

# **Gestão dos Poluentes Orgânicos Persistentes nos Resíduos dos Postos de Abastecimento de Combustíveis**

**NATHALIA ELLEN DA SILVA PAIM**  
(Licenciada em Gestão Ambiental Industrial)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Qualidade e do Ambiente

**Orientadoras:**

Doutora Ana Maria G. H. Barreiros Joanaz de Melo  
Mestre Natacha Alexandra dos Santos José Sobral

**Júri:**

**Presidente:**

Doutora Isabel Maria da Silva João

**Vogais:**

Doutora Ana Maria G. H. Barreiros Joanaz de Melo  
Mestre e Especialista Vitor José Freira Manteigas

**Setembro de 2025**



# **Gestão dos Poluentes Orgânicos Persistentes nos Resíduos dos Postos de Abastecimento de Combustíveis**

**NATHALIA ELLEN DA SILVA PAIM**  
(Licenciada em Gestão Ambiental Industrial)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Qualidade e do Ambiente

Orientadoras:

Doutora Ana Maria G. H. Barreiros Joanaz de Melo, ISEL/IPL  
Mestre Natacha Alexandra dos Santos José Sobral

Júri:

Presidente:

Doutora Isabel Maria da Silva João, ISEL/IPL

Vogais:

Doutora Ana Maria G. H. Barreiros Joanaz de Melo, ISEL/IPL  
Mestre e Especialista Vitor José Freira Manteigas, ESTESL/IPL

**Setembro de 2025**



# Agradecimentos

Ao olhar para trás e contemplar o caminho que percorri até aqui, é impossível não sentir uma profunda gratidão. Esta jornada foi, simultaneamente, um desafio técnico e uma travessia pessoal. A concretização deste projeto representou, para mim, um compromisso silencioso de superação uma forma de provar a mim mesma que era possível, mesmo quando as dúvidas pareciam maiores do que as certezas.

Agradeço, com especial ternura, ao meu marido Maurício e à minha cadela Aretha, que foram o meu verdadeiro pilar emocional em todos os momentos, nos dias longos, nas noites de incerteza e nos instantes de pausa e reencontro. O vosso amor e presença foram absolutamente indispensáveis.

Aos amigos que, desde o início, estiveram ao meu lado com todo o apoio necessário. À minha querida amiga Ana Rita, que me acompanhou desde o primeiro dia de aulas no ISEL até este momento, que me apoiou e ensinou tanto ao longo destes dois anos, o meu sincero obrigada. Ao meu amigo “Tito”, que me incentivou a dar mais este passo na minha carreira académica, dedico este Trabalho Final de Mestrado a ti.

Aos meus colegas de trabalho, que abraçaram este desafio comigo com empenho e profissionalismo, e que não pouparam esforços para tornar possível tudo o que foi planeado, o vosso compromisso e colaboração foram essenciais para os resultados alcançados.

À professora Ana Barreiros, que acreditou em mim, aceitou o convite e desempenhou com grande mestria o papel de orientadora, sempre com palavras de encorajamento e incentivo.

À minha orientadora de projeto, Natacha Sobral, que esteve ao meu lado como uma verdadeira impulsionadora da investigação, garantindo todos os meios e recursos necessários para que este projeto se concretizasse e alcançássemos bons resultados — obrigada por acreditares em mim desde o início e por me guiares até aqui.

Este projeto não é apenas fruto de um esforço académico; é, acima de tudo, o reflexo de uma rede de apoio e afetos que me sustentou ao longo do caminho. A todos, o meu mais sincero e sentido obrigada.



*"O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria, se aprende é com a vida e com os humildes."*

— *Cora Coralina*



## Declaração de integridade

Declaro que este trabalho de projeto é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor

A handwritten signature in blue ink that reads "Cathalia Faim". The signature is written in a cursive style and is positioned above a thin horizontal line.

Lisboa, 30 de setembro de 2025



# **Gestão dos Poluentes Orgânicos Persistentes nos Resíduos dos Postos de Abastecimento de Combustíveis**

## **Resumo**

Os postos de abastecimento de combustíveis vão além do simples fornecimento de combustível, oferecendo serviços complementares, como lavagem automóvel e manutenção de viaturas. Estas atividades geram diversos tipos de resíduos, incluindo óleos usados, solventes, lamas de separadores de óleo/água, materiais absorventes, filtros, vestuário de proteção e panos de limpeza. Muitos destes resíduos podem estar contaminados com Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), substâncias químicas altamente estáveis, com potencial de bioacumulação e efeitos nocivos para a saúde humana e o ambiente.

Devido à sua persistência, os POPs podem permanecer no ambiente durante longos períodos e dispersar-se globalmente através do ar, da água ou pela migração de espécies. Este estudo teve como objetivo identificar e quantificar a presença de POPs nos resíduos gerados em postos de abastecimento de combustíveis, comparando os resultados com os limites legais do Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho.

Os resultados demonstraram que, mesmo em postos com manutenção regular e gestão ambiental conforme, podem ocorrer contaminações difusas associadas a produtos fluorados, materiais em fim de vida e fontes externas. Certos fluxos de resíduos como: lamas oleosas, águas residuais e materiais de combate a incêndios, revelaram maior probabilidade de conter POPs, nomeadamente os ácidos perfluoroalquilos (PFAS). A ausência de análises específicas a estes compostos nos controlos de rotina constitui uma lacuna relevante nas práticas atuais de monitorização ambiental.

O estudo recomenda a integração sistemática da análise de POPs nos planos de gestão ambiental, a substituição gradual de substâncias fluoradas por alternativas seguras, o reforço da segregação e encaminhamento adequado dos resíduos perigosos e a formação dos trabalhadores e responsáveis técnicos. A correta gestão e eliminação dos POPs é essencial para prevenir a contaminação ambiental, proteger a saúde pública e promover a sustentabilidade do setor dos combustíveis.

### **Palavras-chave**

Postos de abastecimento de combustíveis, Resíduos perigosos, Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), Gestão de resíduos, Sustentabilidade ambiental.

# **Management of Persistent Organic Pollutants in Waste from Fuel Service Stations**

## ***Abstract***

Fuel stations go beyond the simple supply of fuel, offering complementary services such as car washing and vehicle maintenance. These activities generate various types of waste, including used oils, solvents, sludge from oil/water separators, absorbent materials, filters, protective clothing, and cleaning cloths. Many of these wastes may be contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs), chemical substances that are highly stable, bioaccumulative, and harmful to human health and the environment.

Due to their chemical persistence, POPs can remain in the environment for long periods and disperse globally through air and water currents or species migration. This study aimed to identify and quantify the presence of POPs in the waste generated at fuel stations, comparing the results with the legal limits established by Regulation (EU) 2019/1021 of 20 June.

The results showed that even at stations with regular maintenance and compliant environmental management, diffuse contamination can occur, mainly associated with fluorinated products, end-of-life materials, and external sources. Certain waste streams such as oily sludge, wastewater, and firefighting materials have shown a higher likelihood of containing POPs, particularly perfluoroalkyl acids (PFAS). The lack of specific testing for these compounds in routine controls represents a significant gap in current environmental monitoring practices.

The study recommends the systematic integration of POP analysis into environmental management plans, the gradual replacement of fluorinated substances with safer alternatives, the strengthening of waste segregation and proper disposal practices, and the training of workers and technical managers. Proper management and elimination of POPs are essential to prevent environmental contamination, protect public health, and promote sustainability and environmental responsibility within the fuel sector.

### **Keywords**

Fuel stations, Hazardous waste, Persistent Organic Pollutants (POPs), Waste management, Environmental sustainability.

## Divulgação Científica

Durante o desenvolvimento deste trabalho, os resultados preliminares foram apresentados na *7th International Conference of WASTES Solutions, Treatments and Opportunities*, 5-7 setembro 2025, Funchal, Portugal, O póster apresentado e o resumo estão disponíveis no Apêndice I.

Paim, N.E.S., Barreiros, A.M. (2025, September 3-5) Management of Persistent Organic Pollutants in Waste from Fuel Stations. Proceedings of the 7th International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities. Funchal, Portugal ISSN 2183-0568.

O resumo alargado, disponível no Apêndice I, será publicado brevemente em livro pela Springer, indexado à Scopus e à Web of Science.



## Lista de Símbolos e de siglas

<i>AFFF</i>	<i>Aqueous Film Forming Foam</i> (Espuma Aquosa Formadora de Filme)
<i>APA</i>	Agência Portuguesa do Ambiente
<i>APSEI</i>	Associação Portuguesa de Segurança
<i>ASAE</i>	Autoridade de Segurança Alimentar e Económica
<i>ATSD</i>	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i> (Agência para o Registo de Substâncias Tóxicas e Doenças)
<i>BTI</i>	<i>Best Technical Incineration</i> (Melhor Incineração Técnica)
<i>CAS</i>	<i>Chemicals Abstract Service</i> (Serviço de Resumos de Produtos Químicos)
<i>CCDRS</i>	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
<i>CCS</i>	<i>Carbon Capture and Storage</i> (Captura e Armazenamento de Carbono)
<i>CFC</i>	<i>Clorofluorcarboneto</i>
<i>CLP</i>	Classificação, Rotulagem e Embalagem de Substâncias e Misturas
<i>CQO</i>	Carência Química de Oxigénio
<i>DDT</i>	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
<i>DGEG</i>	Direção Geral de Energia e Geologia
<i>ECHA</i>	<i>European Chemicals Agency</i> (Agência Europeia dos Produtos Químicos)
<i>EINEC/EC</i>	<i>European Inventory of Existing Commercial chemical Substances</i> (Inventário Europeu de Substâncias Químicas Comerciais Existentes)
<i>EMAS</i>	<i>Eco-Management and Audit Scheme</i> (Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria)
<i>EPA (US)</i>	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)
<i>EPI</i>	Equipamento de Proteção Individual
<i>EUA</i>	Estados Unidos da América
<i>FDS</i>	Fichas de Dados de Segurança
<i>FFF</i>	<i>Fluorine-free foams</i> (Espumas sem flúor)
<i>GPL</i>	Gases de petróleo liquefeito
<i>HBCD</i>	Hexabromociclododecano
<i>HCFC</i>	Hidroclorofluorocarbonetos
<i>HFC</i>	Hidroclorofluorocarbonetos

<i>HT</i>	Hidrocarbonetos Totais
<i>IGAMAOT</i>	Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
<i>ISO</i>	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
<i>JESCO</i>	<i>Japan Environmental Storage &amp; Safety Corporation</i> (Corporação de Armazenamento e Segurança Ambiental do Japão)
<i>LER</i>	Lista Europeia de Resíduos
<i>LQ</i>	Limite de Quantificação
<i>LUA</i>	Licenciamento Único de Ambiental
<i>MIRR</i>	Mapa Integrado de Registo de Resíduos
<i>OECD</i>	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i> (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico)
<i>PAPERSU</i>	Plano de Ação do Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos
<i>PBDEs</i>	Éteres de Difenila Polibromados
<i>PCBs</i>	Bifenilos Policlorados
<i>PCDDs</i>	Dibenzo-p-dioxinas policloradas
<i>PCDFs</i>	Dibenzofuranos policloradosFuranos
<i>PFAS</i>	<i>Per- and Polyfluoroalkyl Substances</i> (Substâncias Per e Polifluoroalquiladas)
<i>PFOA</i>	<i>Perfluorooctanoic Acid</i> (Ácido Perfluorooctanoico)
<i>PFOS</i>	<i>Perfluorooctanoic Acid</i> (Ácido Perfluorooctanoico)
<i>PNGR</i>	Plano Nacional de Gestão de Resíduos
<i>PNUMA</i>	Programa das Nações Unidas Para o Ambiente
<i>POPs</i>	Poluentes Orgânicos Persistentes
<i>PVC</i>	Policloreto de vinilo
<i>REACH</i>	Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas
<i>RGGR</i>	Regime Geral de Gestão de Resíduos
<i>SCCP</i>	<i>Short-chain chlorinated paraffin</i> (Parafina clorada de cadeia curta)
<i>SHC</i>	Separadores de Hidrocarbonetos
<i>SST</i>	Sólidos Suspensos Totais
<i>UK</i>	<i>United Kingdom</i> (Reino Unido)
<i>UNEP</i>	<i>United Nations Environment Programme</i> (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)
<i>VOC(s)</i>	<i>Volatile Organic Compounds</i> (Compostos Orgânicos Voláteis)
<i>WHO</i>	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial da Saúde)

# Índice

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	1
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS DO ESTUDO.....	2
1.4. JUSTIFICAÇÃO E RELEVÂNCIA.....	3
<b>2. POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES</b> .....	<b>5</b>
2.1. DEFINIÇÃO, PROPRIEDADES E EFEITOS NA SAÚDE PÚBLICA E AMBIENTAIS.....	5
2.2. SUBSTÂNCIAS PER- E POLIFLUOROALQUILADAS E ÁCIDO PERFLUOROOCETANÓICO.....	8
2.3. DIRETRIZES PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS CONTENDO POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES.....	11
2.4. CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS COM ÊNFASE NOS POPs.....	12
2.5. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E GESTÃO DE RESÍDUOS COM POPs.....	13
<b>3. ENQUADRAMENTO LEGAL DOS POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES</b> .....	<b>17</b>
3.1. LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL.....	17
3.1.1. <i>Convenção da Basileia</i> .....	17
3.1.2. <i>Convenção de Estocolmo</i> .....	19
3.2. LEGISLAÇÃO EUROPEIA.....	20
3.3. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA.....	21
3.4. ENTIDADES COMPETENTES E FISCALIZAÇÃO.....	21
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
<b>5. ÁREA DE SERVIÇO</b> .....	<b>25</b>
5.1. CARACTERIZAÇÃO DE UM POSTO DE ABASTECIMENTO.....	25
5.2. SISTEMAS SEPARADORES DE HIDROCARBONETOS.....	27
5.3. PRODUÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS NA ÁREA DE SERVIÇO EM ANÁLISE.....	28
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>33</b>
6.1. ANÁLISE QUALITATIVA DAS SUBSTÂNCIAS E MISTURAS.....	33
6.2. ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS.....	34
6.3. AMOSTRAGEM DOS RESÍDUOS DOS SEPARADORES DE HIDROCARBONETOS.....	40
6.3.1. <i>Resultados das Análises do Resíduo do Sistema de Separação dos Hidrocarbonetos Localizado na Lavagem</i> .....	42
6.3.2. <i>Resultados das Análises do Resíduo do Sistema de Separação dos Hidrocarbonetos Localizado na Rodovia</i> .....	43
6.4. PROPOSTA DE MELHORIA NA GESTÃO DE POPs.....	45
6.4.1. <i>Diagnóstico dos principais desafios observados</i> .....	45

6.4.2.	<i>Boas Práticas na Gestão de Resíduos Perigosos</i> .....	45
6.5.	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÓMICA SUBSTÂNCIAS PER- E POLIFLUOROALQUILADAS E ÁCIDO PERFLUOROOCETANÓICO .....	47
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>53</b>
<b>9.</b>	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>63</b>
9.1.	APÊNDICE I .....	64
9.2.	APÊNDICE II .....	74
<b>10.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>75</b>
10.1.	ANEXO I .....	76
10.2.	ANEXO II .....	77

# Índice de figuras

FIGURA 2.1 - ESTRUTURAS QUÍMICAS DE: A) DDT, B) ALDRINA, C) PBDE, D) HBCD, E) PCB, F) PCDD, G) PCDF E H) PVC. FONTE: PUBCHEM. OPEN CHEMISTRY DATABASE, 2025. ....	6
FIGURA 2.2 - ESTRUTURAS QUÍMICAS REPRESENTATIVAS DAS SUBSTÂNCIAS PER- E POLIFLUOROALQUILADAS (PFAS). FONTE: PUBCHEM. OPEN CHEMISTRY DATABASE, 2025. ....	8
FIGURA 5.3 - CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DOS RESÍDUOS GERADOS NOS POSTOS DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS, INCLUINDO A SUA PERICULOSIDADE. ....	31
FIGURA 6.4 - TENDÊNCIA DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE 2022 A 2024: A) ÁGUAS OLEOSAS E LAMAS PROVENIENTES DE SEPARADORES ÓLEO/ÁGUA (LER 13 05 07* E 13 05 02*), B) EMBALAGENS CONTAMINADAS COM SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS (LER 15 01 10*), C) ABSORVENTES E MATERIAIS CONTAMINADOS .....	35
FIGURA 6.5 - A) O SISTEMA DE SEPARAÇÃO DOS HIDROCARBONETOS DA LAVAGEM, B) AMOSTRAS RECOLHIDAS NO SISTEMA DE SEPARAÇÃO DOS HIDROCARBONETOS DA LAVAGEM.....	41
FIGURA 6.6 - A) O SISTEMA DE SEPARAÇÃO DOS HIDROCARBONETOS DA RODOVIA/ ZONA DE ABASTECIMENTO, B) AMOSTRAS RECOLHIDAS NO SISTEMA DE SEPARAÇÃO DOS HIDROCARBONETOS DA RODOVIA/ ZONA DE ABASTECIMENTO. ....	41

# Índice de tabelas

<b>TABELA 2.1</b> - COMPARAÇÃO TÉCNICA E VANTAGENS POR CASO .....	16
<b>TABELA 5.2</b> - CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DOS RESÍDUOS GERADOS NOS POSTOS DE ABASTECIMENTO, INCLUINDO A SUA PERICULOSIDADE. ....	30
<b>TABELA 6.3</b> - RESÍDUOS COM POTENCIAL ASSOCIAÇÃO A SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS, NOMEADAMENTE POPS .....	36
<b>TABELA 6.4</b> - RESÍDUOS CLASSIFICADOS COMO PERIGOSOS, MAS SEM PRESENÇA DE POPS NAS SUBSTÂNCIAS DE COMPOSIÇÃO DOS PRODUTOS.....	37
<b>TABELA 6.5</b> - RESÍDUOS DAS ATIVIDADES DE UM POSTO DE ABASTECIMENTO .....	37
<b>TABELA 6.6</b> - PARÂMETROS ANALISADOS PARA DETETAR POPS NOS RESÍDUOS DOS SISTEMAS DE SEPARAÇÃO DE HIDROCARBONETOS DE ACORDO COM ANEXO I DO REGULAMENTO (UE) N.º 2019/1021. ....	39
<b>TABELA 6.7</b> - EXEMPLOS DE SUBSTITUIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS: PFAS E PFOA. ....	49

# 1.Introdução

## 1.1. Contextualização do Tema

Os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) são compostos químicos de elevada estabilidade, reconhecidos pela sua capacidade de persistirem no ambiente e de se bioacumularem nos tecidos dos organismos vivos (Devendrapandi et al., 2024; WHO, 2004; UNEP, 2024). Estas características tornam-nos especialmente preocupantes do ponto de vista ambiental e de saúde pública, uma vez que podem ser transportados a longas distâncias e causar efeitos tóxicos mesmo em baixas concentrações. A exposição prolongada a POPs tem sido associada a distúrbios endócrinos, doenças oncológicas, efeitos reprodutivos e neurológicos (Guillotín; Delcourt, 2022).

A ubiquidade dos POPs em atividades industriais, produtos de consumo e resíduos perigosos coloca desafios sérios à sua monitorização e controlo. Entre os setores implicados, os postos de abastecimento de combustíveis constituem fontes potenciais de emissão destes poluentes, nomeadamente através de resíduos contaminados por hidrocarbonetos, lubrificantes, solventes e lamas provenientes de sistemas separadores de hidrocarbonetos (Çetin e Demirci, 2024; Kumar et al., 2022; Mykhailenko et al., 2024).

Estas instalações, integradas frequentemente em áreas urbanas e periurbanas, exercem um papel relevante na cadeia de mobilidade, oferecendo serviços de abastecimento, lavagem automóvel, manutenção e venda de produtos automóveis. Contudo, a diversidade das suas operações contribui para a geração de resíduos perigosos, como óleos usados, filtros, absorventes contaminados e resíduos líquidos com elevado teor de compostos orgânicos, incluindo POPs (Kumar et al, 2021; Devendrapandi et al., 2024).

## **1.2. Formulação do Problema**

Apesar da existência de regulamentação europeia e nacional sobre a gestão de resíduos perigosos, persistem lacunas na monitorização e controlo de POPs presentes em resíduos produzidos em postos de abastecimento de combustíveis em Portugal. Muitos destes resíduos são encaminhados sem identificação rigorosa do seu conteúdo químico, e a presença de compostos como os ácidos perfluoroalquilos (PFAS) ou o ácido perfluorooctanoico (PFOA) raramente é avaliada, apesar da sua inclusão recente nas listas de POPs controlados (Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho; UNEP, 2019.).

A deteção insuficiente destes compostos nos resíduos dos sistemas separadores de hidrocarbonetos (SHC) e a ausência de práticas de segregação específicas comprometem a eficácia da gestão ambiental nas referidas instalações. Os impactes potenciais vão desde a contaminação de solos e aquíferos até ao incumprimento das obrigações legais por parte das entidades exploradoras.

## **1.3. Objetivos do Estudo**

O objetivo geral do estudo passa por avaliar a presença e gestão dos POPs nos resíduos gerados em postos de abastecimento de combustíveis em Portugal, com especial enfoque nos compostos PFAS e PFOA, (ASAE (n.d.)).

Através de análises laboratoriais e enquadramento técnico-legal. Para além da identificação destes compostos, pretende-se garantir o cumprimento rigoroso da legislação em vigor o Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho, eliminando lacunas que possam conduzir a não conformidades em auditorias legais. Este estudo visa ainda assegurar a proteção e segurança dos trabalhadores expostos a resíduos e produtos contendo POPs, promovendo práticas de gestão que minimizem riscos à saúde ocupacional e ao ambiente.

Enquanto os objetivos específicos são identificar os tipos de resíduos gerados em postos de abastecimento de combustíveis e a sua associação com POPs, considerando a diversidade e perigosidade dos resíduos produzidos (Devendrapandi et al., 2024; UNEP, 2019).

Analisar a presença e concentração dos compostos PFAS (substâncias per- e polifluoroalquiladas) e PFOA (Ácido perfluoro-octanoico) em resíduos líquidos e sólidos, com base em dados laboratoriais, dada a sua persistência ambiental, toxicidade e presença em produtos críticos nos postos, como extintores de espuma (AFFF) (Lau et al., 2007; US EPA, 2021).

Avaliar o grau de conformidade das práticas de gestão e tratamento dos resíduos com o Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho relativo aos POPs, bem como com a restante legislação europeia e portuguesa aplicável, assegurando a prevenção de não conformidades em auditorias legais (Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho; Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro).

Propor medidas técnicas e operacionais, baseadas em boas práticas e evidência científica, para mitigar a contaminação ambiental e proteger a saúde e segurança dos trabalhadores expostos a resíduos perigosos contendo POPs, promovendo a melhoria contínua da gestão de resíduos perigosos em postos de abastecimento de combustíveis (Guillotín; Delcourt, 2022; Kumar et al., 2022).

#### **1.4. Justificação e Relevância**

A crescente regulação internacional e europeia dos POPs, nomeadamente através da Convenção de Estocolmo, de 22 de maio de 2001 e da Convenção de Basileia, de 21 de março de 1989 e do Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho, reflete a urgência de controlar estas substâncias em diversos setores. Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, conjugado com a norma ISO 14001:2015, estabelece o quadro normativo para uma gestão ambiental responsável, impondo obrigações rigorosas sobre o tratamento e a eliminação de resíduos contendo POPs.

A presente investigação reveste-se de especial importância por focar um sector onde as práticas de gestão ainda se encontram pouco sistematizadas no que diz respeito aos POPs. Ao abordar especificamente os resíduos gerados nos postos de abastecimento de combustíveis, e ao incluir análises laboratoriais para identificar POPs em resíduos dos sistemas de SHC, este estudo preenche uma lacuna relevante no conhecimento aplicado, contribuindo tanto para a ciência como para a prática industrial.

Espera-se que os resultados obtidos possam apoiar operadores de postos de abastecimento de combustíveis, autoridades reguladoras e técnicos ambientais na identificação de riscos, melhoria de práticas e adoção de medidas preventivas mais eficazes e alinhadas com a legislação em vigor.



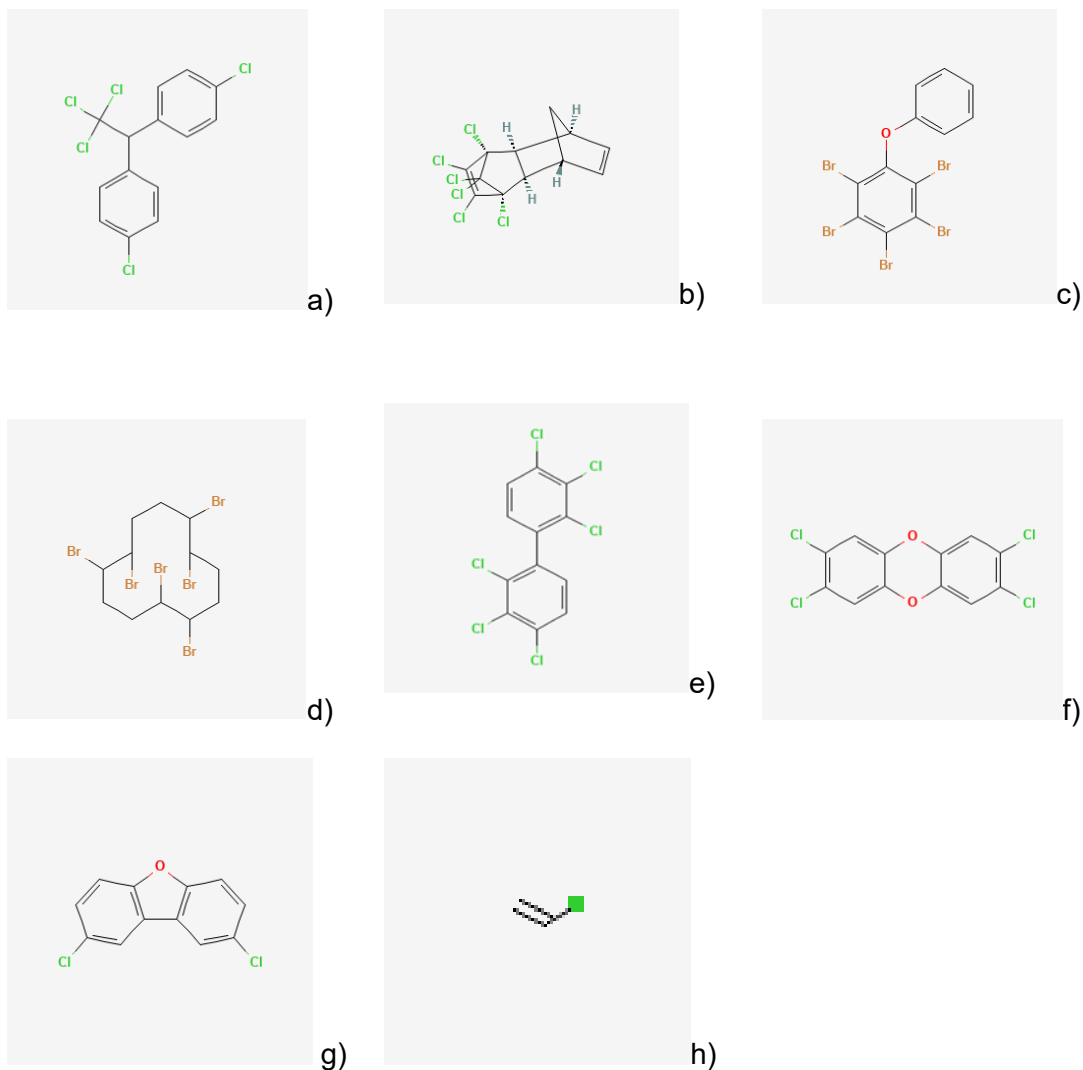
## 2. Poluentes Orgânicos Persistentes

### 2.1. Definição, propriedades e efeitos na saúde pública e ambientais

Os POPs são compostos químicos orgânicos sintéticos caracterizados pela sua elevada estabilidade molecular, que lhes permite resistir à degradação física, química e biológica natural. Esta persistência resulta numa permanência prolongada no ambiente, frequentemente por várias décadas após a sua libertação (UNEP, 2019; Devendrapandi et al., 2024).

Os POPs podem ter origem em fontes intencionais e não intencionais. As fontes intencionais referem-se à produção deliberada de compostos, como pesticidas organoclorados (ex.: Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT), Aldrina), retardadores de chama bromados (Éteres de Difenila Polibromados (PBDE), Hexabromociclododecano (HBCD)) e bifenilos policlorados (PCB), amplamente usados em aplicações industriais e agrícolas (UNEP, 2019; Devendrapandi et al., 2024).

Por outro lado, as fontes não intencionais incluem subprodutos da combustão e de processos industriais, como as dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) e os dibenzofuranos policlorados (PCDF), vulgarmente conhecidos como dioxinas e furanos (ASAE, s.d.), formados durante a incineração de resíduos, a queima de plásticos clorados (como o PVC) e em operações metalúrgicas (Mykhailenko et al., 2024). As estruturas químicas destes POPs estão apresentadas na Figura 2.1.



**Figura 2.1** - Estruturas químicas de: a) DDT, b) Aldrina, c) PBDE, d) HBCD, e) PCB, f) PCDD, g) PCDF e h) PVC. Fonte: PUBCHEM. Open Chemistry Database, 2025.

As suas propriedades físico-químicas favorecem a volatilização e o transporte a longa distância, permitindo que se depositem em ecossistemas remotos, como regiões polares e oceanos, longe das suas fontes originais de emissão (AMAP, 2016). Nos organismos vivos, os POPs bioacumulam-se nos tecidos lipídicos e biomagnificam-se ao longo da cadeia alimentar, afetando especialmente os predadores de topo, incluindo o ser humano (HSU et al, 2020).

Os efeitos tóxicos dos POPs são amplamente documentados e incluem disfunções endócrinas, neurotoxicidade, imunossupressão, alterações reprodutivas e potencial carcinogénico (Guillotín; Delcourt, 2022). Em termos ambientais, os POPs contaminam solos, águas e ar, provocando perturbações nos ecossistemas, como a redução da biodiversidade e o comprometimento da reprodução de espécies (Silva et al., 2007).

A principal via de exposição humana aos POPs é a via alimentar, representando mais de 90% da carga total, sobretudo através do consumo de produtos de origem animal contaminados, como peixes, laticínios e carnes com elevado teor de gordura (WHO, 2004). A inalação de partículas e vapores contaminados em zonas urbanas e industriais constitui também uma via de exposição relevante. As exposições de carácter ocupacional e residencial, que afetam trabalhadores e comunidades próximas de áreas industriais, representam igualmente um risco significativo (Bila & Dezotti, 2007).

Para além destas vias, importa destacar que os POPs têm a capacidade de atravessar a barreira placentária durante a gestação, atingindo diretamente o feto em desenvolvimento. Estes compostos acumulam-se também no tecido adiposo materno e são subsequentemente excretados através do leite materno, constituindo uma fonte adicional de exposição para os lactentes. Tanto o feto, como o recém-nascido encontram-se em fases críticas do seu desenvolvimento, sendo especialmente suscetíveis aos efeitos tóxicos destes contaminantes, nomeadamente no que respeita ao neuro desenvolvimento e à função imunológica (WHO, 2004).

Os efeitos adversos associados à exposição aos POPs incluem desregulação endócrina, neurotoxicidade, imunotoxicidade, carcinogenicidade e distúrbios metabólicos. Estudos científicos têm associado estes compostos ao desenvolvimento de doenças crónicas como a síndrome metabólica, défices cognitivos, maior suscetibilidade a infeções, bem como ao aumento do risco de certos tipos de cancro e de doenças neurodegenerativas, como a Doença de Parkinson (Weisskopf et al., 2010).

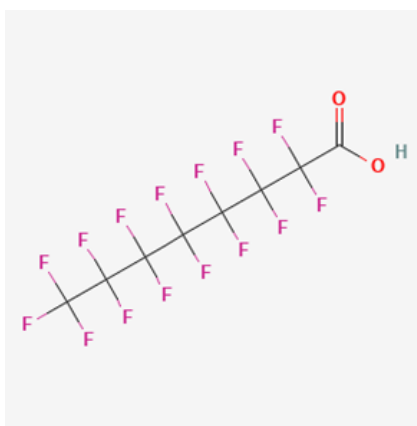
Os POPs exercem um impacto significativo sobre os ecossistemas terrestres e aquáticos, principalmente através da contaminação do solo, da água e dos sedimentos. Devido às suas propriedades físico-químicas, estes compostos apresentam elevada estabilidade e baixa solubilidade em água, o que favorece a sua forte adsorção à matéria orgânica presente nos solos e nos ambientes aquáticos, bem como a sua acumulação nos sedimentos (Silva et al., 2007; Devendrapandi et al., 2024).

No ambiente uma das consequências mais preocupantes da presença de POPs é o fenómeno da biomagnificação. À medida que estes compostos passam de um nível trófico para outro ao longo da cadeia alimentar, a sua concentração aumenta progressivamente, atingindo níveis particularmente elevados nos predadores de topo, como mamíferos marinhos, aves de rapina e grandes peixes predadores. Estes organismos, situados no topo das cadeias alimentares, são especialmente vulneráveis aos efeitos cumulativos e tóxicos dos POPs.

Entre os principais impactos observados destacam-se as perturbações endócrinas, que afetam o equilíbrio hormonal dos animais, comprometendo funções vitais como o crescimento, o metabolismo e a reprodução. Verificam-se ainda efeitos imunotóxicos, que reduzem a capacidade de resposta do sistema imunitário, aumentando a suscetibilidade a doenças. Estes efeitos combinados têm sido associados a fenômenos de declínio populacional em várias espécies selvagens, colocando em risco a biodiversidade e o equilíbrio ecológico de diversos habitats (WHO, 2004).

## 2.2. Substâncias Per- e Polifluoroalquiladas e Ácido Perfluorooctanóico

As substâncias per- e polifluoroalquiladas - PFAS, incluindo o ácido perfluorooctanosulfônico - PFOS e ácido perfluoro-octanoico - PFOA, são compostos químicos sintéticos introduzidos no mercado a partir da década de 1950, ilustrados em estrutura química na Figura 2.2. A sua principal característica reside na presença de ligações carbono-flúor, uma das mais fortes da química orgânica, conferindo-lhes propriedades como resistência térmica, estabilidade química, repelência a água e óleo, e baixa inflamabilidade (OECD, 2021; ECHA, 2023). Estas características explicam a sua ampla utilização em setores industriais e de consumo, desde espumas anti-incêndio, revestimentos impermeáveis e lubrificantes técnicos, até produtos de limpeza industrial.



**Figura 2.2** - Estruturas químicas representativas das substâncias per- e polifluoroalquiladas (PFAS).

Fonte: PUBCHEM. Open Chemistry Database, 2025.

Nos postos de abastecimento de combustíveis, os PFAS podem ser introduzidos de forma indireta e difusa. Entre os principais vetores de contaminação destacam-se:

- Espumas AFFF (Aqueous Film Forming Foam) utilizadas em sistemas de combate a incêndio, cuja formulação clássica contém PFOS ou PFOA, devido à

sua alta eficácia na supressão de incêndios com combustíveis líquidos (Blake & Fenton, 2020);

- Produtos de limpeza fluorados aplicados em equipamentos, chassis ou superfícies;
- Escorrência de contaminantes transportados passivamente por viaturas, através de pneus, carroçarias e cargas contaminadas com resíduos industriais, pesticidas ou solventes fluorados (US EPA, 2022; OECD, 2024).

Estes compostos, ao infiltrarem-se nos sistemas de drenagem e nas águas residuais provenientes das zonas de lavagem e das áreas de tráfego, são retidos parcialmente pelos sistemas de SHC, onde podem ser identificados mesmo em níveis muito baixos ( $\mu\text{g/L}$ ).

Do ponto de vista toxicológico, os efeitos adversos associados à exposição aos compostos perfluorados, nomeadamente o ácido perfluorooctanoico (PFOA) e o sulfonato de perfluorooctano (PFOS), estão amplamente documentados na literatura científica e representam uma preocupação significativa para a saúde pública. Estes compostos, pertencentes ao grupo das substâncias per- e polifluoroalquiladas (PFAS), são extremamente persistentes no ambiente e no organismo humano, apresentando meias-vidas biológicas longas, o que favorece a sua bioacumulação ao longo do tempo.

A exposição crónica ao PFOS e ao PFOA, mesmo em concentrações relativamente baixas, tem sido associada a uma variedade de efeitos tóxicos em diferentes sistemas biológicos. Entre os principais efeitos adversos identificados destacam-se:

- **Disfunções endócrinas**, incluindo alterações na regulação hormonal, que podem interferir com o funcionamento normal da tiroide, do sistema reprodutor e do metabolismo;
- **Hepatotoxicidade**, evidenciada por alterações nos níveis de enzimas hepáticas e danos na estrutura e função do fígado;
- **Imunotoxicidade**, com impacto negativo sobre a resposta imunitária, resultando numa maior suscetibilidade a infeções e menor eficácia vacinal;
- **Infertilidade**, tanto em homens como em mulheres, devido a alterações hormonais e na qualidade do esperma e dos óvulos;
- **Aumento do risco de desenvolvimento de determinados tipos de cancro**, nomeadamente do rim e do testículo, como evidenciado por estudos epidemiológicos em populações expostas (ATSDR, 2021; Grandjean & Clapp, 2015; Blake & Fenton, 2020).

Além destes efeitos, há também indícios de que a exposição precoce (durante a gravidez ou a infância) possa ter consequências a longo prazo, afetando o desenvolvimento neurológico e aumentando o risco de doenças metabólicas e autoimunes. A combinação da toxicidade destes compostos com a sua ubiquidade no ambiente e nos produtos de uso diário torna-os uma preocupação crescente no domínio da saúde ambiental e da regulação química.

Devido a estas propriedades, a sua deteção — ainda que residual — justifica a inclusão sistemática destes parâmetros nos planos de monitorização ambiental em postos de abastecimento de combustíveis com elevada rotatividade de veículos e elevada frequência de lavagem.

A mobilidade dos PFAS no ambiente e o seu transporte difuso são amplamente reconhecidos como mecanismos eficazes de disseminação. Estas substâncias resistem aos tratamentos convencionais de águas residuais, podem infiltrar-se no solo e atingir os aquíferos, persistindo durante décadas e comprometendo ecossistemas aquáticos sensíveis (US EPA, 2022; OECD, 2024). O risco ecológico é agravado pela bioacumulação em organismos aquáticos, com potenciais efeitos disruptivos em cadeias tróficas e na biodiversidade local.

Apesar da crescente pressão regulatória para restringir ou eliminar os PFAS — como preconizado pelo Regulamento (UE) n.º 2019/1021 e pela proposta de restrição global em análise pela ECHA, a sua substituição continua a ser tecnicamente complexa e economicamente dispendiosa.

No caso específico das espumas AFFF, utilizadas em situações críticas de emergência, as alternativas sem fluoretos (fluorine-free foams – FFF) ainda não oferecem o mesmo desempenho em termos de cobertura, tempo de extinção e fiabilidade em incêndios com líquidos inflamáveis (ECHA, 2023; OECD, 2024). Além disso:

- exigem requalificação completa dos sistemas;
- impõem processos rigorosos de descontaminação para evitar contaminações cruzadas;
- e nem sempre garantem isenção total de PFAS, pois algumas alternativas contêm compostos fluorados de nova geração, também sob avaliação toxicológica.

Em instalações já em operação, a substituição de produtos que contenham PFAS representa uma intervenção complexa, exigindo:

- desmontagem de sistemas existentes;
- descarte técnico e regulamentado dos resíduos fluorados;
- e implementação de novos protocolos de segurança e controle de qualidade.

Na prática, muitas empresas do setor incluindo operadores de postos de combustível enfrentam dificuldades operacionais e financeiras para cumprir de forma imediata as exigências regulatórias, especialmente na ausência de substitutos equivalentes. Assim, a abordagem mais eficaz no curto prazo passa pela prevenção da introdução de contaminantes externos, reforço da monitorização ambiental contínua e avaliação dos riscos de forma individualizada, conforme preconizado pelas boas práticas europeias de gestão ambiental (US EPA, 2022).

### **2.3. Diretrizes para a Gestão de Resíduos Contendo Poluentes Orgânicos Persistentes**

A gestão adequada de resíduos contendo POPs é fundamental para minimizar os riscos ambientais e à saúde humana associados a estas substâncias. As Convenções Internacionais de Estocolmo (2001) e Basileia (1989) fornecem um quadro normativo conjunto, que estabelece critérios rigorosos para a destruição ou transformação irreversível dos POPs presentes nos resíduos, garantindo assim a eliminação das suas propriedades perigosas (Convenção de Estocolmo, 2001; Convenção da Basileia, 1989).

Com base nesses compromissos internacionais, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente UNEP elaborou orientações técnicas específicas para a gestão ambiental adequada desses resíduos. Destaca-se o documento intitulado General Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs) (UNEP, 2019), que oferece um guia detalhado sobre as melhores práticas e desafios críticos nesta área.

Entre os problemas enfatizados no guia UNEP, ressalta-se a contaminação involuntária de plásticos reciclados, que ocorre quando resíduos contendo POPs não são eficazmente tratados, resultando na introdução dessas substâncias em novos produtos plásticos e perpetuando seu ciclo ambiental (UNEP, 2019). Esta constatação sublinha a importância da identificação rigorosa e da segregação na origem dos resíduos contendo POPs, para impedir a contaminação cruzada durante os processos de reciclagem.

A tipologia dos resíduos que contêm POPs é ampla e inclui resíduos sólidos e líquidos provenientes de produtos contaminados, materiais de construção isolantes contendo HBCD, plásticos com retardadores de chama bromados, solventes contaminados, entre outros. A metodologia recomendada para a sua gestão envolve a caracterização e classificação precisa dos resíduos para garantir a adequação dos processos de tratamento:

- Aplicação de tecnologias de destruição eficazes, como incineração a altas temperaturas e destruição térmica por plasma, que asseguram a transformação irreversível dos compostos POPs, conforme preconizado pela Convenção de Estocolmo e regulamentação europeia (Regulamento UE 2019/1021);
- Monitorização contínua dos fluxos de resíduos e dos impactes ambientais, para garantir a conformidade legal e prevenir a contaminação ambiental.

Portanto, a aplicação rigorosa destas diretrizes, fundamentada em evidências científicas e melhores práticas internacionais, deste modo o ANEXO IV do Regulamento UE 2019/1021, constitui um elemento central para a gestão sustentável de resíduos contendo POPs, assegurando a proteção da saúde humana e dos ecossistemas frente aos riscos associados a esses poluentes.

#### **2.4. Classificação de resíduos perigosos com ênfase nos POPs**

Em ambientes urbanos e industriais, a ocorrência de POPs está associada a resíduos sólidos e líquidos contaminados, produtos descartados (como isolamentos com HBCD e plásticos com retardadores de chama bromados) e emissões atmosféricas provenientes da incineração e/ou de processos de reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (Çetin & Demirci, 2024).

No contexto português, a caracterização dos resíduos contendo POPs é realizada com base na Lista Europeia de Resíduos (LER), estabelecida pela Decisão 2014/955/UE, da Comissão, de 18 de dezembro, complementada por regulamentos nacionais e europeus que estabelecem critérios para a sua gestão ambiental segura (Decreto-Lei n.º 102-D/2020; Regulamento (UE) 2019/1021). Estes instrumentos legais visam garantir a destruição ou transformação irreversível dos POPs, impedindo a contaminação secundária, como ocorre com a reciclagem de plásticos contaminados.

A presença de POPs em determinados resíduos gerados em postos de abastecimento de combustíveis representa um risco ambiental e de saúde pública relevante. Resíduos como óleos usados, embalagens contaminadas com solventes e

panos impregnados com substâncias perigosas podem conter POPs e devem ser devidamente classificados como perigosos.

A classificação e codificação segundo a LER, aliada à avaliação laboratorial, permite determinar se um resíduo contém POPs e, conseqüentemente, qual o destino ambiental adequado. As diretrizes emanadas das Convenções de Estocolmo e Basileia, bem como os guias técnicos do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA), estabelecem critérios de concentração-limite, métodos de amostragem e tecnologias de destruição ou transformação irreversível destes poluentes (UNEP, 2019).

## **2.5. Tecnologias de tratamento e gestão de resíduos com POPs**

Os resíduos contendo POPs apresentam elevada estabilidade química e toxicidade, razão pela qual não podem ser eliminados por métodos convencionais de deposição em aterro. O seu encaminhamento exige a utilização de tecnologias que assegurem a destruição total ou a transformação irreversível em substâncias não perigosas. Entre as técnicas mais consolidadas encontram-se: a incineração a alta temperatura ( $\geq 1\ 100$  °C), amplamente aplicada a resíduos líquidos e sólidos contaminados com pesticidas, PCB ou retardadores de chama; o plasma térmico, capaz de destruir moléculas complexas a temperaturas superiores a 3 000 °C; e os processos químicos avançados, como a oxidação húmida supercrítica, particularmente adequada para certos tipos de resíduos líquidos. Todas estas tecnologias devem cumprir os requisitos estabelecidos nas diretrizes internacionais do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), nomeadamente em termos de eficiência de destruição e de minimização de emissões secundárias (UNEP, n.d).

Na Europa e fora dela, diversas empresas já aplicam estas tecnologias de forma consolidada, em unidades industriais licenciadas e em conformidade com a legislação vigente. Estas organizações representam casos relevantes que permitem compreender não apenas a viabilidade técnica dos processos, mas também as vantagens associadas a cada abordagem. A seguir, apresentam-se alguns exemplos nacionais e internacionais que possibilitam uma análise comparativa.

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 3/2004, de 3 de janeiro estabelece o regime jurídico dos Centros Integrados de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos Perigosos (CIRVER), regulamentando o tratamento de resíduos perigosos, incluindo POPs. Atualmente, existem dois CIRVER licenciados – ECODEAL e SISAV – situados na Chamusca, cujas licenças de exploração foram prorrogadas pela Agência

Portuguesa do Ambiente (APA), estando ambos aptos a utilizar processos físico-químicos, biológicos e, quando não viáveis outras alternativas, incineração para garantir a destruição completa dos POPs. Paralelamente, operadores privados como a Veolia Portugal e a EGEO (via SISAV) dispõem de licenças ambientais específicas para transporte, triagem, valorização e eliminação de resíduos perigosos por incineração ou co-incineração. Tais atividades são sujeitas a licenciamento pela APA, através do Regime de Licenciamento Único de Ambiente (LUA) – (Decreto-Lei n.º 75/2015, de 11 de maio), garantindo avaliações ambientais rigorosas e a conformidade com os normativos nacionais e europeus relativos à destruição segura das substâncias tóxicas e persistentes (Decreto-Lei n.º 273/98, de 2 de setembro; Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de abril; Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho).

Séché Environnement (Trédi), França - A unidade do grupo Séché Environnement, operando sob o nome Trédi em Saint-Vulbas, França, é especializada no tratamento e destruição de bifenilos policlorados (PCBs) em transformadores e óleos contaminados. A instalação foi inaugurada em 1996 como resposta à necessidade crescente de destruição segura destes compostos, em conformidade com a legislação europeia. O processo utiliza incineração de alta temperatura, associada a sistemas de filtragem avançados, garantindo a destruição irreversível dos PCBs. A principal vantagem deste método é a completa mineralização dos contaminantes, com controlo rigoroso de emissões e rastreabilidade documental (SÉCHÉ ENVIRONNEMENT, 2023).

Fortum Waste Solutions, Finlândia e Dinamarca - A Fortum Waste Solutions iniciou operações em incineração de resíduos perigosos na década de 1980, em Riihimäki, Finlândia. Em 2008, inaugurou em Nyborg, Dinamarca, um moderno forno rotativo, que mais recentemente passou a integrar projetos-piloto de captura de carbono (CCS). As instalações operam a temperaturas superiores a 1100 °C, assegurando a destruição de compostos persistentes, como dioxinas, furanos e substâncias perfluoroalquiladas (PFAS). A vantagem competitiva do modelo da Fortum reside na integração entre destruição de POPs e mitigação de emissões de CO<sub>2</sub>, antecipando requisitos regulatórios mais restritivos no contexto europeu (FORTUM, 2024).

Indaver, Bélgica opera desde a década de 1970 instalações de incineração rotativa para resíduos perigosos na região de Antuérpia. A partir dos anos 2000, reforçou sua atuação no tratamento de POPs, com ênfase na destruição de PFAS. Os fornos rotativos da empresa possuem câmaras de pós-combustão e sistemas avançados de depuração de gases, assegurando a destruição quase completa dos poluentes. A vantagem técnica do processo está na flexibilidade operacional, permitindo o tratamento de resíduos em diferentes estados físicos (líquidos, sólidos e lodos), com monitorização contínua das emissões em conformidade com a legislação da União Europeia (INDAVER, 2023).

Veolia / SARP, Europa, por meio da sua rede SARP, opera diversas unidades de incineração de resíduos perigosos desde a década de 1970. Os sistemas utilizam a chamada tecnologia BTI (Best Technical Incineration), que combina câmaras de combustão primária e secundária a temperaturas superiores a 1 100 °C, associadas a filtros de alta eficiência. Os benefícios desta abordagem incluem a escala operacional, a rastreabilidade documental e a centralização dos serviços, garantindo cumprimento das normas comunitárias aplicáveis a resíduos contendo POPs (VEOLIA, 2024).

JESCO (Japan Environmental Storage & Safety Corporation), Japão. A JESCO foi fundada em 1955 e, entre as décadas de 1980 e 1990, estruturou uma rede de cinco instalações regionais dedicadas exclusivamente ao tratamento de resíduos contendo PCB. Estas unidades aplicam incineração controlada, com monitorização em tempo real da presença de PCBs e emissão de certificados digitais de destruição. A estratégia descentralizada de implantação proporciona menores custos logísticos e maior rapidez na resposta a emergências ambientais, além de reforçar a confiança pública através da transparência das operações (JESCO, 2023).

Clean Harbors, Estados Unidos e Canadá, fundada em 1980, a Clean Harbors expandiu suas atividades e, em 1995, já operava instalações dedicadas ao tratamento de resíduos perigosos em El Dorado (Arkansas, EUA) e Lambton (Ontário, Canadá). Os sistemas utilizam fornos rotativos de alta temperatura e câmaras de pós-combustão, atendendo às normas da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e do Environment Canada. A vantagem destas unidades está na capacidade de processar grandes volumes de resíduos e na oferta de soluções integradas — desde coleta, transporte, até a emissão do certificado final de destruição (CLEAN HARBORS, 2024).

A análise dos casos demonstra que o tratamento de POPs em resíduos perigosos constitui um setor consolidado, com práticas técnicas avançadas em diferentes continentes. Apesar das diferenças regionais, a análise da Tabela 2.1 nos mostra que a incineração em alta temperatura com controlo de emissões surge como a tecnologia mais comum e eficaz. Exemplos como os da Fortum destacam a inovação ao integrar captura de carbono, enquanto a Indaver e a Veolia reforçam a confiabilidade pela escala e pela flexibilidade de processos. Já a JESCO e a Clean Harbors evidenciam a importância da descentralização e da integração logística, respetivamente. Estes modelos fornecem parâmetros comparativos relevantes para o enquadramento europeu, em consonância com o Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho relativo aos POPs.

**Tabela 2.1 - Comparação Técnica e Vantagens por Caso**

<b>Empresa / Localização</b>	<b>Início das Operações</b>	<b>Tecnologia Principal</b>	<b>Vantagens Técnicas Específicas</b>
<b>Séché (Trédi) – França</b>	1996	Incineração alta temperatura + filtros	Destruição irreversível, rastreadabilidade e conformidade europeia
<b>Fortum – Finlândia / Dinamarca</b>	1980s / 2008	Fornos rotativos + CCS	Sustentabilidade (CCS), destruição de POPs, conformidade futura
<b>Indaver – Bélgica</b>	1970s / 2000s foco em POPs	Forno rotativo / pós- combustão	Flexibilidade processual, controlo contínuo, conformidade com UE
<b>Veolia (SARP) – Europa</b>	Desde 1970s	BTI (câmaras primária/secundária)	Escala operacional, rastreadabilidade documental, centralização
<b>JESCO – Japão</b>	1955 / 1980s-90s expansão	Incineração especializada	Resposta regionalizada, transparência, certificados digitais
<b>Clean Harbors – EUA/Canadá</b>	1980 / 1995 unidades	Fornos rotativos + controlo emissões	Alta capacidade, logística integrada, conformidade EPA/Canadá

## **3. Enquadramento Legal dos Poluentes Orgânicos Persistentes**

### **3.1. Legislação Internacional**

O enquadramento legal relativo aos POPs assenta em compromissos internacionais fundamentais, nomeadamente a Convenção de Estocolmo e a Convenção da Basileia, que constituem pilares essenciais na proteção da saúde humana e do ambiente.

#### **3.1.1. Convenção da Basileia**

A Convenção da Basileia, de 1989, regula o controlo dos movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e a sua eliminação, assegurando que os resíduos contendo POPs sejam geridos de forma ambientalmente adequada, evitando a sua dispersão global. A Convenção da Basileia (1989) surgiu como resposta à crescente preocupação internacional relativamente à exportação de resíduos perigosos de países desenvolvidos para países em desenvolvimento, que frequentemente não possuem capacidade técnica ou infraestrutural para assegurar o seu tratamento seguro.

Portugal ratificou a Convenção da Basileia através do Decreto n.º 37/93, de 20 de outubro, que aprovou o texto da convenção e estabeleceu as bases para a sua aplicação no ordenamento jurídico nacional, tendo entrado em vigor em 11 de maio de 1994.

A relevância desta convenção é demonstrada por diversos episódios de exportação ilegal de resíduos, que resultaram em impactos ambientais e sociais graves. Um dos casos mais mediáticos foi o da Trafigura, em 2006, quando cerca de 500 toneladas de resíduos químicos perigosos — contendo soda cáustica, hidrocarbonetos e sulfureto de hidrogénio (H<sub>2</sub>S) — foram descarregados na Costa do Marfim. Este episódio causou pelo menos 17 mortes e mais de 30 000 casos de intoxicação. Posteriormente, a empresa foi condenada a uma multa de €1 milhão por um tribunal na Holanda, além de

ser obrigada a pagar aproximadamente €35 milhões em indenizações aos afetados pelo desastre (BBC, 2025).

Situações semelhantes repetiram-se no Reino Unido, onde empresas de gestão de resíduos recorreram a práticas fraudulentas para mascarar exportações ilegais. Entre 2015 e 2021, a empresa Biffa Waste Services Ltd exportou resíduos domésticos disfarçados como papel reciclável para a China, Índia e Indonésia, resultando em multas de £350.000 (2015) e £1,5 milhões (2021) no âmbito da Proceeds of Crime Act (UK Government, 2021). Mais recentemente, em 2024, a Roydon Resource Recovery Ltd enviou 247 toneladas de plásticos sujos e resíduos contaminados para a Polónia, com multa de cerca de £870.000, dos quais £811.181 correspondentes a apreensão judicial (UK Government, 2024).

Estes exemplos evidenciam não apenas a violação recorrente da Convenção da Basileia, mas também a insuficiência de mecanismos de fiscalização e responsabilização efetiva, permitindo a repetição de práticas ilegais com consequências desproporcionais para países recetores.

Os resíduos exportados ilegalmente representam graves riscos à saúde pública e ao ambiente. No caso da Trafigura, os resíduos químicos continham soda cáustica, hidrocarbonetos e H<sub>2</sub>S, um gás altamente tóxico capaz de provocar paragem respiratória e morte mesmo em baixas concentrações. As populações expostas sofreram doenças respiratórias, queimaduras químicas e hospitalizações em massa, registando-se pelo menos 17 mortes (Minton Report, 2009).

Os casos da Biffa e da Roydon mostram riscos menos imediatos, mas igualmente significativos. Os resíduos domésticos mistos, incluindo fraldas usadas, cabos elétricos, roupas contaminadas e plásticos, apresentam:

- Riscos químicos – presença de metais pesados e compostos orgânicos voláteis (COV);
- Riscos biológicos – proliferação de agentes patogénicos em resíduos orgânicos;
- Riscos físicos – degradação ou sobrecarga de infraestruturas de gestão de resíduos.

Do ponto de vista ambiental, estes resíduos têm elevado potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas, afetando ecossistemas locais e a segurança hídrica das comunidades (UK Government, 2021).

Em síntese, tanto os resíduos químicos do caso Trafigura como os resíduos domésticos dos casos Biffa e Roydon funcionam como vetores de desigualdade ambiental, transferindo riscos e passivos para países recetores que, na maioria das vezes, não dispõem de capacidade técnica ou infraestrutural adequada.

Estas práticas configuram violações ambientais graves e evidenciam a necessidade de reforço na fiscalização, responsabilização efetiva e cooperação internacional, pilares centrais da Convenção da Basileia. Para além da cooperação internacional, é essencial promover a gestão autónoma e próxima do local de produção, garantindo que os resíduos sejam tratados em instalações adequadas e licenciadas. Esta abordagem reforça a autossuficiência dos sistemas nacionais, reduzindo riscos associados ao transporte transfronteiriço e assegurando maior controlo ambiental e proteção das comunidades (Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro).

### **3.1.2. Convenção de Estocolmo**

A Convenção de Estocolmo, adotada em 2001 e ratificada por Portugal em 2004 (Decreto-Lei n.º 15/2004, de 3 de junho), visa eliminar ou restringir a produção e utilização de POPs, reconhecendo o seu elevado potencial de bioacumulação, persistência no ambiente e efeitos tóxicos. Estes compostos químicos caracterizam-se por serem altamente tóxicos, persistentes no ambiente, bioacumuláveis e com potencial de transporte a longa distância, representando riscos significativos para a saúde humana e os ecossistemas (UNEP, 2001).

A convenção impõe obrigações legais para a identificação, registo e eliminação de substâncias constantes dos seus anexos. Além disso, estabelece medidas para a gestão segura de resíduos contendo POPs, incluindo o transporte internacional, e prevê a assistência técnica e financeira a países em desenvolvimento para facilitar a implementação das suas disposições (UNEP, 2001).

Desde a sua entrada em vigor, a Convenção tem sido fundamental na redução global dos POPs, com a inclusão progressiva de novas substâncias nos seus anexos, com base em critérios científicos rigorosos estabelecidos pelo Comité de Revisão de POPs (POPRC). A adesão de Portugal à convenção reflete o seu compromisso com a proteção ambiental e a saúde pública, alinhando-se com os objetivos globais de eliminação de substâncias químicas perigosas (UNEP, 2001).

### **3.2. Legislação Europeia**

A legislação europeia relativa aos POPs e à gestão de resíduos perigosos está estruturada em diversos instrumentos normativos que se complementam entre si, assegurando uma abordagem integrada e coerente.

O Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho, estabelece as regras para a proibição, restrição, utilização e eliminação de POPs, em conformidade com os compromissos assumidos na Convenção de Estocolmo. Este regulamento define os limites legais de concentração que determinam a classificação e o tratamento adequado de resíduos que contenham POPs, contribuindo para a proteção da saúde humana e do ambiente.

Complementarmente, a Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro de 2008, consagra os princípios fundamentais da política europeia de gestão de resíduos, nomeadamente a hierarquia de resíduos, a responsabilidade alargada do produtor e a definição de resíduo perigoso. Esta diretiva prevê ainda a elaboração de planos e programas nacionais de gestão de resíduos, como instrumentos essenciais para a implementação eficaz das suas disposições.

No que respeita às substâncias químicas, o Regulamento REACH (Regulamento (CE) n.º 1907/2006) impõe a obrigatoriedade de registo e avaliação dessas substâncias, incluindo os POPs, com implicações diretas para os produtores e importadores. Este regulamento visa garantir um elevado nível de proteção da saúde humana e do ambiente, promovendo simultaneamente a livre circulação de substâncias no mercado europeu.

Adicionalmente, a Diretiva 2008/1/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de janeiro de 2008, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição e o Regulamento (CE) 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2008, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, estabelecem critérios específicos para o funcionamento de instalações industriais e para a classificação e rotulagem de substâncias perigosas, respetivamente. Estes instrumentos legais asseguram que as atividades industriais que envolvem substâncias perigosas sejam devidamente controladas e que os produtos químicos sejam corretamente identificados e comunicados ao longo da cadeia de abastecimento.

### **3.3. Legislação portuguesa**

A legislação portuguesa relativa à gestão de resíduos e à proteção ambiental está alinhada com os princípios europeus, sendo transposta e adaptada através de diversos diplomas que regulam de forma específica as obrigações nacionais.

O Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, estabelece o regime geral de gestão de resíduos em Portugal, transpondo para o ordenamento jurídico nacional a Diretiva (2008/98/CE. Este diploma introduz o conceito de "subproduto", definindo critérios para a sua distinção face ao resíduo, e estabelece normas rigorosas para a classificação e tratamento de resíduos perigosos, reforçando a responsabilidade dos operadores e a rastreabilidade dos fluxos de resíduos.

No contexto das infraestruturas de abastecimento de combustíveis, os postos de abastecimento de combustíveis estão sujeitos ao cumprimento das disposições do Decreto-Lei n.º 267/2002, que regula aspetos técnicos e ambientais, nomeadamente a obrigatoriedade de instalação de SHC, o correto armazenamento de resíduos e a implementação de medidas eficazes para a prevenção de derrames, garantindo a proteção dos solos e dos recursos hídricos.

A nível estratégico, Portugal dispõe de instrumentos de planeamento que orientam a política nacional de resíduos. O Plano Nacional de Gestão de Resíduos - PNGR (2020–2026), define os objetivos e metas para a gestão sustentável dos resíduos, promovendo a prevenção, reutilização e valorização. Complementarmente, o Plano de Ação para a Economia Circular – PAPERSU, que reforça a transição para modelos circulares, incentivando a eficiência no uso de recursos. Por sua vez, a Estratégia Nacional para os Resíduos Perigosos – ENRP que estabelece diretrizes específicas para a gestão segura e ambientalmente adequada deste tipo de resíduos, assegurando a proteção da saúde pública e do ambiente.

### **3.4. Entidades competentes e fiscalização**

Em Portugal, a fiscalização e regulação da gestão de resíduos perigosos é assegurada por diversas entidades com competências específicas. A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) atua como autoridade nacional em matéria ambiental, sendo responsável pela definição de políticas e diretrizes de gestão de resíduos (Agência Portuguesa do Ambiente, 2023).

A Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT) supervisiona a conformidade legal das atividades, promovendo inspeções e aplicando sanções em caso de incumprimento (IGAMAOT, 2024).

As Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) desempenham um papel regional na coordenação, acompanhamento e fiscalização das instalações de gestão de resíduos, conforme estabelecido no Decreto-Lei n.º 36/2023 (CCDR, 2023).

Em conjunto, estas entidades asseguram a emissão de licenças, a monitorização de passivos ambientais e a aplicação de medidas corretivas quando necessário, garantindo a conformidade com a legislação ambiental em vigor.

## 4. Metodologia

A abordagem metodológica adotada neste estudo foi estruturada e abrangente, composta por várias etapas com o objetivo de identificar e avaliar resíduos potencialmente contaminados com POPs em um posto de abastecimento de combustíveis, também designada como área de serviço, por fornecer e disponibilizar serviços adicionais ao abastecimento de veículos. Uma área de serviço típica é responsável por um vasto leque de atividades, que incluem o fornecimento de combustíveis, a lavagem de veículos e pequenas reparações. A escolha deste tipo de estabelecimento justifica-se pela diversidade dos processos envolvidos, o que aumenta a complexidade e o risco de geração de resíduos contaminados com POPs. O processo foi dividido em duas partes principais: a análise das práticas operacionais e de gestão e a avaliação dos resíduos produzidos.

A fase inicial consistiu na análise das metodologias operacionais e de gestão, com especial enfoque nas percepções da gestão de topo e do pessoal relativamente às atividades realizadas na instalação e à gestão e eliminação dos resíduos, com destaque para aqueles que poderiam estar contaminados por POPs. Através da combinação de observações diretas e de uma análise documental minuciosa dos procedimentos, foi possível obter uma compreensão mais aprofundada das metodologias empregues na estação, bem como identificar eventuais falhas na gestão dos resíduos.

A segunda etapa consistiu num levantamento dos resíduos produzidos, recorrendo a uma combinação de abordagens qualitativas e quantitativa. A primeira abordagem consistiu na análise das Fichas de Dados de Segurança (FDS) dos produtos utilizados na área de serviço, com o objetivo de identificar aqueles que poderiam conter compostos classificados como POPs. A abordagem quantitativa envolveu a recolha de dados sobre o volume de resíduos gerados por cada atividade, permitindo assim quantificar a produção de resíduos com o acréscimo de uma análise laboratorial aos resíduos dos sistemas SHC em laboratório acreditado.



## 5. Área de Serviço

### 5.1. Caracterização de um posto de abastecimento

Os postos de abastecimento de combustíveis exercem um papel essencial na distribuição de combustíveis, como gasolina, gasóleo e gás de petróleo liquefeito - GPL que é utilizado como um combustível alternativo em veículos adaptados para funcionar com este tipo de energia, atualmente os postos de abastecimento de combustíveis também disponibilizam carregadores elétricos, de forma a responder à crescente procura e às necessidades associadas aos veículos híbridos e elétricos. Para além disso, oferecem ainda serviços complementares que visam proporcionar maior comodidade e conveniência aos utilizadores, como lojas de conveniência, lavagem automóvel, aspiração, calibração de pneus e assistência. Para um funcionamento eficaz e seguro, seguem-se protocolos operacionais rigorosos, que abrangem desde o abastecimento de veículos até à gestão de resíduos e medidas de controlo ambiental (Decreto-Lei n.º 267/2002; DGEG, 2024).

O posto de abastecimento modelo, que será objeto deste estudo está inserido numa área de serviço típica, em uma autoestrada em Lisboa com grande área de circulação caracterizando-se assim uma área de serviço típica e que integra múltiplas atividades relacionadas com o abastecimento de combustíveis, lavagem de veículos, manutenção automóvel e comércio associado, nomeadamente loja de conveniência e cafetaria. A localização estratégica junto a uma via rodoviária com elevado tráfego rodoviário, o que reforça a sua relevância como caso de estudo para a adequada gestão dos resíduos gerados.

A infraestrutura compreende ilhas de abastecimento com tanques subterrâneos, zona de lavagem equipada com SHC, oficinas para manutenção e reparação de veículos, ilha de ar e água, bem como áreas comerciais. A diversidade de operações confere complexidade à gestão ambiental e eleva o risco de geração de resíduos contaminados, nomeadamente por POPs.

O combustível é fornecido por distribuidores licenciados, sendo transportado em caminhões-tanque até aos tanques subterrâneos dos postos. Estes tanques estão obrigatoriamente equipados com sistemas de monitorização, de forma a prevenir derrames e contaminações do solo e das águas subterrâneas.

A manutenção periódica dos sistemas de armazenamento é essencial para garantir a integridade dos equipamentos. A legislação nacional, como o Decreto-Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro, obriga à verificação da estanquidade e ao cumprimento das normas ambientais europeias sobre substâncias perigosas.

O abastecimento de veículos constitui a principal atividade dos postos de abastecimento de combustíveis. Este processo inicia-se com a chegada dos consumidores, que selecionam o tipo de combustível desejado. O abastecimento é realizado por bombas equipadas com sistemas de medição certificados, sendo que os clientes devem verificar o volume abastecido e o respetivo custo antes de concluir a operação

A segurança durante o abastecimento é assegurada por normas específicas, como o Decreto-Lei n.º 267/2002, que regula a segurança em instalações de armazenagem de produtos petrolíferos, e por sistemas de deteção de fugas, procedimentos de emergência e sinalização adequada para mitigar riscos de incêndio e contaminação (DGEG, 2024).

Muitos postos usam tecnologias conhecidas como “Stage II” para recolher vapores produzidos durante o abastecimento, reduzindo a emissão de compostos orgânicos voláteis (COV) no ar (Portaria n.º 131/2002, de 9 de fevereiro; Flogistix, 2024).

Além da venda de combustíveis, os postos de abastecimento de combustíveis oferecem uma ampla gama de produtos e serviços, incluindo:

- Lojas de conveniência, com alimentos, bebidas, artigos automóveis e outros bens de consumo rápido;
- Serviços de manutenção, como troca de óleo e inspeção técnica periódica;
- Equipamentos de calibragem de pneus e aspiração de veículos;
- Serviços de lavagem automóvel, com opções manuais ou automáticas, incluindo sistemas de recuperação e tratamento de águas residuais.

A proteção ambiental é uma prioridade para estas infraestruturas. Estão sujeitos ao cumprimento de normas nacionais e comunitárias que exigem:

- Gestão adequada dos resíduos, com separação entre resíduos perigosos e não perigosos e encaminhamento para operadores licenciados;

- Sistemas de contenção e deteção de fugas, que impedem a libertação de hidrocarbonetos no ambiente;
- Controlo da qualidade do ar interior e monitorização de emissões atmosféricas;
- Sistemas de combate a incêndio, com extintores, sinalização e planos de emergência validados pelas autoridades competentes (DGEG, 2024).

O sucesso da operação depende de práticas de gestão eficientes, nomeadamente:

- Controlo de stocks, com registo automático do volume armazenado;
- Gestão financeira, com controlo de custos, receitas e faturação;
- Formação contínua dos trabalhadores, assegurando o cumprimento das normas de segurança e atendimento.

Inclui a recolha adequada de óleos usados, filtros, lamas de separadores, solventes e embalagens, todos sujeitos a normas ambientais específicas e destinados a corretos circuitos de valorização ou eliminação (Decreto-Lei n.º 267/2002; Portaria n.º 131/2002, de 9 de fevereiro).

É obrigatório manter os SHC, sistemas de drenagem controlada e planos de manutenção preventiva para evitar contaminações (DGEG, 2024).

As instalações licenciadas são submetidas a vistoria periódica e devem cumprir os requisitos técnicos da DGEG e da legislação aplicável (Portaria n.º 1188/2003; Decreto-Lei n.º 267/2002; DGEG, 2024).

Estes procedimentos visam garantir a segurança dos trabalhadores e utentes e prevenir a contaminação ambiental decorrente de operações rotineiras. Cumprir estes requisitos reforça a contribuição dos postos para a sustentabilidade e para a proteção dos recursos naturais.

## **5.2. Sistemas Separadores de Hidrocarbonetos**

Os SHC têm um papel central no controlo da poluição hídrica nos postos de abastecimento de combustíveis. Estes equipamentos são instalados nas zonas de lavagem e abastecimento de veículos, onde tratam as águas contaminadas com óleos, combustíveis e partículas sólidas antes da sua descarga no meio hídrico ou em redes de drenagem.

O funcionamento dos SHC baseia-se em três etapas sucessivas: remoção de sólidos grosseiros através de uma caixa de areia; separação física por diferença de densidades, onde os hidrocarbonetos flutuam e os sólidos decantam; e filtragem final da água. Esta só pode ser descarregada mediante licenciamento, nos termos do Decreto-Lei n.º 226-

A/2007, de 31 de maio e da Lei n.º 58/2005, sendo a qualidade da descarga monitorizada através de parâmetros como pH, carência química de oxigénio (CQO), sólidos suspensos totais (SST) e hidrocarbonetos totais (HT).

A manutenção dos SHC, realizada por operadores licenciados, envolve a remoção periódica das lamas e óleos acumulados, devendo estas operações ser registadas e acompanhadas da devida documentação de transporte e destino final dos resíduos perigosos (LER 13 05 07\* e 13 05 02\*).

No posto de abastecimento analisado, os SHC encontram-se instalados tanto na zona de lavagem como nas pistas de abastecimento. Estes sistemas são responsáveis pela retenção e separação de óleos, combustíveis e partículas contaminantes presentes na água proveniente das atividades operacionais, evitando a sua descarga direta nos solos ou nos sistemas hídricos.

O processo de separação ocorre em três etapas: pré-tratamento, através de uma caixa de areia que retém partículas sólidas maiores; separação física por densidade, onde os hidrocarbonetos flutuam e os sólidos mais densos se depositam; e, por fim, a filtragem e descarga da água tratada. Esta descarga carece de licenciamento, nos termos do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio e da Lei n.º 58/2005, sendo os parâmetros e frequência das análises definidos pela entidade competente. Na ausência de licença formal, recomenda-se a realização anual de análises aos parâmetros pH, Carência Química de Oxigénio (CQO), Sólidos Suspensos Totais (SST) e Hidrocarbonetos Totais (HT), conforme orientação da APA (2018).

A manutenção dos SHC é crucial para assegurar a sua eficácia, devendo incluir a remoção de óleos da superfície, limpeza das lamas decantadas e verificação periódica dos componentes do sistema. Estas operações devem ser devidamente registadas e realizadas por entidades autorizadas, garantindo o encaminhamento dos resíduos perigosos para operadores licenciados, conforme estabelecido no Regime Geral de Gestão de Resíduos (Decreto-Lei n.º 102-D/2020).

### **5.3. Produção e Gestão de Resíduos na área de serviço em análise**

Os postos de abastecimento de combustíveis, sobretudo quando integrados em áreas de serviço, são fontes relevantes de diversos tipos de resíduos, tanto perigosos como não perigosos. Estes resíduos resultam das atividades de abastecimento, manutenção automóvel, lavagem de veículos e serviços de apoio (como lojas de conveniência e cafetarias), exigindo uma gestão ambiental rigorosa.

Na área de serviço em análise, foram identificados resíduos resultantes de operações de manutenção automóvel, embalagens contaminadas, lamas de lavagens de veículos, resíduos alimentares e embalagens provenientes da loja de conveniência. Adicionalmente, os resíduos provenientes dos separadores de hidrocarbonetos (óleos/lamas e águas contaminadas) são classificados como perigosos e requerem gestão especializada (APA, 20).

Entre os resíduos mais comuns destacam-se os óleos usados, óleos e lamas do SHC, panos e absorventes contaminados com substâncias perigosas, embalagens com resíduos de produtos químicos e resíduos indiferenciados de natureza urbana.

Nos casos analisados, foram também identificados resíduos provenientes de operações de lavagem de veículos, embalagens contaminadas com óleos e combustíveis, resíduos alimentares e resíduos urbanos provenientes das lojas de conveniência. A correta identificação e separação destes materiais é essencial para garantir o encaminhamento adequado, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro que estabelece o Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR).

A classificação e segregação adequada dos resíduos perigosos é crucial para evitar a sua mistura com resíduos não perigosos, assegurar o seu transporte por operadores licenciados e garantir a rastreabilidade e conformidade com a legislação ambiental em vigor.

Os resíduos gerados incluem óleos usados, filtros, panos contaminados, lamas dos separadores de hidrocarbonetos e resíduos urbanos das lojas de conveniência e cafetarias. Estes resíduos devem ser recolhidos, separados e encaminhados para operadores licenciados, de acordo com o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, que estabelece o Regime Geral da Gestão de Resíduos (RGGR).

A Tabela 5.2 apresenta uma classificação detalhada dos resíduos gerados nos postos de abastecimento de combustíveis, incluindo a sua periculosidade.

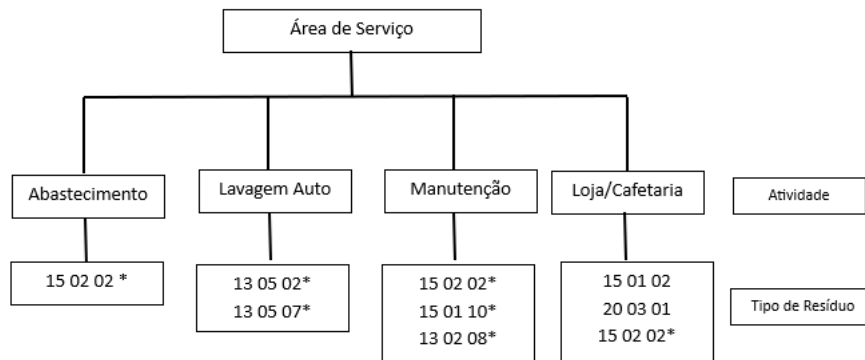
**Tabela 5.2** - Classificação detalhada dos resíduos gerados nos postos de abastecimento de combustíveis, incluindo a sua periculosidade.

<b>Código LER</b>	<b>Perigoso</b>	<b>Descrição</b>
<b>13 05 07*</b>	Sim	Água com óleo proveniente dos separadores óleo/água
<b>15 01 04</b>	Não	Embalagens de metal
<b>20 01 40</b>	Não	Metais
<b>20 03 01</b>	Não	Misturas de resíduos urbanos e equiparados
<b>16 02 14</b>	Não	Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13
<b>13 05 02*</b>	Sim	Lamas provenientes de separadores óleo/água
<b>19 08 05</b>	Não	Lamas do tratamento de águas residuais urbanas
<b>16 02 11*</b>	Sim	Equipamento fora de uso contendo clorofluorocarbonetos, HCFC, HFC
<b>20 01 36</b>	Não	Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso
<b>15 02 02*</b>	Sim	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção contaminados
<b>19 08 01</b>	Não	Gradados
<b>16 03 03*</b>	Sim	Resíduos inorgânicos contendo substâncias perigosas
<b>15 01 10*</b>	Sim	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas
<b>15 01 03</b>	Não	Embalagens de madeira
<b>20 01 23*</b>	Sim	Equipamento fora de uso contendo clorofluorocarbonetos
<b>16 02 16</b>	Não	Componentes retirados de equipamento fora de uso
<b>16 03 05*</b>	Sim	Resíduos orgânicos contendo substâncias perigosas
<b>13 02 08*</b>	Sim	Outros óleos de motores, transmissões e lubrificação
<b>15 01 02</b>	Não	Embalagens de plástico

A correta caracterização e separação desses resíduos são fundamentais para garantir a sua gestão eficiente e minimizar os impactes ambientais. A análise laboratorial é necessária para determinadas categorias de resíduos perigosos, enquanto a pesquisa bibliográfica é essencial para aprofundar o conhecimento sobre a destinação adequada de alguns materiais.

A identificação e classificação adequadas dos resíduos gerados nas diferentes áreas de um posto de abastecimento integrado numa área de serviço são fundamentais para uma gestão ambiental eficiente, que contribua para a minimização dos impactes negativos e a promoção da sustentabilidade (Decreto-Lei n.º 102-D/2020; APA, 2021).

Foram observadas as atividades desta área de serviço e, com base nessa análise, elaborou-se uma lista dos possíveis resíduos provenientes dessas atividades. Os resíduos foram classificados de acordo com a (LER), que os distingue entre perigosos e não perigosos. A documentação relativa à destinação e ao tratamento desses resíduos serviu de apoio para a elaboração de um diagrama que permite visualizar a origem dos resíduos em função de cada atividade realizada, conforme apresentado na Figura 5.3.



**Figura 5.3** - Classificação detalhada dos resíduos gerados nos postos de abastecimento de combustíveis, incluindo a sua periculosidade.

Na zona de abastecimento de veículos, os resíduos são majoritariamente provenientes de derrames acidentais de combustíveis e óleos, bem como do arrastamento de substâncias por veículos em circulação. Estes resíduos são classificados como absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção contaminados (LER 15 02 02\*).

Na área de lavagem e abastecimento, destaca-se a presença de SHC, cuja função é o pré-tratamento dos efluentes gerados pelas atividades de limpeza e abastecimento de veículos. Estes equipamentos operam por etapas sucessivas de remoção de partículas sólidas numa caixa de areia, separação física por densidade, onde os óleos e hidrocarbonetos ascendem à superfície e as partículas mais densas decantam, e filtragem, antes da descarga da água tratada em coletores municipais ou meios hídricos, conforme a legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio e Art.º 54.º; Lei n.º 58/2005, Art.º 60.º). A manutenção periódica dos SHC gera resíduos perigosos, nomeadamente águas oleosas (LER 13 05 07\*) e lamas contaminadas (LER 13 05 02\*), cuja gestão deve obedecer aos princípios do Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro.

A área de manutenção e reparação de veículos, onde se realizam trocas de óleo, substituições de filtros, baterias e pneus, bem como a aplicação de produtos químicos, origina resíduos com elevada carga poluente. Estes incluem absorventes contaminados (LER 15 02 02\*), embalagens com resíduos de substâncias perigosas (LER 15 01 10\*) e óleos de motores, transmissões e lubrificantes (LER 13 02 08\*).

Na área da loja de conveniência e cafeteria, os resíduos são majoritariamente de natureza urbana, nomeadamente resíduos indiferenciados (LER 20 03 01), embalagens de plástico (LER 15 01 02) e, eventualmente, materiais contaminados utilizados na limpeza (LER 15 02 02\*).

## 6. Resultados e Discussão

### 6.1. Análise Qualitativa das Substâncias e Misturas

Os POPs podem ter origem tanto nos produtos manipulados numa área de serviço como em fontes externas, nomeadamente durante a combustão de combustíveis fósseis por veículos motorizados (Çetin & Demirci, 2024; Mykhailenko et al., 2024; Ukalska-Jaruga et al., 2020). Estes compostos podem estar presentes em resíduos como “águas oleosas provenientes de separadores óleo/água” e “lamas de separador óleo/água”.

Com o objetivo de verificar a presença de POPs, foram analisadas 300 Fichas de Dados de Segurança (FDS), correspondentes a 489 substâncias e misturas. A primeira etapa da análise consistiu na verificação da conformidade destas FDS com o Regulamento CLP, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas.

Foram identificadas e registadas, para cada FDS, as substâncias e misturas presentes, incluindo os respetivos números CAS, EINECS/EC, índice UE e a classificação de perigo. Estes dados foram posteriormente comparados com as listas oficiais constantes do Regulamento REACH (Regulamento (CE) n.º 1907/2006) e do Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho relativo aos POPs com recurso à base de dados da Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA, 2021).

A análise detalhada dos números CAS, EINECS/EC, índice UE e classificações de todas as substâncias e misturas permitiu verificar a inexistência de correspondência com substâncias classificadas como POPs ao abrigo do Regulamento (UE) n.º 2019/1021.

Com base nesta análise rigorosa, constata-se que nenhuma das substâncias que compõem os produtos atualmente em uso nos postos de abastecimento de combustíveis contém POPs na sua formulação. Podemos então assumir que os resíduos potencialmente produzidos pela utilização destas substâncias têm baixa probabilidade de conter POPs.

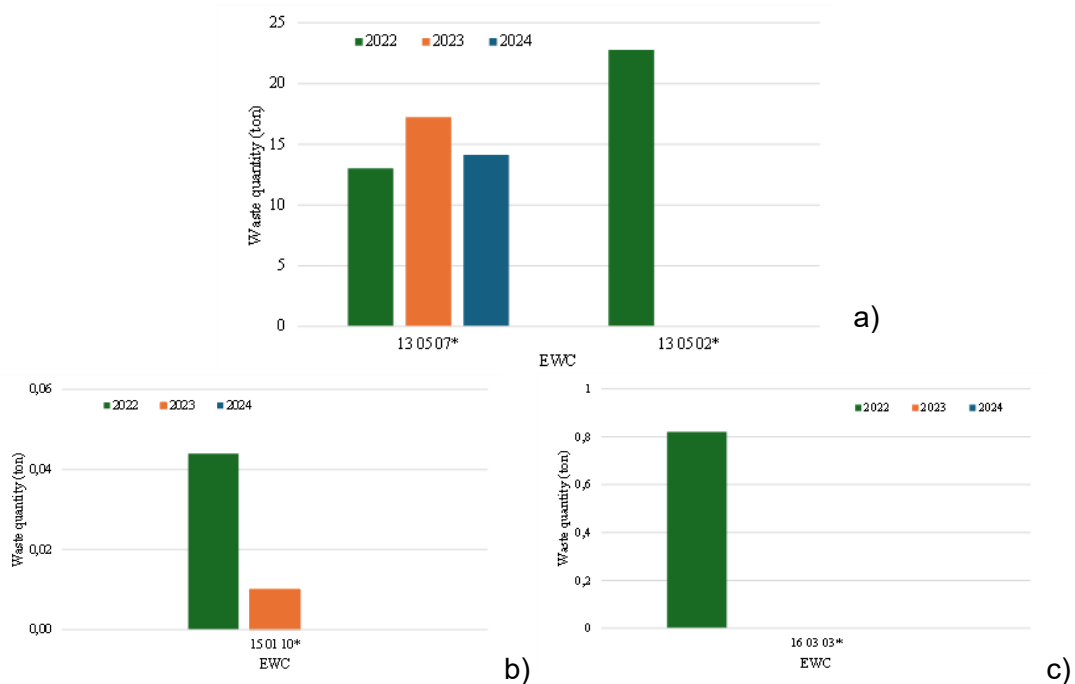
Apesar dos resultados negativos da análise qualitativa, que confirmam a ausência de POPs, salienta-se a importância de manter estas verificações sempre que ocorra a substituição de produtos ou alteração de fornecedores, garantindo assim a continuidade da conformidade legal e ambiental.

## **6.2. Análise Quantitativa dos Resíduos**

O Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR) constitui uma ferramenta essencial para a gestão ambiental, permitindo o acompanhamento detalhado da produção, caracterização e destino dos resíduos. Este sistema assegura que as entidades e empresas certificadas cumpram a legislação ambiental vigente, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro e a norma ISO 14001:2015. Através do MIRR, é possível monitorizar tendências de produção de resíduos ao longo do tempo e implementar estratégias adequadas para a sua redução e tratamento.

No contexto das atividades desenvolvidas no posto de abastecimento de combustível objeto de estudo, procedeu-se a uma análise detalhada ao Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR), com o objetivo de identificar os tipos de resíduos gerados e a sua classificação de acordo com a LER. Esta etapa inicial permitiu compreender a tipologia e natureza dos resíduos, servindo de base à seleção das amostras a submeter a análises laboratoriais específicas.

Com o objetivo de avaliar essas tendências, foi realizada uma análise da produção de resíduos entre 2022 e 2024 numa área de serviço. Os tipos de resíduos mais significativos foram identificados com base nos dados do MIRR e encontram-se representados na Figura 6.4.



**Figura 6.4** - Tendência de produção de resíduos de 2022 a 2024: a) Águas oleosas e lamas provenientes de separadores óleo/água (LER 13 05 07\* e 13 05 02\*), b) Embalagens contaminadas com substâncias perigosas (LER 15 01 10\*), c) Absorventes e materiais contaminados

A produção de resíduos apresentou variações significativas ao longo dos três anos analisados, refletindo eventuais alterações nos processos operacionais, na eficiência dos equipamentos e nas estratégias de gestão ambiental adotadas.

Relativamente à categoria de resíduos “águas oleosas de separador óleo/água” (LER 13 05 07\*), observou-se um aumento da produção entre 2022 e 2023, seguido de uma redução em 2024 (Figura 4a). Estas flutuações podem estar associadas à eficiência operacional dos SHC, à frequência e qualidade da manutenção dos equipamentos, bem como ao volume das atividades desenvolvidas. A diminuição registada em 2024 pode indicar melhorias no processo de separação ou uma menor produção de águas contaminadas.

Quanto às “lamas de separador óleo/água” (LER 13 05 02\*), o registo de 22,76 toneladas ocorreu exclusivamente em 2022. A sua presença isolada nesse ano poderá estar relacionada com condições meteorológicas mais secas, resultando em menor diluição de poluentes e maior acumulação de sedimentos no separador. O código LER atribuído (13 05 02\* em vez de 13 05 07\*) reflete a predominância da fase sólida do resíduo. Este procedimento está alinhado com a periodicidade de manutenção estabelecida para o SHC, que, no caso da área de serviço estudada, ocorre semestralmente, garantindo o cumprimento dos requisitos ambientais e operacionais.

No que respeita às “embalagens contaminadas com substâncias perigosas” (LER 15 01 10\*), verificou-se uma redução de 0,044 toneladas em 2022 para 0,01 toneladas em 2023 (Figura 4b). Esta diminuição poderá resultar da adoção de estratégias mais eficazes de reutilização de embalagens ou de práticas otimizadas de gestão de resíduos perigosos. De forma similar, os resíduos classificados como “absorventes, materiais filtrantes e vestuário de proteção contaminados” (LER 15 02 02\*) diminuíram de 0,006 toneladas em 2022 para 0,003 toneladas em 2023. Estes dados sugerem melhorias na contenção de substâncias perigosas e no uso eficiente de materiais absorventes.

A categoria “resíduos inorgânicos contendo substâncias perigosas” (LER 16 03 03\*) foi registada apenas em 2022, não tendo ocorrido nos anos subsequentes (Figura 4c). Esta ausência poderá refletir alterações nos processos operacionais ou a substituição de determinados materiais utilizados, promovendo a eliminação desta tipologia de resíduos perigosos.

Foram identificados, entre outros, os seguintes códigos de resíduos com potencial associação a substâncias perigosas identificados na Tabela 6.3, nomeadamente POPs.

**Tabela 6.3** - Resíduos com potencial associação a substâncias perigosas, nomeadamente POPs

LER	Descrição
13 05 07*	Águas oleosas provenientes de separadores óleo/água
13 05 02*	Lamas de separadores óleo/água

Estes resíduos, resultantes da operação dos SHC, foram submetidos a análise laboratorial quantitativa, com o objetivo de detetar e quantificar possíveis vestígios de compostos classificados como POPs, cuja presença está frequentemente associada a ambientes contaminados por combustíveis e substâncias fluoradas (Conesa et al., 2021; Katsoyiannis & Samara, 2005).

Outros resíduos foram também analisados e identificados na Tabela 6.4, embora apenas em termos qualitativos, tendo-se verificado que os produtos de origem não continham substâncias POPs na sua composição, o que indicia a ausência destes compostos nos resíduos finais. Entre estes resíduos destacam-se:

**Tabela 6.4** - Resíduos classificados como perigosos, mas sem presença de POPs nas substâncias de composição dos produtos.

<b>LER</b>	<b>Descrição</b>
<b>15 01 10*</b>	Embalagens contaminadas com substâncias perigosas
<b>15 02 02*</b>	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção contaminados

Embora não estejam diretamente associados à problemática dos POPs, foi igualmente registada a presença dos seguintes resíduos identificados na Tabela 6.5 comuns no funcionamento de postos de abastecimento de combustíveis:

**Tabela 6.5** - Resíduos das atividades de um posto de abastecimento

<b>LER</b>	<b>Descrição</b>
<b>15 01 02</b>	Embalagens de plástico
<b>15 01 04</b>	Metais
<b>20 01 40</b>	Lamas do tratamento de águas residuais urbanas
<b>19 08 05</b>	Equipamento fora de uso não especificado noutros códigos
<b>16 02 14</b>	Equipamentos elétricos e eletrónicos fora de uso
<b>20 01 36</b>	Equipamentos elétricos e eletrónicos fora de uso
<b>16 02 11*</b>	Equipamento contendo CFC, HCFC ou HFC
<b>13 02 08*</b>	Óleos usados de motores, transmissões e lubrificação

Embora alguns destes resíduos estejam classificados como perigosos (\*), a análise quantitativa revelou uma baixa probabilidade da presença de POPs, tendo sido considerado que a sua gestão regular não exige intervenções específicas adicionais no que diz respeito a estes compostos.

A análise global dos resíduos gerados no posto de abastecimento revela que, apesar da presença de resíduos classificados como perigosos, a quantidade total produzida é pouco significativa, não existindo evidência de risco elevado associado à presença de POPs. Esta constatação é coerente com estudos prévios que identificam que a presença de POPs e está fortemente dependente dos materiais e produtos utilizados nas operações diárias e de emergência dos postos, como espumas de extinção (AFFF) e aditivos fluorados (Conesa et al., 2021).

Paralelamente à análise quantitativa baseada nos registos do MIRR, foram também recolhidas amostras dos resíduos provenientes dos SHC da rodovia e da zona de lavagem do posto de abastecimento. Estas amostras foram encaminhadas para ensaios laboratoriais com o objetivo de identificar e quantificar a presença de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), de acordo com os critérios estabelecidos no Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho.

A seleção dos parâmetros analisados e das metodologias aplicadas teve como base a regulamentação europeia vigente Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho, estando sintetizadas na Tabela 6.6, que apresenta as técnicas de ensaio empregues para cada substância.

**Tabela 6.6** - Parâmetros analisados para detetar POPs nos resíduos dos sistemas de separação de hidrocarbonetos de acordo com Anexo I do Regulamento (UE) n.º 2019/1021.

<b>Parâmetros</b>	<b>Técnica de Ensaio</b>
<b>Endossulfão</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Hexaclorobutadieno</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>DDT [1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano]</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Clordano</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Hexaclorociclo-hexanos, incluindo o lindano</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Dieldrina</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Endrina</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Heptacloro</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Hexaclorobenzeno</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Aldrina</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Pentaclorobenzeno</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Mirex</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Éter tetrabromodifenílico C<sub>12</sub>H<sub>6</sub>Br<sub>4</sub>O</b>	US EPA 1614
<b>Éter pentabromodifenílico C<sub>12</sub>H<sub>5</sub>Br<sub>5</sub>O</b>	US EPA 1614
<b>Éter hexabromodifenílico C<sub>12</sub>H<sub>4</sub>Br<sub>6</sub>O</b>	US EPA 1614
<b>Éter heptabromodifenílico C<sub>12</sub>H<sub>3</sub>Br<sub>7</sub>O</b>	US EPA 1614
<b>Éter decabromodifenílico C<sub>12</sub>Br<sub>10</sub>O</b>	US EPA 1614
<b>Cloroalcanos C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> (parafinas cloradas de cadeia curta) (SCCP)</b>	CSN EN ISO 12010
<b>Ácido perfluorooctanossulfónico e seus derivados (PFOS) C<sub>8</sub>F<sub>17</sub>SO<sub>2</sub>X</b>	US EPA Method 537 CSN P CEN/TS 15968
<b>Dibenzo-p-dioxinas e dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF)</b>	US EPA 1613B, CSN EN 16190
<b>Bifenilos policlorados (PCB)</b>	US EPA 1668, US EPA 1668, modified CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Toxafeno</b>	CSN EN ISO 6468, US EPA 8081, DIN 38407-2
<b>Hexabromociclododecano (4)</b>	US EPA 537, CSN P CEN/TS 15968

A correta classificação e quantificação dos fluxos de resíduos permitiu a formulação de um plano de gestão abrangente, com estratégias de segregação, armazenamento temporário seguro e encaminhamento para tratamento especializado. Este plano visa assegurar o cumprimento da legislação em vigor Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, bem como a redução do impacto ambiental associado às operações do posto.

Importa ainda destacar que os padrões de geração de resíduos podem variar significativamente entre diferentes postos de abastecimento de combustíveis, em função das atividades específicas desenvolvidas. Os dados apresentados nesta análise provêm de um posto de abastecimento selecionado como modelo, pela sua diversidade de operações integradas, oferecendo assim uma visão abrangente sobre a produção de resíduos neste tipo de infraestrutura. No entanto, deve reconhecer-se que outros locais poderão apresentar perfis distintos, dependendo das suas características operacionais.

### **6.3. Amostragem dos Resíduos dos Separadores de Hidrocarbonetos.**

A fiabilidade dos resultados analíticos depende, em grande medida, das condições em que se realiza a recolha, acondicionamento, transporte e conservação das amostras. Por esse motivo, foram implementadas medidas rigorosas para garantir a integridade das amostras ao longo de todo o processo, assegurando a qualidade dos resultados obtidos (US EPA, 2021; CEN/TS 16637-1, 2014).

O plano de amostragem foi delineado com o objetivo de recolher resíduos provenientes dos SHC instalados na área de serviço, com vista à deteção de POPs. Em particular, procedeu-se à recolha de amostras do resíduo classificado com o código LER 13 05 07 – Águas oleosas provenientes de separadores óleo/água\*, especificamente nos separadores localizados na zona de lavagem. A localização e disposição destes equipamentos encontram-se representadas na Figura 6.5, que ilustra a área de intervenção e os pontos de recolha considerados no plano.



a)



b)

**Figura 6.5** - a) O sistema de separação dos hidrocarbonetos da lavagem, b) amostras recolhidas no sistema de separação dos hidrocarbonetos da Lavagem

O mesmo procedimento foi aplicado ao SHC localizado na zona da rodovia/abastecimento, com o objetivo de recolher amostras para análise de POPs. Este ponto de amostragem encontra-se representado na Figura 6.6, que ilustra a localização do SHC na área de abastecimento e a respetiva zona de intervenção considerada no plano de amostragem.



a)



b)

**Figura 6.6** - a) O sistema de separação dos hidrocarbonetos da rodovia/ zona de abastecimento, b) amostras recolhidas no sistema de separação dos hidrocarbonetos da Rodovia/ zona de abastecimento.

A metodologia adotada seguiu as normas e recomendações reconhecidas internacionalmente, nomeadamente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (21.<sup>a</sup> ed., APHA, 2005), e L'Analyse de l'Eau, 2016, bem como as normas portuguesas NP 409 (2004) e NP EN NP EN 25667-1/2/3, 2015-1, NP EN 25667-1/2/3, 2015-2 e NP EN 25667-1/2/3, 2015-3 (NP EN, 2015), referentes à colheita, conservação e amostragem de águas.

Durante o processo de amostragem, as amostras foram acondicionadas em malas térmicas com gelo reutilizável e transportadas para o laboratório no menor intervalo de tempo possível. O transporte foi efetuado em viaturas dedicadas e sujeitas a higienização periódica, assegurando a ausência de contaminações cruzadas. Após a receção no laboratório, as amostras foram devidamente identificadas e armazenadas em câmaras frigoríficas com registo diário da temperatura, garantindo condições ideais até ao momento da análise.

### **6.3.1. Resultados das Análises do Resíduo do Sistema de Separação dos Hidrocarbonetos Localizado na Lavagem**

Com base nos resultados laboratoriais apresentados no Anexo I, referente à análise de uma amostra líquida proveniente do SHC localizado na zona de lavagem de um posto de abastecimento rodoviário, foi realizada uma avaliação técnica da presença de POPs nos resíduos líquidos deste sistema de pré-tratamento.

O posto encontra-se implantado numa zona de elevado tráfego rodoviário, sendo utilizado por uma ampla variedade de veículos, de diferentes tipologias, origens e utilizações. Esta diversidade de perfis operacionais potencia a introdução de resíduos e substâncias contaminantes transportadas passivamente pelas viaturas, que, ao utilizarem os serviços de lavagem do posto, podem libertar resíduos acumulados nos pneus, carroçarias, chassis e compartimentos de carga. Desta forma, as águas residuais da lavagem de veículos convergem para o SHC, arrastando consigo uma mistura complexa de contaminantes de origem indireta, os quais podem incluir compostos perigosos não utilizados diretamente na instalação, mas introduzidos externamente.

O SHC assume, assim, um papel essencial na retenção de substâncias perigosas presentes nas águas contaminadas, nomeadamente hidrocarbonetos, solventes, metais pesados e partículas sólidas. No presente estudo, foram analisados diversos compostos abrangidos pelo Regulamento (UE) n.º 2019/1021, incluindo pesticidas organoclorados (como DDT, aldrina, clordano e mirex), éteres bromados (PBDEs), hidrocarbonetos halogenados (hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno), dioxinas, furanos, PCB, HBCDD e SCCPs. Em todos os casos, os resultados revelaram valores inferiores ao limite de quantificação (LQ), não tendo sido detetadas concentrações mensuráveis desses compostos na amostra analisada.

Contudo, foram detetadas concentrações quantificáveis de PFAS, em particular PFOS (ácido perfluorooctanossulfónico), com 0,00396 µg/L, e PFOA (ácido perfluorooctanóico), com 0,00247 µg/L. A soma total de PFAS foi de 0,00643 µg/L. Embora baixos, estes valores são ambiental e toxicologicamente relevantes, uma vez

que os PFAS integram o Anexo IV do Regulamento (UE) n.º 2019/1021 e são reconhecidos pela sua elevada persistência, mobilidade e toxicidade (OECD, 2021; ECHA, 2023).

A presença de PFOS e PFOA neste contexto operacional sugere uma origem difusa e indireta, associada à lavagem de viaturas potencialmente contaminadas com resíduos industriais, químicos ou agrícolas. Estes contaminantes poderão resultar do transporte de cargas perigosas, do contacto com solos contaminados, da utilização de espumas de combate a incêndios, ou da aplicação de produtos de limpeza fluorados em viaturas e equipamentos. Como referem a US EPA (2022) e a OECD (2024), os PFAS são compostos altamente resistentes à degradação, com grande mobilidade em meios aquáticos e potencial para contaminação de águas subterrâneas.

As análises laboratoriais realizadas aos resíduos classificados como 13 05 07\* não detetaram a presença de POPs acima dos valores estabelecidos no Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho. Os únicos compostos que apresentaram valores quantificáveis, embora abaixo dos limites regulamentares, foram os PFAS. Esta deteção reforça a necessidade de integrar estes parâmetros nas estratégias de monitorização e controlo, considerando que a União Europeia se encontra atualmente a restringir a produção e comercialização de PFAS, dada a sua elevada perigosidade.

### **6.3.2. Resultados das Análises do Resíduo do Sistema de Separação dos Hidrocarbonetos Localizado na Rodovia**

Com base nos resultados laboratoriais apresentados no Anexo II, foi realizada uma avaliação detalhada da presença de POPs numa amostra líquida proveniente do SHC localizado na zona da rodovia de um posto de abastecimento. Esta análise insere-se no âmbito do cumprimento do Regulamento (UE) n.º 2019/1021, que estabelece medidas rigorosas para a gestão de substâncias persistentes, com o objetivo de proteger a saúde humana e o ambiente.

A amostra foi recolhida em fevereiro de 2025 e classificada como “águas oleosas de separador óleo/água” (LER 13 05 07\*). Foram utilizados métodos analíticos padronizados, incluindo as normas US EPA 1614, US EPA 8081, ISO 6468 e DIN 38407-2, permitindo a deteção de múltiplas categorias de POPs, tais como pesticidas organoclorados (DDT, aldrina, dieldrina, endrina, clordano, mirex, toxafeno), éteres bromados (PBDEs), compostos halogenados (hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno, hexaclorobutadieno), hexaclorociclohexanos, dioxinas e furanos (PCDD/F), cloroalcanos de cadeia curta (SCCP), HBCDD e bifenilos policlorados (PCB). Todos os parâmetros registaram valores inferiores ao LQ, não tendo sido detetadas concentrações mensuráveis destes compostos na amostra.

Contudo, à semelhança do que foi verificado na amostra proveniente do SHC da zona de lavagem, foram identificadas concentrações mensuráveis de substâncias per- e polifluoroalquiladas (PFAS), nomeadamente o ácido perfluorooctanossulfónico (PFOS), com um valor de 0,0054 µg/L, e o ácido perfluorooctanóico (PFOA), com 0,00128 µg/L. A soma total de PFAS foi de 0,00668 µg/L. Embora os valores detetados sejam baixos, a presença destas substâncias é relevante, considerando que os PFAS integram o Anexo IV do Regulamento (UE) n.º 2019/1021 e são reconhecidos pelo seu carácter extremamente persistente, mobilidade em meios aquáticos, e potencial de bioacumulação (OECD, 2021; ECHA, 2023).

A deteção de PFOS e PFOA nesta amostra pode estar associada a diversas fontes. Entre as hipóteses mais plausíveis encontram-se o uso histórico de espumas de combate a incêndios (AFFF), a aplicação de produtos de limpeza técnica com compostos fluorados, bem como o transporte passivo de substâncias contaminantes por veículos que circulam na rodovia. Estas viaturas, oriundas de diferentes origens e com diversas tipologias de carga, podem transportar resíduos de produtos químicos industriais, pesticidas, óleos e materiais tratados com substâncias hidrorrepelentes, contribuindo para a contaminação indireta dos pavimentos. O SHC em questão encontra-se estrategicamente posicionado junto à zona de abastecimento, recolhendo águas provenientes da escorrência de combustível, de pequenos derrames acidentais, da lavagem dos pavimentos e da precipitação atmosférica que arrasta poluentes superficiais para o sistema de drenagem.

Tal como na zona de lavagem, as análises laboratoriais realizadas à amostra da zona da rodovia não detetaram POPs acima dos valores estabelecidos no Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho. A deteção exclusiva de PFOS e PFOA em níveis residuais evidencia a importância da origem difusa destes contaminantes e da necessidade de monitorização sistemática. A presença continuada destes compostos reforça a urgência de medidas preventivas e da adequação das práticas de gestão de resíduos líquidos, especialmente em contextos com elevado fluxo rodoviário.

## **6.4. Proposta de Melhoria na Gestão de POPs**

### **6.4.1. Diagnóstico dos principais desafios observados**

O estudo revelou alguns desafios sendo eles: a detecção residual de PFOS e PFOA, mesmo abaixo do LQ, sugere contaminação indireta via escorrência de águas e lavagem de viaturas, especialmente em postos com elevado tráfego rodoviário (US EPA, 2022; OECD, 2024). Este cenário aumenta o risco ocupacional para trabalhadores que realizam operações de lavagem e manutenção, devido à possibilidade de contacto dérmico ou inalação de partículas contaminadas. O risco ocupacional derivado da exposição de trabalhadores a PFAS, POPs e hidrocarbonetos presentes em resíduos como óleos usados, panos absorventes e lamas de SHC está associado a efeitos adversos como alterações endócrinas, hepatotoxicidade e aumento do risco de neoplasias, conforme evidenciado por estudos epidemiológicos (ATSDR, 2021; Grandjean & Clapp, 2015) em conformidade com as disposições da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro que estabelece medidas para garantir a segurança e saúde no trabalho.

A fragilidade no controlo de produtos utilizados em operações de limpeza, extinção de incêndio, jardinagem ou tratamento de águas, que podem conter vestígios de substâncias sujeitas a regulação sob os Regulamentos REACH, CLP e o Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho relativo aos POPs, reforça a necessidade de cumprimento das normas europeias e nacionais, incluindo o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, que estabelece obrigações para garantir a proteção ambiental e a saúde dos trabalhadores (ECHA, 2023).

Os sistemas SHC em operação no posto analisado possuem planos de manutenção e controlo analítico regular, de acordo com as exigências da sua licença de rejeição de águas residuais. No entanto, a presença de substâncias emergentes como os PFAS, que não são contempladas nos parâmetros-padrão de análise, sugere a necessidade de atualização dos critérios de monitorização ambiental, de modo a incluir compostos orgânicos persistentes ainda não abrangidos nos licenciamentos atuais (OECD, 2021; Conesa et al., 2021).

### **6.4.2. Boas Práticas na Gestão de Resíduos Perigosos**

A gestão de resíduos perigosos exige rigor técnico e compromisso institucional, visando a proteção ambiental, a saúde dos trabalhadores e o cumprimento do Decreto-Lei n.º 102-D/2020, alinhado com a Diretiva-Quadro dos Resíduos (2008/98/CE) e regulamentos europeus. Neste contexto deverá ser assegurado a detecção precoce e o acompanhamento sistemático de POPs nos resíduos e efluentes

produzidos nos postos de abastecimento de combustíveis e adotar práticas que asseguram a rastreabilidade, segurança e conformidade dos processos.

Com base nos resultados obtidos, torna-se evidente a necessidade de reforçar a gestão dos POPs nos postos de abastecimento de combustíveis, de forma a garantir a conformidade legal, a proteção ambiental e a segurança dos trabalhadores. A proposta de melhoria assenta nos seguintes pressupostos: o reforço da monitorização, a substituição de substâncias perigosas, a melhoria das práticas de gestão e armazenamento de resíduos, a formação e sensibilização dos profissionais e o fortalecimento da governança ambiental.

É essencial intensificar a monitorização e o controlo ambiental dos resíduos e efluentes produzidos. A inclusão de análises específicas de POPs, como os PFAS, nos programas de monitorização ambiental e nas auditorias periódicas deve tornar-se uma prática regular. A amostragem sistemática de resíduos líquidos e sólidos — como lamas oleosas, águas residuais contaminadas, filtros e absorventes — permitirá detetar precocemente eventuais contaminações difusas e evitar a sua dispersão no ambiente. Uma amostragem periódica de águas oleosas e lamas, com análises laboratoriais para POPs e PFAS, conforme regulamentos europeus e normas EPA/ISO (US EPA, 2021; NP EN 25667-1/2/3, 2015).

É também importante garantir uma manutenção semestral programada dos sistemas de SHC, com registos documentados das operações (limpeza de lamas, remoção de óleo, inspeção estrutural), para garantir eficiência persistente do sistema, e a implementação de barreiras de contenção secundárias, especialmente nas zonas próximas à lavagem e abastecimento, de modo a prevenir fugas ou derrames acidentais.

Em paralelo, recomenda-se a substituição progressiva de substâncias e produtos que contenham compostos persistentes, reduzindo o risco de contaminação na origem. A realização de um inventário detalhado dos produtos utilizados nas operações — incluindo detergentes, lubrificantes, espumas de combate a incêndios e materiais de limpeza — permitirá identificar as principais fontes de POPs. Sempre que tecnicamente possível, estas substâncias devem ser substituídas por alternativas mais seguras e ambientalmente compatíveis, privilegiando produtos certificados e fornecedores que cumpram os requisitos do regulamento REACH e do rótulo ecológico europeu. A substituição gradual das espumas fluoradas por espumas isentas de flúor (F3) é um exemplo concreto de medida que pode reduzir significativamente a libertação de PFAS no ambiente.

A melhoria das práticas de gestão e armazenamento de resíduos perigosos constitui outro pilar essencial desta proposta. Os planos de gestão de resíduos devem ser revistos e atualizados, contemplando uma secção específica dedicada aos resíduos

com potencial presença de POPs. O armazenamento temporário deve realizar-se em áreas segregadas, impermeabilizadas e devidamente sinalizadas, garantindo contenção de eventuais derrames. Os resíduos identificados como contendo POPs devem ser encaminhados exclusivamente para operadores licenciados, com capacidade comprovada de tratamento e destruição térmica. A manutenção preventiva e a limpeza regular de separadores de hidrocarbonetos e sistemas de drenagem são igualmente fundamentais para evitar a acumulação de substâncias persistentes e a sua dispersão nos sistemas de águas pluviais ou subterrâneas.

A formação e sensibilização dos trabalhadores e responsáveis técnicos assumem um papel importante na gestão de resíduos e dos resíduos que poderão conter os POPs. É por isso essencial que todos os colaboradores compreendam os riscos associados aos POPs e saibam reconhecer, manusear e encaminhar corretamente os resíduos perigosos. Devem ser desenvolvidos programas de formação contínua e de sensibilização que abordem a identificação de resíduos contendo POPs, os procedimentos de amostragem e armazenamento, e as medidas de prevenção e resposta a incidentes, bem como, o manuseamento seguro de substâncias e resíduos perigosos, a utilização adequada de EPI e práticas de limpeza ambiental, conforme evidenciado por estudos científicos (Conesa et al., 2021; Dauchy et al., 2019).

A disponibilização de guias operacionais simples e acessíveis pode reforçar a adoção das boas práticas de gestão e incentivar comportamentos preventivos no quotidiano das operações. A título de exemplo, no Apêndice II apresenta-se um “Manual de Boas Práticas” com orientações específicas para a segregação dos resíduos perigosos desde a sua geração, desenvolvido para o efeito.

Os procedimentos do manual incluem a identificação, separação e codificação adequada segundo a LER, conforme estipulado no Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de forma a garantir o encaminhamento seguro dos resíduos e prevenir a contaminação cruzada.

#### **6.5. Análise de Viabilidade Técnica, Económica Substâncias Per- e Polifluoroalquiladas e Ácido Perfluorooctanóico**

A avaliação da viabilidade técnica e económica das medidas de gestão de resíduos perigosos, especialmente no contexto dos PFAS e dos POPs, é essencial para garantir decisões informadas e sustentáveis. A complexidade associada à substituição dessas substâncias exige uma análise criteriosa dos custos, da disponibilidade de alternativas e dos impactos ambientais e à saúde humana.

Os custos associados à monitorização e à análise laboratorial, como os métodos EPA, podem variar consoante o número de amostras e os compostos analisados. Em Portugal, laboratórios acreditados oferecem serviços especializados, dependendo da complexidade. Esses custos devem ser ponderados face aos benefícios em termos de segurança, conformidade legal e prevenção de riscos ambientais.

Este estudo contribui para que a informação sobre os POPs seja disseminada entre os trabalhadores dos postos de abastecimento de combustíveis promovendo não apenas a sensibilização no contexto laboral, mas também a sua extensão à esfera pessoal e social. Pretende-se que os trabalhadores retenham os conhecimentos adquiridos sobre prevenção e controlo da exposição aos POPs e os apliquem fora do ambiente de trabalho, adotando hábitos seguros nas suas casas e partilhando essas práticas com familiares e amigos. Desta forma, a sensibilização contribui para a proteção da comunidade como um todo, transformando os trabalhadores em agentes multiplicadores de boas práticas. Por este motivo, a análise da viabilidade técnica inclui a implementação de ações que previnam a exposição contínua dessas pessoas a produtos que contenham POPs, mesmo fora do contexto profissional.

A substituição de espumas extintoras contendo PFAS, como as AFFF com PFOA, por alternativas certificadas livres de PFAS representa um investimento significativo. No entanto, estudos e projetos conduzidos pela Purdue University e APA demonstram que alternativas como espumas à base de soja ou de proteínas são eficazes e ambientalmente seguras, podendo ser uma excelente opção para substituir as espumas extintoras contendo PFAS, AFFF e PFOA (Purdue University, s.d.; APA, 2025).

Na União Europeia, diversas empresas de setores distintos têm promovido a substituição de PFAS e PFOA em seus produtos, com o objetivo de reduzir a exposição humana, evitar a contaminação ambiental, garantir a segurança alimentar e, sobretudo, assegurar o cumprimento das exigências legais. Esses esforços estão resumidos na Tabela 6.7.

**Tabela 6.7** - Exemplos de Substituição de Substâncias Perigosas: PFAS e PFOA.

<b>Produto</b>	<b>Substância Substituída</b>	<b>Alternativa Segura</b>	<b>Motivo da Substituição</b>	<b>Ref<sup>a</sup></b>
<b>Frigideiras antiaderentes (Teflon)</b>	PFA	Revestimentos cerâmicos ou de titânio	PFOA é tóxico, persistente e bioacumulativo	Kintek, 2025.
<b>Tecidos resistentes a manchas</b>	PFAS	Acabamentos à base de silicone ou cera natural	Redução da exposição por contato e inalação	The Conversation, 2024.
<b>Espumas de combate a incêndios</b>	PFOA	Espumas fluorine-free foams	Contaminação de solos e águas subterrâneas	APSEI, 2025.
<b>Cosméticos (bases, batons, etc.)</b>	PFAS	Fórmulas reformuladas sem flúor	Bioacumulação e toxicidade	L'Oréal, 2024.
<b>Embalagens alimentares</b>	PFAS	Papel com barreiras naturais, bagaço de cana	Segurança alimentar e biodegradabilidade	Bio leader, 2025

Considerando que 90% da contaminação por POPs advém da ingestão de alimentos contaminados (WHO, 2004), é de extrema importância substituir também os utensílios utilizados na preparação de alimentos, como panelas e frigideiras com revestimento de PFA. O PFA foi banido na União Europeia desde 2020 por ser persistente, bioacumulativo e tóxico. A substituição por materiais inertes e seguros é incentivada para reduzir riscos à saúde e ao ambiente (Kintek, 2025).

Estão em desenvolvimento alternativas para a substituição dos PFAS em espumas de combate a incêndio, com foco no cumprimento do Regulamento Delegado (UE) 2020/784, de 08 de abril de 2020, que proíbe a fabricação e utilização do PFOA a partir de julho de 2025 (APSEI, 2025).

Empresas como a L'Oréal têm adotado medidas proativas, eliminando progressivamente os PFAS de seus produtos desde 2018. Atualmente, estima-se que 99% do portfólio da empresa já tenha sido reformulado, utilizando substitutos como ceras, gorduras e minerais (L'Oréal, 2024).

No setor têxtil, roupas impermeáveis e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) tradicionalmente utilizam PFAS para garantir resistência à água e manchas. No entanto, marcas conscientes já oferecem produtos com essas propriedades sem o uso de PFAS, destacando essa característica em suas etiquetas (The Conversation, 2024).

Para embalagens alimentares, alternativas livres de PFOA já estão amplamente disponíveis no mercado, utilizando materiais como bagaço de cana-de-açúcar e bioplásticos (Bio leader, 2025). Essas opções não apenas reduzem a exposição a substâncias tóxicas, mas também contribuem para a sustentabilidade ambiental.

A implementação dessas medidas traz benefícios indiretos significativos, como a redução de riscos legais e de não conformidades em auditorias ambientais. Do ponto de vista da exposição humana e ambiental, observa-se uma melhoria na reputação institucional perante entidades reguladoras e a comunidade, bem como uma diminuição de passivos sanitários, como a exposição crônica dos trabalhadores e os impactos em comunidades vizinhas (ECHA, 2025). Esses fatores contribuem para a valorização da infraestrutura e para a sua aceitação social.

No âmbito dos postos de abastecimento de combustíveis, o escalonamento da implementação deve seguir uma abordagem faseada e estratégica. Recomenda-se iniciar com medidas críticas e de menor complexidade, como a amostragem ambiental e a formação dos trabalhadores. Posteriormente, devem ser adotadas intervenções estruturais mais complexas, como a substituição de produtos e a adaptação de infraestruturas. Essa abordagem permite uma gestão eficiente dos recursos, facilita a adesão institucional e reduz o impacto operacional das mudanças.

## 7. Conclusões

A presente investigação permitiu aprofundar o conhecimento sobre a presença potencial de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), com destaque para as substâncias per e polifluoroalquiladas (PFAS), nos resíduos líquidos gerados em postos de abastecimento de combustíveis. Os resultados obtidos, fruto de uma abordagem metodológica rigorosa e multidisciplinar, revelaram a inexistência de POPs clássicos acima dos limites legais, mas demonstraram a presença residual de compostos como o ácido perfluorooctanoico (PFOA) e o sulfonato de perfluorooctano (PFOS), ambos classificados como substâncias perigosas de elevada persistência e toxicidade.

O estudo evidenciou que, mesmo em infraestruturas com práticas de operação regulares e planos de manutenção conformes, como o posto analisado, a contaminação por substâncias emergentes pode ocorrer de forma difusa e invisível, associada a fontes externas, produtos fluorados e materiais em fim de vida. Esta constatação reforça a necessidade de uma abordagem preventiva e sistemática à monitorização de POPs nos resíduos produzidos neste tipo de instalações e de uma revisão dos modelos convencionais de monitorização e da integração dos poluentes emergentes nos planos de gestão de resíduos e efluentes como os PFAS e PFOS.

A realização deste trabalho representou um contributo relevante para o setor dos combustíveis e dos resíduos perigosos, ao fornecer uma base empírica sólida que justifica a inclusão de análises específicas a POPs em auditorias ambientais periódicas. A introdução deste novo parâmetro analítico no posto estudado confere-lhe uma vantagem competitiva, reduzindo significativamente o risco de não conformidades legais futuras, em particular no âmbito de inspeções por entidades licenciadoras, agências ambientais ou auditorias de conformidade legal.

Além disso, o estudo contribui para sensibilizar os operadores e gestores do setor sobre a importância da prevenção da contaminação por substâncias altamente persistentes, incentivando a adoção de boas práticas operacionais, a substituição de produtos perigosos por alternativas mais seguras e o reforço dos mecanismos de

controlo ambiental. A investigação revelou ainda que a substituição imediata dos PFAS nos contextos industriais continua a ser tecnicamente desafiante, havendo poucos substitutos com igual eficácia, especialmente no que diz respeito a espumas de combate a incêndio.

Embora limitado pela escala de amostragem e pela dificuldade em rastrear a origem exata dos contaminantes, este estudo abre caminho para futuras investigações mais amplas e comparativas, que permitam consolidar um modelo de monitorização ambiental adaptado à realidade dos postos de abastecimento de combustíveis. Reforça-se, assim, a importância de considerar os resíduos destes estabelecimentos como potenciais vetores de contaminação por compostos tóxicos persistentes, recomendando-se a adoção de medidas de prevenção, deteção precoce e mitigação, entre as quais se destacam:

- a integração sistemática da análise de PFAS e outros POPs nos planos de monitorização ambiental;
- a substituição gradual de substâncias e produtos contendo compostos fluorados por alternativas mais seguras;
- o reforço dos programas de formação dos trabalhadores relativamente aos riscos associados aos resíduos perigosos;
- o fortalecimento dos mecanismos de prevenção, deteção precoce e mitigação de contaminações;
- e a formação e sensibilização dos responsáveis das estações de serviço para a importância de uma gestão adequada dos resíduos perigosos, em particular no que se refere à deteção, monitorização e controlo dos POPs, assegurando a conformidade legal e a proteção da saúde e do ambiente.

Este trabalho constitui um contributo relevante para o setor dos combustíveis e da gestão de resíduos perigosos, fornecendo uma base empírica sólida para o desenvolvimento de um modelo de monitorização ambiental adaptado à realidade dos postos de abastecimento de combustíveis. Em síntese, o estudo sensibiliza operadores e gestores para a importância de práticas de gestão ambiental mais rigorosas e sustentáveis, capazes de proteger a saúde dos trabalhadores e a qualidade ambiental.

A implementação das recomendações propostas, incluindo formação contínua e deteção sistemática de POPs, poderá ainda conferir vantagem competitiva, assegurando conformidade legal e fortalecendo a imagem de responsabilidade ambiental.

## 8. Referências Bibliográficas

- AMAP - Arctic Monitoring and Assessment Programme. AMAP Assessment 2016. Oslo: AMAP, 2016. Disponível em: <https://www.amap.no/documents/download/3003/inline>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- APA - Agência Portuguesa do Ambiente. Gestão de Resíduos Perigosos. Lisboa: APA, 2021. Disponível em: <https://apambiente.pt/residuos/ambito-rggr>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- APA - Agência Portuguesa do Ambiente. Guia para apoio à transição para espumas de combate a incêndio livres de flúor. Lisboa: APA, 2025. Disponível em: <https://apambiente.pt/destaque2/pfas-guia-para-apoio-transicao-para-espumas-de-combate-incendio-livres-de-fluor>. Acesso em: 17 ago. 2025.
- APHA - American Public Health Association; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st ed., Centennial ed. Washington, DC: APHA, 2005. Disponível em: <https://www.standardmethods.org/>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- APSEI – Associação Portuguesa de Segurança, Proibição de espumas de combate a incêndios com PFOA e PFHXA. Lisboa: APSEI, 2025. Disponível em: <https://apsei.org.pt/noticias/proibicao-de-espumas-de-combate-a-incendios-com-pfoa-e-pfhxa/>. Acesso em 13 set. 2025.
- ASAE - Autoridade de Segurança Alimentar e Económica. Riscos Químicos: Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Lisboa: ASAE, [s.d.]. Disponível em: <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/riscos-quimicos/pops.aspx>. Acesso em: 31 mar. 2025.

- ATSDR – Agência de Toxicologia e Registro de Substâncias Perigosas. Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Atlanta: ATSDR, 2021. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2025.
- BBC – British Broadcasting Corporation. BBC News. London: BBC, 2025. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/articles/c2d3z87yn51o>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- BILA, E.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 688–694, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300027>.
- BIO LEADER PACK, O que é PFOA Free?. Fujian, 2025. Disponível em: <https://www.bioleaderpack.com/pt/o-que-e-a-pfoa-free/> . Acesso em: 15 ago. 2025.
- BLAKE, B. E.; FENTON, S. E. PFAS and reproductive health: A review of the epidemiologic evidence. *Reproductive Toxicology*, v. 93, p. 28–42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2020.152565>.
- CCDR - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional. Missão e atribuições. Lisboa: CCDR, 2023. Disponível em: <https://www.ccdr-a.gov.pt/missao-e-atribuicoes/>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- ÇETIN, B.; DEMIRCI, F. Polluting Effects of Wastes Generated in Engine Vehicle Repair-Service Businesses, Storage, Disposal and Reuse of Wastes. *Journal of Industrial Pollution Studies*, v. 12, n. 1, p. 50–72, 2024. DOI: <https://doi.org/10.35629/2532-10125965>.
- CLEAN HARBORS. Hazardous Waste Incineration and PCB Disposal. Massachusetts: Clean Harbors, 2024. Disponível em: <https://www.cleanharbors.com>. Acesso em: 31 ago. 2025.
- CONESA, J. A.; FULLANA, A.; et al. Sewage Sludge as Inhibitor of the Formation of Persistent Organic Pollutants during Incineration, *Sustainability*, 2021, 13, 10935. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.03.016>.
- Convenção da Basileia sobre o controlo dos movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua eliminação. Basileia, 1989. Disponível em: <https://www.basel.int>. Acesso em: 07 jan. 2025.
- Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes. Aprovada em 22 de maio de 2001; ratificada por Portugal em 17 de maio de 2004. Disponível em: <https://www.pops.int>. Acesso em: 07 jan. 2025.

- DAUCHY, Xavier; BOITEUX, Virginie; COLIN, Adeline; BACH, Cristina; ROSIN, Christophe; MUNOZ, Jean-François. Poly- and Perfluoroalkyl Substances in Runoff Water and Wastewater Sampled at a Firefighter Training Area. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 76, p. 206–215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0585-z>
- Decisão 2014/955/UE, de 18 de dezembro. Estabelece a Lista Europeia de Resíduos (LER). *Jornal Oficial da União Europeia*. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2014/955/oj/eng>. Acesso em: 13 fev. 2025.
- Decreto n.º 37/93, de 20 de outubro. Aprova, para ratificação, a Convenção da Basileia sobre o Controlo dos Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação. *Diário da República*, I Série-A, n.º 187, p. 4372-4374. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto/37-1993-669121>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro de 2020. Estabelece o Regime Geral da Gestão de Resíduos (RGGR). *Diário da República*, n.º 239/2020, Série I. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012>. Acesso em: 22 mai. 2025.
- Decreto-Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro. Estabelece o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos. *Diário da República*, Série I. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/152-d-2017-114337042>. Acesso em: 22 mai. 2025.
- Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 8 de junho de 2007. Estabelece o regime de descarga de águas residuais industriais. *Diário da República*, n.º 115/2007, Série I. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/226-a-2007-340237>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- Decreto-Lei n.º 267/2002, de 26 de novembro. Estabelece normas relativas à gestão de resíduos. *Diário da República*, Série I. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/267-2002-447916>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- Decreto-Lei n.º 273/98, de 2 de setembro. Estabelece normas relativas à incineração de resíduos perigosos. *Diário da República*, I Série-A, n.º 202, p. 4828-4835, 2 set. 1998. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/273-566856>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- Decreto-Lei n.º 3/2004, de 3 de janeiro. Estabelece o regime jurídico dos Centros Integrados de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos Perigosos (CIRVER). *Diário da República*, I Série-A, n.º 2, p. 28-34, 3 jan. 2004. Disponível

em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/3-2004-603478>. Acesso em: 22 dez. 2025.

Decreto-Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro. Estabelece o regime de licenciamento e descarga de efluentes. Diário da República, n.º 254/2005, Série I. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/58-2005-469068>. Acesso em: 23 mai. 2025.

Decreto-Lei n.º 75/2015, de 11 de maio. Estabelece o regime do Licenciamento Único de Ambiente (LUA). Diário da República, I Série, n.º 91, p. 2824-2834, 11 mai. 2015. Disponível em: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/75-2015-67106608>. Acesso em: 22 dez. 2025.

Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de abril. Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva 2000/76/CE, relativa à incineração de resíduos. *Diário da República*, I Série-A, n.º 82, p. 2824-2834, 28 abr. 2005. Disponível em: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/85-2005-264059>. Acesso em: 22 dez. 2025.

DEVENDRAPANDI, G.; LIU, X.; BALU, R.; AYYAMPERUMAL, R.; ARASU, M. V.; LAVANYA, M.; REDDY, V. R. M.; KIM, W. Y.; KARTHIKA, P. C. Innovative remediation strategies for persistent organic pollutants in soil and water: A comprehensive review. *Environmental Research*, v. 249, p. 118404, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118404>

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia. Postos de Abastecimento de Combustíveis (PAC). Lisboa: DGEG, 2024. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areassetoriais/energia/combustiveis/licenciamento/postos-de-abastecimento-de-combustiveis-pac/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

Diretiva 2008/1/CE, de 15 de janeiro de 2008. Relativa à prevenção e controlo integrados da poluição. Jornal Oficial da União Europeia. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0001>. Acesso em: 12 mar. 2025.

Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro de 2008. Relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas. Jornal Oficial da União Europeia. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>. Acesso em: 12 mar. 2025.

DUNOD (Ed.). *L'analyse de l'eau: contrôle et interprétation*. 10. éd. Boues, Dépôts et sédiments. Analyse chimique. Paris: Dunod, 2016. Disponível em: <https://www.dunod.com/sciences-techniques/analyse-eau-contrôle-et-interpretation>. Acesso em: 20 Abr. 2025.

- ECHA – European Chemicals Agency. Guidance on the identification of POPs. Helsinki: ECHA, 2021. Disponível em: <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-reach>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- ECHA – European Chemicals Agency. Progress in evaluation in 2023 - ECHA reports on the progress made in 2023 in dossier and substance evaluation in line with Article 54 of REACH. Helsinki: ECHA, 2023. Disponível em: <https://echa.europa.eu/pt/dossier-evaluation-progress-2023>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- ECHA – European Chemicals Agency. Substâncias per e polifluoroalquil (PFAS). Disponível em: <https://echa.europa.eu/pt/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas>. Acesso em: 13 set. 2025.
- FLOGISTIX. Company Website. Oklahoma: Flogistix, 2024. Disponível em: <https://www.flogistix.com/>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- FORTUM. Hazardous Waste Treatment and Carbon Capture Projects. Riihimäki: Fortum Waste Solutions, 2024. Disponível em: <https://www.fortum.com>. Acesso em: 31 ago. 2025.
- GRANDJEAN, P.; CLAPP, R. Perfluorinated alkyl substances: Emerging insights into health risks. *New England Journal of Medicine*, v. 372, n. 7, p. 656–657, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/1048291115590506>.
- GUILLLOTIN, Sophie; DELCOURT, Nicolas. Studying the impact of persistent organic pollutants exposure on human health by proteomic analysis: a systematic review. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 22, p. 14271, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms232214271>.
- HSU, C.-H.; YANG, C.-H.; WU, C.-C.; HUANG, C.-H.; KO, C.-Y.; HSU, C.-Y.; CHENG, C.-H. Occurrence and distribution of anthropogenic persistent organic pollutants in coastal sediments and mud shrimps from the wetland of central Taiwan. *PLOS ONE*, v. 15, n. 1, e0227367, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227367>.
- IGAMAOT – Inspeção Geral Da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Plano Nacional de Fiscalização e Inspeção Ambiental (PNFIA) 2023. Lisboa: IGAMAOT, 2024. Disponível em: <https://www.igamaot.gov.pt/pt/espaco-publico/destaques/plano-nacional-de-fiscalizacao-e-inspecao-ambiental-pnfia-2023>. Acesso em: 12 set. 2025.
- INDAVER. Hazardous Waste Treatment: POPs and PFAS destruction. Antuérpia: Indaver NV, 2023. Disponível em: <https://www.indaver.com>. Acesso em: 31 ago. 2025.

- ISO – International Organization For Standardization 14001:2015. Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientação para o Uso. Geneva: ISO, 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/60857.html>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- JESCO – JAPAN ENVIRONMENTAL STORAGE & SAFETY CORPORATION. PCB Waste Treatment Facilities. Tóquio: JESCO, 2023. Disponível em: <https://www.jesconet.co.jp>. Acesso em: 31 ago. 2025.
- KATSOYIANNIS, A.; SAMARA, C. Persistent organic pollutants in gully pots and surface runoff, Northern Greece. *Chemosphere*, v. 58, n. 4, p. 497–506, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.09.007>.
- KINTEK. What are some alternative materials to Teflon and their properties. 2025. Disponível em: <https://pt.kintek-solution.com/faqs/what-are-some-alternative-materials-to-teflon-and-their-properties>. Acesso em: 17 out. 2025.
- KUMAR, et al. Assessment of persistent organic pollutants in soil and sediments from an urbanized flood plain area. *Environmental Geochemistry and Health*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00839-9>.
- KUMAR, J. A.; KRITHIGA, T.; SATHISH, S.; RENITA, A. A.; PRABU, D.; LOKESH, S.; GEETHA, R.; NAMASIVAYAM, S. K. R.; SILLANPAA, M. Persistent organic pollutants in water resources: Fate, occurrence, characterization and risk analysis. *Science of The Total Environment*, v. 831, p. 154808, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154808>.
- LAU, C.; et al. PFAS in AFFF foams. *Environmental Science & Technology*, v. 46, n. 13, p. 7120–7127, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1021/es301465n>.
- MINTON, D. The Minton Report. San Francisco: Indybay, 2009. Disponível em: <https://www.indybay.org/newsitems/2009/10/17/18625845.php>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- MYKHAILENKO, V.; NITSENKO, V. S.; GERASYMCHUK, N.; SAMBULOV, A.; DEMCHUK, V. Air pollution by persistent organic pollutants from organic fuel combustion by stationary sources: the case of the Odesa agglomeration. *Environmental Systems Research*, v. 13, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40068-024-00383-2>.
- NCBI - National Center for Biotechnology Information. PubChem. Bethesda: NCBI, 2025. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

- OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. PFAS Review and State of Knowledge. Paris: OECD Environmental Outlook, 2024. Disponível em: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/pfas.htm>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- Portaria n.º 1188/2003, de 10 de outubro. Estabelece normas técnicas para a gestão de resíduos. Diário da República, Série I. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/1188-2003-481937>. Acesso em: 01 jun. 2025.
- Portaria n.º 131/2002, de 9 de fevereiro. Estabelece critérios para a descarga de águas residuais. Diário da República, Série I. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/131-2002-273671>. Acesso em: 01 jun. 2025.
- PURDUE UNIVERSITY. PFAS-free AFFF Alternatives. [S.d.]. Disponível em: <https://www.purdue.edu/fnr/hoverman/pfas-free-afft-alternatives/>. Acesso em: 13 set. 2025.
- Regulamento (CE) n.º 1272/2008, de 16 de dezembro de 2008. Relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas. Jornal Oficial da União Europeia. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- Regulamento (CE) n.º 1907/2006, de 18 de dezembro de 2006. REACH – Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas. Jornal Oficial da União Europeia. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32006R1907> Acesso em: 15 jan. 2025.
- Regulamento (UE) 2019/1021, de 20 de junho de 2019. Relativo aos poluentes orgânicos persistentes. Jornal Oficial da União Europeia, L 169, p. 45–69. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu>. Acesso em: 31 ago. 2025.
- Regulamento Delegado (UE) 2020/784, de 08 de abril de 2020. Altera o anexo I do Regulamento (UE) 2019/1021 no que diz respeito ao ácido perfluorooctanoico (PFOA), seus sais e substâncias afins. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32020R0784>. Acesso em: 29 set. 2025.
- República Portuguesa. Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro de 2009. Regime jurídico da promoção da segurança e da saúde no trabalho. Diário da República, 1.ª série, n.º 176, 10 set. 2009, pp.6167–6192. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/102-2009-490009>. Acesso em: 22 dez. 2025.

- SÉCHÉ ENVIRONNEMENT. PCB Treatment in France: Trédi Saint-Vulbas. Saint-Vulbas: Séché Environnement, 2023. Disponível em: <https://www.groupe-seche.com>. Acesso em: 31 ago. 2025.
- SILVA, M. A. et al. Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) como Indicadores da Qualidade dos Solos. *Revista da Fapese*, v. 3, n. 2, p. 39–62, jul./dez. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/285771398\\_Poluentes\\_Organicos\\_Persistentes\\_POPs\\_como\\_Indicadores\\_da\\_Qualidade\\_dos\\_Solos](https://www.researchgate.net/publication/285771398_Poluentes_Organicos_Persistentes_POPs_como_Indicadores_da_Qualidade_dos_Solos). Acesso em: 12 mar. 2025.
- THE CONVERSATION. Muitos “produtos químicos eternos” PFAS são tóxicos. Saiba como evitá-los. 2024. Disponível em: <https://theconversation.com/muitos-produtos-quimicos-eternos-pfas-sao-toxicos-saiba-como-evita-los-231575>. Acesso em: 13 set. 2025.
- UK - United Kingdom. Government. Biffa fined £1.5 million for reckless export breach. London: GOV.UK, 2021. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/news/biffa-fined-15-million-for-reckless-export-breach>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- UK - United Kingdom. Government. Manchester company fined over £870,000 for illegal waste exports. London: GOV.UK, 2024. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/news/manchester-company-fined-over-870000-for-illegal-waste-exports>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- UKALSKA-JARUGA, A.; LEWINSKA, K.; MAMMADOV, E.; KARCZEWSKA, A.; SMRECZAK, B.; MEDYNSKA-JURASZEK, A. Residues of persistent organic pollutants (POPs) in agricultural soils adjacent to historical sources of their storage and distribution—the case study of Azerbaijan. *Molecules*, v. 25, n. 8, p. 1815, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25081815>.
- UNEP – United Nations Environment Programme – Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Nairobi: UNEP, 2001. Disponível em: <https://www.pops.int>. Acesso em: 03 mai. 2025.
- UNEP – United Nations Environment Programme. Annual Report 2024. UNEP, 2024. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/47082>. Acesso em 05 fev. 2025.
- UNEP – United Nations Environment Programme. Green and Sustainable Chemistry Framework Manual. Nairobi: UNEP, 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/toolkits-manuals-and-guides/green-and-sustainable-chemistry-framework-manual>. Acesso em: 12 mar. 2025.

- UNEP – United Nations Environment Programme. Persistent Organic Pollutants (POPs) and Pesticides. Nairobi: UNEP, [s.d.]. Disponível em: <https://www.unep.org/cep/persistent-organic-pollutants-pops-and-pesticides>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- UNEP – United Nations Environment Programme. Pesticide Persistent Pollutant. Nairobi: UNEP, 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/topics/pollution-and-health/persistent-organic-pollutants-pops/pesticide-persistent-organic>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- UNEP – United Nations Environment Programme. Pesticide Persistent Organic Pollutants. Nairobi: UNEP, [s.d.]. Disponível em: <https://www.unep.org/topics/pollution-and-health/persistent-organic-pollutants-pops/pesticide-persistent-organic>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- US EPA - United States. Environmental Protection Agency. Our Nations Air. Washington, DC: US EPA, 2022. Disponível em: <https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2022/#welcome>. Acesso em: 09 mar. 2025.
- US EPA - United States. Environmental Protection Agency. Underground Storage Tank (UST) Program. Washington, DC: US EPA, 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/ust>. Acesso em: 09 mar. 2025.
- VEOLIA. Hazardous Waste Incineration Services (SARP). Paris: Veolia Environnement, 2024. Disponível em: <https://www.veolia.com>. Acesso em: 31 ago. 2025.
- WEISSKOPF, M. G. Persistent organochlorine pesticides in serum and risk of Parkinson disease. *Neurology*, v. 74, n. 13, p. 1055–1061, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181d76a93>.
- WHO - World Health Organization. Persistent Organic Pollutants (POPs), training material: WHO, 2004. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HSE-PHE-AMR-08.01.03>. Acesso em: 12 mar. 2025.



## **9. Apêndices**

## 9.1. Apêndice I

**7<sup>th</sup>**  
International  
Conference

# WASTES

SOLUTIONS  
TREATMENTS  
OPPORTUNITIES

FUNCHAL, MADEIRA – VIDAMAR HOTEL  
3 – 5 SEPTEMBER 2025

## MANAGEMENT OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN WASTE FROM FUEL STATIONS

Nathalia Ellen da Silva Paim<sup>1</sup> and Ana Maria Barreiros<sup>1,2</sup> \*

(1) <sup>1</sup> Institute of Engineering of Lisbon, Department of Chemical Engineering, Lisbon, Portugal  
(2) <sup>2</sup> UniRE - Unit for Innovation and Research in Engineering, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - ISEL, Polytechnic Institute of Lisbon, Lisboa, Portugal  
\*Corresponding Author: ana.barreiros@isel.pt

### Objective

The present study aims to contribute to **the improvement of waste management practices at fuel stations** by proposing a **best-practices manual to assist in the identification, segregation, and proper treatment of potentially hazardous waste**. The implementation of these guidelines will serve to mitigate the environmental and public health impacts associated with POPs, ensuring compliance with current regulations, such as Directive 2008/98/EC of 19th November, and promoting the sustainability of these facilities.

### Methodology

**Activity and Substance Mapping:** A comprehensive survey of the various stages involved in the operation of a service station was conducted to identify the substances and products utilized, and to assess the potential for the generation of POPs at each stage.  
**Waste Assessment:** A qualitative analysis was conducted through the review and classification of waste by activity using the European Waste List (LER), and a quantitative analysis was performed based on waste volume data from the MIRR.

### Results

**1 Types of Waste Produced in a Service Area**

Activity	Service Area			
<b>Types of Waste</b>	15 02 02*	13 05 02*; 13 05 07*	15 02 02*; 15 01 10*; 13 02 08*	15 01 02*; 20 03 01; 15 02 02*
	PAHs	Dioxins and Furans (PCDDs/PCDFs)	HCBd Hexachlorbutadiene	Organochlorine Pesticides

← Possible POPs

**2 None of the substances were classified as POPs.**

A total of **389 substances** were identified and cross-checked using CAS numbers against official lists under REACH (Reg. EC 1907/2006) and the POPs Regulation (Reg. EU 2019/1021), based on data from ECHA (2021).

**3 Waste Quantification - MIRR - 2022 and 2024**

Water with oil from oil/water separators (EWC 13 05 07\*) and sludge from oil/water separators (EWC 13 05 02\*)

Packaging containing or contaminated by hazardous substances (EWC 15 01 10\*)

Absorbents, filter materials, and contaminated protective clothing (EWC 16 03 03\*)

### Conclusions

The management of POPs in fuel stations is essential due to their environmental and health risks. This study confirmed that **none of the substances in the products handled are classified as POPs** under Regulation (EU) 2019/1021. A detailed review of all SDSs verified full compliance. However, **possible POPs presence in hydrocarbon separator (SHC) waste from runoff in fueling and washing areas** highlights the need for continuous monitoring. Implementing preventive measures, such as waste segregation and specialized treatment, is crucial to ensure regulatory compliance and promote sustainable operations.

**Acknowledgements**  
The author acknowledges the financial support of UniRE (the Unit for Innovation and Research in Engineering) for participation in the congress.

**References:**

- \* Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, EUP-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272>
- Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907>.
- Regulation (EU) 2019/1021 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 on persistent organic pollutants. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1021>.

ORGANIZED BY:

UnIRE

## MANAGEMENT OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN WASTE FROM FUEL STATIONS

Nathalia Ellen da Silva Paim<sup>1</sup> and Ana Maria Barreiros<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Engineering of Lisbon, Department of Chemical Engineering, Lisbon, Portugal

<sup>2</sup>UniRE - Unit for Innovation and Research in Engineering, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - ISEL, Polytechnic Institute of Lisbon, Lisboa, Portugal

\*Corresponding Author: ana.barreiros@alunos.isel.pt

### ABSTRACT

Fuel stations are multifaceted facilities that extend beyond the conventional role of providing fuel for vehicles. Over time, they have evolved into complex establishments offering a variety of complementary services aimed at meeting diverse customer needs. It is common practice for these establishments to provide additional facilities such as car washes and vehicle repair and maintenance services. These activities result in the generation of a wide variety of waste types. The proper identification, categorization, and management of such waste are essential not only for operational efficiency but also for ensuring compliance with environmental protection standards. The waste produced at fuel stations encompasses several categories, including used oils and solvents, sludge from oil/water separators, absorbents, filter materials (including oil filters not otherwise specified), cleaning cloths, and protective clothing. Many of these materials may be contaminated with hazardous substances, particularly Persistent Organic Pollutants (POPs). POPs are chemical substances characterized by their long-term persistence in the environment, their potential to bioaccumulate in living organisms, and their ability to cause adverse effects on human health and ecosystems. Due to their chemical stability, these substances can remain in the environment for extended periods and may be transported across international boundaries through air currents, water flow, and the migration of species, far from their original source of release. The primary objective of the present research is to identify and quantify the concentration of POPs in the waste generated by fuel stations and compare the results with the legal limits established by European regulations. Specifically, the research focuses on Regulation (EU) 2019/1021, as amended by Regulation (EU) 2022/2400, which provides detailed guidelines for the management of waste contaminated with POPs. Adhering to these regulations is critical to ensuring legal compliance and fostering environmental sustainability. In addition to quantifying POPs concentration, this study also emphasizes the importance of implementing good management practices for waste contaminated with these hazardous chemicals. Such practices are designed to ensure that POP content in waste is either destroyed or irreversibly transformed. The identification, separation, and proper disposal of waste containing POPs at its source are of paramount importance. This proactive approach not only reduces the likelihood of environmental contamination but also helps limit the dispersal of hazardous substances into water, air, and soil. By prioritizing these measures, fuel stations can play a significant role in protecting public health and contributing to global efforts aimed at reducing the environmental and health impacts of POPs. Effective waste management practices not only ensure regulatory compliance but also reinforce the commitment of such establishments to environmental stewardship and sustainability.

### Keywords

Persistent Organic Pollutants, waste management, sustainability, fuel stations, environmental legislation.

**MANAGEMENT OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN WASTE FROM FUEL STATIONS**Nathalia Ellen da Silva Paim<sup>1\*</sup> and Ana Maria Barreiros<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Institute of Engineering of Lisbon, Department of Chemical Engineering, Lisbon, Portugal<sup>2</sup> UniRE - Unit for Innovation and Research in Engineering, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - ISEL, Polytechnic Institute of Lisbon, Lisboa, Portugal

\*Corresponding Author: ana.barreiros@isel.pt

**ABSTRACT**

Fuel stations are facilities that go beyond supplying fuel to vehicles, also offering a range of complementary services such as car washing and vehicle maintenance. These activities generate various types of waste, including used oils, solvents, sludge from oil/water separators, absorbent materials, filters, protective clothing, and cleaning rags. Many of these wastes may be contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs), chemical substances that exhibit high environmental persistence, potential for bioaccumulation in living organisms, and harmful effects on human health and ecosystems. Due to their chemical stability, POPs can remain in the environment for extended periods and disperse globally through air and water currents as well as species migration. This study aims to identify and quantify the concentration of POPs in the waste generated at fuel stations, comparing the results with the legal limits established by Regulation (EU) 2019/1021 of 20<sup>th</sup> June. The research also highlights the importance of proper management practices for contaminated waste, ensuring the destruction or irreversible transformation of POPs. The proper segregation and disposal of waste on-site are essential to prevent environmental contamination and protect public health, reinforcing fuel stations' commitment to sustainability and compliance with environmental regulations.

**Keywords**

Fuel stations, Contaminated waste, Persistent Organic Pollutants (POPs), Waste management, Environmental sustainability, Regulatory compliance.

**1 INTRODUCTION**

Persistent Organic Pollutants (POPs) are defined by their chemical stability, environmental persistence, and tendency to bioaccumulate in living organisms (Devendrapandi et al., 2024; WHO, 2004; UNEP, n.d.). The aforementioned properties of POPs have led to a global concern, as they have the potential to exert adverse impacts on human health and the environment. Prolonged exposure to these substances has been associated with severe diseases, including endocrine disorders, cancers, and neurological damage (Mishra et al., 2022). Furthermore, the dissemination of POPs through various environmental media, including air, water, and soil, poses a significant threat to biodiversity and ecosystem quality. These substances are ubiquitous in various industrial products, pesticides, and waste from fuels and lubricants, thus rendering them a significant environmental issue (Kumar et al.2022).

Fuel stations integrated into service areas are multifaceted facilities that play an essential role in mobility and support for all motor vehicles, extending beyond the provision of fuel. These facilities offer a comprehensive range of ancillary services, including car washing, maintenance and mechanical assistance, the sale of automotive products, and convenience stores. The operation of these facilities is subject to stringent operational protocols, encompassing vehicle refueling, waste management, and the implementation of environmental control measures. The primary function of these facilities is vehicle refueling, which is conducted through the utilization of fuel pumps that guarantee accuracy in the dispensed volume and the cost of the operation. The safety of refueling is ensured by specific regulations

governing fuel handling, which prevent risks such as spills, fires, and pollutant emissions during motor vehicle refueling. These regulations are in accordance with Directive 94/63/EC of 20<sup>th</sup> December, and the United States Environmental Protection Agency. (US EPA, 2021).

In addition to fuel supply, fuel stations offer a range of services and amenities, such as convenience stores, vehicle maintenance, and car washing. This raises crucial concerns regarding the implementation of effective safety and environmental management measures. The heterogeneity of activities gives rise to the generation of diverse categories of waste, some of which exhibit hazardous characteristics, thereby necessitating the establishment of appropriate legal and technical frameworks for their effective management (APA, 2021). Of particular concern is the waste resulting from vehicle maintenance, including used oils, solvents, sludge from hydrocarbon separators, oil filters, and contaminated absorbents. This waste contains petroleum-derived hydrocarbons, which have a significant impact on soil and water (Devendrapandi et al., 2024; UNEP, n.d.). Furthermore, this particular type of waste may contain POPs, whose presence is related to the products used, waste produced in combustion processes (Çetin and Demirci, 2024; Mykhailenko et al., 2024; Ukalska-Jaruga et al., 2020), and the operational management practices adopted (Loureiro et al., 2002; Pinto et al., 2007; Çetin and Demirci, 2024; Mykhailenko et al., 2024).

In accordance with Article 7 of Regulation (EU) 2019/1021 on persistent organic pollutants (POPs), specific provisions must be established for the management of waste containing substances listed in Annex IV. Waste containing POPs must be treated promptly to ensure these substances are destroyed or irreversibly transformed, eliminating their hazardous properties. It is prohibited to recover, recycle, or reuse POPs themselves. The substances defined in Annex IV are grouped into different classes, considering their origin and their chemical properties. For each class of substances, a limit value is established. The following categories of substances require special attention in the context of a service station: polychlorinated biphenyls (PCBs); polychlorinated naphthalene's; short-chain chlorinated paraffins (SCCPs); brominated diphenyl ethers; hexabromocyclododecane (HBCD); perfluorinated compounds; chlorinated dioxins and furans (PCDD/PCDF); other halogenated compounds.

In order to mitigate the emission of these compounds into the environment, it is imperative to implement a set of preventative measures. These include the utilization of safer substitute materials and products, the rigorous regulation of production processes, and the implementation of effective waste management practices, as stipulated by European and Portuguese legislation. Specifically, this pertains to Decree Law 102-D/2020 of 10<sup>th</sup> December, in conjunction with ISO 14001:2015.

Proper monitoring, incorporating continuous tracking of waste and emissions, is imperative for the early detection of problems and compliance with environmental requirements. Moreover, the effective management of waste, incorporating segregation and appropriate treatment, is instrumental in minimizing risks and ensuring sustainability. The integration of these measures is pivotal in safeguarding the environment and public health, whilst adhering to environmental standards.

The present study aims to contribute to the improvement of waste management practices at fuel stations by proposing a best-practices manual to assist in the identification, segregation, and proper treatment of potentially hazardous waste. The implementation of these guidelines will serve to mitigate the environmental and public health impacts associated with POPs, ensuring compliance with current regulations, such as Directive 2008/98/EC of 19<sup>th</sup> November, and promoting the sustainability of these facilities.

## 2 METHODOLOGY

The methodological approach adopted in this study was a structured and comprehensive one, comprising various stages with the objective of identifying and evaluating waste that was potentially contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs) within a designated service area. A typical service area is responsible for a wide range of activities, encompassing fuel supply, vehicle washing, and minor repairs. The selection of this type of establishment is justified by the diversity of processes

involved, which increases the complexity and risk of generating waste contaminated with POPs. The process was divided into two main parts: the analysis of operational and management practices and the evaluation of the waste produced.

The initial phase entailed the scrutiny of operational and managerial methodologies, with a particular emphasis on the perceptions of senior management and personnel concerning the undertakings conducted within the facility, and the management and disposal of waste, with a focus on those that might be tainted by POPs. Through the amalgamation of direct observations and a meticulous documentary analysis of procedures, a more profound comprehension of the methodologies employed at the station was fostered, alongside the identification of potential inadequacies in waste management.

The second stage entailed a survey of the waste produced, employing a combination of both quantitative and qualitative approaches. The quantitative approach entailed the collection of data on the volume of waste generated for each activity, thereby facilitating the quantification of waste production. The second approach entailed the analysis of the Safety Data Sheets (SDS) for the products utilized at the service station, with a view to identifying those that could potentially contain compounds classified as POPs.

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Activities and Operations of the Service Area

Fuel stations play an essential role in supporting the public traveling on highways, expressways, and urban centers, providing not only a fueling zone with multiple fuel pumps but also complementary activities such as:

- Maintenance workshop area where vehicle maintenance and repair operations are carried out, including oil and air filter changes, battery and parts replacements and tire changes. Activities requiring the use of chemical products to maintain and clean various vehicle components.
- Car wash area, equipped with automatic or manual washing systems. The washing services include external washing, interior cleaning, vacuuming, and polishing.
- Cafeteria area, which may offer a variety of food and beverages, ranging from coffee, snacks, and sandwiches to complete meals, depending on the establishment's size, along with a convenience store.

#### 3.2 Types of Waste Produced in a Service Area

The correct identification and classification of waste in different activities of a fuel station integrated into a typical service area are essential for adopting more efficient environmental management practices, minimizing negative impacts, and promoting sustainability (Decree-Law No. 102-D/2020; APA, 2019). The waste produced was classified based on its origin and characteristics according to the European Waste Catalogue (EWC) published in Decision 2014/955/EU, 18<sup>th</sup> December, across different activities (Figure 1).

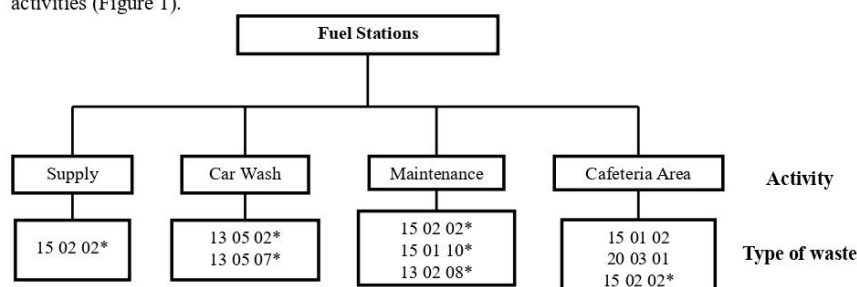


Figure 1 – Identification of waste produced in different activities of a fuel station.

In the vehicle refueling zone, waste from accidental spills can be identified and classified as "Absorbents, filter materials, cleaning cloths, and contaminated protective clothing" with EWC code 15 02 02\*, as well as traces of substances associated with runoff from vehicles circulating in the fueling area.

In the vehicle washing and fueling area, hydrocarbon separators (HCS) are installed to perform preliminary treatment of waste generated by these activities. The high daily circulation of vehicles in this area can result in the accumulation of waste of different origins in wheel tracks, as well as the presence of oil residues from vehicle runoff. Thus, the effluents generated come from both vehicle cleaning and runoff from the fueling area. The HCS operates in three stages: (i) pre-treatment, where solid particles are retained in a sand trap; (ii) density separation, in which oils and hydrocarbons are removed by flotation while heavier particles settle; and (iii) filtration and disposal, where treated wastewater is discharged directly into municipal collectors or a watercourse, according to current regulations. Periodic cleaning of the HCS generates waste classified as "Water with oil from oil/water separators" with EWC code 13 05 07\* and "Sludge from oil/water separators" with EWC code 13 05 02\*.

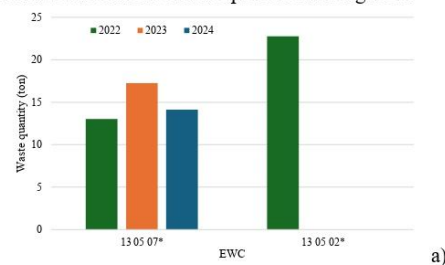
In the vehicle maintenance and repair area, where operations such as oil changes, filter replacements, battery and part replacements, tire changes, and the use of maintenance and cleaning chemicals are carried out, waste is classified as "Absorbents, filter materials, cleaning cloths, and contaminated protective clothing" EWC 15 02 02\*, "Packaging containing or contaminated by hazardous substance residues" EWC 15 01 10\*, and "Other engine, transmission, and lubrication oils" EWC 13 02 08\*.

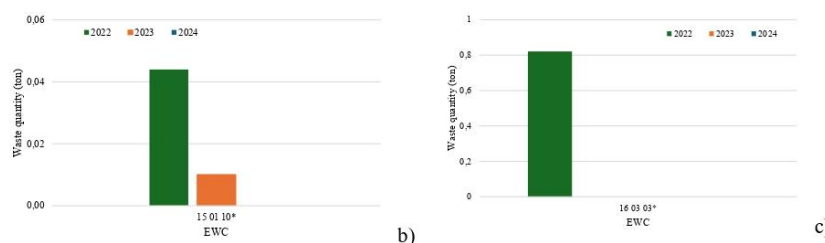
In the convenience store and cafeteria area, waste classified as "Mixed municipal waste and similar" EWC 20 03 01 and "Plastic packaging" EWC 15 01 02 is generated and "Absorbents, filter materials, cleaning cloths, and contaminated protective clothing" EWC 15 02 02\*.

### 3.3 Waste Quantification

The Integrated Waste Registration Map (MIRR) is an essential tool for environmental management, allowing for detailed monitoring of waste production, characterization, and disposal. This system ensures that entities and companies comply with current environmental regulations, particularly ISO 14001:2015 and Decree-Law No. 102-D/2020. Through MIRR, it is possible to monitor waste trends over time and implement strategies for their reduction and proper treatment.

A comprehensive analysis was conducted on the waste generated between 2022 and 2024 at the service area to assess trends and variations in waste production. The most significant waste types were identified according to the MIRR document and are presented in Figure 2.





**Figure 2** – Waste production trends from 2022 to 2024: a) water with oil from oil/water separators (EWC 13 05 07\*) and sludge from oil/water separators (EWC 13 05 02\*), b) packaging containing or contaminated by hazardous substances (EWC 15 01 10\*) and c) absorbents, filter materials, and contaminated protective clothing (EWC 16 03 03\*).

The production of waste in the Service Area exhibited significant variations between the years 2022 and 2024, reflecting potential changes in operational processes, equipment efficiency, and environmental management strategies implemented over time.

As illustrated in Figure 2a, the waste category classified as "water with oil from oil/water separators" (EWC 13 05 07\*) exhibited an increase from 2022 to 2023, followed by a decrease in 2024. This variation may be attributed to factors such as the operational efficiency of the oil/water separation systems, the frequency and quality of equipment maintenance, and the volume of activities carried out at the facility. The decrease in the final year may suggest improvements in the efficiency of the separation process or a reduction in the volume of oil-contaminated water produced.

The waste identified as "sludge from oil/water separators" (EWC 13 05 02\*) was recorded exclusively in 2022, totalling 22.76 tons. The occurrence of this waste solely in that year may be associated with drier meteorological conditions, resulting in lower precipitation and, consequently, a higher degree of clogging in the hydrocarbon separator (SHC). Thus, the waste was classified under the EWC 13 05 code group; however, due to its predominantly solid nature rather than liquid, it was identified as EWC 13 05 02\* instead of EWC 13 05 07\*, as had been the case in previous years. It is important to highlight that this procedure was carried out in accordance with the stipulated periodicity for the maintenance of the SHC in the service area, which occurs at six-month intervals, thereby ensuring compliance with established operational and environmental requirements.

The waste category designated as "packaging containing or contaminated by hazardous substances" (EWC 15 01 10\*) registered a total of 0.044 tons in 2022, subsequently decreasing to 0.01 tons in 2023 (Figure 2b). This decline is presumably attributable to the implementation of more efficacious packaging reuse strategies or optimised disposal practices, thus facilitating a more sustainable waste management approach. In addition, the production of "absorbents, filter materials, and contaminated protective clothing" (EWC 15 02 02\*) was recorded at 0.006 tons in 2022 and decreased to 0.003 tons in 2023. This decline suggests that enhancements in hazardous substance containment, in conjunction with the effective utilisation of absorbent materials, have contributed to a reduction in this particular waste category.

As Figure 2c illustrates, the waste category designated as "Inorganic waste containing hazardous substances" (EWC 16 03 03\*) was not recorded until 2022. The absence of this waste in subsequent years may be associated with alterations in production processes or the substitution of certain materials used in operations, thereby reducing the generation of hazardous inorganic waste.

The classification and quantification of the various waste streams facilitated the formulation of a comprehensive waste management plan. This plan incorporates strategies for waste segregation, secure temporary storage, and specialised treatment, thereby ensuring compliance with current environmental legislation (ISO 14001:2015; Decree-Law No. 102-D/2020). The facility's strategic approach is to

employ these measures in a concerted effort to mitigate its environmental impact while ensuring adherence to the stipulated regulatory framework.

It is important to note that waste generation patterns may vary across different fuel stations, depending on the range of activities carried out in their service areas. The waste data presented in this study has been derived from a selected fuel station, which has been chosen as a model due to its integration of various operational activities. This choice provides a comprehensive understanding of waste production in a fuel station context, although it should be noted that other locations may exhibit differing waste profiles based on specific operational characteristics.

### 3.4 Qualitative Waste Assessment

POPs in a service area can originate from the products handled or from external sources, as they can be produced during the combustion of fossil fuels by motor vehicles (Çetin and Demirci, 2024; Mykhailenko et al., 2024; Ukalska-Jaruga et al., 2020) and appear in waste such as "Oil water from oil/water separators" and "Sludge from oil/water separators".

The first step in analyzing the SDS was to verify compliance with Regulation (EC) No. 1272/2008 of 16th December, concerning the classification, labeling, and packaging of substances and mixtures. Subsequently, the respective substances, concentrations, CAS numbers, EINECS/EC, EU INDEX, and REACH classifications were listed, along with the risk classification for each product.

A total of 389 substances were identified, and their analysis was carried out by comparing their Chemical Abstracts Service (CAS) numbers with the official lists and regulations, including REACH Regulation (Regulation (EC) No. 1907/2006), and the POPs Regulation (Regulation (EU) No. 2019/1021). Information was extracted from the European Chemicals Agency (ECHA, 2021) portal to ensure compliance with regulatory requirements. None of the 389 identified substances were classified as POPs according to Regulation (EU) No. 2019/1021.

To verify the presence of POPs in SHC waste from the fueling area, considering possible contamination from fuel and lubricant runoff, as well as in the SHC waste from the washing area, taking into account the circulation of vehicles from various origins and with different types of cargo (Khoury et al., 2024), samples were collected from these zones following the guidelines of Regulation (EU) No. 2019/1021, and US EPA (2021).

## 4 CONCLUSIONS

The POPs management in fuel stations is a critical issue that requires a careful approach due to their potential to cause significant harm to human health and the environment. This study emphasized the intricacies involved in the generation and management of contaminated waste within a service area, underscoring the significance of effective management practices that adhere to current legislation.

The qualitative and quantitative analysis carried out in this study provided a deeper understanding of the composition of the generated waste and the risks associated with its improper management. The study found that none of the products handled in the service area contain POPs, but they may be present in the SHC resulting from runoff in the fueling and washing zones. Consequently, a meticulous examination of these wastes is advocated to ascertain the presence of POPs. The implementation of preventive measures, such as the segregation and specialized treatment of hazardous waste, is imperative to ensure compliance with environmental regulations and to promote the sustainability of fuel station operations.

This study concluded, based on a thorough analysis of all Safety Data Sheets (SDS) for the products handled in the service areas, that none of the substances present in these products are listed in Annex IV of Regulation (EU) No. 2019/1021 on Persistent Organic Pollutants (POPs), nor do they belong to any of the chemical families regulated under this legislation.

To ensure the accuracy and reliability of this conclusion, each substance listed in every SDS was individually verified and compared against the substances and chemical groups restricted by the regulation. This rigorous approach allows us to confidently state that, within the operational context analyzed, there is no presence of POPs in the products used in the service areas.

However, it is important to note that while the products handled do not contain POPs, there is a possibility of their formation or presence in contaminated waste, such as in the Hydrocarbon Separators (SHC), due to runoff in fueling and washing zones. Therefore, continued monitoring of these wastes is recommended, along with the implementation of preventive measures such as the segregation and proper treatment of hazardous waste, in order to ensure environmental compliance and the sustainability of fuel station operations.

## REFERENCES

- APA (2018) Gestão de Resíduos Perigosos. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://apambiente.pt/>. Accessed 12 March 2025.
- APA (2019) Política Nacional de Resíduos. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://apambiente.pt/>. Accessed 12 March 2025.
- APA (2021) Gestão de Resíduos Perigosos. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://apambiente.pt/residuos-perigosos>. Accessed 24 February 2025.
- ASAE (n.d.) Riscos Químicos: Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Autoridade de Segurança Alimentar e Económica. Available at: <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/riscos-quimicos/pops.aspx>. Accessed 31 March 2025.
- Çetin M, Demirci O K (2024) Polluting effects of wastes generated in engine vehicle repair-service businesses, storage, disposal, and reuse of wastes. *Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, 10(12), 59–65. <https://doi.org/10.35629/2532-10125965>.
- Commission Decision 2014/955/EU. amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2014/955/oj/eng>.
- Decree Law n.º 102-D/2020 Republic Diary No. 239/2020, Series 1 of 2020-12-10, 25-(2) - 25-(269). <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2020/12/23901/0000200269.pdf>.
- Devendrapandi G, Liu X, Balu R, Ayyamperumal R, Arasu M V, Lavanya M, Reddy V R M, Kim W Y, Karthika, P C (2024) Innovative remediation strategies for persistent organic pollutants in soil and water: A comprehensive review. *Environmental Research*, 249, 118404. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118404>.
- Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098>.
- Directive 94/63/EC of 20 December 1994 on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31994L0063>.
- ECHA (2021) Guidance on the identification of POPs. ECHA - POPs Guidance. European Chemicals Agency <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-reach>. Accessed 23 February 2025.
- ISO 14001:2015. Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientação para o Uso. ISO. <https://www.iso.org/standard/60857.html>. Accessed 28 February 2025.
- Khoury D, Millet M, Jabali Y, Delhomme O (2024) Occurrence of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Polychlorinated Biphenyls in Fogwater at Urban, Suburban, and Rural Sites in Northeast France between 2015 and 2021. *Atmosphere*, 15, 291. <https://doi.org/10.3390/atmos15030291>.
- Kumar J A, Krithiga T, Sathish S, Renita A A, Prabu D, Lokesh S, Geetha R., Namasivayam S K R, Sillanpaa M (2022) Persistent organic pollutants in water resources: Fate, occurrence,

- characterization and risk analysis, *Science of The Total Environment*, 831, 154808, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154808>.
- Loureiro O C, Oliveira L I, Rodrigues O O A, Costa W D (2002). Postos distribuidores de combustíveis e o problema ambiental em Belo Horizonte. SUPLEMENTO - Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- Mykhailenko V, Nitsenko V S, Gerasymchuk N, Sambulov A, Demchuk V (2024) Air pollution by persistent organic pollutants from organic fuel combustion by stationary sources: the case of the Odesa agglomeration. *Environmental Systems Research*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-024-00383-2>.
- Pinto G F P, Pinto J F, Filho R M (2007) Avaliação de contaminação ambiental causada por poluentes orgânicos persistentes utilizando simulação computacional. *Química Nova*, 30(3), 565–568. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300011>
- Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272>
- Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907>.
- Regulation (EU) 2019/1021 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 on persistent organic pollutants. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1021>.
- US EPA (2021) Underground Storage Tank (UST) Program. EPA UST. <https://www.epa.gov/ust>. Accessed 09 March 2025.
- UNEP (n.d.) Persistent Organic Pollutants (POPs) and Pesticides. United Nations Environment Programme. Available at: <https://www.unep.org/cep/persistent-organic-pollutants-pops-and-pesticides>. Accessed 12 March 2025.
- Ukalska-Jaruga A, Lewinska K, Mammadov E, Karczewska A, Smreczak B, Medynska-Juraszek A (2020). Residues of persistent organic pollutants (POPs) in agricultural soils adjacent to historical sources of their storage and distribution—the case study of Azerbaijan. *Molecules*, 25(8), 1815. <https://doi.org/10.3390/molecules25081815>.
- WHO. (2004). Poluentes Orgânicos Persistentes (Pops), material de treinamento. WHO-HSE-PHE-AMR-08.01.03. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HSE-PHE-AMR-08.01.03>. Accessed 12 March 2025.

## 9.2. Apêndice II



# MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

Gestão dos POPs nos resíduos dos postos de abastecimento de combustíveis

## PRÓXIMOS PASSOS

- ✓ Monitorização Contínua
- ✓ Avaliação Periódica
- ✓ Desenvolvimento de um Plano de Gestão Preventiva
- ✓ Sensibilização e Formação



**MONITORIZAÇÃO CONTÍNUA**

Das resíduos líquidos e sólidos gerados, com especial atenção a substâncias emergentes como os PFAS

Procurar alternativas ao PFAS e PFOA no mercado

**AVALIAÇÃO PERIÓDICA**

Das produtos utilizados nas operações (limpeza, lavagem auto, controlo de pragas, jardinagem, tratamento de água residual, etc.), garantindo que continuam isentos de POPs e conformes com os regulamentos REACH, CLP e POPs;

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE GESTÃO PREVENTIVA**

Com boas práticas operacionais para minimizar a introdução de contaminantes externos: Procurar projetos de eliminação de POPs nos materiais e resíduos, ou na cadeia de consumo que a empresa possa apoiar. Jardinagem, limpeza e manutenção.

**SENSIBILIZAÇÃO E FORMAÇÃO**

Dos operadores sobre riscos químicos e rotinas seguras de manuseamento e controlo ambiental, e gestão de resíduos perigosos.



## **10. Anexos**

# 10.1. Anexo I



**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2512977 - LPQ Sul**

**DADOS DA AMOSTRA**  
 Número de Amostra: 2512977  
 Tipo Amostra: Água residual  
 Área: Água residual  
 Lavagem: SHC

**DADOS DO CLIENTE**  
 Nome:   
 Morada: Alameda Jardim de Amália, nº 1188  
 Edifício: 1.º  
 Cod. Postal: 4100-178 - Vila Nova de Gaia

**Colheita: Cliente**  
 Data de Colheita: 17/02/2025  
 Data de Receção de Amostra: 17/02/2025


**RESULTADOS DE ENSAIO**

Parâmetro / Procedimento	Resultado	Unidades	VL	VR	Incerteza
<b>Parâmetros Fisico-Químicos</b>					
# pH	~2,7 (02)	ppH			-
# Condutividade	~3,2 (02)	ppH			-
# Turbidez	~2,9 (02)	ppH	0,14		-
# Oxigénio Dissolvido	~1,7 (02)	ppH	0,14		-
# Dureza	~33,0 (02)	ppH	0,14		-
# Clorofila	~0,000 (02)	ppH			-
# Nitrogénio	~0,010 (02)	ppH			-
# Fósforo	~0,010 (02)	ppH			-
# CDT	~0,020 (02)	ppH			-

**Metodologias:**  
 pH: NEN 1374  
 Condutividade: NEN 1374  
 Turbidez: NEN 1374  
 Oxigénio Dissolvido: NEN 1374  
 Dureza: NEN 1374  
 Clorofila: NEN 1374  
 Nitrogénio: NEN 1374  
 Fósforo: NEN 1374  
 CDT: NEN 1374

**Referências:**  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014

**Nota:** Este relatório foi gerado automaticamente pelo sistema de gestão de laboratório. Qualquer alteração deve ser feita diretamente no sistema.

**Assinatura:**  Ana Carolina  
 LPQ Sul Responsável Técnica

**Modelo 25 GER. Rev. 6 de 03/20**



**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2512977 - LPQ Sul**

**DADOS DA AMOSTRA**  
 Número de Amostra: 2512977  
 Tipo Amostra: Água residual  
 Área: Água residual  
 Lavagem: SHC

**DADOS DO CLIENTE**  
 Nome:   
 Morada: Alameda Jardim de Amália, nº 1188  
 Edifício: 1.º  
 Cod. Postal: 4100-178 - Vila Nova de Gaia

**Colheita: Cliente**  
 Data de Colheita: 17/02/2025  
 Data de Receção de Amostra: 17/02/2025


**RESULTADOS DE ENSAIO**

Parâmetro / Procedimento	Resultado	Unidades	VL	VR	Incerteza
# pH	~2,7 (02)	ppH			-
# Condutividade	~3,2 (02)	ppH			-
# Turbidez	~2,9 (02)	ppH	0,14		-
# Oxigénio Dissolvido	~1,7 (02)	ppH	0,14		-
# Dureza	~33,0 (02)	ppH	0,14		-
# Clorofila	~0,000 (02)	ppH			-
# Nitrogénio	~0,010 (02)	ppH			-
# Fósforo	~0,010 (02)	ppH			-
# CDT	~0,020 (02)	ppH			-

**Metodologias:**  
 pH: NEN 1374  
 Condutividade: NEN 1374  
 Turbidez: NEN 1374  
 Oxigénio Dissolvido: NEN 1374  
 Dureza: NEN 1374  
 Clorofila: NEN 1374  
 Nitrogénio: NEN 1374  
 Fósforo: NEN 1374  
 CDT: NEN 1374

**Referências:**  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014

**Nota:** Este relatório foi gerado automaticamente pelo sistema de gestão de laboratório. Qualquer alteração deve ser feita diretamente no sistema.

**Assinatura:**  Ana Carolina  
 LPQ Sul Responsável Técnica

**Modelo 25 GER. Rev. 6 de 03/20**



**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2512977 - LPQ Sul**

**DADOS DA AMOSTRA**  
 Número de Amostra: 2512977  
 Tipo Amostra: Água residual  
 Área: Água residual  
 Lavagem: SHC

**DADOS DO CLIENTE**  
 Nome:   
 Morada: Alameda Jardim de Amália, nº 1188  
 Edifício: 1.º  
 Cod. Postal: 4100-178 - Vila Nova de Gaia

**Colheita: Cliente**  
 Data de Colheita: 17/02/2025  
 Data de Receção de Amostra: 17/02/2025


**RESULTADOS DE ENSAIO**

Parâmetro / Procedimento	Resultado	Unidades	VL	VR	Incerteza
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,0036	ppH			-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,0036	ppH	0,3		-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,010 (02)	ppH	0,0008		-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,0048	ppH	0,10		-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,00747	ppH			-
# Dioxinas e Furanos (PCDF/F)	~140 (02)	ppH			-

**Metodologias:**  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PCDF/F: NEN 1374

**Referências:**  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014

**Nota:** Este relatório foi gerado automaticamente pelo sistema de gestão de laboratório. Qualquer alteração deve ser feita diretamente no sistema.

**Assinatura:**  Ana Carolina  
 LPQ Sul Responsável Técnica

**Modelo 25 GER. Rev. 6 de 03/20**



**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2512977 - LPQ Sul**

**DADOS DA AMOSTRA**  
 Número de Amostra: 2512977  
 Tipo Amostra: Água residual  
 Área: Água residual  
 Lavagem: SHC

**DADOS DO CLIENTE**  
 Nome:   
 Morada: Alameda Jardim de Amália, nº 1188  
 Edifício: 1.º  
 Cod. Postal: 4100-178 - Vila Nova de Gaia

**Colheita: Cliente**  
 Data de Colheita: 17/02/2025  
 Data de Receção de Amostra: 17/02/2025

**RESULTADOS DE ENSAIO**

Parâmetro / Procedimento	Resultado	Unidades	VL	VR	Incerteza
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,0036	ppH			-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,0036	ppH	0,3		-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,010 (02)	ppH	0,0008		-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,0048	ppH	0,10		-
# Ácido perfluorotartárico (PFT)	~0,00747	ppH			-
# Dioxinas e Furanos (PCDF/F)	~140 (02)	ppH			-

**Metodologias:**  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PFT: NEN 1374  
 PCDF/F: NEN 1374

**Referências:**  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014  
 NEN 1374: 2014

**Nota:** Este relatório foi gerado automaticamente pelo sistema de gestão de laboratório. Qualquer alteração deve ser feita diretamente no sistema.

**Assinatura:**  Ana Carolina  
 LPQ Sul Responsável Técnica

**Modelo 25 GER. Rev. 6 de 03/20**

# 10.2. Anexo II



## RELATÓRIO DE ENSAIO N° 2512978 - LPO Sul

**Dados de Início da Análise:** 17/02/2025  
**Data de Fim de Análise:** 11/04/2025  
**Data Emissão:** 11/04/2025  
**Versão:** 1  
**Elaborado Definitivo**

**DADOS DO CLIENTE**  
**Nome:** [Redacted]  
**Morada:** Alameda Jardim de América, nº 1188 - Edifício BIC  
**Cod. Postal:** 4400-478 - Vila Flor de Gás

**DADOS DA AMOSTRA**  
**Número de Amostra:** 2512978  
**Coleta:** Cliente  
**Data de Coleta:** 17/02/2025  
**Data de Recepção de Amostra:** 17/02/2025  
**Tipo Amostra:** Água residual  
**Área:** Água residual  
**Ponto de Amostragem:** [Redacted] SHC  
**Rodovia:**

### RESULTADOS DE ENSAIO

Parâmetro / Procedimento	Resultado	Unidades	VL	VR	Incerteza
<b>Parâmetros Físico-Químicos</b>					
# Estr tetrahidromodifinílico US 1 EA 1644	<= 0 (0)	ng/L	-	-	-
# Estr pentahidromodifinílico US 1 EA 1645	<= 12 (0)	ng/L	-	-	-
# Estr hexahidromodifinílico US 1 EA 1644	<= 5 (0)	ng/L	0,14	-	-
# Estr heptahidromodifinílico US 1 EA 1644	<= 1,7 (0)	ng/L	0,14	-	-
# Estr octahidromodifinílico US 1 EA 1644	<= 1,3 (0)	ng/L	0,14	-	-
<b>Pesticidas</b>					
# § Aldrina W-DQPCED01 (CZ_SOP_006_03_109) ICEN EN ISO 6468, US 1 EA B061, DN 33467 2 (1)	<= 0,0050 (0)	ng/L	-	-	-
# § Dieldrina W-DQPCED01 (CZ_SOP_006_03_109) ICEN EN ISO 6468, US 1 EA B061, DN 33467 2 (1)	<= 0,0100 (0)	ng/L	-	-	-
# § Endrina W-DQPCED01 (CZ_SOP_006_03_109) ICEN EN ISO 6468, US 1 EA B061, DN 33467 2 (1)	<= 0,010 (0)	ng/L	-	-	-
# § DDT W-DQPCED01 (CZ_SOP_006_03_109) ICEN EN ISO 6468, US 1 EA B061, DN 33467 2 (1)	<= 0,0400 (0)	ng/L	-	-	-

Rua Siroville 2, 2600-544 Bairro: Remésio, tel: 27269080, Email: lpo@lpo.com.br  
 Alameda Jardim de América, 1188, 4400-478, Vila Flor de Gás, tel: 17277785, Email: lpo@lpo.com.br  
 Modelo 25 GER, Rev. 6 de 03/20



## RELATÓRIO DE ENSAIO N° 2512978 - LPO Sul

**DADOS DA AMOSTRA**  
**Número de Amostra:** 2512978  
**Coleta:** Cliente  
**Data de Coleta:** 17/02/2025  
**Data de Recepção de Amostra:** 17/02/2025  
**Tipo Amostra:** Água residual  
**Área:** Água residual  
**Ponto de Amostragem:** [Redacted] SHC  
**Rodovia:**

### RESULTADOS DE ENSAIO

Parâmetro / Procedimento	Resultado	Unidades	VL	VR	Incerteza
# § Ácido perfluorotetranóico (PFOS) W-PCFL0002	0,0054	µg/L	-	-	-
# Hexabromociclododecanos W-PCB00405	<= 0,1000 (0)	µg/L	0,5	-	-
# Heptacloro W-DQPCED01 (CZ_SOP_006_03_109) ICEN EN ISO 6468, US 1 EA B061, DN 33467 2 (1)	<= 0,010 (0)	µg/L	0,0003	-	-
# PFOA Genral W-PCFL0003	0,00668	µg/L	0,10	-	-
# Ácido perfluorooctanóico (PFOA) W-PCFL0001	0,00126	µg/L	-	-	-
<b>Dioxinas e Furanos</b>					
# § Dioxinas e Furanos (PCDD/F) W-PCDD01 (CZ_SOP_006_03_109) EN ISO 15700, IEC 62473, IEC 62474, IEC 62475, IEC 62476, IEC 62477, IEC 62478, IEC 62479, IEC 62480, IEC 62481, IEC 62482, IEC 62483, IEC 62484, IEC 62485, IEC 62486, IEC 62487, IEC 62488, IEC 62489, IEC 62490, IEC 62491, IEC 62492, IEC 62493, IEC 62494, IEC 62495, IEC 62496, IEC 62497, IEC 62498, IEC 62499, IEC 62500, IEC 62501, IEC 62502, IEC 62503, IEC 62504, IEC 62505, IEC 62506, IEC 62507, IEC 62508, IEC 62509, IEC 62510, IEC 62511, IEC 62512, IEC 62513, IEC 62514, IEC 62515, IEC 62516, IEC 62517, IEC 62518, IEC 62519, IEC 62520, IEC 62521, IEC 62522, IEC 62523, IEC 62524, IEC 62525, IEC 62526, IEC 62527, IEC 62528, IEC 62529, IEC 62530, IEC 62531, IEC 62532, IEC 62533, IEC 62534, IEC 62535, IEC 62536, IEC 62537, IEC 62538, IEC 62539, IEC 62540, IEC 62541, IEC 62542, IEC 62543, IEC 62544, IEC 62545, IEC 62546, IEC 62547, IEC 62548, IEC 62549, IEC 62550, IEC 62551, IEC 62552, IEC 62553, IEC 62554, IEC 62555, IEC 62556, IEC 62557, IEC 62558, IEC 62559, IEC 62560, IEC 62561, IEC 62562, IEC 62563, IEC 62564, IEC 62565, IEC 62566, IEC 62567, IEC 62568, IEC 62569, IEC 62570, IEC 62571, IEC 62572, IEC 62573, IEC 62574, IEC 62575, IEC 62576, IEC 62577, IEC 62578, IEC 62579, IEC 62580, IEC 62581, IEC 62582, IEC 62583, IEC 62584, IEC 62585, IEC 62586, IEC 62587, IEC 62588, IEC 62589, IEC 62590, IEC 62591, IEC 62592, IEC 62593, IEC 62594, IEC 62595, IEC 62596, IEC 62597, IEC 62598, IEC 62599, IEC 62600, IEC 62601, IEC 62602, IEC 62603, IEC 62604, IEC 62605, IEC 62606, IEC 62607, IEC 62608, IEC 62609, IEC 62610, IEC 62611, IEC 62612, IEC 62613, IEC 62614, IEC 62615, IEC 62616, IEC 62617, IEC 62618, IEC 62619, IEC 62620, IEC 62621, IEC 62622, IEC 62623, IEC 62624, IEC 62625, IEC 62626, IEC 62627, IEC 62628, IEC 62629, IEC 62630, IEC 62631, IEC 62632, IEC 62633, IEC 62634, IEC 62635, IEC 62636, IEC 62637, IEC 62638, IEC 62639, IEC 62640, IEC 62641, IEC 62642, IEC 62643, IEC 62644, IEC 62645, IEC 62646, IEC 62647, IEC 62648, IEC 62649, IEC 62650, IEC 62651, IEC 62652, IEC 62653, IEC 62654, IEC 62655, IEC 62656, IEC 62657, IEC 62658, IEC 62659, IEC 62660, IEC 62661, IEC 62662, IEC 62663, IEC 62664, IEC 62665, IEC 62666, IEC 62667, IEC 62668, IEC 62669, IEC 62670, IEC 62671, IEC 62672, IEC 62673, IEC 62674, IEC 62675, IEC 62676, IEC 62677, IEC 62678, IEC 62679, IEC 62680, IEC 62681, IEC 62682, IEC 62683, IEC 62684, IEC 62685, IEC 62686, IEC 62687, IEC 62688, IEC 62689, IEC 62690, IEC 62691, IEC 62692, IEC 62693, IEC 62694, IEC 62695, IEC 62696, IEC 62697, IEC 62698, IEC 62699, IEC 62700, IEC 62701, IEC 62702, IEC 62703, IEC 62704, IEC 62705, IEC 62706, IEC 62707, IEC 62708, IEC 62709, IEC 62710, IEC 62711, IEC 62712, IEC 62713, IEC 62714, IEC 62715, IEC 62716, IEC 62717, IEC 62718, IEC 62719, IEC 62720, IEC 62721, IEC 62722, IEC 62723, IEC 62724, IEC 62725, IEC 62726, IEC 62727, IEC 62728, IEC 62729, IEC 62730, IEC 62731, IEC 62732, IEC 62733, IEC 62734, IEC 62735, IEC 62736, IEC 62737, IEC 62738, IEC 62739, IEC 62740, IEC 62741, IEC 62742, IEC 62743, IEC 62744, IEC 62745, IEC 62746, IEC 62747, IEC 62748, IEC 62749, IEC 62750, IEC 62751, IEC 62752, IEC 62753, IEC 62754, IEC 62755, IEC 62756, IEC 62757, IEC 62758, IEC 62759, IEC 62760, IEC 62761, IEC 62762, IEC 62763, IEC 62764, IEC 62765, IEC 62766, IEC 62767, IEC 62768, IEC 62769, IEC 62770, IEC 62771, IEC 62772, IEC 62773, IEC 62774, IEC 62775, IEC 62776, IEC 62777, IEC 62778, IEC 62779, IEC 62780, IEC 62781, IEC 62782, IEC 62783, IEC 62784, IEC 62785, IEC 62786, IEC 62787, IEC 62788, IEC 62789, IEC 62790, IEC 62791, IEC 62792, IEC 62793, IEC 62794, IEC 62795, IEC 62796, IEC 62797, IEC 62798, IEC 62799, IEC 62800, IEC 62801, IEC 62802, IEC 62803, IEC 62804, IEC 62805, IEC 62806, IEC 62807, IEC 62808, IEC 62809, IEC 62810, IEC 62811, IEC 62812, IEC 62813, IEC 62814, IEC 62815, IEC 62816, IEC 62817, IEC 62818, IEC 62819, IEC 62820, IEC 62821, IEC 62822, IEC 62823, IEC 62824, IEC 62825, IEC 62826, IEC 62827, IEC 62828, IEC 62829, IEC 62830, IEC 62831, IEC 62832, IEC 62833, IEC 62834, IEC 62835, IEC 62836, IEC 62837, IEC 62838, IEC 62839, IEC 62840, IEC 62841, IEC 62842, IEC 62843, IEC 62844, IEC 62845, IEC 62846, IEC 62847, IEC 62848, IEC 62849, IEC 62850, IEC 62851, IEC 62852, IEC 62853, IEC 62854, IEC 62855, IEC 62856, IEC 62857, IEC 62858, IEC 62859, IEC 62860, IEC 62861, IEC 62862, IEC 62863, IEC 62864, IEC 62865, IEC 62866, IEC 62867, IEC 62868, IEC 62869, IEC 62870, IEC 62871, IEC 62872, IEC 62873, IEC 62874, IEC 62875, IEC 62876, IEC 62877, IEC 62878, IEC 62879, IEC 62880, IEC 62881, IEC 62882, IEC 62883, IEC 62884, IEC 62885, IEC 62886, IEC 62887, IEC 62888, IEC 62889, IEC 62890, IEC 62891, IEC 62892, IEC 62893, IEC 62894, IEC 62895, IEC 62896, IEC 62897, IEC 62898, IEC 62899, IEC 62900, IEC 62901, IEC 62902, IEC 62903, IEC 62904, IEC 62905, IEC 62906, IEC 62907, IEC 62908, IEC 62909, IEC 62910, IEC 62911, IEC 62912, IEC 62913, IEC 62914, IEC 62915, IEC 62916, IEC 62917, IEC 62918, IEC 62919, IEC 62920, IEC 62921, IEC 62922, IEC 62923, IEC 62924, IEC 62925, IEC 62926, IEC 62927, IEC 62928, IEC 62929, IEC 62930, IEC 62931, IEC 62932, IEC 62933, IEC 62934, IEC 62935, IEC 62936, IEC 62937, IEC 62938, IEC 62939, IEC 62940, IEC 62941, IEC 62942, IEC 62943, IEC 62944, IEC 62945, IEC 62946, IEC 62947, IEC 62948, IEC 62949, IEC 62950, IEC 62951, IEC 62952, IEC 62953, IEC 62954, IEC 62955, IEC 62956, IEC 62957, IEC 62958, IEC 62959, IEC 62960, IEC 62961, IEC 62962, IEC 62963, IEC 62964, IEC 62965, IEC 62966, IEC 62967, IEC 62968, IEC 62969, IEC 62970, IEC 62971, IEC 62972, IEC 62973, IEC 62974, IEC 62975, IEC 62976, IEC 62977, IEC 62978, IEC 62979, IEC 62980, IEC 62981, IEC 62982, IEC 62983, IEC 62984, IEC 62985, IEC 62986, IEC 62987, IEC 62988, IEC 62989, IEC 62990, IEC 62991, IEC 62992, IEC 62993, IEC 62994, IEC 62995, IEC 62996, IEC 62997, IEC 62998, IEC 62999, IEC 63000, IEC 63001, IEC 63002, IEC 63003, IEC 63004, IEC 63005, IEC 63006, IEC 63007, IEC 63008, IEC 63009, IEC 63010, IEC 63011, IEC 63012, IEC 63013, IEC 63014, IEC 63015, IEC 63016, IEC 63017, IEC 63018, IEC 63019, IEC 63020, IEC 63021, IEC 63022, IEC 63023, IEC 63024, IEC 63025, IEC 63026, IEC 63027, IEC 63028, IEC 63029, IEC 63030, IEC 63031, IEC 63032, IEC 63033, IEC 63034, IEC 63035, IEC 63036, IEC 63037, IEC 63038, IEC 63039, IEC 63040, IEC 63041, IEC 63042, IEC 63043, IEC 63044, IEC 63045, IEC 63046, IEC 63047, IEC 63048, IEC 63049, IEC 63050, IEC 63051, IEC 63052, IEC 63053, IEC 63054, IEC 63055, IEC 63056, IEC 63057, IEC 63058, IEC 63059, IEC 63060, IEC 63061, IEC 63062, IEC 63063, IEC 63064, IEC 63065, IEC 63066, IEC 63067, IEC 63068, IEC 63069, IEC 63070, IEC 63071, IEC 63072, IEC 63073, IEC 63074, IEC 63075, IEC 63076, IEC 63077, IEC 63078, IEC 63079, IEC 63080, IEC 63081, IEC 63082, IEC 63083, IEC 63084, IEC 63085, IEC 63086, IEC 63087, IEC 63088, IEC 63089, IEC 63090, IEC 63091, IEC 63092, IEC 63093, IEC 63094, IEC 63095, IEC 63096, IEC 63097, IEC 63098, IEC 63099, IEC 63100, IEC 63101, IEC 63102, IEC 63103, IEC 63104, IEC 63105, IEC 63106, IEC 63107, IEC 63108, IEC 63109, IEC 63110, IEC 63111, IEC 63112, IEC 63113, IEC 63114, IEC 63115, IEC 63116, IEC 63117, IEC 63118, IEC 63119, IEC 63120, IEC 63121, IEC 63122, IEC 63123, IEC 63124, IEC 63125, IEC 63126, IEC 63127, IEC 63128, IEC 63129, IEC 63130, IEC 63131, IEC 63132, IEC 63133, IEC 63134, IEC 63135, IEC 63136, IEC 63137, IEC 63138, IEC 63139, IEC 63140, IEC 63141, IEC 63142, IEC 63143, IEC 63144, IEC 63145, IEC 63146, IEC 63147, IEC 63148, IEC 63149, IEC 63150, IEC 63151, IEC 63152, IEC 63153, IEC 63154, IEC 63155, IEC 63156, IEC 63157, IEC 63158, IEC 63159, IEC 63160, IEC 63161, IEC 63162, IEC 63163, IEC 63164, IEC 63165, IEC 63166, IEC 63167, IEC 63168, IEC 63169, IEC 63170, IEC 63171, IEC 63172, IEC 63173, IEC 63174, IEC 63175, IEC 63176, IEC 63177, IEC 63178, IEC 63179, IEC 63180, IEC 63181, IEC 63182, IEC 63183, IEC 63184, IEC 63185, IEC 63186, IEC 63187, IEC 63188, IEC 63189, IEC 63190, IEC 63191, IEC 63192, IEC 63193, IEC 63194, IEC 63195, IEC 63196, IEC 63197, IEC 63198, IEC 63199, IEC 63200, IEC 63201, IEC 63202, IEC 63203, IEC 63204, IEC 63205, IEC 63206, IEC 63207, IEC 63208, IEC 63209, IEC 63210, IEC 63211, IEC 63212, IEC 63213, IEC 63214, IEC 63215, IEC 63216, IEC 63217, IEC 63218, IEC 63219, IEC 63220, IEC 63221, IEC 63222, IEC 63223, IEC 63224, IEC 63225, IEC 63226, IEC 63227, IEC 63228, IEC 63229, IEC 63230, IEC 63231, IEC 63232, IEC 63233, IEC 63234, IEC 63235, IEC 63236, IEC 63237, IEC 63238, IEC 63239, IEC 63240, IEC 63241, IEC 63242, IEC 63243, IEC 63244, IEC 63245, IEC 63246, IEC 63247, IEC 63248, IEC 63249, IEC 63250, IEC 63251, IEC 63252, IEC 63253, IEC 63254, IEC 63255, IEC 63256, IEC 63257, IEC 63258, IEC 63259, IEC 63260, IEC 63261, IEC 63262, IEC 63263, IEC 63264, IEC 63265, IEC 63266, IEC 63267, IEC 63268, IEC 63269, IEC 63270, IEC 63271, IEC 63272, IEC 63273, IEC 63274, IEC 63275, IEC 63276, IEC 63277, IEC 63278, IEC 63279, IEC 63280, IEC 63281, IEC 63282, IEC 63283, IEC 63284, IEC 63285, IEC 63286, IEC 63287, IEC 63288, IEC 63289, IEC 63290, IEC 63291, IEC 63292, IEC 63293, IEC 63294, IEC 63295, IEC 63296, IEC 63297, IEC 63298, IEC 63299, IEC 63300, IEC 63301, IEC 63302, IEC 63303, IEC 63304, IEC 63305, IEC 63306, IEC 63307, IEC 63308, IEC 63309, IEC 63310, IEC 63311, IEC 63312, IEC 63313, IEC 63314, IEC 63315, IEC 63316, IEC 63317, IEC 63318, IEC 63319, IEC 63320, IEC 63321, IEC 63322, IEC 63323, IEC 63324, IEC 63325, IEC 63326, IEC 63327, IEC 63328, IEC 63329, IEC 63330, IEC 63331, IEC 63332, IEC 63333, IEC 63334, IEC 63335, IEC 63336, IEC 63337, IEC 63338, IEC 63339, IEC 63340, IEC 63341, IEC 63342, IEC 63343, IEC 63344, IEC 63345, IEC 63346, IEC 63347, IEC 63348, IEC 63349, IEC 63350, IEC 63351, IEC 63352, IEC 63353, IEC 63354, IEC 63355, IEC 63356, IEC 63357, IEC 63358, IEC 63359, IEC 63360, IEC 63361, IEC 63362, IEC 63363, IEC 63364, IEC 63365, IEC 63366, IEC 63367, IEC 63368, IEC 63369, IEC 63370, IEC 63371, IEC 63372, IEC 63373, IEC 63374, IEC 63375, IEC 63376, IEC 63377, IEC 63378, IEC 63379, IEC 63380, IEC 63381, IEC 63382, IEC 63383, IEC 63384, IEC 63385, IEC 63386, IEC 63387, IEC 63388, IEC 63389, IEC 63390, IEC 63391, IEC 63392, IEC 63393, IEC 63394, IEC 63395, IEC 63396, IEC 63397, IEC 63398, IEC 63399, IEC 63400, IEC 63401, IEC 63402, IEC 63403, IEC 63404, IEC 63405, IEC 63406, IEC 63407, IEC 63408, IEC 63409, IEC 63410, IEC 63411, IEC 63412, IEC 63413, IEC 63414, IEC 63415, IEC 63416, IEC 63417, IEC 63418, IEC 63419, IEC 63420, IEC 63421, IEC 63422, IEC 63423, IEC 63424, IEC 63425, IEC 63426, IEC 63427, IEC 63428, IEC 63429, IEC 63430, IEC 63431, IEC 63432, IEC 63433, IEC 63434, IEC 63435, IEC 63436, IEC 63437, IEC 63438, IEC 63439, IEC 63440, IEC 63441, IEC 63442, IEC 63443, IEC 63444, IEC 63445, IEC 63446, IEC 63447, IEC 63448, IEC 63449, IEC 63450, IEC 63451, IEC 63452, IEC 63453, IEC 63454, IEC 63455, IEC 63456, IEC 63457, IEC 63458, IEC 63459, IEC 63460, IEC 63461, IEC 63462, IEC 63463, IEC 63464, IEC 63465, IEC 63466, IEC 63467, IEC 63468, IEC 63469, IEC 63470, IEC 63471, IEC 63472, IEC 63473, IEC 63474, IEC 63475, IEC 63476, IEC 63477, IEC 63478, IEC 63479, IEC 63480, IEC 63481, IEC 63482, IEC 63483, IEC 63484, IEC 63485, IEC 63486, IEC 63487, IEC 63488, IEC 63489, IEC 63490, IEC 63491, IEC 63492, IEC 63493, IEC 63494, IEC 63495, IEC 63496, IEC 63497, IEC 63498, IEC 63499, IEC 63500, IEC 63501, IEC 63502, IEC 63503, IEC 63504, IEC 63505, IEC 63506, IEC 63507, IEC 63508, IEC 63509, IEC 63510, IEC 63511, IEC 63512, IEC 63513, IEC 63514, IEC 63515, IEC 63516, IEC 63517, IEC 63518, IEC 63519, IEC 63520, IEC 63521, IEC 63522, IEC 63523, IEC 63524, IEC 63525, IEC 63526, IEC 63527, IEC 63528, IEC 63529, IEC 63530, IEC 63531, IEC 63532, IEC 63533, IEC 63534, IEC 63535, IEC 63536, IEC 635					