Chica", Estrada do Juncal - Boca de Incêndio, Juncal Rua das Cantarias n.º 7, Pico Celeiro - Fonduras n.º 8, Pico Celeiro - Instalações José Valadão, Canada Joaquim Alves n.º 8, Canada do Alecrim - Boca de Incêndio).

Nas oito campanhas de amostragem, foram quantificados quatro dos 16 HAP pesquisados, nomeadamente, fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno, apresentando-se os restantes 12 HAP sempre abaixo do limite de quantificação dos respetivos métodos analíticos.

Os quatro HAP quantificados, i.e. fenantreno (quantificado 3x), fluoranteno (2x), fluoreno (8x) e pireno (1x), apresentaram-se em teores muito próximos dos respetivos limites de quantificação do método analítico (Figura 4.2 e Figura 4.3) e também muito próximos (uma ocorrência de fenantreno) ou inferiores (as restantes 13 ocorrências) aos valores que, por vezes, ocorrem em águas subterrâneas consideradas não contaminadas ( $< 0,005 \mu\text{g/L}$ ; WHO, 2003). Leitão e Henriques (2020) reportaram a presença destes HAP em alguns furos de captação (Figura 2.1), em concentrações sempre abaixo dos valores estabelecidos pela APA para águas subterrâneas (APA, 2015; ME, 2011). Embora fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno não sejam os HAP que surgem em maior concentração nos solos (Leitão, Mota e Antunes, 2020), são os que apresentam maior solubilidade em água, portanto são os que aparecem nas águas subterrâneas e na rede de abastecimento.

Os HAP detetados não fazem parte dos parâmetros legislados em Portugal para controlo de qualidade da água para consumo humano (DL 152/2017) e não estão classificados como cancerígenos para o homem (Grupo 3 da classificação do IARC, (IARC, 2020)).

Por outro lado, não estão estabelecidos valores paramétricos em termos de qualidade da água para consumo humano para estes HAP. Encontrou-se apenas uma indicação da Organização Mundial de Saúde de que o fluoranteno não deverá exceder  $4 \mu\text{g/L}$  (WHO, 2017), um valor três ordens de grandeza superior aos dois valores quantificados nas amostras analisadas.

Os compostos fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno foram encontrados, respetivamente, em 5,6%, 3,7%, 14,8 % e 1,8% do total das amostras analisadas ( $n = 52$ , Quadro 4.4), e em quatro dos 12 pontos de amostragem: três no Vale do Paul (P1, P2, P5) e um na Canada Joaquim Chaves (P11), todos eles situados em zonas com ou próximas de solos potencialmente contaminados (Figura 4.1).

Na Volta do Paul, o ponto com maior prevalência de HAP foi o P5 - Boca de incêndio, tendo-se quantificado fenantreno, fluoranteno e fluoreno em, respetivamente, 25%, 12,5% e 62,5% das amostras (Quadro 4.5). Este ponto está muito próximo dos pontos de amostragem P1 - Creche do Gu e da Tita e P2 - Volta do Paul n.º 22 (Figura 4.1) onde também se encontrou fluoreno, respetivamente, em 25% e 12,5 % das amostras. Já nos pontos P3 e P4, situados no mesmo troço, mas mais afastados de P5 (ca. 100 m) e num extremo da rede, não se quantificaram HAP.

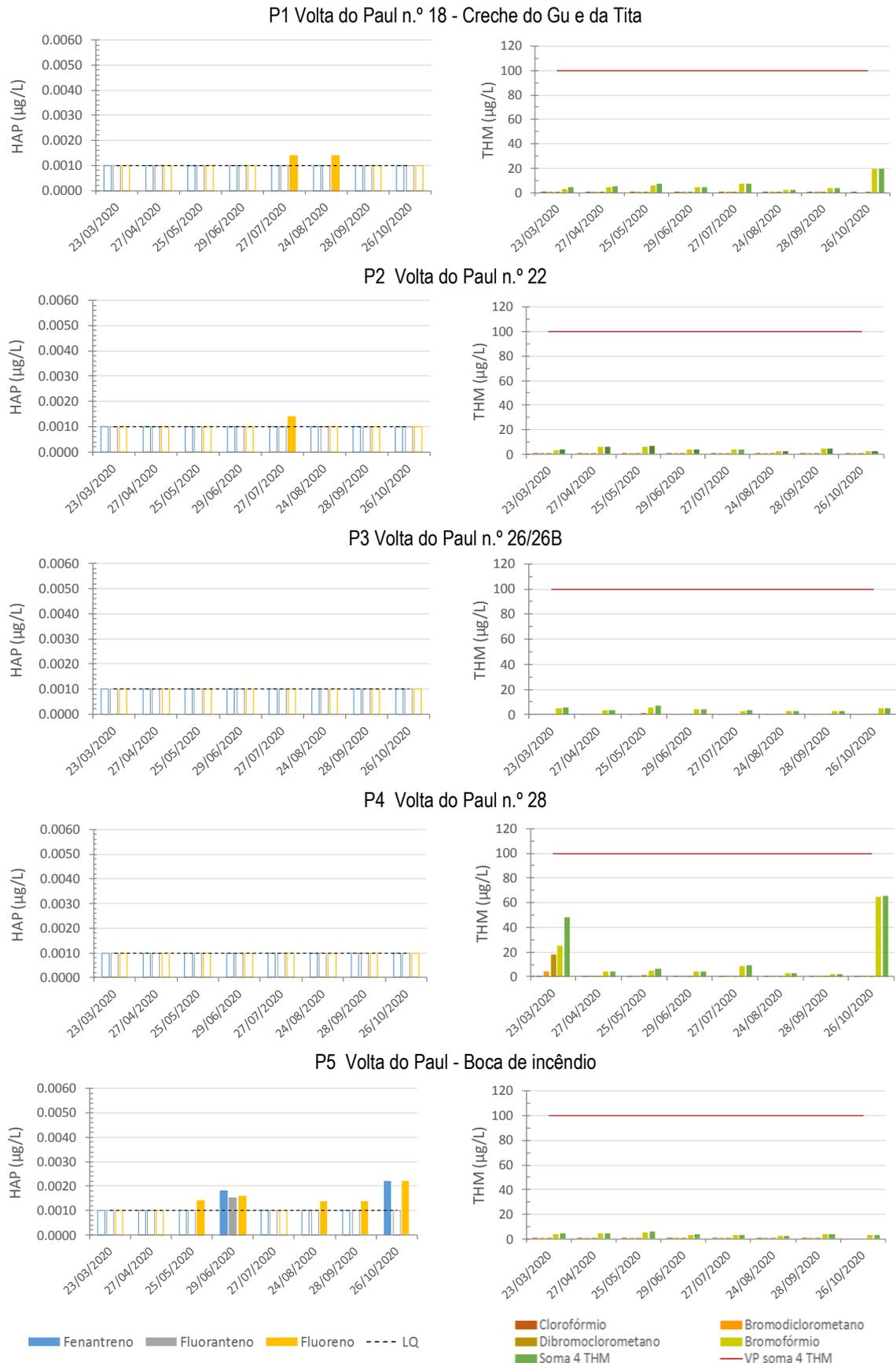


Figura 4.2 – Resultados de HAP e de THM nos pontos monitorizados na Volta do Paul (P1-P5, Quadro 4.1) (barras a vazio - resultados abaixo do limite de quantificação dos parâmetros apresentados)

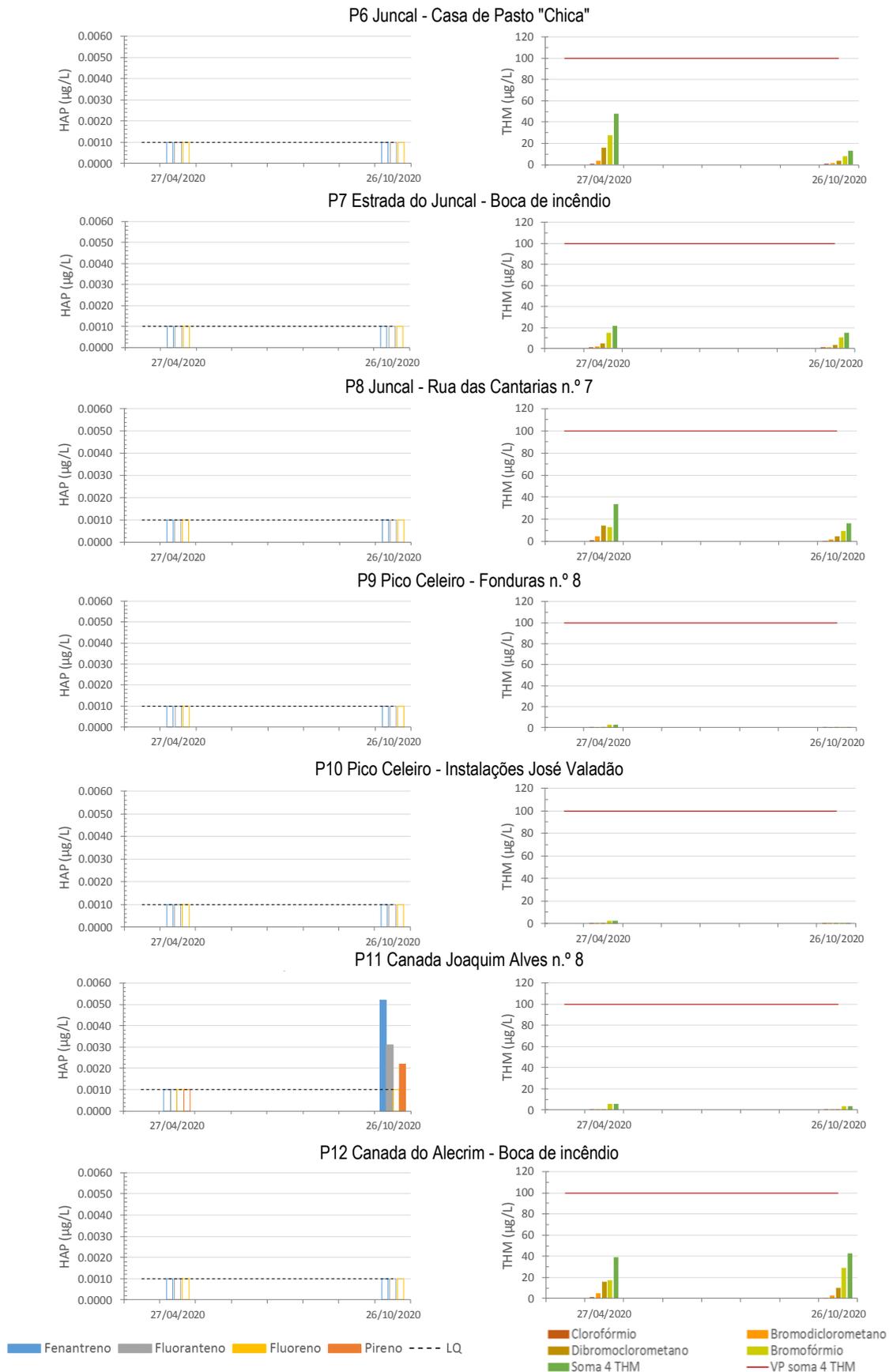


Figura 4.3 – Resultados de HAP e THM nos pontos monitorizados no Juncal, Pico Celeiro, Canada Joaquim Alves e Canada do Alecrim (P6-P12, Quadro 4.1) (barras a vazío - resultados abaixo do limite de quantificação)

**Quadro 4.4 – Resumo das ocorrências de HAP registadas entre 23/03/2020 e 26/10/2020 na rede de abastecimento de Agualva-Praia, respetivos valores paramétricos (VP) na água para consumo humano e sua classificação em termos de carcinogenicidade (assinalam-se a negrito as ocorrências (HAP e valores) acima do limite de quantificação, LQ)**

HAP	Resultados (µg/L)	% amostras com HAP > LQ	LQ (µg/L)	VP (µg/L)	Classificação de carcinogenicidade segundo IARC (ou USEPA**)
Acenafteno	< 0,001 (n=54)	0	0,001	--	3
Acenaftileno	< 0,001 (n=54)	0	0,001	--	**
Antraceno	< 0,001 (n=54)	0	0,001	--	3
Benzo(a)antraceno	< 0,001 (n=54)	0	0,001	--	2B
Benzo(a)pireno	< 0,001 (n=54)	0	0,001	0,01	1
Benzo(b)fluoranteno	< 0,001 (n=54)	0	0,001	0,10 para a soma dos 4 HAP	2B
Benzo(k)fluoranteno	< 0,001 (n=54)	0	0,001		2B
Benzo(g,h,i)perileno	< 0,0003 (n=54)	0	0,0003		3
Indeno(1,2,3-cd)pireno	< 0,0003 (n=54)	0	0,0003		2B
Criseno	< 0,001 (n=54)	0	0,001	--	2B
Dibenzo(a,h)antraceno	< 0,0006 (n=54)	0	0,0006	--	2A
<b>Fenantreno</b>	< 0,001 (n=51) <b>0,0018</b> (n=1, P5) <b>0,0022</b> (n=1, P5) <b>0,0052</b> (n=1, P11)	5,6%	0,001	--	3
<b>Fluoranteno</b>	< 0,001 (n=52) <b>0,0015</b> (n=1, P5) <b>0,0031</b> (n=1, P11)	3,7%	0,001	-- (4*)	3
<b>Fluoreno</b>	< 0,001 (n=46) <b>0,0014</b> (n=2, P1) <b>0,0014</b> (n=1, P2) <b>0,0014</b> (n=3, P5) <b>0,0016</b> (n=1, P5) <b>0,0022</b> (n=1, P5)	14,8%	0,001	--	3
Naftaleno	< 0,007 (n=54)	0	0,007	--	2B
<b>Pireno</b>	< 0,001 (n=53) <b>0,0022</b> (n=1, P11)	1,8%	0,001	--	3

n - número de amostras com o resultado mencionado  
Pi - Identificação do ponto de amostragem com o resultado mencionado  
LQ - limite de quantificação do método analítico  
VP - valor paramétrico estabelecido no DL 152/2017, '—' não contemplado no DL 152/2017  
\* valor definido pela OMS (WHO, 2017)  
\*\* Informação inadequada para avaliar o potencial carcinogénico (USEPA, 2008)  
IARC - International Agency for Research on Cancer (IARC, 2020); 1 - Carcinogénico para humanos; 2A - Provavelmente carcinogénico para humanos; 2B - Possivelmente carcinogénico para humanos; 3 - Não classificável como carcinogénico para humanos

Na Canada Joaquim Chaves (P11) detetou-se fenantreno, fluoranteno e pireno numa das duas amostragens efetuadas desse ponto, designadamente a 26-10-2020. Embora os teores destes HAP tenham sido muitos baixos (no caso do fluoranteno, três ordens de grandeza inferiores ao valor máximo

definido pela OMS – cf. Quadro 4.4; WHO, 2017), os teores de fenantreno e fluoranteno foram cerca de duas vezes superiores aos encontrados nos restantes pontos da rede (Quadro 4.5).

**Quadro 4.5 – Resumo das ocorrências de fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno registadas entre 23/03/2020 e 26/10/2020 na rede de abastecimento de água de Aqualva-Praia**

Ponto de amostragem (cf. Quadro 4.1)		HAP	Resultados (µg/L)	% amostras com valores > LQ	Total de amostras analizadas
P1	Creche do Gu e da Tita (Volta do Paul n.º 18)	Fenantreno	< LQ	0%	8
		Fluoranteno	< LQ	0%	8
		Fluoreno	0,0014	25%	8
P2	Volta do Paul n.º 22	Fenantreno	< LQ	0%	8
		Fluoranteno	< LQ	0%	8
		Fluoreno	0,0014	12,5%	8
P5	Volta do Paul - Boca de incêndio	Fenantreno	0,0018 - 0,0022	25%	8
		Fluoranteno	0,015	12,5%	8
		Fluoreno	0,0014 - 0,0022	62,5%	8
P11	Canada Joaquim Alves	Fenantreno	0,0052	50%	2
		Fluoranteno	0,0031	50%	2
		Fluoreno	< LQ	0%	2
		Pireno	0,0022	50%	2

LQ - limite de quantificação do método analítico

### 4.3 Discussão e síntese dos resultados

Apresentou-se neste capítulo a análise dos resultados das oito campanhas de monitorização da qualidade da água na rede de abastecimento de Aqualva-Praia, realizadas entre 23 de março e 26 de outubro de 2020, no âmbito do Plano de Monitorização Especial estabelecido pela Praia Ambiente, E.M. para 2020. Estas campanhas abrangeram 12 pontos da rede de abastecimento localizados na envolvente das áreas com solos potencialmente contaminados por hidrocarbonetos.

Dos 16 HAP pesquisados, foram quantificados quatro, designadamente, fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno, que não fazem parte dos parâmetros legislados para o controlo de qualidade da água para consumo humano (estabelecidos no DL 152/2017) e que pertencem ao Grupo 3 da classificação do IARC - não classificados como cancerígenos para o homem.

Alguns destes compostos foram, por vezes, encontrados em três dos cinco pontos de amostragem da zona da Volta do Paul (P1, P2, P5), e na Canada Joaquim Alves (P11), embora em teores muito baixos e próximos dos encontrados em águas subterrâneas consideradas não contaminadas (< 0,005 µg/L; WHO, 2003).

O fluoreno foi o HAP mais frequentemente quantificado na zona da Volta do Paul, em particular em P5 - Boca de incêndio onde esteve presente em 62,5% das amostras. O fenantreno e o fluoranteno estiveram presentes em até 25% das amostragens nos pontos P1, P2 e P5. Na Canada Joaquim Alves (P11), onde se realizaram apenas duas amostragens em 2020, não se encontrou fluoreno e os compostos fenantreno, fluoranteno e pireno foram quantificados numa amostragem.

De acordo com a literatura consultada (WHO, 2003), a presença de fluoranteno na água das redes de abastecimento poderá (i) estar associada à sua migração para a água a partir de revestimentos de alcatrão de algumas condutas em ferro fundido ou ferro fundido dúctil existentes em algumas redes antigas, o que não parece ser o caso da rede em estudo que é predominantemente de PVC, (ii) ter origem nos materiais utilizados nas operações de manutenção das redes e que entram em contacto com a água distribuída (WHO, 2003).

Segundo Ennel *et al.* (2004), citado por Environment Agency (2019), não é de esperar que os HAP presentes em solos contaminados sejam libertados em grande extensão por lixiviação com água; no entanto, uma pequena fração destes poderá passar para a água, dependendo das suas características físico-químicas que determinam a partição solo-água (hidrofobia, carga e solubilidade na água).

Conforme se sistematiza no capítulo 2, estudos desenvolvidos pelo LNEC (Leitão e Henriques, 2020) mostram a presença ocasional de um ou dois HAP (de um subconjunto de 4 dos 16 monitorizados) em algumas massas de água subterrânea na ilha Terceira, em concentrações inferiores aos valores de referência estabelecidos (APA, 2015; ME, 2011). Os compostos fenantreno, fluoranteno e fluoreno estão incluídos na lista de HAP detetados nos últimos anos alguns furos do concelho da Praia da Vitória, incluindo no furo Areeiro-Fontinhas (Leitão e Henriques, 2020) usado para abastecimento da zona Volta do Paul (informação cedida por Praia Ambiente e apresentada em Mesquita e Rosa, 2020). As campanhas realizadas entre abril e outubro de 2020 mostram que os teores em fenantreno, fluoranteno e fluoreno nas amostras de água do furo Areeiro-Fontinhas (Leitão e Henriques, 2020) foram inferiores aos observados, no mesmo período, na rede de abastecimento que serve a Volta do Paul. Estes resultados, juntamente com o facto dos HAP detetados não aparecerem em todos os pontos de amostragem do mesmo ramal de distribuição de água (Volta de Paul), sugerem que a presença de fenantreno, fluoranteno e fluoreno na rede de abastecimento não terá tido origem na água do furo Areeiro-Fontinhas.

**Sistematizando**, considerando que (i) dos 16 HAP pesquisados, os únicos quantificados na rede de abastecimento da Agualva-Praia foram os compostos fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno, em situações pontuais e em teores muito baixos e próximos dos encontrados em águas subterrâneas consideradas não contaminadas pela OMS (WHO, 2003), (ii) estes HAP não fazem parte dos parâmetros legislados para controlo de qualidade da água para consumo humano (Decreto-Lei 152/2017) e não estão classificados como cancerígenos para o homem, **conclui-se** que, à luz do conhecimento atual e dos resultados analisados, os níveis de HAP observados na água da rede de abastecimento da Agualva-Praia não são preocupantes em termos de saúde pública.

Ainda assim, uma vez que em dois pontos de amostragem (designadamente P5 - Volta do Paul - Boca de incêndio e P11 - Canada Joaquim Alves) se registaram teores de alguns HAP superiores aos limites de quantificação em metade ou mais das amostras, **recomenda-se** a continuação da monitorização especial na rede Agualva-Praia, com os ajustes sugeridos no capítulo 7 |, pelo menos enquanto existirem suspeitas de contaminação dos solos.

## 5 | Rede de abastecimento do subsistema Agualva-Praia

### 5.1 Nota introdutória

Este capítulo pretende fazer uma caracterização da infraestrutura da rede de abastecimento e do seu funcionamento operacional, assim como propor um conjunto de medidas para gestão da rede de abastecimento e para apoio na implementação de trabalhos no subsistema Agualva-Praia, pertencente ao sistema de abastecimento do concelho de Praia da Vitória e localizado em zonas onde existem solos potencialmente contaminados.

Problemas como uma condição infraestrutural inadequada e pressões elevadas na rede de abastecimento público de água podem conduzir a uma maior frequência na ocorrência de fugas e roturas. Por sua vez, as roturas podem potenciar a contaminação da água pelo solo (ou água do solo) envolvente através de fissuras existentes na rede. Apesar dos sistemas urbanos de abastecimento de água funcionarem em pressão (tipicamente cima de 3 bar), há situações em que ocorrem subpressões ou diminuição significativa da pressão interna nas condutas. Isso acontece, por exemplo, em pontos altos da rede ou quando uma conduta é colocada temporariamente fora de serviço por motivos operacionais, para manutenção ou limpeza. A ocorrência de subpressões pode potenciar a migração de contaminantes do solo (ou água do solo) para a água da rede de abastecimento público, em particular em zonas com nível freático elevado.

Na secção 5.2 faz-se uma análise da rede existente no subsistema Agualva-Praia em termos de traçado e características (comprimentos, diâmetros, materiais, idade, reservatórios, estações elevatórias), condição infraestrutural (e.g., ocorrência de roturas) e funcionamento operacional (e.g., pressões máximas), de modo a identificar os principais problemas no subsistema que podem potenciar a ocorrência de roturas e a possível contaminação da água da rede de abastecimento pelo solo/água do solo envolvente.

O **subsistema Agualva-Praia** capta água num conjunto de furos e de nascentes e, através das condutas adutoras, transporta água até um conjunto de reservatórios de armazenamento (Quadro 4.2). A distribuição de água aos consumidores é assegurada através de um conjunto de zonas de rede, cuja carga hidráulica à entrada é condicionada pelo nível dos reservatórios de abastecimento, designando-se por **zonas de influência de reservatórios**. Algumas destas zonas ainda se subdividem em zonas de abastecimento.

Um diagnóstico de perdas de água neste subsistema permitiria obter informação importante sobre a possibilidade de ocorrer contaminação da água na rede pelos hidrocarbonetos potencialmente presentes nos solos/água dos solos, alvo deste estudo, ou por outros contaminantes. Um estudo realizado pelo LNEC e pela Fundação Gaspar Frutuoso da Universidade dos Açores (Quadros *et al.*, 2018) refere um valor de 35% de água não faturada no sistema de abastecimento de água de Praia da Vitória em 2017. Este valor de água não faturada, que se decompõe em consumos não faturados, perdas aparentes e perdas reais, é superior ao correspondente a um nível de serviço satisfatório

(ERSARA, 2016), sendo essencial conhecer as principais causas, quer a nível global, quer dos subsistemas e respetivas zonas de abastecimento.

Os dados disponibilizados não permitiram um diagnóstico preliminar das perdas de água, ao nível do subsistema Agualva-Praia e das várias zonas de distribuição sob influência dos reservatórios. Assim, propõe-se em 5.3 um conjunto de medidas para diagnóstico e controlo de perdas de água para as zonas identificadas em 5.2 como mais problemáticas em termos de pressões elevadas e com maior taxa de roturas. Uma vez que uma gestão eficaz das perdas de água passa também pela reabilitação faseada da rede, apresenta-se em 5.4 um conjunto de recomendações relativas à implementação de trabalhos na rede de abastecimento de água.

## 5.2 Caracterização da rede de abastecimento

A entidade gestora (EG) do subsistema Agualva-Praia, Praia Ambiente, E.M., forneceu uma base de dados georreferenciados contendo informação relevante para a caracterização da rede de abastecimento, nomeadamente dados sobre condutas, reservatórios, válvulas redutoras de pressão, câmaras de perda de carga, grupos eletrobomba, pressões de serviço e ocorrências na rede que desencadearam ordens de serviços.

Após processamento destes dados, realizou-se uma caracterização global do subsistema Agualva-Praia (Quadro 5.1). Este subsistema recebe água a partir de 11 furos e 20 nascentes, que é armazenada em 14 reservatórios, e possui uma extensão total de 188,1 km. O transporte de água entre as captações e os reservatórios é feito em parte com recurso a bombeamento (no caso dos furos). Por seu lado, a distribuição de água a partir dos reservatórios é feita quase exclusivamente por gravidade e sujeita a grandes desníveis topográficos. Por esta razão, para controlar as pressões máximas em cada zona, o subsistema de distribuição Agualva-Praia é composto por um número elevado de válvulas redutoras de pressão (nove) e de câmaras de perdas de carga (cinco).

O material predominante das condutas é o policloreto de vinilo (PVC), abrangendo 93% da extensão da rede do subsistema Agualva-Praia (Quadro 5.1). Em 77% da extensão da rede, os diâmetros variam entre 40 mm e 110 mm. De acordo com os dados disponíveis, a profundidade média de assentamento das condutas é de 0,8 m. A grande maioria da extensão de rede (70%) possui uma idade compreendida entre 20 e 30 anos (sensivelmente a meio da vida útil expectável), e 22% da rede é recente (idade inferior ou igual a 20 anos). Existindo uma grande parte da rede com a mesma idade (i.e., entre 20 e 30 anos), é importante planear adequadamente os componentes da rede a reabilitar ao longo do tempo de modo a evitar a necessidade de investimentos concentrados. A EG disponibilizou também os dados referentes a 2017 e utilizados pela ERSARA para avaliação da qualidade dos serviços de águas em 2018. De acordo com estes dados, a EG reportou não ter reabilitado condutas de adução e distribuição nos últimos 5 anos, pelo que se realça a necessidade de desenvolver um plano para reabilitação faseada da infraestrutura de abastecimento de água.

No que se refere à classe de pressão nominal, a predominante (66% da extensão de rede) é PN6 (6 bar). De acordo com a norma CEN EN 15014:2007, a pressão nominal em condutas plásticas para

transporte de água corresponde à pressão máxima contínua em serviço (em bar) para água a 20 °C, baseada em coeficientes de serviço mínimos descritos na norma NP EN ISO 12162:2010. A EG forneceu também dados georreferenciados de medições pontuais de pressão na rede obtidas a partir de manómetros instalados desde 2011. No conjunto das medições analisadas, embora 90% das observações (percentil 90) apresentem valores inferiores a 6 bar, obtiveram-se registos de pressão superiores às pressões nominais destas condutas, tendo sido registados valores máximos de 12 bar.

Deste modo, é muito importante que a EG continue a medir a pressão nos principais pontos de entrada das zonas de abastecimento e nos pontos críticos em termos de pressão máxima (por potenciar a ocorrência de roturas) e de pressão mínima na rede (por poderem promover a entrada de contaminantes). Para minimizar a ocorrência de pressões superiores à pressão nominal das condutas, é essencial uma adequada definição de patamares de pressão e um adequado dimensionamento, instalação e operação das válvulas redutoras de pressão.

A EG forneceu também dados relativos às ocorrências que deram origem a intervenções na rede entre 2011 e 2019, causadas essencialmente por roturas e obstruções. Para a análise, não se consideraram as ocorrências provocadas por terceiros, nem as sem data de digitalização atribuída.

Entre 2011 e 2019, o número médio de ocorrências neste período foi de 89 por ano (Quadro 5.1) nos 188,1 km de rede do subsistema Agualva-Praia. Se se considerar que estes registos correspondem ao número de avarias na rede, pode estimar-se o indicador de avarias em condutas, que integra o sistema de avaliação da qualidade do serviço (ERSARA, 2016). O serviço prestado tem um bom desempenho se este indicador for inferior a 30 avarias/100 km/ano, mediano se estiver compreendido no intervalo 30-60 avarias/100 km/ano e insatisfatório se for superior a 60 avarias/100 km/ano (ERSARA, 2016). Deste modo, o valor de médio de 47 avarias/100 km/ano reflete um desempenho mediano e indicativo de um potencial de melhoria da condição infraestrutural e/ou do funcionamento operacional da rede.

No que se refere ao funcionamento operacional, as pressões elevadas são apontadas como um dos fatores mais importantes para a ocorrência de roturas (Farley e Trow, 2003; Thornton e Lambert, 2005; Loureiro, 2010), além de outros aspetos como o tipo de material, as condições de instalação, a qualidade da água e as sobrecargas externas. Uma adequada gestão da pressão, além de reduzir as perdas reais por fugas e roturas na rede, pode também prevenir a ocorrência futura de roturas.

Com base na tipificação das ocorrências, foi possível verificar que 70% correspondem a roturas e que destas a grande parte (78%) ocorreu nos ramais. Deste modo, a reabilitação deverá procurar soluções de ligação entre as condutas principais e os ramais de ligação entre a rede urbana e a rede predial que minimizem as roturas em ramais.

Através do esquema altimétrico fornecido foi possível identificar **13 zonas de influência de reservatórios**, diferenciadas na Figura 5.1 segundo um código de cores.

Estas zonas, com um abastecimento essencialmente gravítico, caracterizam-se por elevados desníveis topográficos entre os reservatórios e as zonas de abastecimento, sendo necessárias várias válvulas redutoras de pressão ou câmaras de perdas para controlar o excesso de pressão na rede.

**Quadro 5.1 – Caracterização global do subsistema de abastecimento de água Aqualva-Praia**

	Informação cedida pela Praia Ambiente, E.M., em dezembro de 2020
<b>Captações de água subterrânea (n.º)</b>	11 furos e 20 nascentes em serviço
<b>Comprimento da rede (km)</b>	188,1
<b>Reservatórios (n.º)</b>	14
<b>Válvulas redutoras de pressão (n.º)</b>	9
<b>Câmaras de perda de carga (n.º)</b>	5
<b>Idade média das condutas (ano)</b>	21
<b>Materiais das condutas (%)</b>	
Fibrocimento (FC)	4,4
Ferro fundido dúctil (FFD)	0,4
Polietileno de alta densidade (PEAD)	2,2
Policloreto de vinilo (PVC)	93,0
<b>Diâmetro das redes (%)</b>	
DN ≤ 80 mm	49,5
80 < DN ≤ 110 mm	27,7
110 < DN ≤ 160 mm	14,5
160 < DN ≤ 200 mm	2,5
200 < DN ≤ 300 mm	3,2
300 < DN ≤ 350 mm	2,6
<b>Espessura média (mm)</b>	
DN ≤ 80 mm	4,2
80 < DN ≤ 110 mm	5,3
110 < DN ≤ 160 mm	6,1
160 < DN ≤ 200 mm	7,7
200 < DN ≤ 300 mm	10,4
300 < DN ≤ 350 mm	12,1
<b>Idade das condutas (%)</b>	
Idade ≤ 20 anos	22,3
20 < Idade ≤ 30 anos	69,7
30 < Idade ≤ 40 anos	3,0
> 40 anos	4,9
<b>Pressão nominal (%)</b>	
PN6	66,1
PN10	33,9
<b>Pressão de serviço (bar)</b>	
<b>Percentil 25</b>	3
<b>Percentil 50</b>	4
<b>Percentil 75</b>	5
<b>Percentil 90</b>	6
<b>Mínimo</b>	0
<b>Máximo</b>	12
<b>Média anual de ocorrências que desencadearam ordens de serviço entre 2011 e 2019 (n.º/ano)</b>	804/9 = 89
<b>Tipo de ocorrência (%)</b>	
<b>Rotura</b>	70
<b>Obstrução</b>	30
<b>Localização da rotura (%)</b>	
<b>Ramal</b>	78
<b>conduta</b>	22
<b>Densidade de ramais (n.º de ramais/km)</b>	8943/188,1 = 47,5
<b>Número de subsistemas de distribuição de água</b>	13
<b>Profundidade média de assentamento (m)</b>	0,8

Além das 13 zonas influência de reservatórios (diferenciadas por um código de cores), a Figura 5.1 apresenta também a localização dos pontos de amostragem na rede e dos furos referentes ao subsistema em análise e das zonas com solos potencialmente contaminados. A qualidade da água dos furos Pico Celeiro (F0), Areiro-Fontinhas (F1), Fontinhas-Barreiro (F5), Juncal 1 ( F4) e Canada das Covas (F6) foi monitorizada para pesquisa de hidrocarbonetos nas origens de água (Figura 2.1).

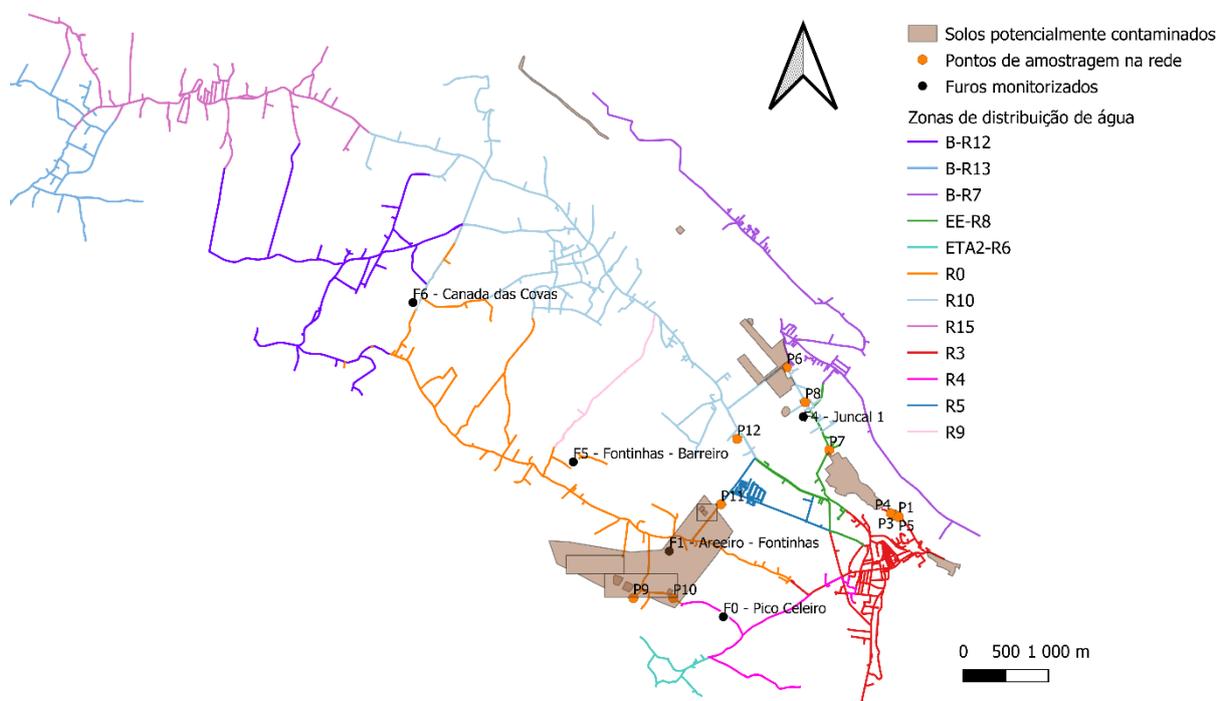


Figura 5.1 – Zonas de influência dos reservatórios de abastecimento (R0-R13; 13 zonas, cada com uma cor diferente), com localização dos furos (F), pontos de amostragem (P) e solos potencialmente contaminados

Do conjunto das 13 zonas de influência de reservatórios, verificou-se que sete zonas se encontram próximas de, ou atravessam solos potencialmente contaminados, constituindo, portanto, as áreas de análise neste relatório: **R0 - Caminho de cima, R3 - Vale Farto, R4 - Pico Celeiro, R5 - Areiro-Fontinhas, B-R7 - Santa Rita, EE-R8 - Juncal e R10 - Caminho de cima**. Estas zonas encontram-se assinaladas a cinzento no Quadro 5.2 e no Quadro 5.3. Além destas zonas de distribuição, existem **condutas adutoras** que também se encontram próximas de, ou atravessam solos potencialmente contaminados e que serão alvo de análise detalhada no Capítulo 6 |.

As zonas de influência dos reservatórios encontram-se caracterizadas no Quadro 5.2 em termos do reservatório principal a partir da qual são abastecidas, da sua identificação, comprimento da rede, proporção de rede de conduta com classe de pressão 6 bar (PN6) e 10 bar (PN10) e identificação das várias áreas que integram cada zona com a respetiva cota média de terreno.

A extensão total de rede afeta a estas 13 zonas de distribuição de água corresponde a 159,6 km (85% da extensão total de rede). Na restante rede (28,5 km), essencialmente composta por condutas adutoras que transportam água desde as origens de água até aos reservatórios, 64% é de classe PN6 e 36% de classe PN10. A classe PN6 predomina nas diferentes zonas de influência dos reservatórios,

com exceção das seguintes zonas onde predomina a classe PN10: R0 - Caminho de cima; B-R12 - Pico da Rocha; B-R13 - Rua dos Moinhos.

Estas características são relevantes para a estimativa das pressões máximas em cada zona de influência dos reservatórios, que correspondem, em sistemas gravíticos, à situação em que os caudais são nulos (pressão máxima estática) ou reduzidos (e.g., durante o período noturno).

**Quadro 5.2 – Caracterização das zonas de influência dos reservatórios e da rede de condutas adutoras do subsistema Agualva-Praia: identificação (ID) do reservatório e da rede, comprimento de rede, classes de pressão nominal, zonas de abastecimento associadas e respetivas cotas médias do terreno**

Zona de influência de reservatório (cota de soleira do reservatório, m)	ID das zonas de abastecimento segundo esquema altimétrico	Comprimento de rede (km)	PN6 (%)	PN10 (%)	Zonas de abastecimento (cota média do terreno, m)
R0. Caminho de cima (186 m)	ZMC2-R0 (Fontinhas, Rua das Fontinhas, Vale Farto)	21,6	16,2%	83,8%	R0 - Fontinhas (157 m) R0 - Rua das Fontinhas (94 m) R0 - Vale Farto (59 m)
EE-R2 (-)	ZMC1-R2 (Belo Jardim)	4,3	100,0%	0,0%	EE-R2 - Belo jardim (17 m)
R3. Vale Farto (53 m)	ZMC2-R3 (Praia da Vitória)	18,8	89,0%	11,0%	R3 - Praia da Vitória (30 m)
R4. Pico Celeiro (107 m)	ZMC2-R4 ZMC2-R4 (Rua Padre Rocha de Sousa)	5,0	96,6%	3,4%	R4 (87 m) R4 - Rua Padre Rocha de Sousa (59 m)
R5. Areeiro (90 m)	ZMC2-R8 (BNSF, NS Saúde/Rua A)	6,0	64,1%	35,9%	R5 - BNSF, NS Saúde/Rua A (40 m)
R6. Beiras (ETA2-R6) (128 m)	ZMC2-R6 (Casa da Ribeira)	2,4	96,8%	3,2%	R6 - Casa da Ribeira (106 m)
B-R7. Santa Rita (122 m)	ZMC2-R7 (Santa Rita, Amoreiras, Serra de Santiago)	15,1	82,4%	17,6%	R7 - Santa Rita, Amoreiras, Serra de Santiago (112 m)
EE-R8 . Juncal (80 m)	ZMC2-R8 (25 de abril)	5,5	100,0%	0,0%	EE-R8 - 25 de abril (29 m)
R9. Rua das Fontinhas (105 m)	ZMC2-R9 (Rua das Fontinhas)	2,2	95,5%	4,5%	R9 - Rua das Fontinhas (627 m)
R10. Rua das Covas (108 m)	ZMC2-R10 (Lajes, 25 de abril, Juncal, caldeira)	34,4	90,5%	9,5%	R10 - Lajes (48 m) R10 - 25 de abril (29 m) R10 - Juncal (48 m) R10 - Caldeira (s.d.)
B-R12. Pico da Rocha (197 m)	ZMC2-R12 (São Brás) ZMC2-R12 (Ladeira do Cardos)	16,3	18,7%	81,3%	B-R12 - São Brás (140 m) B-R12 - São Brás (97 m)
B-R13. Rua dos Moinhos (211 m)	ZMC2-R13 ZMC2-R13 ZMC2-R13 (Outeiros/ Rib. Agualva)	11,6	35,6%	64,4%	B-R13 (187,5 m) B-R13 (150 m) B-R13 Outeiros/ Rib. Agualva (85 m)
R15. Vila Nova (98 m)	ZMC2-R15	16,4	68,2%	31,8%	R15- Rua da Igreja (s.d.) R15 - Vila Nova (49 m)
Rede de condutas adutoras	--	28,5	63,6%	36,4%	--

s.d. – sem dados disponíveis  
A sombreado assinalam-se as zonas que atravessam solos potencialmente contaminados

No Quadro 5.3 verifica-se que podem ocorrer pressões máximas (estimadas relativamente à cota média de terreno em cada zona) superiores à pressão nominal predominante, nomeadamente nas seguintes zonas:

- R5 - Areeiro: ZMC2 – R8 (Rua 25 de abril), com PN6 em 64% da extensão da rede vs. 6,4 bar de pressão máxima estática estimada;
- R10 - Rua das Covas: Lajes, 25 de abril, Juncal, Caldeira, com PN6 em 90% da extensão da rede vs. 6,3-8,2 bar de pressão máxima estática estimada.

**Quadro 5.3 – Caracterização das zonas de influência dos reservatórios e da rede de condutas adutoras do subsistema Agualva-Praia em termos de válvulas redutoras de pressão e câmaras de perda de carga, zonas de abastecimento, pressão estática e pressão de serviço medida**

Zona de influência de reservatório	Válvulas redutoras de pressão (VRP ou CPC)	ID das zonas de abastecimento	Pressão máxima (situação estática) (bar)	Valor acima do qual se observaram 25% das medições de pressão mais elevadas em 2011-2019 (bar)
<b>R0. Caminho de cima</b>	CPC 05 (166)	R0. Fontinhas	1,1	5,2
	CPC 05 (166)	R0. Rua das Fontinhas	7,4	
	VRP 4 (60; s.d., 4,5)	R0. Vale Farto	4,6	
<b>EE-R2</b>	--	EE-R2. Belo jardim	s.d.	5,0
<b>R3. Vale Farto</b>	--	R3. Praia da Vitória	2,6	4,5
<b>R4. Pico Celeiro</b>	--	R4	2,3	6,2
	--	R4. Rua Padre Rocha de Sousa	5,1	
<b>R5. Areeiro</b>	--	R5. BNSF, NS Saúde/Rua A	5,3	3,0
	--	ZMC2-R8 (25 de abril)	6,4	
<b>R6. Beiras (ETA2-R6)</b>	--	R6. Casa da Ribeira	2,5	4,5
<b>B-R7. Santa Rita</b>	--	B-R7. Santa Rita, Amoreiras, Serra de Santiago	1,3 (*)	5,0
<b>EE-R8. Juncal</b>	--	EE-R8. 25 de abril	5,4	4,6
<b>R9. Rua das Fontinhas</b>	--	R9. Rua das Fontinhas	4,6	5,0
<b>R10. Rua das Covas</b>	--	R10. Lajes	6,3	5,0
	--	R10. 25 de abril	8,2	
	--	R10. Juncal	6,3	
	VRP 3 (30; 7,5; s.d.)	R10. Caldeira	s.d.	
<b>B-R12. Pico do Rocha</b>	CPC 06 (170)	B-R12. São Brás	3,3	7,0
	CPC 07 (121)	B-R12. São Brás	2,7	
	VRP 5 (165; 6, 3)	B-R12. Ladeira do Cardoso	s.d.	
<b>B-R13. Rua dos Moinhos</b>	--	B-R13	2,7	6,9
	VRP 1 (166; 6; 3)	B-R13	1,9	
	VRP 2 (135; 7,5; 3,8)	B-R13. Outeiros/ Rib. Agualva	8,8	
<b>R15. Vila Nova</b>	--	B-R15. Rua da Igreja	s.d.	5,0
	--	B-R15. Vila Nova	5,2	
<b>Rede de condutas adutoras</b>	--	--	--	5,8

(\*) Pressão estática baixa, podendo haver eventual reforço de pressão através de bombeamento; no entanto, este dado não foi encontrado nos elementos fornecidos.

s.d. – sem dados disponíveis

A sombreado assinalam-se as zonas que atravessam solos potencialmente contaminados

No entanto, de acordo com as medições de pressão entre 2011 e 2019, verifica-se que o valor acima do qual se observaram 25% das medições de pressão mais elevadas foi inferior a 6 bar nestas duas zonas (Quadro 5.3). Deste modo, recomenda-se que nestas zonas se mantenha a monitorização da pressão nos pontos críticos em termos de pressão máxima.

Na rede de condutas adutoras, não foi possível caracterizar adequadamente o funcionamento hidráulico de cada zona de abastecimento e estimar as pressões máximas estáticas, pelo que se apresenta apenas o valor acima do qual se observaram 25% das medições de pressão mais elevadas em 2011-2019, o qual não excede o valor nominal de 6 bar.

A Figura 5.2 representa o histórico de pressões medidas em cada zona de influência de reservatório, no período 2011-2019, em caixas de bigodes ou diagramas de extremos e quartis. Nesta representação, o corpo de cada caixa indica o 1.º, 2.º e 3.º quartis e a reta que se estende verticalmente para baixo o valor mínimo e para cima o valor máximo. O ponto intermédio assinalado é a média.

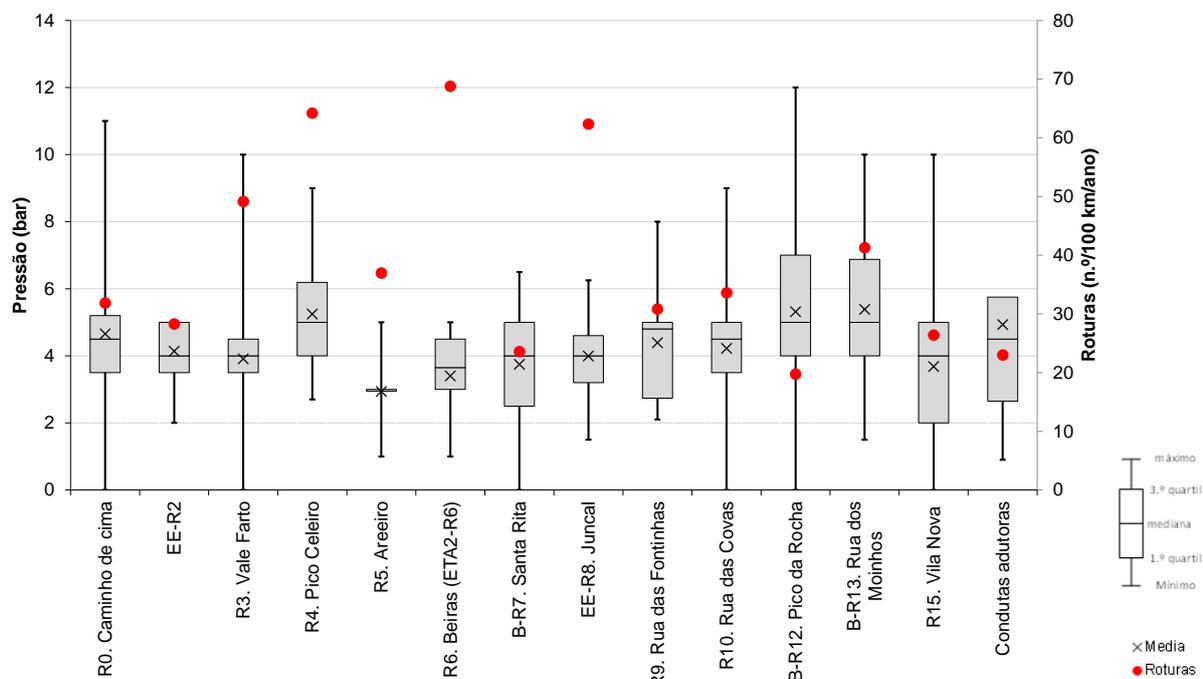


Figura 5.2 – Pressões medidas e roturas em cada zona de influência dos reservatórios no período 2011-2019

Nas zonas R3 - Vale Farto, R4 - Pico Celeiro, B-R7 - Santa Rita, EE - R8 Juncal, R9 - Rua das Fontinhas, R10 - Rua das Covas e R15 - Vila Nova, nas quais predomina a classe de pressão PN6, ocorreram valores máximos acima de 6 bar. Nas zonas R0 - Caminho de Cima e B-R12 - Pico da Rocha, onde predomina a classe de pressão PN10, ocorreram valores máximos acima de 10 bar. Na zona R4 - Pico Celeiro, houve uma maior incidência de pressões acima da pressão nominal, tendo-se registado 25% dos valores acima de 6 bar (o limite superior da caixa de bigodes (3.º quartil) excede 6 bar).

No que se refere às roturas ocorridas entre 2011 e 2019, as zonas com uma taxa de roturas acima do valor médio no subsistema Agualva-Praia (47 roturas/100 km/ano) foram: R3 - Vale Farto, R4 - Pico Celeiro, R6 - Beiras (ETA2 R6) e EE-R8 - Juncal, com valores acima de 49 roturas/100 km/ano.

Cruzando com os registos de pressão medidos pela EG, apenas em R4 - Pico Celeiro foi registada também uma maior incidência de pressões de serviço superiores à classe de pressão dominante, pelo que a pressão excessiva pode ser uma das principais causas para as roturas nesta zona.

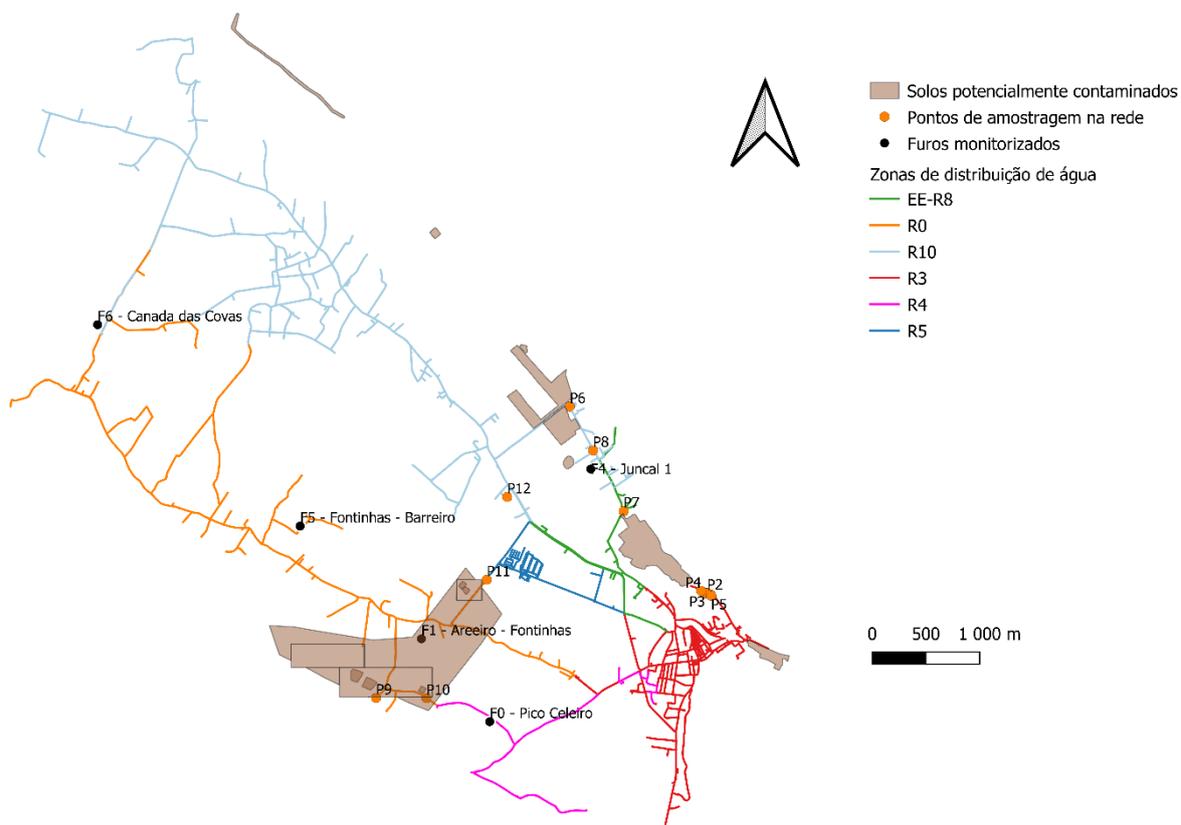
Contudo, a pressão pode não ser o único fator explicativo para a ocorrência de roturas e deve ser desenvolvido trabalho futuro para identificar as causas das roturas nestes subsistemas com taxas elevadas. Por exemplo, na zona EE-R8, com uma média de 62 roturas/100 km/ano, registaram-se, em geral, pressões bastante inferiores a 6 bar.

Centrando a análise nas **zonas de distribuição de água que atravessam solos potencialmente contaminados**, sinalizam-se para diagnóstico de **perdas de água**, implementação de medidas para a sua minimização (e.g., gestão de pressões através da instalação de válvulas redutoras de pressão, abastecimento das zonas com pressões mais elevadas a partir de outros sistemas com uma carga hidráulica inferior) e/ou futura reabilitação as seguintes zonas de influência de reservatórios (Figura 5.3, Quadro 5.4):

- **R4 - Pico Celeiro**, tendo em consideração as pressões elevadas (com medições acima da pressão nominal) e o elevado número de roturas (64 roturas/100 km/ano);
- **EE-R8 - Juncal** (62 roturas/100 km/ano) e **R3 - Vale Farto** (49 roturas/100 km/ano);
- **R5 - Areeiro** (37 roturas/100 km/ano), **R10 - Rua das Covas** (34 roturas/100 km/ano) e **R0 - Caminho de Cima** (32 roturas/100 km/ano) e; embora mais baixa, as taxas de avarias calculadas indicam haver também potencial de melhoria.

Relativamente às **zonas de abastecimento que não atravessam solos potencialmente contaminados**, recomenda-se realizar um diagnóstico de perdas de água e implementar medidas para o seu controlo nas zonas **R6 - Beiras (ETA2 R6)** (69 roturas/100 km/ano), **B-R13 - Rua dos Moinhos** (41 roturas/100 km/ano) e **R9 - Rua da Fontinhas** (31 roturas/100 km/ano), por apresentarem taxas de roturas elevadas.

No caso das **condutas adutoras**, embora a taxa de roturas seja inferior (23 roturas/100 km/ano), é importante identificar os troços de rede que atravessam solos potencialmente contaminados e avaliar se estes também apresentam problemas de pressão e/ou roturas. O objetivo é minimizar o risco de falha e de contaminação da água nestes componentes críticos para o abastecimento de água ao subsistema de Agualva-Praia. Os troços das condutas adutoras que atravessam solos potencialmente contaminados são analisados com maior pormenor no Capítulo 6 |.



**Figura 5.3 – Zonas de influência de reservatórios sinalizadas para diagnóstico de perdas de água, implementação de medidas operacionais e/ou futura reabilitação (seis zonas, cada com uma cor diferente), com localização dos furos (F), pontos de amostragem na rede (P) e dos solos potencialmente contaminados**

No Quadro 5.4 sintetiza-se a análise realizada, isto é, os principais problemas identificados nas zonas de influência de reservatórios e na rede de condutas adutoras do subsistema Aqualva-Praia. As zonas da rede com problemas de pressões elevadas e/ou taxas de roturas elevadas localizadas em solos potencialmente contaminados foram sinalizadas para diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água.

**Quadro 5.4 – Síntese dos principais problemas nas zonas de influência de reservatórios e na rede de condutas adutoras do subsistema Aqualva-Praia**

Zona de influência de reservatório	Atravessa solos potencialmente contaminados?	Problemas de pressões elevadas em 2011-2019?	Taxas de roturas acima de 30 roturas/100 km/ano (2011-2019)	Observações
R0. Caminho de cima	Sim	Sim	32 roturas/100 km/ano	Prioritária para diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
EE. R2	Não	Não	Não	Proceder numa fase posterior a diagnóstico de perdas de água
R3. Vale Farto	Sim	Sim	49 roturas/100 km/ano	Prioritária para diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
R4. Pico Celeiro	Sim	Sim (25% das medições acima de 6 bar)	64 roturas/100 km/ano	Prioritária para diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
R5. Areeiro	Sim	Não	37 roturas/100 km/ano	Prioritária para diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
R6. Beiras (ETA2-R6)	Não	Não	69 roturas/100 km/ano	Proceder a diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
B-R7. Santa Rita	Sim	Sim	Não	Proceder numa fase posterior a diagnóstico de perdas de água
EE-R8. Juncal	Sim	Sim	62 roturas/100 km/ano	Prioritária para diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
R9. Rua das Fontinhas	Não	Sim	31 roturas/100 km/ano	Proceder a diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
R10. Rua das Covas	Sim	Sim	34 roturas/100 km/ano	Prioritária para diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
B-R12. Pico do Rocha	Não	Sim	Não	Proceder numa fase posterior a diagnóstico de perdas de água
B-R13. Rua dos Moinhos	Não	Não	41 roturas/100 km/ano	Proceder a diagnóstico e implementação de medidas para controlo de perdas de água
R15. Vila Nova	Não	Sim	Não	Proceder numa fase posterior a diagnóstico de perdas de água
Rede de condutas adutoras	Sim	Não	Não	Os troços das condutas adutoras que atravessam solos potencialmente contaminados são analisados no Capítulo 6

A sombreado assinalam-se as zonas que atravessam solos potencialmente contaminados

### 5.3 Recomendações para a gestão da rede de abastecimento

Para melhorar a gestão operacional da rede de abastecimento do subsistema Aqualva-Praia, em particular das zonas de distribuição que atravessam solos potencialmente contaminados, é fundamental o diagnóstico de perdas de água para quantificar a dimensão do problema e apoiar na definição de medidas adequadas para o seu controlo.

O controlo de perdas de água é uma estratégia essencial para garantir a sustentabilidade infraestrutural do sistema de abastecimento e níveis de serviço adequados, quer em termos de quantidade, quer de qualidade da água. No caso do subsistema Agualva-Praia, pelo facto de as fugas e roturas poderem potenciar a contaminação da água para abastecimento público pelo solo ou água do solo envolvente, este é um aspeto alvo de particular atenção neste relatório.

A caracterização da rede de abastecimento do subsistema Agualva-Praia, apresentada em 5.2, mostrou a ocorrência de um significativo número médio de roturas por unidade de comprimento, em particular roturas em ramais, no período 2011-2019. Cruzando esta informação com as pressões medidas (em especial pressões internas excessivas), sinalizaram-se nove zonas para diagnóstico e controlo de perdas de água (ver 5.2):

- seis zonas que atravessam solos potencialmente contaminados – R4 - Pico Celeiro, EE-R8 - Juncal, R3 - Vale Farto, R5 - Areeiro, R10 - Rua das Covas e R0 - Caminho de Cima;
- três zonas que não atravessam solos potencialmente contaminados – R6 - Beiras (ETA2 R6), B-R13 - Rua dos Moinhos e R9 - Rua da Fontinhas.

### **Diagnóstico de perdas de água**

Não se dispondo, para o presente estudo, de dados sobre os volumes de água fornecidos e consumidos em cada zona de análise, não foi possível realizar o cálculo do balanço hídrico que permite o diagnóstico das perdas de água. Neste sentido, **recomenda-se**:

- Instalação de medidores de caudal, adequadamente dimensionados, na entrada e saídas das zonas identificadas, e aquisição de um sistema para recolha e armazenamento, em contínuo, de dados de caudal que possibilitem a análise dos caudais mínimos para quantificação do volume de água devido a fugas;
- Instalação de equipamento para medição da pressão na rede em pontos críticos (entrada das zonas, pontos críticos em termos de pressões máximas e mínimas);
- Realização do balanço hídrico para quantificação das componentes de água não faturada (i.e., consumo autorizado não faturado, perdas aparentes e perdas reais) e diagnóstico do desempenho do subsistema em perdas de água.

### **Controlo de perdas de água**

Uma vez realizado o diagnóstico, será possível estabelecer medidas de implementação rápida de controlo de perdas de água, como sejam a redução de pressões e a aplicação de métodos para deteção e localização de fugas. Para o efeito, **recomenda-se**:

- Estudo mais aprofundado do circuito hidráulico e das pressões, de modo a apurar as causas para a ocorrência de valores nulos de pressão e para identificar melhor os pontos de cota mais baixa (e de pressão máxima);

- Instalação de válvulas redutoras de pressão (com eventual necessidade de setorização mais fina da rede) ou abastecimento a partir de outros sistemas com uma carga hidráulica inferior, em zonas com potencial para redução de pressão (em particular, em R4 - Pico Celeiro);
- Avaliação da possibilidade de aplicação de técnicas para deteção e localização de fugas (e.g. fecho progressivo de válvulas em zonas de rede, sondagem acústica e correlação acústica; Alegre *et al.*, 2005) nas nove zonas identificadas, em particular nas seis que atravessam solos potencialmente contaminados.

#### **5.4 Recomendações relativas à implementação de trabalhos na rede de abastecimento**

A médio e longo prazo, as ações devem passar pela reabilitação faseada da rede, pelo que se recomenda a definição de uma estratégia de gestão patrimonial das infraestruturas (GPI) de abastecimento de água da Praia Ambiente e o desenvolvimento de planos táticos e operacionais de GPI para o subsistema Agualva-Praia, com enfoque na reabilitação.

Para tal, deve ser feito o estudo mais aprofundado do circuito hidráulico e das pressões recomendado em 5.3, que permita planear as medidas de controlo de pressões referidas e também a seleção adequada das condutas e respetivos acessórios a utilizar na reabilitação, em função das pressões máximas de serviço. A adoção de classes de pressão superiores é particularmente recomendada em zonas da rede que atravessam solos contaminados, de modo a garantir uma maior barreira à entrada de contaminantes.

Da análise das ocorrências na rede foi possível verificar que grande parte das roturas ocorreu em ramais. Deste modo, a reabilitação deverá também procurar soluções de ligações entre as condutas principais e os ramais de ligação entre a rede urbana e a rede predial que minimizem as roturas em ramais.

Finalmente, recomenda-se que, sempre que sejam realizadas ações de reabilitação em zonas com solos potencialmente contaminados, se proceda ao isolamento das valas relativamente aos solos circundantes. Para o efeito, podem usar-se materiais de revestimento adequados, como, por exemplo, cortinas bentoníticas, sistemas de cobertura espessos, membranas com propriedade barreira, ou outros sistemas com efeito barreira equivalente. Os solos a utilizar no envolvimento das tubagens devem ser solos limpos, com características adequadas.

## **6 | Análise do risco associado aos materiais utilizados e ao estado da rede de abastecimento nas zonas potencialmente contaminadas**

### **6.1 Troços de rede que atravessam solos potencialmente contaminados**

Conforme referido nos Capítulos anteriores, a rede do subsistema Agualva-Praia, pertencente ao sistema de abastecimento do concelho de Praia da Vitória, atravessa diversas zonas onde existem solos potencialmente contaminados.

Esta rede é maioritariamente constituída por condutas de PVC (em 93% da extensão de rede), de diâmetros 40-110 mm (em 77% da rede), de classe de pressão nominal PN6 (em 66% da sua extensão; de classe PN10 em 34% da rede), com idade entre 20 e 30 anos (em ca. 70% da rede). O desempenho mediano do serviço prestado no período 2011-2019 em termos de avarias nas condutas indica poder haver potencial de melhoria relativamente à sua condição infraestrutural e/ou funcionamento operacional. Neste subsistema, 70% das avarias reportadas entre 2011 e 2019 foram devidas a roturas, grande parte (78%) das quais em ramais de ligação. No que se refere ao histórico de pressões medidas na rede, embora a maioria dos valores esteja abaixo de 6 bar, foram registados valores superiores nalgumas zonas de rede onde predomina a classe de pressão PN6.

Atendendo à sua facilidade de transporte, manuseamento e instalação, a par da sua elevada durabilidade, as tubagens em materiais plásticos como o PVC ou o Polietileno (PE) são atualmente as mais utilizadas em sistemas de abastecimento de água. Embora o PVC seja resistente à permeação por produtos orgânicos presentes no solo em baixa concentração (Crathorne, 1987), existe a possibilidade de ocorrência de fratura dúctil e amolecimento e eventual subsequente permeação para a água de contaminantes do solo e ou da água do solo. A utilização de tubos de PVC em adutoras e condutas de distribuição de água potável instaladas em zonas com solos contaminados exige, portanto, cuidados especiais, tais como proteção com materiais de revestimento adequados (Pimentel Real, 2020). Por outro lado, a utilização de soluções alternativas aos materiais plásticos, como é o caso das tubagens metálicas, apresenta algumas desvantagens, designadamente as associadas à corrosão deste tipo de materiais.

Existem, no entanto, outros fatores que podem potenciar a contaminação da água do sistema de abastecimento público, tais como a ocorrência de roturas associadas a pressões baixas/subpressões causadas por ações planeadas (e.g., redução da pressão para reparação de um troço de condutas) ou não planeadas (e.g., falha no funcionamento de grupos eletrobombas), ou o deficiente funcionamento das ligações entre elementos acessórios e as condutas.

No capítulo 5 analisaram-se as zonas de influência dos reservatórios como um todo, não se restringindo à extensão da rede (troços) que atravessa solos potencialmente contaminados. No entanto, para a identificação de pontos críticos de ocorrência de HAP na água da rede de abastecimento, importa focar nesses troços.

No Quadro 6.1 apresenta-se um resumo da situação referente aos **troços da rede selecionados** por atravessarem locais onde existem solos potencialmente contaminados, conforme se ilustra na Figura 6.1, onde também se apresentam os pontos de monitorização da qualidade da água na rede. Como anteriormente referido, a generalidade dos pontos de amostragem da água na rede, analisados no âmbito do Plano de Monitorização Especial 2020, integra-se nesses troços.

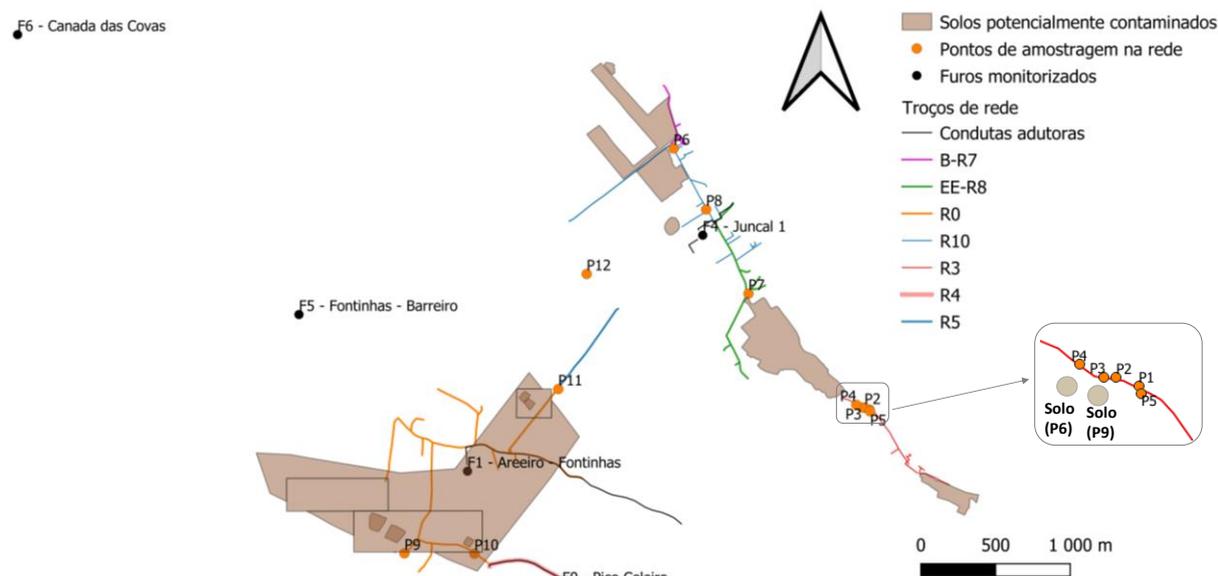


Figura 6.1 – Troços da rede que atravessam solos potencialmente contaminados, com localização dos furos (F) e pontos de amostragem na rede (P) e no solo (P6 e P9, cf. Figura 3.3)

O comprimento total dos troços de rede selecionados (17,6 km) representa cerca de 10% do total da rede do subsistema Agualva-Praia e é predominantemente em PVC (15 km). Nesta extensão de rede verifica-se que a pressão média não excede, em geral, 6 bar e que em 6,6 km (cerca de 38% dos troços de rede) predomina a classe de pressão PN10. De acordo com a informação disponibilizada, as pressões superiores a 6 bar ocorreram em troços de rede com classe de pressão PN10 (R0 - Caminho de Cima e rede de condutas adutoras, tendo ocorrido neste último caso uma medição pontual de 11 bar). Embora as pressões medidas sejam em geral adequadas, deve manter-se a sua monitorização de modo a garantir que nos pontos de pressão máxima não é excedida a pressão nominal e que nos pontos de pressão mínima não ocorrem pressões baixas/subpressões que possibilitem a intrusão de contaminantes.

Com base na informação cedida pela entidade gestora, calculou-se a taxa de roturas para os troços selecionado(s) em cada zona de influência de reservatório. Em muitas zonas, os valores globais (Figura 5.2, Quadro 5.4) diferem apreciavelmente dos valores calculados para os troços em solos potencialmente contaminados (Quadro 6.2). A taxa de roturas entre 2011 e 2019 foi particularmente elevada nos troços selecionados da zona B-R7 - Santa Rita (93 roturas/100 km/ano nos troços selecionados, enquanto globalmente foi 24 roturas/100 km/ano, Figura 5.2), nos troços das condutas adutoras (57 roturas/100 km/ano), nos troços da zona R0 - Caminho de cima (49 roturas/100 km/ano) e nos troços da zona R10 - Rua das Covas (44 roturas/100 km/ano) (Quadro 6.2).

**Quadro 6.1 – Caracterização dos troços que atravessam solos potencialmente contaminados, em termos de comprimento, material, classe de pressão e pressão média e máxima medida**

Zona de influência de reservatório	Origens de água	Comprimento dos troços selecionados (km)	PVC (%)	FC (%)	PN6 (%)	PN10 (%)	Pressão média; máxima (bar)
<b>R0. Caminho de cima</b>	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas Furo Fontinhas- Barreiro (F5)	5,0	86,1	13,9	3,7	96,3	4,1; 7,7
<b>R3. Vale Farto</b>	Furo Areeiro-Fontinhas (F1) Nascentes das Beiras Lourais, Minhoco e Bicas da Saúde	1,2	100,0	0,0	26,6	73,4	4,7; 5,0
<b>R4. Pico Celeiro</b>	Furo Pico Celeiro (F0)	0,6	0,0	100,0	s.d.	s.d.	3,8; 5,0
<b>R5. Areeiro</b>	Furo Areeiro-Fontinhas (F1)	1,2	39,6	60,4	99,5	0,5	3,0; 3,0
<b>B-R7. Santa Rita</b>	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas Furo Juncal 1 (F4)	0,6	100,0	0,0	100,0	0,0	5,1; 5,5
<b>EE-R8. Juncal</b>	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas Furo Juncal 1 (F4)	1,7	100,0	0,0	100,0	0,0	2,9; 3,5
<b>R10. Rua das Covas</b>	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas	4,3	100,0	0,0	100,0	0,0	3,0; 4,5
<b>Rede de condutas adutoras</b>	Furo Pico Celeiro (F0), Furo Areeiro-Fontinhas (F1), Furo Juncal 1 (F4)	2,9	79,6	20,4	25,9	74,1	7,1; 11

Furo Pico Celeiro (F0) – material: FC (100%); Pressão nominal: s.d.  
Furo Areeiro-Fontinhas (F1) – material: PVC (100%); Pressão nominal: PN10 (100%)  
Furo Juncal 1 (F4) – material: PVC (100%); Pressão nominal: PN6 (100%)  
s.d. – sem dados disponíveis

**Quadro 6.2 – Caracterização dos troços que atravessam solos potencialmente contaminados, em termos de origens de água, roturas, pontos de amostragem de água na rede e informação complementar**

Zona de influência de reservatório	Origens de água	Roturas 2011-2019 (n.º/100 km/ano)	Pontos e frequência amostragem na rede 2020	Informação complementar e dados de qualidade da água
R0. Caminho de cima	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas Furo Fontinhas- Barreiro (F5)	49	P9, P10, P11 (semestral)	P9, P10 e P11 são extremos de rede P9 e P11 em rede de PVC, P10 em FC <b>P9, P10:</b> valores de HAP < LQ <b>P11:</b> presença* de fenantreno, fluoranteno e pireno em 26-10-2020 <b>F5 e F6:</b> presença* de fenantreno e de fluoreno em 26-10-2020
R3. Vale Farto	Furo Areeiro-Fontinhas (F1) Nascentes das Beiras: Lourais, Minhoco e Bicas da Saúde	18	P1 – P5 (mensal)	<b>P1-P5</b> em rede de PVC <b>P1:</b> presença* de fluoreno (2/8 das amostras) <b>P2</b> presença* de fluoreno (1/8 das amostras) <b>P5:</b> presença* de fenantreno (2/8 amostras), fluoranteno (1/8 das amostras) e fluoreno (5/8 das amostras) <b>F1:</b> valores de HAP < LQ em 2020 <b>Solo P9</b> situado a sudoeste de site 5001: presença** de HAP em 2020

Zona de influência de reservatório	Origens de água	Roturas 2011-2019 (n.º/100 km/ano)	Pontos e frequência amostragem na rede 2020	Informação complementar e dados de qualidade da água
R4. Pico Celeiro	Furo Pico Celeiro (F0)	138	s.d.	Troço de rede em <b>FC</b> Sem dados de qualidade da água na rede <b>F0</b> : presença* de HAP em duas amostras de 2019 e em 26-10-2020
R5. Areeiro	Furo Areeiro-Fontinhas (F1)	0	s.d.	Troços de rede em <b>PVC</b> (60%) e <b>FC</b> (40%) Sem dados de qualidade da água na rede <b>F1</b> : valores de HAP < LQ em 2020-
B-R7. Santa Rita	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas Furo Juncal 1 (F4)	93	s.d.	Troço de rede em <b>PVC</b> (100%) Sem dados de qualidade da água na rede <b>F4</b> : presença* de HAP em uma amostra de 2019 e em 26-10-2020 <b>F6</b> : presença* de HAP em 26-10-2020 ***Troços localizados em estrada com pavimento antigo que foi alvo de reabilitação em 2020; prevê-se que diminuam as roturas por sobrecargas nestes troços. A EG prevê desativar o furo Juncal 1 (F4)
EE-R8. Juncal	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas Furo Juncal 1 (F4)	13	P7 (semestral)	P7 em troço de PVC P7 valores de HAP < LQ <b>F4</b> : presença* de HAP em uma amostra de 2019 e em 26-10-2020 <b>F6</b> : presença* HAP em 26-10-2020 *** Existência de uma conduta antiga para transporte de combustível paralela ao sistema principal de distribuição de água. A EG prevê desativar o furo Juncal 1 (F4)
R10. Rua das Covas	Furo Canada das Covas (F6) Nasc. das Frechas	44	P6, P8 (semestral)	P6, P8 em troço de PVC P6, P8: valores de HAP < LQ <b>F6</b> : presença* de HAP em 26-10-2020 *** Existência de uma conduta antiga para transporte de combustível paralela ao sistema principal de distribuição de água; a EG removeu parte desta conduta de combustível aquando dos trabalhos de reparação da rede de distribuição de água; as intervenções para construção da rede pluvial paralela à rede de distribuição, no período em análise, podem ter danificado alguns troços da rede de distribuição de água e contribuído para um aumento das roturas na rede. A EG prevê desativar o furo Juncal 1 (F4)
Rede de condutas adutoras	Furo Pico Celeiro (F0), Furo Areeiro-Fontinhas (F1), Furo Juncal 1 (F4)	57	s.d.	Rede em <b>PVC</b> (80%) e <b>FC</b> (20%) Sem dados de qualidade da água na rede <b>F0</b> : presença* de HAP em duas amostras de 2019 e em 26-10-2020 <b>F1</b> : valores de HAP < LQ em 2020 <b>F4</b> : presença* de HAP em uma amostra de 2019 e em 26-10-2020 ***A EG prevê desativar o furo Juncal 1 (F4) e as respetivas condutas elevatórias, passando o abastecimento aos reservatórios EE – R8 Juncal e BR7 – Santa Rita a ser feito graviticamente. ***A EG prevê reabilitar o troço de conduta elevatória em FC que transporta água desde o furo Pico Celeiro (F0)

s.d. – sem dados disponíveis

LQ – limites de quantificação dos métodos analíticos

\* quantificação em concentrações vestigiais;

\*\* teor de 16 HAP superiores aos recomendados nas normas do Canadá para solos em locais com condições para águas subterrâneas potáveis (ME, 2011)

\*\*\* informação fornecida pela EG

No caso dos troços da rede B-R7, de acordo com informação disponibilizada pela EG, a reabilitação do pavimento da estrada onde estes se localizam poderá vir a diminuir ocorrência de roturas por sobrecargas.

Relativamente aos troços de condutas adutoras, a EG informou estar prevista a desativação das condutas adutoras elevatórias ligadas ao furo Juncal 1 (F4), assim como a reabilitação das condutas adutoras em fibrocimento que transportam água a partir do furo Pico Celeiro (F0). Portanto, estas condutas adutoras deixarão de ser críticas em termos de potencial via de entrada de eventuais contaminantes provenientes do solo envolvente.

Nas condutas adutoras elevatórias que transportam água a partir do furo Areeiro-Fontinhas (F1), com cerca de 1,7 km, também se verificou um número elevado de roturas (64 roturas/100 km/ano), pelo que é importante averiguar em primeiro lugar a causa destas ocorrências. Estas podem ter sido devidas a fatores intrínsecos à rede (e.g., fugas, problemas de pressão) ou externos (e.g., sobrecargas, sismos, intervenções noutras infraestruturas próximas). É importante a identificação prévia das principais causas, passando pelo diagnóstico de perdas de água, de modo a propor as medidas mais adequadas (e.g., reparação de fugas, gestão de pressões, reabilitação).

Nos troços que atravessam solos potencialmente contaminados, existe uma parte da rede (2,6 km) em **fibrocimento** com idade superior a 50 anos (ano de construção 1970). Para condutas em fibrocimento, estima-se que a vida útil esperada seja de cerca de 30 anos (Alegre e Covas, 2010), pelo que esta já foi ultrapassada nestes troços de rede. Estes troços em fibrocimento, assinalados na Figura 6.2, estão associados às zonas R0 - Caminho de cima, R4 - Pico Celeiro, R5 - Areeiro e às condutas adutoras que transportam água a partir do Furo Pico Celeiro (F0). O troço de rede R4 - Pico Celeiro é exclusivamente em fibrocimento e registou o número mais elevado de roturas por unidade de comprimento (138 roturas/100 km/ano) (Quadro 6.2). Face à idade elevada e ao histórico de roturas, recomenda-se a substituição dos troços de rede em fibrocimento que atravessam as zonas consideradas mais críticas do ponto de vista da potencial contaminação dos solos. No caso das condutas adutoras em fibrocimento que transportam água a partir do furo Pico Celeiro, a EG já tem prevista a reabilitação.

Recomenda-se que o procedimento de identificação prévia das principais causas de roturas seja adotado para os restantes troços em **PVC** da zona R0 - Caminho de Cima (86% da extensão selecionada) e para os troços da zona R10 - Rua das Covas (todos em PVC). De acordo com informação disponibilizada pela EG, nesta última zona, a realização de obras para construção da rede de drenagem pluvial pode ter danificado alguns troços da rede de distribuição de água nas proximidades, contribuindo para um aumento do número de roturas (Quadro 6.2).

Os restantes troços de rede das zonas R3 - Vale Farto, R5 - Areeiro e EE-R8 - Juncal, onde a taxa de roturas foi significativamente mais baixa, não se consideraram tão problemáticos (Quadro 6.2).

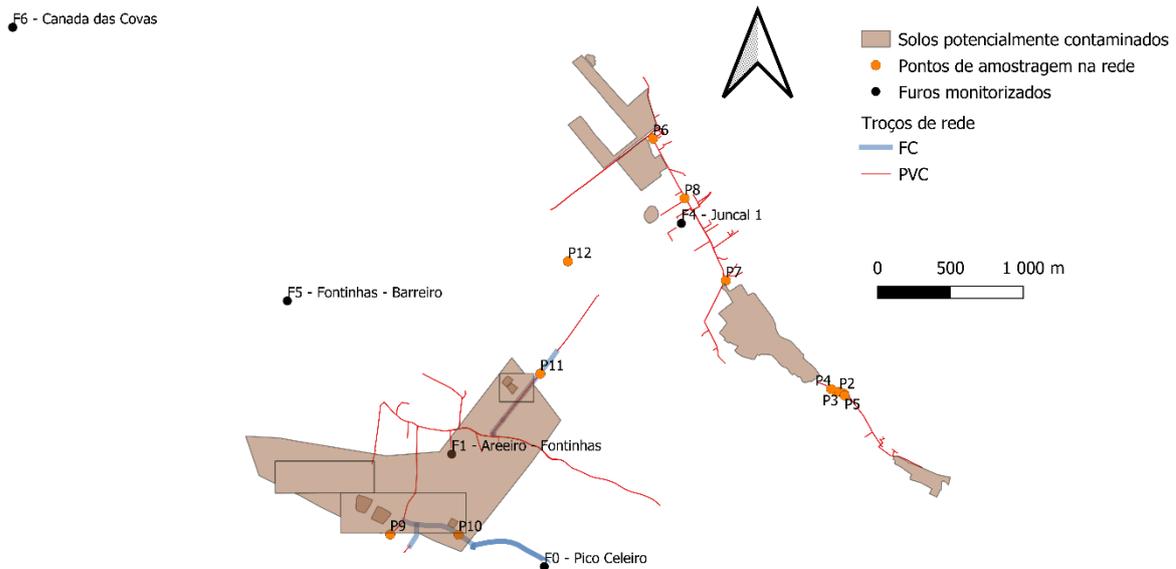


Figura 6.2 – Troços em fibrocimento e PVC que atravessam solos potencialmente contaminados, com localização dos furos (F) e pontos de amostragem na rede (P)

## 6.2 Análise integrada e identificação de pontos críticos

Os resultados do Plano de Monitorização Especial da rede em 2020 (Capítulo 4 ) revelaram a **presença de HAP** (fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno), embora em **teores muito baixos** e próximos dos encontrados em águas subterrâneas consideradas não contaminadas, em quatro pontos de amostragem de duas zonas de influência de reservatório. Na zona **R3 - Vale Farto**, foram quantificados fenantreno, fluoranteno e fluoreno, respetivamente, em 25%, 12,5% e 62,5% das oito amostragens no ponto **P5 - Boca de incêndio** em Volta do Paul. O fluoreno foi também quantificado em 25% das amostragens realizadas em **P1 - Creche do Gu e da Tita** e em 12,5 % das amostragens em **P2 - Volta do Paul n.º 22**. Na zona **R0 - Caminho de cima** quantificou-se fenantreno, fluoranteno e pireno em uma das duas amostragens de **P11 - Canada Joaquim Alves**.

Embora em 2018 e 2019 se tenha encontrado HAP (fluoranteno e pireno cf. Figura 2.1) no furo Areeiro-Fontinhas, uma das captações utilizadas para abastecimento da rede onde se localizam P1-P5 (cf. Quadro 4.2), nas amostragens efetuadas em 2020 esses contaminantes não foram detetados, pelo que esse furo não deverá ser responsável pelos teores de HAP encontrados na rede. O facto dos pontos de amostragem P1, P2 e P5 estarem próximos dos locais onde, nas amostragens de solos realizadas em 2020, se encontraram teores em HTP abaixo dos valores máximos recomendados pelas normas do Canadá (ponto 6, profundidade 1-2 m, na Figura 3.3) e teores em 16 HAP superiores aos valores recomendados por essas normas (ponto 9, profundidade < 1 m, Figura 3.4), sugere a possibilidade de entrada de HAP na rede de distribuição por esta via, caso a condição infraestrutural da rede o permita. O histórico dos troços seleccionadas nesta zona R3 - Vale Farto revela, porém, uma baixa taxa de roturas em 2011-2019 (18 roturas/100 km/ano, Quadro 6.2), pelo que não se justifica, para já, intervenção nestes troços, mas recomenda-se a continuação do Programa de Monitorização Especial.

O ponto P11 situa-se próximo do local onde passou o *pipeline* do Cabrito, entretanto desativado, e está inserido num troço de rede da zona R0 - Caminho de cima que tem como origens os furos F5 - Fontinhas-Barreiro e F6 - Canada das Covas. A amostragem destes furos a 26-10-2020 revelou a presença de fenantreno e de fluoreno, mas não de fluoranteno nem pireno (Figura 2.1). No mesmo dia de amostragem destes furos, foi detetado fenantreno no ponto P11 da rede. Este facto pode indiciar a possibilidade dos teores detetados na rede terem como origem estas captações, caso o seu contributo para o abastecimento seja grande. Contudo, a confirmação desta possibilidade requer mais resultados de monitorização da água dos furos e da rede de abastecimento.

O ponto de amostragem P11, tal como o P9, está localizado num troço de condutas em PVC, enquanto o ponto P10 está localizado num troço em fibrocimento (Figura 6.2). Estes três pontos foram monitorizados apenas duas vezes durante 2020, pelo que os dados de qualidade da água são insuficientes para se tirarem conclusões. O facto destes troços intercetarem solos potencialmente contaminados e apresentarem uma taxa de roturas de 49 roturas/100 km/ano em 2011-2019 (na zona R0 - Caminho de Cima, Quadro 6.2), leva-nos a recomendar que se intensifique a frequência de amostragem nestes pontos.

Os troços das zonas R4 - Pico Celeiro, R5 - Areeiro, B-R7 - Santa Rita, R10 - Rua das Covas e na rede de condutas adutoras, nomeadamente conduta adutora elevatória que transporta água a partir do furo Areeiro-Fontinhas (F1), nos quais existe uma frequência de roturas mais elevada (Quadro 6.2), carecem de dados de qualidade da água. Propõe-se, portanto, a monitorização da qualidade da água em, pelo menos, um ponto em cada um desses troços de rede.

Para os troços de rede de cada zona de influência de reservatório fez-se uma **análise integrada** da ocorrência de HAP na água da rede de abastecimento com os fatores que a poderão explicar, i.e. ocorrência de roturas ou problemas de pressão na rede, ocorrência de HAP nas origens de água e ocorrência de HAP nos solos.

A ocorrência de roturas foi classificada em quatro níveis, baseados nos níveis de desempenho estabelecidos para avaliar a qualidade do serviço prestado em termos de avarias na rede (ERSARA, 2016):

- Muito baixo (ausência de roturas);
- Baixo (abaixo de 30 roturas/100 km/ano);
- Moderado (entre 30 e 60 roturas/100 km/ano);
- Elevado (acima de 60 roturas/100 km/ano).

Para a presença de HAP nas origens de água, no solo e na água da rede estabeleceram-se os níveis seguintes:

- Muito baixo (não existem evidências da sua presença);
- Baixo (existem evidências pontuais da sua presença, embora em baixas concentrações);
- Moderado (existem evidências da sua presença, embora em baixas concentrações);
- Elevado (existem evidências da sua presença, acima dos valores de referência).

No Quadro 6.3 sintetiza-se a análise integrada dos resultados para identificação de pontos críticos de contaminação da água da rede de abastecimento e priorização (1 a 4: 1 mais prioritário, 4 menos prioritário) de troços de rede em termos de adoção de medidas de monitorização de HAP ou de intervenção na rede.

**Quadro 6.3 – Análise dos fatores considerados críticos para a contaminação da água da rede de abastecimento e priorização (1 a 4: 1 mais prioritário, 4 menos prioritário) dos troços de rede em termos de adoção de medidas de monitorização ou intervenção**

Zona de influência de reservatório	Fatores avaliados	Ocorrência	Priorização dos troços	Justificação
<b>R0. Caminho de cima</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	M	2 monitorização e intervenção	Ocorrências pontuais de HAP na água da rede, contudo, a frequência de monitorização na rede foi baixa; ocorrência moderada de roturas
	Presença de HAP nas origens	B		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	B		
<b>R3. Vale Farto</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	B	2 monitorização	Presença de HAP nos solos (acima dos valores de referência apenas numa amostra) e ocorrência frequente de HAP em pontos de amostragem da rede
	Presença de HAP nas origens	B		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	M		
<b>R4. Pico Celeiro</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	E	1 monitorização e intervenção	Ocorrência elevada de roturas e ausência de dados de qualidade da água na rede
	Presença de HAP nas origens	B		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	s.d.		
<b>R5. Areiro</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	MB	4 monitorização	Provável ausência de roturas, mas necessidade de dados de qualidade da água na rede
	Presença de HAP nas origens	MB		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	s.d.		
<b>B-R7. Santa Rita</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	E	1 monitorização e intervenção	Ocorrência elevada de roturas e ausência de dados de qualidade da água na rede
	Presença de HAP nas origens	B		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	s.d.		
<b>EE-R8. Juncal</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	B	4 monitorização	Ocorrência baixa de roturas e ausência de HAP na rede, contudo, a frequência de monitorização na rede foi baixa
	Presença de HAP nas origens	B		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	MB		
<b>R10. Rua das Covas</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	M	3 monitorização e intervenção	Ocorrência moderada de roturas e ausência de HAP na rede, contudo, a frequência de monitorização na rede foi baixa
	Presença de HAP nas origens	B		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	MB		
<b>Rede de condutas adutoras</b>	Roturas ou problemas de pressão na rede	M	3 monitorização e intervenção	Ocorrência moderada de roturas e ausência de monitorização na rede
	Presença de HAP nas origens	B		
	Presença de HAP nos solos	M		
	Presença de HAP na água da rede	s.d.		

s.d. – sem dados disponíveis

De acordo com a análise integrada realizada, consideraram-se de **primeiro nível de prioridade** para monitorização e intervenção os troços de rede associados às zonas **R4 - Pico Celeiro** e **B-R7 - Santa Rita**, porque atravessam solos potencialmente contaminados e apresentam um grau elevado de ocorrência de roturas e ausência de dados de qualidade da água (HAP) na rede.

**Recomenda-se** que, em futuras ações de **reabilitação da rede em troços que atravessam solos potencialmente contaminados**, se adote uma classe de pressão nominal superior, de modo a garantir uma maior barreira à entrada de contaminantes, por aumento da espessura do material. Recomenda-se também que as novas tubagens sejam instaladas em valas com isolamento em relação aos solos circundantes, tal como recomendado em Antunes, Pimentel Real e Leitão (2020). Para o efeito, podem usar-se materiais de revestimento adequados, como, por exemplo, cortinas bentoníticas, sistemas de cobertura espessos, membranas com propriedade barreira, ou outros sistemas com efeito barreira equivalente. Os solos a utilizar no envolvimento das tubagens devem ser solos limpos, com características adequadas.

A zona **R3 - Vale Farto** foi considerada de **segundo nível de prioridade** para monitorização, por terem sido detetados teores de HAP acima dos recomendados numa amostra de solo e, apesar da baixa taxa de roturas, existirem ocorrências frequentes de HAP, em baixas concentrações, na água da rede (nos pontos de amostragem P1, P2 e, em especial, P5).

Por ter havido uma ocorrência de HAP na água da rede, embora em baixas concentrações, e um nível moderado de roturas, os troços de rede que atravessam solos potencialmente contaminados na zona **R0 - Caminho de Cima** foram considerados de **segundo nível de prioridade** relativamente à adoção de medidas de monitorização e de intervenção. O nível de roturas justifica que se recomende o aumento da frequência de amostragem nesta rede; a atual frequência semestral parece ser insuficiente para se tirarem conclusões sobre a qualidade da água em R0. Nestes troços, é importante a identificação prévia das principais causas de roturas, passando pelo diagnóstico de perdas de água, de modo a propor as medidas mais adequadas (e.g., reparação de fugas, gestão de pressões, reabilitação). Aquando da reabilitação, devem ser seguidas as recomendações acima descritas para os troços de nível 1 de prioridade.

De **terceiro nível de prioridade**, foram considerados os troços de rede que atravessam solos potencialmente contaminados nas zonas **R10 - Rua das Covas** e **Rede de condutas adutoras** (em particular a conduta adutora elevatória que transporta água a partir do furo F1 - Areeiro-Fontinhas) por apresentarem um nível moderado de ocorrência de roturas e escassez ou ausência de dados de qualidade da água (HAP) na rede. Nestas zonas, além de ser importante a identificação prévia das principais causas de roturas, de modo a propor as medidas mais adequadas, é importante prever-se novos pontos de amostragem de qualidade da água na rede.

Em **quarto nível de prioridade** consideraram-se os troços que atravessam solos potencialmente contaminados nas zonas **R5 - Areeiro** e **EE-R8 - Juncal**, por apresentarem uma nula/baixa ocorrência de roturas. Recomenda-se que em R5 - Areeiro, sem dados de qualidade da água na rede, se venham a prever novos pontos de amostragem na rede e que em EE-R8 – Juncal se aumente a frequência de monitorização.

## 7 | Conclusões e recomendações

A contaminação da água por hidrocarbonetos pode ocorrer nos sistemas de distribuição de água para consumo humano por **quatro vias**:

- pela presença desses contaminantes nas origens de água usadas como fonte de abastecimento;
- pela permeação dos contaminantes presentes nos solos, ou na água do solo, através dos materiais da rede de distribuição;
- pela intrusão de água de solos contaminados através de fissuras na rede de distribuição associadas à má condição infraestrutural, a roturas ou a variações excessivas de pressão;
- pela contaminação pelos materiais dos componentes da rede de distribuição em contacto com a água ou pelos materiais utilizados nas obras de intervenção nas redes de distribuição que tenham hidrocarbonetos na sua constituição.

Os resultados da **monitorização da qualidade da água dos furos** (Capítulo 2 |) que abastecem o subsistema Agualva-Praia mostraram que as origens de água não deverão ser a principal causa dos teores de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), detetados em 2020, nos sistemas de distribuição de água. Por seu lado, os resultados da **monitorização de hidrocarbonetos nos solos** (Capítulo 3 |) não suscitam preocupação relativamente à contaminação dos solos, encontrando-se os valores de HTP sempre abaixo dos valores de referência e os de HAP apenas com uma ocorrência acima dos valores de referência.

Na **monitorização da água da rede** (Capítulo 4 |), dos 16 HAP pesquisados, foram encontrados apenas quatro, fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno, respetivamente, em 5,6%, 3,7%, 14,8 % e 1,8% do total das amostras analisadas (n = 52). As amostragens positivas centraram-se em quatro dos 12 pontos de amostragem: três situados no Vale do Paul (P1, P2 e P5 na zona R3 - Vale Farto) e um na Canada Joaquim Chaves (P11 na zona R0 - Caminho de cima).

Os quatro HAP detetados estão classificados pela *IARC* como “Não classificável como carcinogénico para humanos”, e os teores observados na água da rede de distribuição foram muito baixos e próximos dos encontrados em águas subterrâneas consideradas não contaminadas pela OMS. Saliente-se que os cinco HAP contemplados na legislação portuguesa referente à qualidade da água para consumo humano (DL 152/2017), e que correspondem aos mais preocupantes da lista dos 16 HAP em termos de saúde humana, nunca foram detetados nas oito campanhas de amostragem em análise. Portanto, à luz do conhecimento atual e dos resultados de qualidade da água avaliados, os teores encontrados na rede não são preocupantes em termos de saúde pública.

A **análise infraestrutural e operacional do subsistema Agualva-Praia** (Capítulo 5 |) mostrou a ocorrência de um significativo número médio de **roturas** por unidade de comprimento, em particular roturas em ramais, no período 2011-2019. Cruzando esta informação com as **pressões** medidas (em

especial pressões internas excessivas), no conjunto das 13 zonas de influência de reservatórios analisadas sinalizaram-se nove zonas para **diagnóstico e controlo de perdas de água**:

- seis zonas que atravessam solos potencialmente contaminados – R4 - Pico Celeiro, EE-R8 - Juncal, R3 - Vale Farto, R5 - Areeiro, R10 - Rua das Covas e R0 - Caminho de Cima;
- três zonas que não atravessam solos potencialmente contaminados – R6 - Beiras (ETA2 R6), B-R13 - Rua dos Moinhos e R9 - Rua das Fontinhas.

Nestas zonas, o diagnóstico de perdas de água permitirá identificar melhor o tipo de medidas para controlo de perdas, a implementar a curto e médio prazo, que habitualmente passam pela deteção e localização de fugas e pela gestão de pressões na rede. Assim, recomenda-se que a entidade gestora mantenha o registo completo das ocorrências (para que possa ser feita uma avaliação adequada da condição infraestrutural) e a medição da pressão nos principais pontos de entrada das zonas de influência de reservatórios e nos pontos críticos em termos de pressão máxima (por potenciar a ocorrência de roturas) e de pressão mínima na rede (por poderem promover a entrada de contaminantes).

Em face dos resultados de qualidade da água (Capítulo 4 |) e da análise infraestrutural e operacional da rede (Capítulo 5 |), não se justificou desenvolver um modelo hidráulico da rede de distribuição de água.

Para a identificação de pontos críticos de ocorrência de HAP na água da rede de abastecimento, analisaram-se os troços de rede de zonas de influência de reservatórios que atravessam solos potencialmente contaminados (Capítulo 6 |). A análise integrada permitiu atribuir **níveis de prioridade** para monitorização de HAP e/ou intervenção nos troços de rede selecionados para análise:

- Nível 1 (monitorização e intervenção) – troços das redes R4 - Pico Celeiro e B-R7 - Santa Rita, pela elevada ocorrência de roturas e por não existirem dados de HAP na água da rede.
- Nível 2 (monitorização) – troços da rede R3 - Vale Farto, por terem sido detetados teores de HAP acima dos valores de referência numa amostra de solo, e, apesar da baixa taxa de roturas, existirem ocorrências frequentes de HAP, em baixas concentrações, em pontos de amostragem da água da rede (P1, P2 e, em especial, P5).
- Nível 2 (monitorização e intervenção) – troços da rede R0 - Caminho de cima, pela moderada taxa de roturas e por uma ocorrência de HAP em baixas concentrações na água da rede.
- Nível 3 (monitorização e intervenção) – troços da rede R10 - Rua das Covas e da Rede de condutas adutoras, pela ocorrência moderada de roturas e escassez ou ausência de dados de HAP na água da rede.
- Nível 4 (monitorização) – troços das redes R5 - Areeiro e EE-R8 - Juncal, pela nula/baixa ocorrência de roturas e insuficiência de dados de HAP na água na rede.

### **Recomendações – Alterações ao Plano de Monitorização Especial da Rede em vigor**

Decorrente da análise acima, recomenda-se a continuação do Plano de Monitorização Especial da rede com as seguintes melhorias:

- Inclusão de, pelo menos, um ponto de monitorização mensal da qualidade da água em HAP, nos troços de cada uma das zonas R4 - Pico Celeiro e B-R7 - Santa Rita, atualmente sem monitorização e onde existe frequência elevada de roturas.
- Inclusão de, pelo menos, um ponto de monitorização mensal em R10 - Rua das Covas próximo do *pipeline* e de solos onde em 2019 se detetaram teores de HTP, BTEX e HAP superiores aos valores de referência (Site 5014, Figura 3.2).
- Pelas mesmas razões e por se ter detetado HAP (fenantreno, fluoranteno e pireno) no ponto de amostragem P11 (embora em concentrações muito baixas) numa das duas amostragens realizadas em 2020, aumento da frequência de amostragem de semestral para mensal nos pontos da rede de abastecimento P9, P10 e P11 (R0 - Caminho de Cima).
- Inclusão dos parâmetros pH, dureza total, sulfatos, cloreto, e índice de Langelier, que permitem conhecer o carácter incrustante ou agressivo da água, que poderá afetar a integridade infraestrutural da rede de abastecimento, conforme proposto em Mesquita e Rosa (2020).

### **Recomendações – medidas de intervenção**

A médio e longo prazo, as medidas de intervenção devem passar pela reabilitação faseada da rede, apoiada numa estratégia de gestão patrimonial das infraestruturas (GPI) da EG e em planos táticos e operacionais de GPI desenvolvidos para o subsistema Aqualva-Praia. Em específico para os troços que atravessam solos potencialmente contaminados, recomendam-se as seguintes medidas:

- Substituição dos troços em fibrocimento (em especial os da rede R4 - Pico Celeiro e os que transportam água a partir do furo Pico Celeiro), pela idade elevada e histórico de roturas.
- Na reabilitação da rede, a classe de pressão deve ser adequadamente selecionada em função das pressões máximas de serviço, devendo adotar-se uma classe de pressão superior, de modo a garantir uma maior barreira à entrada de contaminantes.
- Instalação de novas condutas em valas com isolamento em relação aos solos circundantes. Para o efeito, podem usar-se materiais de revestimento adequados, como, por exemplo, cortinas bentoníticas, sistemas de cobertura espessos, membranas com propriedade barreira, ou outros sistemas com efeito barreira equivalente. Os solos a utilizar no envolvimento das tubagens devem ser solos limpos, com características adequadas.
- Melhorar as soluções de ligações condutas principais – ramais de ligação entre a rede urbana e a rede predial, de forma a minimizar a elevada ocorrência de avarias por roturas em ramais.

Lisboa, LNEC, dezembro de 2020

VISTO

O Conselho Diretivo



Carlos Pina  
Presidente do LNEC

AUTORIA



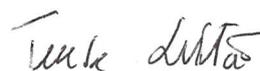
Dália Loureiro  
Investigadora Auxiliar



Elsa Mesquita  
Bolsista de Pós-Doutoramento



Maria João Rosa  
Investigadora Principal  
Chefe do Núcleo de Engenharia Sanitária



Teresa E. Leitão  
Investigadora Principal com Habilitação



Maria de Lurdes Antunes  
Investigadora-Coordenadora  
Vogal do Conselho Diretivo

## Referências bibliográficas

- ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P., 2005 – **Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Guia técnico n.º 3, IRAR, INAG, LNEC, Lisboa, ISBN 972-99354-4-0.
- ALEGRE, H.; COVAS, H, 2010 – **Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água – uma abordagem centrada na reabilitação**. Guia técnico n.º 16, ERSAR, Lisboa, ISBN 978-989-8360-04-5.
- AMARAL, P., 2020 – **Amostragem de solos na Praia da Vitória para estudos complementares relacionados com a utilização da Base das Lajes pelos E.U.A**. Laboratório Regional de Engenharia Civil, LREC - Proc. 444.624.131, Relatório 75/2020.
- ANTUNES, M. L.; PIMENTEL REAL, L.; LEITÃO, T., 2020 – **Assessoria técnica aos processos de reabilitação ambiental relacionados com a utilização da Base das Lajes pelos EUA. Parecer sobre os materiais a utilizar para a instalação de novas redes de abastecimento de água em zonas com solos potencialmente contaminados e análise de solos no traçado previsto para o sistema de abastecimento a Santa Rita**- LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 280/2020 – CD.
- APA, 2015 – **Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Minho e Lima. 2.º Ciclo de Planeamento**. Anexo V dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas 2016/2021. Agência Portuguesa do Ambiente.
- APA, 2019 – **Solos Contaminados – Guia Técnico. Valores de Referência para o Solo**. Agência Portuguesa do Ambiente.  
[https://apambiente.pt/\\_zdata/Politicassolos/Guia%20Tecnico\\_Valores%20de%20Referencia\\_2019\\_01.pdf](https://apambiente.pt/_zdata/Politicassolos/Guia%20Tecnico_Valores%20de%20Referencia_2019_01.pdf).
- CRATHORNE, B., 1987 – **The effect of soil contaminants on materials used for distribution of water**, Water Research Centre Report PRD 1452-M/1, WRc Environment.
- CEN EN 15014:2007 – **Plastics piping systems - Buried and above ground systems for water and other fluids under pressure – Performance characteristics for pipes, fittings and their joints**.
- CH2MHILL, 2004 – **Discovery of Suspected and Contaminated Sites Study (DISCO-Study), Lajes Field, Azores, Portugal**. Março de 2004.
- DECRETO-LEI n.º 152/2017 de 7 de dezembro. Diário da República n.º 235/2017, Série I de 2017-12-07. Ministério do Ambiente.
- Environment Agency, 2019 – **Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): sources, pathways and environmental data**. Environment Agency, Bristol, United Kingdom.
- ERSARA, 2016 – **Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos dos Açores**, ERSARA.
- FARLEY, M.; TROW, S., 2003 – **Losses in water distribution networks: a practitioner’s guide to assessment, monitoring and control**. IWA publishing, Reino Unido, ISBN 1900222116.

- IARC, 2020 – **IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans.** International Agency for Research on Cancer. World Health Organization. <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications/> (consultado a 11 de setembro de 2020).
- JONGE, L.W.; MOLDRUP, P.; JONGE, H.; CELIS, R., 2008 – **Sorption and leaching of short-term-aged PAHs in eight European soils: link to physicochemical properties and leaching of dissolved organic carbon.** Soil Science, 173 (1), 13-24. DOI: 10.1097/ss.0b013e31815aea32.
- LEITÃO, T. E.; ANTUNES, M. L., 2020 – **Estudos complementares no âmbito dos processos de reabilitação ambiental relacionados com a utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Resultados da Monitorização de Águas Subterrâneas Realizada em 2020.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 467/2020 – CD.
- LEITÃO, T. E.; HENRIQUES, M. J., 2019 – **Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório do ano 2019.** LNEC - Proc. 0605/121/22161. Relatório 462/2019 – DHA/NRE.
- LEITÃO, T. E.; HENRIQUES, M. J., 2020 – **Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores. Relatório do ano 2020.** LNEC - Proc. 0605/121/22161. Relatório 439/2020 – DHA/NRE.
- LEITÃO, T. E.; MOTA, R.; ANTUNES, M. L., 2019 – **Estudos complementares no âmbito dos processos de reabilitação ambiental relacionados com a utilização da Base das Lajes pelos EUA. Relatório final 2019.** LNEC - Proc. 0102/121/21350. Relatório 145/2019 – CD.
- LEITÃO, T. E.; MOTA, R.; ANTUNES, M. L., 2020 – **Estudos complementares no âmbito dos processos de reabilitação ambiental relacionados com a utilização da Base das Lajes pelos EUA. Análise dos Trabalhos de Geofísica e de Caracterização da Qualidade dos Solos junto ao Site 5001.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 308/2020 – CD.
- LOUREIRO, D., 2010 – **Metodologias de análise de consumos para a gestão eficiente de sistemas de distribuição de água.** Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- ME, 2011 – **Soil, groundwater and sediment standards for use under Part XV.1 of the Environmental Protection Act.** Ministry of the Environment, Canada. April 15, 2011.
- MESQUITA, E., 2020 – **Análise dos resultados de qualidade da água na rede da Praia da Vitória.** LNEC - Proc. 0606/121/2246502. Relatório 364/2020 – DHA/NES.
- MESQUITA, E.; ROSA, M. J., 2020 – **Análise do programa de controlo da Qualidade da água para Consumo humano apresentado pela Praia Ambiente, S.A..** LNEC - Proc. 0606/121/2246502. Relatório 224/2020 – DHA/NES.
- NP EN ISO 12162:2009 – **Materiais termoplásticos para tubos e acessórios para aplicações com pressão – Classificação, designação e coeficientes de serviço.**

- OLESZCZUK, P.; BARAN, S., 2005 – **Leaching of individual PAHs in soil varies with the amounts of sewage sludge applied and total organic carbon content.** Polish Journal of Environmental Studies,14 (4), 491-500.
- PIMENTEL REAL, L., 2000 – **Recomendações para a mitigação dos riscos associados à permeação de tubagens em redes de abastecimento de água que atravessam zonas com solos contaminados.** LNEC - Proc. 0102/121/22465. Relatório 242/2020 – DED/NAICI.
- QUADROS, S.; RODRIGUES, F. C.; MESQUITA, E.; LEITÃO, T. E.; ROSA, M. J., 2018 – **Análise das origens de água para abastecimento público em diversas ilhas dos Açores visando otimizar a qualidade da água destinada ao consumo humano.** LNEC - Proc. 0606/121/20686. Relatório conjunto 347/2018 – DHA/NES.
- THORNTON, J.; LAMBERT, A., 2005 – **Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships.** IWA Conference Leakage 2005, Halifax, Canada.
- USEPA, 2008 – **Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Acenaphthylene.** EPA/690/R08/001F. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- WHO, 2003 – **Polynuclear aromatic hydrocarbons in Drinking-water.** WHO/SDE/WSH/03.04/59. World Health Organization, Geneva.
- WHO, 2017 – **Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth edition incorporating the first addendum,** World Health Organization, Geneva.



