

Identificação de pontos críticos de emissão de odores em atividades industriais e não industriais

Ana Rita Rodrigues da Cunha

Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do
Território

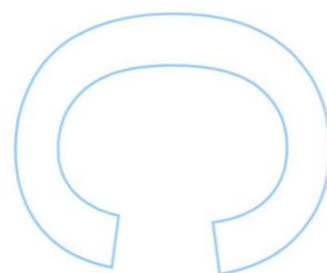
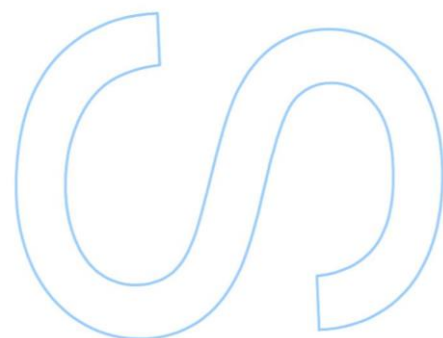
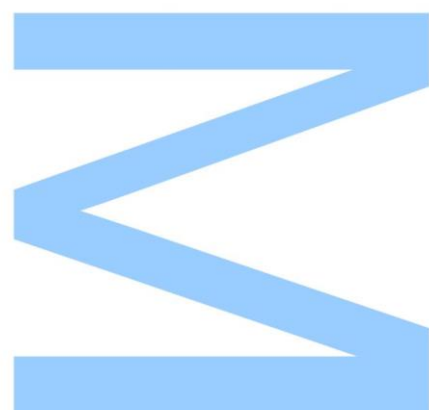
2021

Orientador

Professor Doutor Carlos Alberto Rocha Gomes, Faculdade de Ciências
da Universidade do Porto

Supervisor

Engenheiro Carlos Pedro Ferreira, LCM Iberia

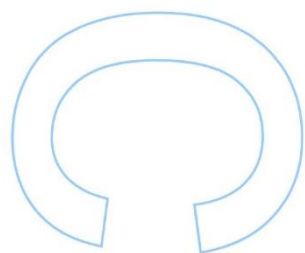
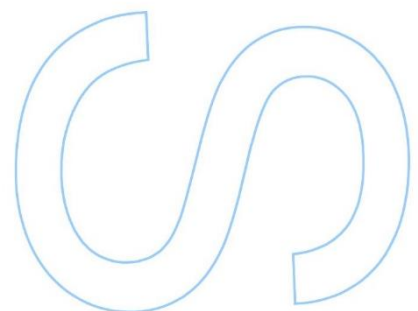
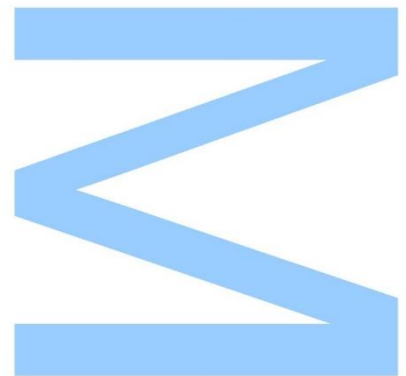




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Num ano tão atípico e difícil como este, o apoio de diversas pessoas à minha volta teve, mais do que nunca, um papel fundamental na realização deste trabalho. Todos, à sua maneira, contribuíram para que eu nunca desistisse e continuasse a dar o meu melhor. Quero deixar-vos o meu mais profundo agradecimento.

Ao Eng^o Carlos Pedro, um enorme obrigada, não só por me ter aceitado de braços abertos na sua empresa, por ter transmitido tantos conhecimentos e por toda a ajuda e disponibilidade ao longo da elaboração deste relatório, como também pelo apoio incansável, principalmente numa altura tão complicada. Obrigada por ter continuado a acreditar em mim e nas minhas capacidades.

Ao professor Carlos Gomes, muito obrigada por ter aceitado ser meu orientador, por toda a ajuda que foi possível dar e por todo o apoio e compreensão quando mais precisei.

Ao Eng^o Ricardo Rodrigues, obrigada pela ajuda e pela transmissão de conhecimentos tão importantes para a realização deste trabalho.

À minha colega de curso e de estágio Ângela Pereira, obrigada por toda a interajuda ao longo do estágio e por todo o apoio.

À família Castanheira, à família Semedo e a todos os meus amigos, o meu mais profundo agradecimento por todo o apoio e encorajamento. Em especial à Filipa Dias, pelas horas intermináveis a ouvir as minhas preocupações, por toda a ajuda e, principalmente, por nunca me deixar desistir, não importa o quão complicada estivesse a situação.

Por último, mas não menos importante, obrigada ao meu irmão e aos meus pais por todo o apoio e toda a paciência ao aturarem o meu mau feitio, principalmente durante estes meses tão stressantes. No fim, vai valer a pena. Prometo.

Resumo

Para além das fontes naturais de odor, existem as fontes antropogénicas que, devido ao aumento da densidade populacional nos centros urbanos, têm um papel preponderante na emissão de odores para a atmosfera e a consequente afetação da saúde e bem-estar da população.

Os odores gerados e emitidos por atividades industriais dão origem a diversas reclamações por parte das comunidades, tanto nos centros urbanos como nas pequenas cidades, uma vez que o sistema olfativo humano tem uma elevada sensibilidade.

Existe uma vasta lista de atividades industriais e não industriais responsáveis pela emissão de odores, tendo sido o foco deste trabalho uma lista mais reduzida de atividades que foram previamente reconhecidas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) como algumas das mais problemáticas na ocorrência de emissão de odores. Atividades industriais como, por exemplo, refinarias de petróleo e gás, curtimenta de peles e fabrico de pasta de papel e atividades não industriais como, por exemplo, o tratamento de resíduos de hidrocarbonetos e as estações de tratamento de águas residuais, fazem parte da lista de atividades estudadas ao longo deste trabalho.

Foi realizada uma intensa pesquisa sobre cada uma das atividades listadas, recorrendo ao contacto com empresas e utilização de diversas referências bibliográficas, com a finalidade de elaborar documentos que contivessem informação sobre as principais fontes de emissão de odores em cada uma dessas atividades. Essa informação foi compilada e adicionada ao presente relatório, sendo que este é um trabalho em progresso que deve ser completado com as restantes atividades industriais e não industriais que também têm um papel na emissão de odores para a atmosfera e continuamente atualizado à medida que vão aparecendo novas informações ou alterações.

Palavras-chave: Odores; Atividades Industriais; Atividades Não Industriais;

Abstract

In addition to natural sources of odor, there are anthropogenic sources which, due to the increase in population density in urban centers, play a major role in emitting odors into the atmosphere and the consequent impact on the health and well-being of the population.

The odors generated and emitted by industrial activities give rise to several complaints from communities, both in urban centers and in small towns, since the human olfactory system is highly sensitive.

There is a vast list of industrial and non-industrial activities responsible for the emission of odors, and the focus of this work was a smaller list of activities that were previously recognized by the Portuguese Environment Agency (APA – Agência Portuguesa do Ambiente) as some of the most problematic in the occurrence of odor emissions. Industrial activities such as, for example, oil and gas refineries, skin tanning and paper pulp manufacturing and non-industrial activities such as, for example, the treatment of hydrocarbon residues and wastewater treatment plants, are on the list. activities studied throughout this work.

An intense research was carried out on each of the listed activities, making use of contact with companies and using several bibliographical references, in order to prepare documents containing information on the main sources of odor emissions in each of these activities. This information has been compiled and added to this report, which is a work in progress that must be completed with the remaining industrial and non-industrial activities that also play a role in emitting odors into the atmosphere and continually updated as changes or new information becomes available.

Keywords: Odors; Industrial Activities; Non-Industrial Activities;

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	vii
Lista de Acrónimos	viii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	2
1.2. Objetivo	3
1.3. Apresentação da Empresa	3
1.4. Legislação	4
2. Odores	6
2.1. O odor	6
2.1.1. <i>Compostos de azoto</i>	7
2.1.2. <i>Compostos de enxofre</i>	7
2.1.3. <i>Compostos Orgânicos Voláteis</i>	8
2.2. Perceção olfativa	9
2.3. Características dos odores	10
2.3.1. <i>Carácter do odor</i>	10
2.3.2. <i>Intensidade do odor</i>	11
2.3.3. <i>Caracter hedónico do odor</i>	12
2.4. Fontes de odor	13
2.5. Efeitos adversos	13
2.6. Medição de odores	14
3. Olfatometria	16
3.1. Olfatometria dinâmica	16
3.2. O olfatómetro	17
3.3. Seleção do painel	18
3.4. Funcionamento do olfatómetro	18
4. Principais atividades responsáveis pela emissão de odores	20

4.1. Atividades Industriais	20
4.1.1. <i>Fabrico em instalações industriais de pasta de papel a partir de madeira ou de outras substâncias fibrosas.....</i>	<i>21</i>
4.1.2. <i>Instalações destinadas a matadouros.....</i>	<i>24</i>
4.1.3. <i>Operações de armazenamento e locais de carga e descarga de subprodutos animais que pela sua natureza possam ser fontes de odores</i>	<i>24</i>
4.1.4. <i>Refinarias de petróleo e gás</i>	<i>25</i>
4.1.5. <i>Curtimenta de peles.....</i>	<i>27</i>
4.1.6. <i>Operações de fundição de metais ferrosos.....</i>	<i>29</i>
4.1.7. <i>Processamento de metais não ferrosos.....</i>	<i>30</i>
4.1.8. <i>Instalações destinadas à refinação de açúcar</i>	<i>31</i>
4.1.9. <i>Instalações pecuárias de produção intensiva.....</i>	<i>32</i>
4.2. Atividades Não Industriais	33
4.2.1. <i>Aterros.....</i>	<i>34</i>
4.2.2. <i>Instalações de tratamento de lamas de depuração e outros resíduos odoríferos, fermentáveis ou putrescíveis</i>	<i>36</i>
4.2.3. <i>Instalações de tratamento de resíduos de hidrocarbonetos, ou de resíduos contaminados por hidrocarbonetos</i>	<i>37</i>
4.2.4. <i>Estações de tratamento de águas residuais</i>	<i>37</i>
4.2.5. <i>Instalações de tratamento de superfície de matérias, objetos ou produtos, que utilizem solventes orgânicos</i>	<i>39</i>
4.2.6. <i>Instalações de eliminação ou valorização de subprodutos de origem animal.....</i>	<i>41</i>
5. Conclusão	42
6. Bibliografia.....	44

Índice de Figuras

Figura 1 - Roda de odores	11
Figura 2 - Olfatómetro	17

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Exemplos de alguns componentes que dão origem a odores	6
Tabela 2 - Apresentação de alguns dos principais compostos odoríferos nitrogenados, com a respetiva fórmula química e limiar de deteção de odor	7
Tabela 3 - Apresentação de alguns dos principais compostos odoríferos sulfurados, com a respetiva fórmula química e limiar de deteção de odor	8
Tabela 4 - Apresentação de alguns dos principais compostos orgânicos voláteis odoríferos, com a respetiva fórmula química e limiar de deteção de odor	9
Tabela 5 - Escala de medição de tom hedónico	12

Lista de Acrónimos

APA – Agência Portuguesa da Ambiente

CEO – *Chief Executive Officer* (Diretor executivo)

BREF – *EU Best Available Techniques reference document* (Documentos de Referências sobre Melhores Técnicas Disponíveis)

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade

NP – Normas Portuguesas

DL – Decretos-Lei

IED – *Industrial Emissions Directive* (Diretiva de Emissões Industriais)

EN – *European Norm* (Norma Europeia)

NeR – *Netherland Emission Guidelines* (Diretrizes Holandesas de emissão para o ar)

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

ppb – partes por bilião

GC-MS – *GasChromatography – Mass Spectrometry* (Cromatografia Gasosa acoplada à Espetrometria de Massa)

TRS – *Total Reduced Sulphure* (compostos de Enxofre Reduzido Total)

TEA - Trietilamina

DMEA – N,N-dimetiletilamina

PM – *Particulate Matter* (Material particulado)

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

1. Introdução

Quando se fala em odores e na reação que estes causam na comunidade, não é possível dar uma resposta exata. Isto deve-se às características subjetivas dos odores, isto é, um certo odor pode ser agradável para algumas pessoas, mas ser desagradável para outras.

Temos o exemplo dos perfumes: alguns são agradáveis para certas pessoas e causam sensação de bem-estar, para outras, esse mesmo aroma, pode causar náuseas. Para além desta diferença, ainda existe outra situação: ausência de olfato. Anosmia é conhecida como a perda do olfato, que pode ocorrer devido a uma certa doença, traumatismo craniano, lesões de nervo olfativo ou até mesmo naturalmente (sem a ocorrência de uma lesão aparente ou então devido à idade) [1].

A falta de legislação referente aos odores origina um aumento na complexidade deste problema. Sem um maior conhecimento nesta área, não é possível “desenhar” legislação adequada para regular a matéria em causa, adotar as devidas medidas de prevenção e mitigação de odores e respetivo controlo. Portugal é um exemplo onde existe falta de legislação em matéria de odores, pelo que as avaliações necessárias são efetuadas com base nas diretrizes existentes noutros países europeus como, por exemplo, a Holanda e a Alemanha. Felizmente tem ocorrido, um pouco por todo o mundo, um aumento da preocupação e consciencialização da população em relação aos odores, o que está a levar a um aumento da pressão para que sejam elaboradas todas as diretrizes e legislações necessárias para se “combater” este problema.

A minimização de ações que originam a emissão de odores para a atmosfera cabe não só à comunidade científica, como a toda a população no geral. Uma melhor qualidade do ar origina indubitavelmente um aumento do bem-estar geral, o que por sua vez leva à melhoria da produtividade de cada um. Devemos, por isso, fazer os possíveis para haver uma melhoria da qualidade de vida. Por nós e pelos outros.

1.1. Enquadramento

O presente relatório foi realizado no âmbito da unidade curricular de Estágio, presente no plano de estudos do Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

A execução do relatório foi orientada pelo Professor Doutor Carlos Alberto Rocha Gomes, do Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, enquanto a supervisão do estágio e respetivo trabalho realizado, proposto pela empresa, teve orientação do Engenheiro Carlos Pedro Ferreira, CEO do grupo Sondar.i.

Neste trabalho são apresentados os pontos críticos de emissão de odores em diversas atividades industriais e não industriais. Entre o contacto com algumas empresas e a utilização de diversas referências bibliográficas, houve uma principal atenção no uso de Documentos de Referência da Comissão Europeia, denominados por BREF (Best Available Techniques reference documents – Documentos de referência sobre as Melhores Técnicas Disponíveis).

Na estrutura adotada no presente relatório de estágio, encontra-se a divisão em cinco capítulos. No presente capítulo, o primeiro, é apresentada uma pequena introdução do tema abordado neste trabalho, um enquadramento do mesmo, os objetivos do estágio, a apresentação da empresa onde ocorreu o estágio e ainda um enquadramento legislativo dos odores em Portugal, na Alemanha e na Holanda.

No segundo capítulo, são apresentados os aspetos fundamentais dos odores, como a sua definição, as diferentes características, fontes, efeitos adversos e informação acerca da sua medição.

O terceiro capítulo é baseado na Olfatometria. Aqui é apresentada a olfatometria dinâmica e são também abordados os aspetos mais relevantes sobre o olfatómetro, como a sua constituição e o seu funcionamento.

No quarto capítulo, o capítulo que contém o trabalho realizado na LCM Ibéria – Laboratório de Calibração e Medida, sob orientação do Engenheiro Carlos Pedro, são

apresentadas algumas das atividades industriais e não industriais responsáveis pela emissão de odores e respetivas fontes principais de emissão.

No quinto capítulo, após reflexão e sintetização do trabalho realizado, são referidas as principais conclusões. É apresentada uma reflexão acerca do tema, assim como perspectivas e objetivos futuros para a continuação deste estudo.

Por fim, o relatório é finalizado com as diversas referências bibliográficas utilizadas no apoio à realização deste trabalho.

1.2. Objetivo

O principal objetivo da realização deste estágio, para além da aquisição de conhecimentos e competências num meio empresarial, foi a elaboração de documentos apresentando os pontos críticos de emissão de odores de várias atividades industriais e não indústrias, previamente reconhecidas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) como as que são mais problemáticas no quesito “odores”.

1.3. Apresentação da Empresa

A realização deste estágio ocorreu na empresa LCM Ibéria – Laboratório de Calibração e Medida, anteriormente denominada Eurofins Portugal.

Os sócios fundadores da Sondar (empresa de avaliação da qualidade do ar), juntamente com outros dois empreendedores, foram responsáveis pela criação da Ergo Portugal, em 2005, cujo nome se alterou para Eurofins Portugal (com especialização em monitorização de emissões atmosférica e também de qualidade de sistemas de monitorização). Após o insucesso na tentativa de adquirir a Sondar, a Eurofins, em 2017, é então comprada pelo grupo societário que possui a Sondar.i, que por sua vez é participada pelo Grupo ISQ (Instituto de Soldadura e Qualidade) [2].

A LCM Ibéria é um laboratório de referência no domínio de efluentes gasosos e odores. Possui uma área de trabalho bastante restrita, assumindo uma posição no mercado com elevados padrões de qualidade e excelência [3].

1.4. Legislação

Devido à característica subjetiva dos odores, a regulamentação dos mesmos, em comparação aos outros tipos de poluição, é bastante difícil. Por esta razão, são poucos os países que têm legislação sobre odores.

Os odores emitidos por diversas instalações industriais têm vindo a ser sentidos na vizinhança, o que causou um aumento das reclamações por parte da população e consequentemente uma crescente preocupação e consciencialização em relação a este problema ambiental. Isto levou também a um aumento da necessidade de se criar legislação adequada para assim ser possível controlar e mitigar este problema [4-6].

Apesar da falta de legislação, em Portugal, referentes a odores, existem algumas Normas Portuguesas (NP) responsáveis pela definição de valores limite de exposição a alguns compostos odoríferos. Um exemplo é a NP 1796:2007 (revista em 2014 e 2019) que apesar de ser destinada a concentrações de poluentes em espaços fechados, pode também ser usada para referência à exposição dos mesmos poluentes em espaços abertos [7].

Existem também Decretos-Lei (DL) destinados à emissão de poluentes para a atmosfera e que, indiretamente, referem a emissão de odores. Com os desenvolvimentos nesta área, esses DL foram revogados, sendo substituídos por um único DL que engloba toda a informação sobre emissões atmosféricas: o DL 127/2013. Este documento, tal como descrito no Diário da República nº 167/2013, “estabelece o regime de emissões industriais aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição, bem como as regras destinadas a evitar e/ou reduzir as emissões para o ar, água e o solo e a produção de resíduos” [8].

A Diretiva 2010/75/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 24 de novembro de 2010, chamada a Diretiva de Emissões Industriais (IED), é responsável pela regulamentação do odor em vinte e oito países da União Europeia. Um destes países é Portugal. Esta diretiva é responsável pelo estabelecimento de uma estrutura geral para a determinação de limites de odores em diversas atividades e processos industriais para ser possível ocorrer o controlo das emissões de odores [9].

A Norma Europeia (EN) 13725:2003 faz referência à concentração de odores por olfatometria dinâmica e é responsável por tratar diversos aspetos como a devida apresentação de amostras aos peritos, materiais para a medição de odores e procedimentos de amostragem, registo de dados, cálculos e requisitos para um desempenho de qualidade. Esta norma faz a especificação de metodologias para a determinação da concentração de odores, utilizando a técnica de olfatometria dinâmica, e a taxa de emissão de odores [10,11].

Países como a Holanda e a Alemanha já têm normas que quantificam a emissão de odores e que correlacionam a emissão desses odores com os efeitos causados nas populações.

A política holandesa procura evitar a presença de odores que causem desagrado à população. É realizada uma avaliação através de questionários complementados com contactos telefónicos, com o objetivo de maximizar a abrangência e exatidão.

A Holanda, um dos primeiros países responsáveis por desenvolver normas relativas à emissão de odores, utilizou como base a IED para elaborar a sua regulamentação geral de odores, para qualquer atividade abordada. O principal documento de orientação e regulamentação na Holanda, é a Netherlands Emission Guidelines for Air (NeR), em português, Diretrizes Holandesas de emissão para o ar. Este documento, de 2004, retrata a metodologia para a avaliação de odores, aplicada na Holanda. A determinação da concentração do odor, segundo o que está estipulado na norma, é realizada através de modelos de dispersão da emissão do odor na fonte. [5,9,12]

A Alemanha, foi também um dos primeiros países a desenvolver normas relacionadas com odores, sendo um dos países com uma preocupação mais elevada em relação a esta problemática. A legislação de proteção ambiental da Alemanha surgiu logo após a 2ª Guerra Mundial e algumas das regulamentações deste país não são precisas, sugerindo apenas opções de resolução do problema.

Após os avanços na regulamentação destinada à emissão de odores, surgiu aquele que se tornaria o documento base na questão dos odores: VDI 3882 (Parte 1) – Determinação da intensidade do odor e VDI 3882 (Parte 2) – Determinação do tom hedónico do odor [9,12,13].

2. Odores

2.1. O odor

O odor é a consequência da propriedade de compostos químicos ao se volatilizarem e serem captados pelo nosso olfato [14]. A maioria dos odores que conhecemos são produzidos através de mistura de várias dessas espécies químicas voláteis (como compostos de azoto, de enxofre e compostos orgânicos voláteis – COV), que estimulam o nosso sentido do olfato e consequentemente causam uma sensação de odor [14-16].

Tabela 1 - Exemplos de alguns componentes que dão origem a odores ^{1,2}

Compostos de azoto	Compostos de enxofre	Compostos orgânicos voláteis
Amoníaco e aminas	Sulfuretos e mercaptanos	Ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos e alcoóis

Existe uma distinção entre “ar livre de odores” e “ar fresco”: enquanto o ar livre de odores significa que este não contém produtos químicos odoríferos, o ar fresco é um ar que não contém produtos químicos ou contaminantes que sejam considerados desagradáveis. O ar fresco, considerado ar limpo, pode incluir certas substâncias químicas odoríferas, mas estas têm geralmente um carácter agradável [15].

De um modo geral, a causa dos odores está relacionada com a existência de compostos odoríferos no ar, resultado das emissões gasosas de variados compostos químicos. Os odores são formados por um ou mais compostos odoríferos e são responsáveis por provocar as mais diversas reações na comunidade [17,18].

¹ Adaptado de Conti, C., Guarino, M., Bacenetti, J. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. *Environment International*, 2020, Vol.134, p. 1-16

² Adaptado de: Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: treatment and reuse. International Edition, 4th ed, p. 1651

2.1.1. Compostos de azoto

Quando se fala em compostos odoríferos nitrogenados, aquele que tem mais destaque é o amoníaco (NH_3), encontrado principalmente em processos industriais, proveniente da decomposição (com ou sem a presença de oxigénio) de proteínas e de aminoácidos.

Para além do amoníaco, existe uma série de outros compostos nitrogenados, responsáveis pelos odores. Na Tabela 2, estão apresentados alguns desses compostos, a sua fórmula química e o seu limiar de deteção em partes por bilião (ppb):

Tabela 2 - Apresentação de alguns dos principais compostos odoríferos nitrogenados, com a respetiva fórmula química e limiar de deteção de odor ^{3,4}

Fórmula química	Composto	Limiar de deteção de odor (ppb)
NH_3	Amoníaco	500,0 – 37000,0
$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	Etilamina	50,0 – 830,0
CH_3NH_2	Metilamina	2,1
$\text{C}_8\text{H}_7\text{N}$	Indol	0,6

O limiar de deteção de odor é o valor de concentração a partir do qual o sistema olfativo humano consegue detetar o odor de determinada substância [19,20].

2.1.2. Compostos de enxofre

As substâncias mais odoríferas e com limites de deteção, no geral, com concentrações mais baixas, são com compostos sulfurados. A estrutura química das

³ Balbinot, A. Poluição olfativa – composição, mensuração e técnicas de tratamento de efluentes com potencial odorífero. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

⁴ Adaptado de: Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: treatment and reuse. International Edition. McGraw-Hill, New York, 4th ed. 2004.

diversas substâncias, podem ser divididas em sulfuretos (-S) e mercaptanos (-SH) e as suas baixas concentrações permitem uma deteção mais fácil. A Tabela 3, adaptada a [19,20], à semelhança com o que foi apresentado no ponto 2.1.1., faz referência a alguns compostos sulfurados, com os respetivos limiares de deteção de odor e fórmula química:

Tabela 3 - Apresentação de alguns dos principais compostos odoríferos sulfurados, com a respetiva fórmula química e limiar de deteção de odor ^{5,6}

Fórmula química	Composto	Limiar de deteção de odor (ppb)
H₂S	Sulfureto de hidrogénio	4,5000
CH₃SH	Metilmercaptano/metanotiol	0,0002 – 19,4000
CS₂	Dissulfureto de carbono	11,0000 – 32,0000
C₂H₆S	Dimetilsulfureto	0,1200 – 63,2300

2.1.3. Compostos Orgânicos Voláteis

A maioria destes compostos provém da decomposição da matéria orgânica. Na classe dos ácidos temos, por exemplo, o ácido acético e o ácido butírico; na classe dos aldeídos temos, por exemplo, o acetaldeído e o formaldeído; na classe dos álcoois e fenóis temos, por exemplo, o etanol e o butanol; na classe dos aromáticos temos, por exemplo, o tolueno e o xileno. Na Tabela 4, estão apresentados alguns desses compostos, assim como as respetivas fórmulas químicas e limiares de deteção de odor.

⁵ Balbinot, A. Poluição olfativa – composição, mensuração e técnicas de tratamento de efluentes com potencial odorífero. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

⁶ Adaptado de: Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: treatment and reuse. International Edition. McGraw-Hill, New York, 4th ed. 2004.

Tabela 4 - Apresentação de alguns dos principais compostos orgânicos voláteis odoríferos, com a respetiva fórmula química e limiar de deteção de odor ^{7,8}

Fórmula química	Composto	Limiar de deteção de odor (ppb)
CH₃COOH	Ácido acético	0,025 – 6,500
CH₂O	Formaldeído	0,033 – 1,120
C₂H₅OH	Etanol	0,200
C₈H₁₀	Tolueno	0,160

2.2. Percepção olfativa

A deteção, diferenciação e identificação de diferentes compostos odoríferos só é possível devido ao olfato, sentido que possui uma grande quantidade de recetores capazes de captar e detetar os variados estímulos químicos que estão presentes no ambiente. O olfato, para além de contribuir para a percepção do ambiente, também tem a sua contribuição na gustação de comida, identificando os diversos alimentos e desencadeando as respetivas respostas emocionais características de cada indivíduo, podendo aceitar ou rejeitar um determinado alimento [21].

As experiências de vida de cada indivíduo têm um papel predominante na percepção de um odor, seja ele aceitável, questionável ou ofensivo. A percepção olfativa é, portanto, subjetiva.

Cada indivíduo sente os odores de diversas formas e em variadas concentrações, sendo que estudos mostram uma relação de proporcionalidade inversa

⁷ Balbinot, A. Poluição olfativa – composição, mensuração e técnicas de tratamento de efluentes com potencial odorífero. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

⁸ Adaptado de: Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: treatment and reuse. International Edition. McGraw-Hill, New York, 4th ed. 2004.

entre a sensibilidade olfativa e a idade, ou seja, há uma diminuição da sensibilidade olfativa com o aumento da idade.

O processo de perceção humana ao odor passa, numa primeira fase, por um estímulo fisiológico e sua posterior interpretação neurológica, que resultará na impressão do odor em causa [15,17]. Essa resposta é simples e direta; isto é, ou gostamos ou não gostamos [22].

2.3. Características dos odores

A perceção de um odor provoca uma determinada sensação, em cada um de nós, que se pode categorizar mediante três principais aspetos: o carácter (ou qualidade), a intensidade e carácter hedónico do odor [12,17,23,24].

2.3.1. Carácter do odor

O carácter, ou qualidade, de um odor é uma escala de medida nominal e é a propriedade responsável pela identificação de um certo odor, diferenciando-o de outros que tenham a mesma intensidade. O carácter do odor, de uma forma geral, está associado ao tipo de ligações químicas, enquanto o potencial odorífero tem uma relação com a massa molar, onde se percebe que a probabilidade de um composto ser detetado aumenta quando a sua volatilidade é maior, ou seja, quando a sua massa molar é menor.

Uma vez que a sensação olfativa é muito característica de cada indivíduo, a caracterização do odor é subjetiva e é utilizado um vocabulário de descrição do odor por meio de comparação com outro odor mais frequente e conhecido.

É comumente utilizada a “roda de odores” onde estão representadas oito categorias de odores conhecidas de forma natural [5,12,17,23,25].

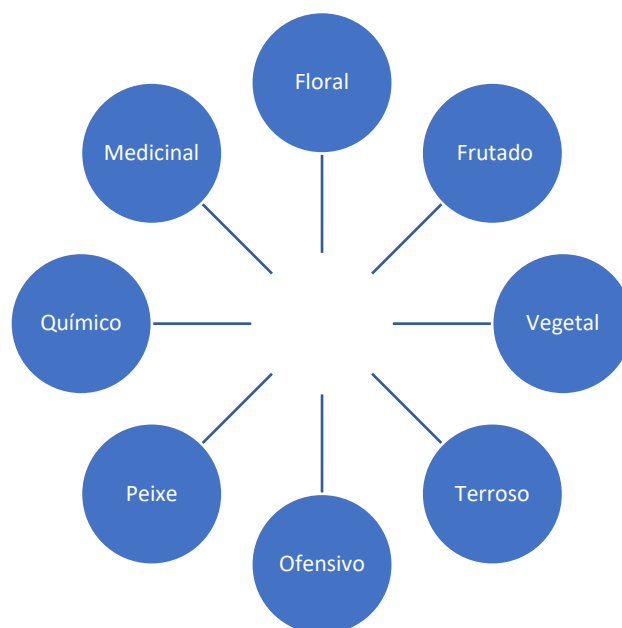


Figura 1 - Roda de odores ⁹

2.3.2. Intensidade do odor

Define-se a intensidade do odor como sendo a capacidade de percepção, por parte do indivíduo, da “força” do odor ou a magnitude do estímulo causador da sensação de odor [15,26,27]. A relação entre a intensidade do odor e a sua concentração pode ser definida pela lei de Weber-Fechner, como demonstrado na equação (1):

$$I = k_w \cdot \log \cdot \frac{c_{od}}{c_0} + const \quad (1)$$

onde I representa a intensidade; k_w o coeficiente de Weber-Fechner (que pode ser determinado através do declive da respetiva função); c_{od} a concentração de odor; c_0 o limiar de deteção de odor (que, por definição, é 1 uo_E/m³) e **const**, uma constante, por definição igual a 0,5.

Esta dependência entre a intensidade e concentração de um odor também pode ser representada pela Lei de Stevens, apresentada pela equação (2):

$$I = k \cdot \left(\frac{c_{od}}{c_0} \right)^n \quad (2)$$

onde k e n são constantes [26-28].

⁹ Associação para a Inovação e Desenvolvimento da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Relatório Final – Programa de Monitorização de Odores no Ecoparque da Abrunheira.

2.3.3. Caracter hedónico do odor

O valor hedónico é estabelecido como uma medida da agradabilidade ou desagradabilidade de um odor, um julgamento do odor quanto ao facto de ser, ou não, aprazível. Este parâmetro é alvo de grandes variações devido à individualização da sensação olfativa. Um odor pode ser agradável para uma pessoa e ser desagradável para outra e quando os odores são menos intensos podem ser menos desagradáveis, mas quando são mais intensos já se podem tornar desagradáveis.

Para ser possível aos membros de um painel de odor fazerem este tipo de julgamento de odores, foram estipulados métodos. Um destes métodos é a escala de medição de 9 valores, apresentada na Tabela 4, onde é exibida uma pontuação qualitativa que varia de + 4 a - 4, para odores muito agradáveis a muito desagradáveis, respetivamente:

Tabela 5 - Escala de medição de tom hedónico ¹⁰

+4	Muito agradável
+3	Agradável
+2	Moderadamente agradável
+1	Ligeiramente agradável
0	Odor neutro/sem odor
-1	Ligeiramente desagradável
-2	Moderadamente desagradável
-3	Desagradável
-4	Muito desagradável

Um outro método de avaliação do carácter hedónico de um odor, proposto por McGingley e McGingley, consiste numa escala de medição de 21 valores, onde se apresentam valores de -10 (desagradável) a +10 (agradável), sendo o valor 0 referente a odor neutro [5,17,23,29,30].

¹⁰ Adaptado de Department for Environment, Food and Rural Affairs. Odour Guidance for Local Authorities. 2010.

2.4. Fontes de odor

A definição da origem de um odor, o reconhecimento das fontes comuns de odores e a utilização de métodos de avaliação de concentração e taxas de emissão das fontes, são aspetos cruciais para a definição das adversidades causadas pelos odores. As diversas fontes de odor existentes possuem uma variação na qualidade, concentração e tom hedónico [29].

A industrialização, o crescimento populacional e a urbanização dão origem a problemas ambientais mais amplos que por sua vez origina a poluição por odores. As instalações pecuárias e os aterros sanitários emitem gases que são misturas entre um conhecido gás com efeito de estufa, o metano, e gases odoríferos tóxicos, como é o exemplo do sulfureto de hidrogénio [31].

O foco principal deste trabalho está na pesquisa das fontes de odor associadas a diversas atividades industriais e não industriais.

2.5. Efeitos adversos

Em relação à reação aos odores, mais uma vez, importa salientar a característica subjetiva. Um determinado odor pode ser desagradável para uma pessoa enquanto para outra é agradável. No entanto, a exposição prolongada aos odores pode originar efeitos adversos na comunidade, nomeadamente, pode afetar a sua qualidade de vida e ainda originar eventuais impactes económicos.

Náuseas, problemas respiratórios, irritação nos olhos e garganta, insónias, dores de cabeça, ansiedade e stress, são alguns dos possíveis efeitos adversos que a população afetada pela exposição aos odores pode sentir. A longo prazo e com uma exposição prolongada, a ocorrência de problemas físicos é também possível.

Como referido, também a economia pode ser afetada. A presença de odores pode causar o decréscimo do valor dos terrenos, do turismo e da avaliação das habitações no mercado imobiliário. Tudo isto leva a que seja crucial um controle da emissão de odores, para ser possível minimizar todas estas consequências [14,20,31].

2.6. Medição de odores

A medição de odores é algo imprescindível para ser possível proceder à avaliação e previsão do impacto causado pelos odores e das suas características. Ao serem avaliados os impactos causados pelos odores, que podem ser associados a um determinado processo ou fonte, e ao serem identificadas todas as causas do odor em questão, é possível determinar as características que são necessárias adotar nos sistemas de controlo de odores.

O carácter subjetivo da resposta ao odor de cada indivíduo, a diversidade de características pertencentes aos compostos odoríferos e ainda as características das emissões de odor, são as razões que tornam a medição de odores num grande desafio. Consoante o objetivo que se pretende com a análise, é escolhido o método de medição mais adequado. Estes métodos podem ser de carácter sensorial, analítico e eletrónico.

Os métodos sensoriais são responsáveis pela análise do odor e dos respetivos efeitos, como um todo, sendo então os mais vulgarmente utilizados. Neste tipo de métodos, a avaliação e caracterização dos efeitos que a inalação de ar contendo compostos químicos odoríferos tem nos humanos, é realizada recorrendo a pessoas previamente selecionadas e treinadas, utilizando um olfatómetro. Para além da olfatometria, técnica que vai ser abordada em detalhe no próximo capítulo, existem ainda outras técnicas responsáveis pela determinação do carácter, nível de agradabilidade e intensidade de um odor.

Os métodos analíticos são responsáveis pela medição de compostos odoríferos no ar, sendo adequados para a sua caracterização em termos dos seus constituintes, a nível quantitativo e qualitativo. Para esta medição, recorre-se a técnicas específicas de separação e identificação de compostos, como é o caso da Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa (GC-MS). Enquanto a Cromatografia Gasosa é responsável pela separação de compostos numa mistura, a Espectrometria de Massa é responsável pela posterior deteção e identificação de compostos através da medição da sua massa e estrutura química. A análise pode ser feita no local, com equipamentos portáteis ou fixos, ou então em laboratório, recorrendo a técnicas como o GC-MS.

Por fim, os métodos eletrónicos, estão relacionados com o conhecido “*eletronic nose*”. O nariz eletrónico, como o nome pode indicar, foi criado com a finalidade de atuar

de forma semelhante ao sistema olfativo humano. Estes possuem um conjunto de sensores olfativos que analisam a mistura odorífera e determinam as suas características, sendo posteriormente comparadas com as informações presentes numa base de dados previamente instalada, sendo possível ocorrer, por fim, a classificação da mistura odorífera [5,32].

3. Olfatometria

3.1. Olfatometria dinâmica

A olfatometria dinâmica é o processo responsável pela medição de concentrações de odor, através do sentido do olfato humano. Uma vez que a medição da concentração de um odor é realizada através da sensação causada, por uma certa amostra, num painel constituído por pessoas devidamente selecionadas, este processo está incluído nas denominadas “técnicas sensoriais”.

A recolha das amostras de ar odorífero é realizada em sacos específicos, diretamente na fonte do odor. Estas amostras são posteriormente analisadas por um grupo de pessoas previamente selecionadas, onde são efetuadas diluições em quantidades decrescentes, com ar neutro/inodoro, até que seja atingido o limite de perceção. Esta análise é realizada num olfatómetro e o resultado, que é apresentado em unidades de odor europeias por metro cúbico (ou_E/m^3), é a concentração de odor da amostra em estudo.

A maioria dos países prefere recorrer à olfatometria dinâmica para proceder à avaliação do impacto dos odores e esta tem a vantagem de fornecer informação passível de ser usada para modelos de dispersão de odores que, em combinação com dados geográficos e meteorológicos, fornecem os dados necessários para se proceder à avaliação dos odores emitidos a que os cidadãos ficam expostos. Estas informações são bastante úteis para novas instalações em plano de construção, pois assim é possível controlar melhor a emissão de odores das mesmas.

Uma vez que se trata de um método de medição não contínua, isto é, as amostras são transportadas para serem analisadas num laboratório após terem sido recolhidas na respetiva fonte, não é possível aplicar a olfatometria dinâmica na monitorização de emissão de odores. Para além disso, esta técnica, que possui uma elevada incerteza, não permite a distinção entre odores disparens nem a identificação de odores.

A olfatometria dinâmica é um método de medição de odores consolidado e confiável devido à EN 13725:2003, que foi responsável pela padronização dos procedimentos e métodos de análise [11,16,31,33].

3.2. O olfatómetro

Segundo a definição apresentada na norma alemã VDI 3882 (Parte 1), uma grande referência utilizada por vários países no quesito “odores”, um olfatómetro “é um instrumento no qual uma amostra de gás (amostra odorífera) é diluída com ar neutro numa proporção específica e apresentada aos sujeitos de teste (membros de um painel) para inalação”.

Um olfatómetro em condições deve seguir certos requisitos, de forma a ser possível obter os melhores resultados. Para ser possível evitar a diluição da amostra pelo ar secundário, os valores do suprimento de ar na saída do olfatómetro, tanto para o momento de repouso da respiração como para o momento da inalação, devem seguir os valores determinados, assim como o diâmetro da abertura de saída de ar deve ter o tamanho ideal para que a velocidade do ar que é fornecido não cause incómodo aos membros do painel. Deve ser possível limpar facilmente os olfatómetros, no caso do gás contendo o odor contaminar o instrumento, e a natureza dos materiais constituintes do olfatómetro devem ser de natureza tal, que evite ao máximo depósitos ou reações de superfícies aquando do contato com o gás em estudo [33].

O sistema é constituído por uma entrada de sistema de ar comprimido, uma mesa olfatométrica (onde se encontra o aparelho e o painel), uma central de diluições, uma unidade de pressurização e um computador com o software indicado [34].

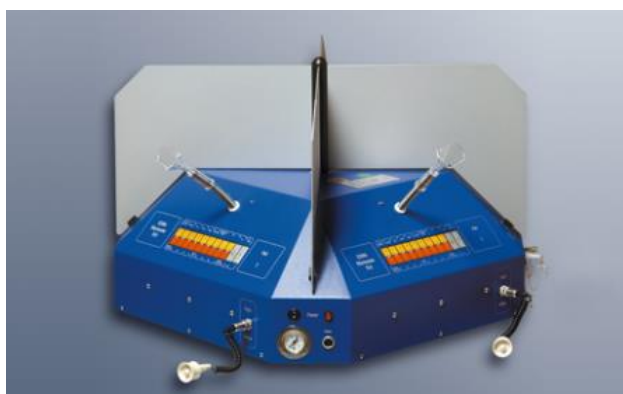


Figura 2 - Olfatómetro ¹¹

¹¹ Fonte: Instituto do Ambiente e Desenvolvimento. Olfatometria. Disponível em: <https://www.ua.pt/pt/idad/olfatometria> (Consult. em 6 de novembro, 2021)

3.3. Seleção do painel

Tal como referido no ponto 3.1., a técnica de olfatometria dinâmica recorre ao sentido do olfato humano. Para isso, são selecionados alguns indivíduos, com certas qualidades, para fazerem parte do grupo de membros de um painel olfatométrico de assessores, responsáveis pela avaliação da existência de odor.

Cada elemento deste painel de assessores deve ter uma certa sensibilidade olfativa para ser possível assegurar a reprodutibilidade dos resultados. Para isto, cada membro do painel passa por uma avaliação sensorial olfativa individualizada com o n-butanol, que é a referência. Este processo deve ocorrer num local sem qualquer presença de odores ou de outras influências. Não podem fazer parte do painel aqueles que apresentem dificuldade nesta etapa e, por norma, acontece a rejeição entre 50% e 70% de possíveis assessores.

Segundo a EN 13725:2003, o grupo selecionado para fazer parte do painel deve ser representativo da população padrão. A idade mínima é 16 anos, não podem ser fumadores e devem ser voluntários motivados e conscientes do trabalho que irão realizar. Pessoas que apresentem uma sensibilidade olfativa fora do comum, ou seja, elementos que possuam anosmia ou hiposmia, devem ser descartados [36,37].

3.4. Funcionamento do olfatómetro

Depois de serem recolhidas as amostras na fonte de odor, estas são então apresentadas aos membros do painel, através do olfatómetro. Ocorre a mistura minuciosa do gás de amostra e de ar neutro, através de uma bomba de injeção, e são efetuadas diluições até que os membros comecem a reconhecer um odor para além do ar neutro.

Quando o odor é detetado, cada membro tem que premir um botão do olfatómetro, dando a indicação de que sentiu o odor. O valor da concentração do odor, que é apresentado em unidades europeias de odor por m^3 de gás neutro (uo_E/m^3), corresponde à concentração detetada por 50% da população, sendo este valor representado por Z_{50} (limite de perceção olfativa). Ou seja, o cálculo é realizado fazendo a média entre o valor de concentração em que todo o painel sentiu o odor e o valor imediatamente anterior em que nenhum membro do painel detetou o odor. Isto faz com

que a análise por olfatometria dinâmica seja caracterizada por possuir uma grande incerteza.

Para além do método descrito de determinação da concentração do odor, designado por método “Sim/Não”, existe o método de escolha forçada, também definido pela norma europeia. Na escolha forçada, que pode ser de dupla ou tripla escolha, o assessor avalia o odor utilizando um olfatómetro de dois ou três pontos de saída, onde em apenas um deles estará o odor em estudo. Cada membro do painel, assim que detetar o odor, tem que indicar em qual das saídas foi e indicar também o grau de certeza da sua resposta [16,20,37].

4. Principais atividades responsáveis pela emissão de odores

Nesta secção é apresentado um conjunto de atividades industriais e não industriais, reconhecidas pela APA como algumas das mais problemáticas relativamente à emissão de odores. Em cada atividade são enumerados e descritos os pontos críticos de emissão. É importante referir que nem todas as atividades apresentadas neste momento têm a informação completa sobre as suas principais fontes de emissão de odores, pelo que se recomenda que numa próxima versão deste trabalho ou num próximo estudo em relação a este tema, sejam completadas.

4.1. Atividades Industriais

Atividades industriais podem ser definidas como aquelas em que todo o processo envolvente consiste na fabricação ou transformação de matérias-primas, utilizando predominantemente maquinarias, obtendo um produto final procedente das matérias-primas em questão.

As atividades industriais com um papel mais crítico na emissão de odores, tratadas neste relatório, são:

- Fabrico em instalações industriais de pasta de papel a partir de madeira ou de outras substâncias fibrosas
- Instalações destinadas a matadouros
- Operações de armazenamento e locais de carga e descarga de subprodutos animais que pela sua natureza possam ser fontes de odores
- Refinarias de petróleo e gás
- Curtimenta de peles
- Operações de fundição de metais ferrosos
- Processamento de metais não ferrosos
- Instalações destinadas à refinação de açúcar
- Instalações pecuárias de produção intensiva

4.1.1. Fabrico em instalações industriais de pasta de papel a partir de madeira ou de outras substâncias fibrosas

A indústria do papel e pasta de papel tem sido responsável por um grande consumo de recursos naturais (madeira), energia (eletricidade e uso de combustíveis fósseis, tendo este uma parcela considerável de bioenergia) e também de água. Tudo isto tem tido uma contribuição clara na emissão de poluentes para o ambiente.

A libertação de compostos odoríferos está intrínseca no processo de produção da pasta de papel, onde os compostos de enxofre têm um papel preponderante. Estes compostos são particularmente sensíveis para o olfato humano, podendo ser detetados em concentrações na ordem dos ppb. Sendo impossível a total eliminação destes compostos, tem havido um grande investimento na redução destas emissões por parte da indústria [38].

A indústria da pasta de papel tem sido abundantemente associada a maus odores. As fontes mais críticas desses odores são:

- Processo de produção de pasta Kraft
- Processo de produção de pasta pelo sulfito
- Processo de produção de pasta mecânica
- Armazenamento de pastas, filtros e águas
- Tratamento de águas residuais e manuseamento de lamas

Processo de produção de pasta Kraft

O processo kraft é o método mais frequentemente utilizado nos processos químicos da produção da pasta de papel, sendo responsável pela maioria da produção mundial da mesma (cerca de 80%), pois este pode ser aplicado a todas as variedades de madeira.

A parte química deste processo sustenta um problema na libertação de compostos odoríferos, no entanto, grande parte das fábricas atuais possuem um sistema de coleta de gás otimizado que permite a diminuição de odores desagradáveis na vizinhança.

Os compostos odoríferos emitidos por este processo consistem maioritariamente em componentes que contenham enxofre.

As diversas etapas do processo Kraft são responsáveis por emissões (onde parte delas, sendo emissões difusas, libertam-se em diferentes partes do processo) de compostos como poeiras, óxidos de azoto (NO_x), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), enxofre reduzido total (TRS - total reduced sulphure) e compostos com cloro, sendo que as principais fontes pontuais são a caldeira de recuperação, o forno de cal e as caldeiras auxiliares. Em relação à emissão de compostos odoríferos, as principais fontes destes são os fornos de cozimento, a lavagem da pasta de papel, a evaporação e os diferentes tanques/reservatórios.

Processo de produção de pasta pelo sulfito

A produção de pasta de papel pelo sulfito é reconhecidamente menor do que a produção de pasta de papel Kraft e os processos de produção de pasta de papel são congêneres em muitos aspetos.

Entre as várias fontes de emissões, as principais são a caldeira de recuperação e a fornalha de cascas de árvores, sendo as emissões compostas principalmente por SO_2 , NO_x e poeiras. Os variados reservatórios, os respiradouros, os evaporadores e as operações de lavagem e crivagem também são responsáveis por emissões de SO_2 que, apesar de menos concentradas, são tidas em conta.

Processo de produção de pasta mecânica

Quando se processam mecanicamente toros, madeiras e aparas de madeira, compostos orgânicos voláteis odoríferos são emitidos para o ar.

Armazenamento de pastas, filtrados e águas

Nas fábricas de papel que contêm sistemas fechados de água, a matéria aí dissolvida acumula-se nos sistemas de água circulantes, onde a concentração vai aumentando até atingir um patamar estável. Este material orgânico biodegradável em condições anaeróbias e de alta temperatura é benéfica para a decomposição da matéria por bactérias acidificantes em ácidos orgânicos voláteis. Com isto, ocorre a conversão

de carboidratos em ácidos odoríferos como o ácido butanoico, ácido láctico, ácido acético e ácidos propanoicos.

Tratamento de águas residuais e tratamento de lamas

O tratamento de águas residuais é responsável por diversas áreas de potencial geração de odores. De uma forma geral, são presumíveis fontes de odores as condições onde as águas residuais ou as lamas se tornam anóxicas ou anaeróbias.

As emissões de composto odoríferos, nas águas residuais, podem ocorrer em:

- misturas entre fluxos de águas residuais em esgotos (tendo pH ou temperaturas diferentes);
- esgotos que estejam totalmente abertos ou que apresentem alguma abertura;
- decantadores primários (superfície aberta e transbordamento);
- torres de refrigeração de efluentes;
- tanques de equalização, onde ocorre a aeração de superfície.

O tratamento secundário e o manuseamento de lamas é responsável pela emissão de compostos odoríferos, que são desenvolvidos durante a decomposição anóxica de matéria orgânica e sob condições redutoras. Estas emissões podem ocorrer:

- no decantador primário, com a degradação anóxica de lamas;
- devido a insuficiência de fluxo de ar ou sobrecarga de filtros de gotejamento;
- devido a deficiente arejamento e/ou a ocorrência de mistura no tanque de aeração;
- através de ventiladores, no armazenamento de lamas;
- em unidades responsáveis pela desidratação de lamas;
- em bacias de retenção
- locais onde ocorre a secagem de lamas [39]

4.1.2. Instalações destinadas a matadouros

Segundo o Regulamento (CE) nº 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, um matadouro é um “estabelecimento para abate e preparação de animais cuja carne se destina ao consumo humano”. Um incorreto funcionamento destas instalações, pode apresentar um perigo para a saúde pública, pelo que as atividades de um matadouro estão legisladas, tendo de cumprir rigorosas exigências [40].

O odor, para além de ser considerado um problema em geral, para as instalações de matadouros pode ser um dos problemas ambientais mais graves, havendo a necessidade de um grande controlo. Os odores mais problemáticos nas instalações de matadouros são causados por:

- Processos de abate
- Remoção de couro
- Evisceração
- Lavagem de tripas e miudezas
- Currais
- Sangramento [41]

Até ao momento de entrega do presente trabalho, não foi possível reunir informação concreta sobre os compostos odoríferos emitidos nos diferentes pontos críticos de emissão dos matadouros.

4.1.3. Operações de armazenamento e locais de carga e descarga de subprodutos animais que pela sua natureza possam ser fontes de odores

Até ao momento de entrega do presente trabalho, a informação obtida acerca das fontes de emissão de odores nas operações de armazenamento e locais de carga e descarga de subprodutos animais foi pouca. No entanto, foi possível perceber duas fontes principais de emissão:

- Armazenamento dos subprodutos
- Sangue presente nos locais de descarga

O armazenamento de subprodutos pode variar de instalação para instalação. Depende não só das características do subproduto em si, como também do uso pretendido. Este armazenamento, no geral, é realizado em locais fechados com ventilação. Um armazenamento sem refrigeração tem automaticamente problemas com a emissão de odores.

O sangue derivado de alguns subprodutos, como os intestinos, e o facto desses mesmos se irem degradando, contribui também para a emissão de odores. Existe o risco de derramamento dessas substâncias, essencialmente no transporte e na descarga, apresentando um risco para a saúde humana. [41]

4.1.4. Refinarias de petróleo e gás

As refinarias são responsáveis por gerir grandes quantidades de produtos e matérias-primas, sendo também grandes consumidoras de água e energia. São geradas, através do armazenamento e do processo de refinação, diversas emissões para a atmosfera e para a água, podendo ainda poluir também o solo [42].

Os odores, nestas unidades industriais, são produzidos maioritariamente por compostos azotados, compostos orgânicos sulfurosos e alguns hidrocarbonetos (tipicamente alifáticos e aromáticos) [42-44].

As principais fontes responsáveis pela emissão de odores são:

- Armazenamento
- Produção de betume
- Dessalinização de água
- Esgotos
- Processo de flotação
- Separação óleo/água/sólidos
- Unidades de biotratamento e combustão

Armazenamento

O armazenamento de hidrocarbonetos líquidos voláteis é responsável pela emissão de COV. Um exemplo disto, é o armazenamento de petróleo bruto [45].

Produção de betume

O betume é uma substância escura e com uma consistência viscosa, que deriva da destilação a vácuo do petróleo onde são removidos destilados cerosos [42,46]. Segundo a diretiva das Emissões Industriais, da Comissão Europeia, a produção de betume ocorre apenas em 45% das refinarias da União Europeia.

Os principais problemas associados a esta produção estão associados às emissões de H_2S provenientes dos resíduos que foram destilados e dos condensados e gases produzidos.

Dessalinização

O processo de dessalinização consiste na lavagem do petróleo bruto, ou de resíduos pesados, com água a altas pressões e temperaturas, para ser possível ocorrer a dissolução, separação e remoção de sais e outros componentes que sejam extraíveis desta forma.

É necessário remover este tipo de impurezas, principalmente os sais, para impedir que estes causem a corrosão dos pré-aquecedores de petróleo bruto e do sistema aéreo de destilação do petróleo bruto.

O processo de aquecimento é o maior responsável pelas emissões que ocorrem para a atmosfera, havendo também a possibilidade de existirem emissões fugitivas de hidrocarbonetos no processo de dessalinização.

Esgotos

Diversos fluidos são descartados para os esgotos depois de passarem por certos processos nas refinarias. Esses fluidos normalmente contêm compostos de azoto e enxofre, dando origem à libertação de odores desagradáveis para a atmosfera [42].

Processo de flotação

O processo de flotação é um processo físico responsável pela separação de misturas homogêneas, adicionando bolhas de ar que permitam a aglutinação das partículas em suspensão na mistura, nessas bolhas.

Devido à incapacidade de reunir informação concreta sobre a emissão de odores neste processo nas refinarias de petróleo e gás, recomenda-se que o seja realizado numa próxima versão deste trabalho ou num próximo estudo neste tema.

Separação de óleo/água/sólidos

Estes sistemas de separação são responsáveis pela emissão de compostos orgânicos voláteis [42].

Unidades de biotratamento e combustão

As unidades de combustão são responsáveis por emissões de NO_x para a atmosfera, partículas, metais, óxidos de enxofre (SO_x) e CO [45].

As flares estão presentes nos sistemas de segurança das indústrias que realizam o processamento de hidrocarbonetos. Através de uma queima controlada, são responsáveis por eliminar gases e fluidos facilmente vaporizáveis. Estes produtos residuais, depois da combustão, são convertidos em dióxido de carbono (CO_2) e vapor de água, sendo posteriormente emitidos para a atmosfera [47].

As refinarias industriais de grande escala têm de possuir um sistema de controle de odores de alto desempenho, para ser possível minorar o risco de impacte por odores, uma vez que são responsáveis por gerarem odores capazes de serem detetados a uma grande distância [43].

4.1.5. Curtimenta de peles

Nas emissões atmosféricas provenientes de curtumes, apesar da emissão de solventes orgânicos ter sido um grande problema, os odores sempre tiveram um papel principal. Estas emissões, para além de prejudicarem as redondezas do local do curtume (sendo uma das principais causas de reclamações, dependendo da sua

localização), também causam problemas tanto no local de trabalho como na saúde dos trabalhadores.

Tanto os diversos processos de transformação de couros e peles em couro acabado, como os resíduos e efluentes provenientes desses processos, são responsáveis pela geração de odores na indústria dos curtumes. Em cada etapa do processo, é evidente a presença de amoníaco, sulfureto de hidrogénio e ainda misturas características de compostos orgânicos. Quando os curtumes têm, no local, estações de tratamento de efluentes líquidos, estas costumam ser consideradas a maior fonte de emissão de odores [48].

Entre as diferentes etapas nos curtumes, as que têm os odores como principais emissões são:

- Processo de cura e armazenamento
- Processo de calagem e depilação
- Processo de decapagem
- Estações de tratamento de águas residuais

Processo de cura e armazenamento

Até ao momento de entrega deste relatório de estágio, não foi realizada a reunião de informação concreta sobre a emissão de odores neste processo nas indústrias de curtimenta de peles. Recomenda-se que o seja realizado numa próxima versão deste trabalho ou num próximo estudo deste tema.

Processo de calagem e depilação

Na etapa da depilação, é utilizado o sulfureto de sódio para ser possível dissolver os pelos.

Por sua vez, a calagem, uma das etapas fundamentais dos curtumes, tem como objetivo a separação do pêlo e das peles. É provocado o inchamento das peles, adicionando cal hidratada, para se proporcionar a limpeza entre as fibras e assim facilitar as próximas etapas.

Processo de decapagem

No processo de decapagem, as peles são preparadas para a etapa da curtimenta, sendo tratadas com ácidos, o que origina a emissão de odores.

Estações de tratamento de águas residuais

Durante o tratamento de efluentes, é normalmente detetada a emissão de amoníaco e sulfureto de hidrogénio [48-52].

4.1.6. Operações de fundição de metais ferrosos

O uso de aditivos minerais e a presença de um processo térmico estão associados à generalidade dos possíveis efeitos adversos ao ambiente vindos das indústrias de fundição. A principal preocupação ambiental tem a ver com as emissões para o ar. Nesta indústria ocorre a geração de compostos acidificantes, poeiras minerais, produtos oriundos de uma combustão incompleta e compostos orgânicos voláteis. Uma vez que as poeiras, de vários tipos e composições, são formadas em todas as etapas do processo, este torna-se um dos principais problemas. As poeiras geradas podem ainda conter metais e óxidos de metais [52].

Entre as diferentes operações realizadas em fundições, os que têm um maior potencial na emissão de odores são:

- Fundição
- Fabrico de moldes

Fundição

A geração de odores nesta etapa pode variar de acordo com o local e depende dos tipos de metais utilizados, sendo que o processamento de metais reciclados é o que causa mais preocupação por apresentarem uma ameaça maior.

Fabrico de moldes

Os odores estão especialmente relacionados com a emissão de aminas e componentes aromáticos que provêm dos aglutinantes resinosos fenólicos utilizados na fabricação de moldes; a adição do metal fundido nos moldes de areia é considerada a

mais habitual fonte de emissão de odores; também se verifica a libertação de odores após a reciclagem dos moldes operados [53].

Em relação à fundição de metais, os principais gases odoríferos são: Trietilamina (TEA) e N,N-dimetiletilamina (DMEA) [54].

4.1.7. Processamento de metais não ferrosos

A produção de metais não ferrosos é possível através de uma vasta variedade tanto de matérias primárias como de secundárias. As matérias primárias são extraídas de minérios que por sua vez são explorados e sujeitos a um determinado tratamento, sendo posteriormente sujeitos a um processamento metalúrgico com a finalidade de produzir o metal bruto. As matérias-primas secundárias são resíduos nativos e sucatas, que têm a possibilidade de serem sujeitas a um tratamento com a finalidade de remover os materiais de recobrimento.

Existem várias potenciais fontes de odor nas indústrias de metais não ferrosos. Os mais significativos são:

- Fumos de metais
- Solventes e óleos orgânicos
- Sulfuretos provenientes do resfriamento da escória e do tratamento de águas residuais
- Reagentes químicos utilizados em processos hidrometalúrgicos e de tratamento de efluentes
- Compostos gasosos ácidos [55]

Em relação aos fumos de metais, estes são devidos ao sobreaquecimento; os sulfuretos provenientes do resfriamento da escória e do tratamento de águas residuais são responsáveis pela emissão de SO_2 , vindo principalmente das escórias. Os processos metalúrgicos são responsáveis pela emissão de NO_x , SO_2 (que está associado a operações de incineração, de calcinação e secagem), NH_3 (devido aos reagentes químicos utilizados nos processos metalúrgicos) e COV. Em relação aos compostos gasosos ácidos, gases ácidos, os mais comuns são o H_2S e o CO_2 , existindo também emissões de SO_2 provenientes de certos efluentes gasosos que contém um elevado teor deste poluente.

A informação aqui apresentada encontra-se incompleta, exigindo assim um aprofundamento numa próxima versão ou estudo deste tema.

4.1.8. Instalações destinadas à refinação de açúcar

No setor da refinação de açúcar, os odores mais característicos e predominantes, emitidos por diversas fontes, são os odores de malte e da fermentação. O principal contaminante são os compostos orgânicos voláteis.

Estes odores estão geralmente associados com a deterioração de matéria orgânica, e certos fatores como as condições atmosféricas, o clima e a direção do vento podem afetar a magnitude desses odores.

As principais operações responsáveis pela emissão de odores nas refinarias de açúcar:

- Armazenamento de açúcar bruto
- Processo de clarificação
- Processo de ventilação do edifício
- Fervura de cristais de açúcar
- Águas residuais

Armazenamento de açúcar bruto

As emissões através do armazenamento são contínuas e podem ser mais elevadas quando ocorre o descarregamento ou quando é remexido. A humidade e a quantidade de tempo que o açúcar está armazenado e em transporte, podem afetar as emissões de odor.

Processo de clarificação

As emissões provenientes da clarificação são contínuas e ocorrem durante a mistura do licor de açúcar com os gases de combustão da caldeira, sendo posteriormente libertados por determinados exaustores.

Processo de ventilação do edifício

A ventilação geral dos edifícios é responsável pela coleta e transporte dos odores provenientes do processo de refinação do açúcar, libertando-os para a atmosfera.

Fervura de cristais de açúcar

Há a ocorrência de emissão de odores aquando da fervura de cristais de açúcar, que é realizada em painéis a vácuo, através de exaustores específicos.

Águas residuais

A colheita, o manuseamento, o tratamento e a descarga de águas residuais também são consideradas potenciais fontes de odores significativas nas refinarias de açúcar [56,57].

4.1.9. Instalações pecuárias de produção intensiva

Atividades com potenciais emissões de odor:

- Alojamento de animais
- Armazenamento de estrume
- Armazenamento de outros resíduos para além de estrume
- Armazenamento de animais mortos
- Espalhamento de estrume e águas residuais
- Tratamento de estrume
- Tratamento de águas residuais
- Incineração de animais mortos

Alojamento de animais

A forma como os animais são reunidos quando alojados e o sistema utilizado na remoção e armazenamento do estrume produzido, contribui para a emissão de odores, principalmente de amoníaco.

Armazenamento de estrume e de outros resíduos

O amoníaco tem também destaque no processo de armazenamento de estrume e de outros resíduos para além do estrume.

Espalhamento e tratamento de estrume

Estes dois processos são responsáveis pela emissão de odores, principalmente de compostos azotados.

Tratamento de águas residuais

Estas águas, que contêm principalmente fezes, urina e químicos, são normalmente armazenadas em tanques específicos para depois se proceder ao seu tratamento. Os químicos vêm sobretudo do material de limpeza usado na desinfeção das instalações de criação de gado.

Incineração de animais mortos

Esta etapa é realizada de forma a procurar prevenir a disseminação de agentes patogénicos. As principais emissões são de óxidos de azoto, óxidos de enxofre, monóxido de carbono e dióxido de carbono.

No geral, os odorantes mais significantes nas instalações de pecuária intensiva são: os ácidos gordos voláteis, amoníaco, fenóis e compostos voláteis contendo enxofre [58,59].

4.2. Atividades Não Industriais

Atividades não industriais podem ser definidas como aquelas que dispõem de instalações onde ocorre tratamento e valorização de materiais ou de resíduos.

As atividades não industriais, tratadas no presente relatório, que têm um papel mais crítico na emissão de odores, são:

- Aterros
- Instalações de tratamento de lamas de depuração e outros resíduos odoríferos, fermentáveis ou putrescíveis

- Instalações de tratamento de resíduos de hidrocarbonetos, ou de resíduos contaminados por hidrocarbonetos
- Estações de tratamento de águas residuais
- Instalações de tratamento de superfície de matérias, objetos ou produtos, que utilizem solventes orgânicos
- Instalações de eliminação ou valorização de subprodutos de origem animal

4.2.1. Aterros

No normal funcionamento de um aterro, é possível distinguir três tipos de fontes de emissão de odor para a atmosfera: difusas, pontuais e fugitivas.

Fontes difusas

As fontes difusas, num aterro sanitário, são consideradas as mais significativas. Estas caracterizam a maioria da área do aterro, especificamente as lagoas de lixiviados e toda a área factual do aterro e resultam da difusão do biogás para a atmosfera.

Estas fontes são responsáveis pela emissão de odores para a atmosfera que não são realizadas através de uma chaminé, o que inclui as fugas e as emissões não confinadas para o ambiente exterior, através de aberturas como, por exemplo, janelas e portas, bem como de válvulas e empanques. As fontes difusas, por norma, são:

- Frente ativa de deposição
- Resíduos depositados sem cobertura
- Zonas com coberturas (sejam estas diárias, temporárias, intermédias ou finais)
- Tanques de regulação de caudal e tratamento de lixiviados

A norma VDI 3880:2011 categoriza as fontes difusas em fontes ativas e passivas. Esta caracterização depende da velocidade de emissão do gás efluente, onde esta é superior à velocidade da difusão natural na atmosfera nas fontes ativas e inferior nas fontes passivas [5,60,61].

Fontes pontuais

As fontes pontuais, também denominadas de fontes estacionárias discretas, são as únicas fontes que permitem a realização do tratamento de odores através de sistemas de desodorização. A emissão de efluentes gasosos para a atmosfera através deste tipo de fontes, são realizadas através de condutas com uma dimensão e um fluxo de ar definidos. Um exemplo disso são as chaminés, onde o fator de emissão de odor resulta da multiplicação da concentração de odor de uma determinada amostra, pelo caudal volumétrico emitido por uma dada chaminé.

Estas fontes, num aterro sanitário, têm ligação com o ciclo do biogás e depende do destino final do mesmo. Por via de regra, as fontes pontuais de odores num aterro são [5,60,61]:

- Sistemas de queima do biogás
- Sistemas de produção de energia
- Sistemas de tratamento do biogás

Fontes fugitivas

As fontes fugitivas, num aterro, são fontes de emissão de odor difíceis de controlar, identificar e quantificar. Estas libertam uma quantidade indeterminada de compostos odoríferos, como acontece em fissuras nos materiais de confinamento ou fugas em válvulas. Surgem, por norma, nos circuitos responsáveis pela recolha de biogás e lixiviados, onde as principais são:

- Coletores de biogás (verticais e horizontais)
- Coletores de lixiviados
- Válvulas, junções e quaisquer outros pontos onde exista a possibilidade de fugas de gás e lixiviados
- Fissuras e perfurações nas coberturas dos resíduos
- Interface entre coberturas e taludes
- Pontos de monitorização de lixiviados
- Equipamentos destinados à realização de bombagem e recirculação de lixiviados

- Bolsas de água resultantes da saturação do solo ou de uma condutividade hidráulica reduzida
- Resíduos dispersos fora da área de trabalho

Quando as coberturas das células apresentam pequenas perfurações ou falhas, estas também são passíveis de serem consideradas fontes fugitivas, pois, ao haver o impedimento da fluidez da emissão através dos materiais da cobertura, são originados pontos de emissão singulares que se tornam difíceis de identificar [5].

Fontes em linha

Apesar de não serem mencionadas nas normas regulatórias sobre odores, ainda é possível distinguir mais um tipo de fontes de emissão de odores: **fontes em linha**. Estas estão associadas ao tráfego de veículos, sendo os camiões de transporte de resíduos a única fonte em linha de odores nos aterros. NO_x, CO, COV e material particulado (PM) são os gases associados à movimentação destes veículos, mas, como não é um odor possível de mitigar, não são consideradas fontes relevantes de odores [5,60].

4.2.2. Instalações de tratamento de lamas de depuração e outros resíduos odoríferos, fermentáveis ou putrescíveis

Lamas de depuração são resíduos que têm na sua constituição matérias minerais e orgânicas e são produzidas por estações de tratamento. Tanto o modo de tratamento dos efluentes como o setor no qual foi utilizada a água, são fatores que podem fazer variar a composição das lamas de depuração [62].

As principais fontes de odor, provenientes destas instalações, são:

- Lamas primárias
- Lamas resultantes da precipitação químicas
- Processo de estabilização alcalina
- Processo de estabilização por digestão anaeróbia
- Tratamento térmico
- Unidades de secagem solar nas ETAR [63-65]

As lamas primárias, provenientes dos decantadores primários aquando da realização do tratamento primário, possuem um odor extremamente desagradável. Já as lamas resultantes da precipitação química, apesar de libertarem um odor forte, não é tão desagradável como o odor emitido pelas lamas primárias.

Sobre processo de estabilização alcalina, não foi possível a recolha de informação concreta sobre a emissão de odores a partir do mesmo, até à data de entrega deste trabalho. No entanto, é registado um potencial de desenvolvimento de odores.

A presença de sulfatos na água residual, faz com que o processo de estabilização por digestão anaeróbia seja uma das principais fontes de emissão de odores. As unidades de secagem solar nas ETAR fazem parte das principais fontes de emissão, devido, principalmente, à receção de lamas com reduzida estabilidade.

O transporte das lamas (realizado através de camiões) e o armazenamento das mesmas também são responsáveis pela emissão de odores desagradáveis para a atmosfera. Esta emissão pode ser mais intensa, se o teor de humidade nas lamas for mais elevado [63-65].

4.2.3. Instalações de tratamento de resíduos de hidrocarbonetos, ou de resíduos contaminados por hidrocarbonetos

Neste tipo de instalações, o odor é causado devido à presença de compostos de enxofre e azoto e é o processo de dessorção térmica o grande responsável pela emissão de odor.

No processo de dessorção térmica, a fratura do óleo base e dos aditivos químicos em vários compostos de enxofre e azoto, a altas temperaturas, dão origem a um odor intenso devido aos hidrocarbonetos recuperados [66].

4.2.4. Estações de tratamento de águas residuais

As estações de tratamento de águas residuais (ETARs) têm sido extensivamente descritas como uma das principais fontes de emissão de odores desagradáveis para o ambiente. Esta situação leva também a um aumento do número de reclamações por parte da população na vizinhança dos locais onde se encontram as ETARs, para além

de serem passíveis de causar problemas na saúde, o que torna o processo de mitigação dos odores em algo urgente. A origem dos odores numa ETAR, de um modo geral, é a água residual e as lamas produzidas.

A ocorrência da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, que está presente nas lamas, dá origem a maus odores. Estes podem surgir em variados pontos das ETARs¹²:

- Obra de entrada
- Tanques de equalização e homogeneização
- Locais de transferência, armazenamento e tratamento de lamas
- Decantadores primários
- Tratamento secundário

Obra de entrada

A obra de entrada é o local onde é efetuado o tratamento preliminar, isto é, o primeiro tratamento a que o efluente é sujeito assim que entra numa ETAR. A turbulência existente durante o escoamento da água residual, que provoca a volatilização dos compostos odoríferos, e a libertação de gases que estão retidos no interior dos coletores, são os responsáveis pela ocorrência de odores.

Tanques de equalização e homogeneização

A acumulação de sólidos sedimentados e de escumas que ocorre nos tanques, é responsável pela libertação de odores.

Locais de transferência, armazenamento e tratamento de lamas

No armazenamento de lamas, a ocorrência de escumas e a deficiente mistura dão origem à emissão de compostos odoríferos. A transferência de lamas, para os veículos responsáveis pelo transporte, e o tratamento das mesmas, são grandes fonte de emissão de odores.

¹² Um estudo mais aprofundado é necessário. Apesar destas terem sido consideradas as principais fontes de emissão de odores, através da pesquisa efetuada em diferentes referências bibliográficas, existem outras fontes que certos autores consideram relevantes e até mesmo principais.

Decantadores primários

A acumulação de escumas e de lamas sedimentadas por períodos de tempo mais longos, contribuem para a criação de condições sépticas que consequentemente irá ser responsável pela formação e emissão de odores.

Tratamento secundário

Este tratamento tem como objetivo reduzir o teor de matéria orgânica que está presente na água residual e, através de processos químicos ou biológicos, reduzir o teor em nutrientes. Os principais subprodutos provenientes deste tratamento são as escumas e as lamas secundárias, responsáveis pela emissão de odores.

A poluição causada pelos odores está relacionada com a emissão, na sua maioria, dos seguintes gases:

- **Compostos de enxofre** (H_2S , Mercaptanos, Sulfuretos, Dissulfuretos)
- **Compostos de azoto** (amoníaco, aminas, compostos heterocíclicos)
- **Compostos de oxigénio** (ácidos orgânicos – ácido acético; aldeídos – formaldeídos; cetonas e álcoois)
- **Hidrocarbonetos** [32, 67-70]

4.2.5. Instalações de tratamento de superfície de matérias, objetos ou produtos, que utilizem solventes orgânicos

A grande parte dos solventes orgânicos são derivados da indústria do petróleo. A Europa é responsável pela compra e uso de mais de 5 milhões de toneladas de solventes, havendo uma maior procura por parte da indústria de tintas e revestimentos.

As principais fontes de emissões de odores, neste tipo de instalações, são:

- Processos de revestimentos
- Processos de fabrico
- Pintura em série de superfície de plástico e metal
- Preservação de madeira e produtos de madeira com químicos

Processos de revestimentos

Estes englobam:

- Revestimento de carros
- Revestimento de navios e iates
- Revestimento de aeronaves
- Revestimento de bobina
- Revestimento de têxteis, folhas e papel
- Revestimento e impressão de embalagens de metal
- Revestimento de superfície de madeira
- Processos e equipamentos de revestimento

Os revestimentos são responsáveis pela emissão de odores incomodativos, devido à aplicação de cresol. Nos revestimentos para embalagens de metal, existe a possível emissão de odores devido ao uso de monómeros durante o processo de cura ultravioleta. Enquanto isso, nos revestimentos em pó, durante a fusão e reação do pó, é possível existir a ocorrência de emissão de odores no forno de cura.

Processos de fabrico

Estes incluem:

- Fabricação de fita adesiva
- Fabricação de fio de enrolamento
- Fabricação de espelhos
- Fabricação de abrasivos revestidos

Na fabricação de fio de enrolamento, os esmaltes curados por ultravioleta (UV) são responsáveis por emitir um odor desagradável, que prejudica os trabalhadores.

Pintura em série de superfície de plástico e metal

Nas pinturas em série de superfícies de plástico e metal, são registadas maioritariamente emissões fugitivas de COVs, NO_x e CO.

Preservação de madeira e produtos de madeira com químicos

As emissões de odores estão, na sua maioria, associadas ao cresoto devido à presença de naftaleno no mesmo. Na impregnação à base de água também pode ocorrer libertação de odores devido ao uso de agentes de amoníaco [71].

4.2.6. Instalações de eliminação ou valorização de subprodutos de origem animal

Fontes de odor:

- Fabrico de gelatina
- Produção de farinha e óleo de peixe
- Fabrico de cola
- Renderização
- Produção de biogás
- Processo de compostagem [41]

Até ao momento de entrega deste relatório de estágio, a reunião de informação concreta sobre a emissão de odores a partir destas fontes, não foi conseguida. Recomenda-se que essa informação seja adicionada numa próxima versão deste trabalho ou num próximo estudo deste tema.

5. Conclusão

A realização deste trabalho teve como objetivo o estudo do problema ambiental das emissões de odores, tendo sido dado ênfase às emissões provenientes de atividades industriais e não industriais.

A percepção olfativa dos odores é bastante característica de cada indivíduo, o que faz com que o estabelecimento de regulamentações concretas seja bastante complicado. No entanto, com o passar do tempo, a consciencialização e preocupação por parte da população em relação a este problema, tem ganho mais força, causando uma maior pressão nas entidades competentes de cada país para se elaborar legislações adequadas. Neste momento já existem países com legislação sobre odores, como é o caso da Alemanha, Holanda, Dinamarca, Espanha, entre outros. Portugal, apesar de ter algumas normas em relação a esta problemática, ainda não possui legislação própria. No entanto, já se tem vindo a trabalhar para se reunir informação suficiente, com os devidos estudos, para ser possível a elaboração de legislação portuguesa sobre a emissão de odores.

O trabalho desenvolvido durante o estágio e a elaboração deste relatório, permitiu conhecer melhor quais as principais fontes de emissão de odores em diversas atividades industriais e não industriais e reunir essa informação num único documento. Foi possível entender que na maioria dessas fontes, a emissão de compostos de enxofre e de compostos orgânicos voláteis estão em destaque.

Para além de ser necessário compreender quais são as principais fontes de emissão de odores em cada atividade industrial e não industrial, é crucial não só que se elaborem as medidas necessárias para a mitigação destes odores (ou, quando tal não é possível, pelo menos que seja feita a sua minimização) como também é de extrema importância que haja um controlo contínuo permitindo a prevenção dos mesmos.

Sendo este um trabalho em desenvolvimento, como perspetivas futuras procura-se não só completar a informação acerca das atividades industriais e não industriais aqui apresentadas, como também estudar as restantes atividades pertencentes à lista, reconhecida pela APA, das atividades mais problemáticas na emissão de odores. Num patamar seguinte, seria importante realizar o mesmo estudo para as restantes

atividades existentes, de modo a permitir uma regulamentação o mais completa possível.

Seria também bastante interessante a elaboração de um site ou de uma aplicação, que contivesse toda a informação sobre odores nas atividades industriais e não industriais, de forma a poder ser facilmente utilizada não só por todos os órgãos competentes das indústrias, como também por todos os interessados no estudo desta área.

6. Bibliografia

- [1] Fried, Marvin P. Perda do Olfato – Anosmia. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-pt/casa/dist%C3%BArbios-do-ouvido,-nariz-e-garganta/sintomas-de-dist%C3%BArbios-do-nariz-e-da-garganta/perda-do-olfato> (Consult. 15 de setembro, 2021)
- [2] Justo, A. Sócios da Sondar.i compram laboratório Eurofins Portugal. Disponível em: <https://pmemagazine.sapo.pt/socios-da-sondar-i-compram-laboratorio-eurofins-portugal/> (Consult. 10 de outubro, 2021)
- [3] LCM – Laboratório de Calibração e Medida, LDA. LCM IBERIA. Disponível em: <https://www.lcm.pt/> (Consult. 10 de outubro, 2021)
- [4] Lacey, M., Schirmer, W., Lisboa, H. A olfatometria como ferramenta na verificação da eficácia de neutralizador de odor industrial, *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrária e Ambientais*, 2008, Vol. 4, p. 368 – 382.
- [5] Mendes, L. Emissão e Controlo de Odores em Aterros Sanitários. Tese de mestrado. Universidade de Aveiro, 2012.
- [6] Capelli, L., Sironi, S., Del Rosso, R., Céntola, P., Grande, M. A comparative and critical evaluation of odour assessment methods on a landfill site. *Atmospheric Environment*, 2008, Vol. 42, p. 7050-7058.
- [7] Associação para a Inovação e Desenvolvimento da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Relatório Final – Programa de Monitorização de Odores no Ecoparque da Abrunheira.
- [8] Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.(2013). Decreto-Lei n.º 127/2013. *Diário da República*, 1ª Série, n.º 167, 5324 – 5389.
- [9] Bokowa, A.; Diaz, C.; Koziel, J.A.; McGinley, M.; Barclay, J.; Schauburger, G.; Guillot, J.-M.; Sneath, R.; Capelli, L.; Zorich, V.; et al. Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide. *Atmosphere* 2021, Vol. 12, p. 1 – 53.

- [10] Eurofins. Como medir odores? – Seminário Odores, Medição, Controlo e Gestão. 2012.
- [11] Odour Observatory. Olfatometria Dinâmica. Disponível em: <https://odourobservatory.org/pt/dynamic-olfactometry/> (Consult. em 3 de fevereiro, 2021)
- [12] Schirmer, W. Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis e odorantes na estação de tratamento de efluentes de uma refinaria de petróleo. Tese de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- [13] Distributed Network for Odour Sensing, Empowerment and Sustainability (D-NOSES). Analysis of existing regulations in odour pollution, odour impact criteria 1. 2019.
- [14] Department of Water and Environmental Regulation. Guideline – Odour emissions. 2019.
- [15] Institute of Air Quality Management. Guidance on the assessment of odour for planning. Version 1.1. 2018.
- [16] Conti, C., Guarino, M., Bacenetti, J. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. *Environment International*, 2020, Vol.134, p. 1-16.
- [17] Freitas, C. “Avaliação do impacto de substâncias odoríferas geradas a partir da emissão de gases oriundos de uma indústria química”. Tese de Mestrado. Centro Universitário das Faculdades Associadas ao Ensino. 2013.
- [18] Amorim, J. “Emissões Odoríferas Provenientes da Decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) – Estudo de Caso: CTR Seropédica, RJ, Brasil. Tese de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.
- [19] Balbinot, A. Poluição olfativa – composição, mensuração e técnicas de tratamento de efluentes com potencial odorífero. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.
- [20] Gomes, R. Tratamento de Odores da ETAR da Refinaria de Matosinhos. Tese de Mestrado. Universidade do Minho. 2015.

- [21] Santos, H. Olfato. Disponível em: <https://www.biologianet.com/anatomia-fisiologia-animal/olfato.htm> (Consult. em 15 de outubro, 2021).
- [22] Xavier, I. Estudo da reação humana aos odores através da análise dos sinais da eletroencefalografia. Tese de Mestrado. Universidade da Beira Interior. 2012.
- [23] Junior, G., Lisboa, H., Filho, P., Shirmer, W., Lacey, M. Odor assessment tools and odor emissions in industrial processes. *Maringá*, 2010, vol. 32, p.287-293.
- [24] Buonicore, A., Davis, W., Air & Waste Management Association. *Air Pollution Engineering Manual*. New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. p. 1 – 918.
- [25] Davis, W., Air & Waste Management Association. *Air Pollution Engineering Manual*. 2nd Edition. 2000. P. 1 – 912.
- [26] Almeida, M. Avaliação e gestão da incomodidade dos odores. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. 2018.
- [27] Brancher, M., Griffiths, K. D., Franco, D., & de Melo Lisboa, H. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*, 2017, Vol. 168, p. 1531–1570.
- [28] Laliberte, G. What is the difference between odour concentration and odour intensity for regulators? Disponível em: http://www.odotech.com/en/odour_concentration_vs_intensity/ (Consult. em 15 de julho, 2021).
- [29] Department for Environment, Food and Rural Affairs. Odour Guidance for Local Authorities. 2010.
- [30] Schirmer, W., Vance, M., Lisboa, H., Miranda, G. características, natureza e métodos de amostragem/análise de gases odorantes emitidos em processos industriais: caso das lagoas de tratamento de efluentes. *Revista de Ciências Ambientais*, 2007, Vol. 1, p. 35 – 52.
- [31] Distributed Network for Odour Sensing, Empowerment and Sustainability (D-NOSES).

[32] Antunes, R. Odores em Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. 2006.

[33] Verein Deutscher Ingenieure. Ofactometry – Determination of Odour Intensity (VDI 3882 – Part 1). 1992.

[34] Vieira, M. Abordagem de procedimentos legais para o controle de incómodos olfativos. Universidade Federal de Santa Catarina. Tese de Mestrado. 2013.

[35] Instituto do Ambiente e Desenvolvimento. Olfatometria. Disponível em: <https://www.ua.pt/pt/idad/olfatometria> (Consult. em 6 de novembro, 2021).

[36] Lisboa, H. Metodologias olfatométricas para avaliação do impacto odorante. Universidade Federal de Santa Catarina. 2010.

[37] Junior, G. Otimização e avaliação de metodologias olfatométricas voltadas ao saneamento ambiental. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

[38] CELPA. Boletim Estatístico. Disponível em: [https://www.celpa.pt/wp-content/uploads/2018/01/Boletim WEB.pdf](https://www.celpa.pt/wp-content/uploads/2018/01/Boletim_WEB.pdf) (Consult. em 27 de abril, 2021)

[39] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. 2015.

[40] Jornal Oficial da União Europeia. Retificação ao Regulamento (CE) nº 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Abril de 2004, que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal. 2004.

[41] European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries. 2005.

[42] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas. 2015.

[43] Odournet. Tratamento de emissões de odores em refinarias. Disponível em: <https://www.odournet.com/pt-pt/ambiental/sectores-industriais/tratamento-de-emissoes-de-odores-de-refinarias/> (Consult. em 26 de maio, 2021).

[44] Invernizzi, M., Ilare, J., Capelli, L., Sironi, S. Proposal of a Method for Evaluating Odour Emissions from Refinery Storage Tanks. *Chemical Engineering Transactions*. 2018, Vol. 68, p. 49-54. DOI: 10.3303/CET1868009.

[45] Jornal Oficial da União Europeia. DECISÃO DE EXECUÇÃO DA COMISSÃO de 9 de outubro de 2014 que estabelece as conclusões sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD) para a refinação de petróleo e de gás, nos termos da Diretiva 2010/75/UE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa às emissões industriais. 2014.

[46] Priberam dicionário. Betume. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/betume> (Consult. em 2 de junho, 2021).

[47] Complexo Industrial Sines. A flare, um elemento imprescindível de segurança e de proteção do ambiente. Disponível em: <https://sines.repsol.pt/pt/sustentabilidade/seguranca/flares/index.cshtml> (Consult. em 3 de junho, 2021).

[48] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins. 2013.

[49] Leather Dictionary. Liming – Leather Tanning. Disponível em: https://www.leather-dictionary.com/index.php/Liming_-_Leather_Tanning (Consult. em 21 de junho, 2021).

[50] Wikipédia. Curtume. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Curtume#Os_processos (Consult. em 21 de junho, 2021).

[51] Centro Tecnológico das Indústrias do Couro. Processo de Fabrico do Couro. Disponível em: <https://www.ctic.pt/index.php/pt/ctic/curtumes-menu/processo-de-fabrico-do-couro> (Consult. em 22 de junho, 2021).

[52] European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry. 2005.

[53] Odournet. Emissões de fundições. Disponível em: <https://www.odournet.com/pt-pt/ambiental/sectores-industriais/emissoes-de-fundicoes/> (Consult. em 10 de junho, 2021).

- [54] ECOSORB – Natural Industrial Odor Solutions. Manage nuisance smells with metal casting odor removal products. Disponível em: <https://ecosorbindustrial.com/industries/metalcasting/> (Consult. em 9 de junho, 2021).
- [55] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. 2017.
- [56] Sample Sugar Refinery Company. Example Odour Control Report for a Sugar Refinery Facility. 2017.
- [57] American Crystal Sugar Company. Frequently Asked Questions about sugar factory odors. Disponível em: <https://www.crystalsugar.com/sugar-processing/environmental-commitment/frequently-asked-questions/>. (Consult. em 15 de julho, 2021).
- [58] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. 2017.
- [59] Jornal Oficial da União Europeia. DECISÃO DE EXECUÇÃO (UE) 2017/302 DA COMISSÃO de 15 de fevereiro de 2017 que estabelece conclusões sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD) para a criação intensiva de aves de capoeira ou de suínos, nos termos da Diretiva 2010/75/UE do Parlamento Europeu e do Conselho. 2017.
- [60] Instituto do Ambiente e Desenvolvimento. Odores em Aterros. Disponível em: <https://www.ua.pt/pt/idad/page/13079>. (Consult. em 15 de abril, 2021).
- [61] Decreto-Lei nº 39/2018. Diário da República, 1.ª série, N.º 111, 11 de junho de 2018.
- [62] Air Liquide. Saiba tudo sobre as lamas de depuração – Tratamento de águas residuais. Disponível em: <https://pt.airliquide.com/solucoes/tratamento-aguas/saiba-tudo-sobre-lamas-de-depuracao> (Consult. em 31 de julho, 2017).
- [63] Lopes, J. Análise e melhoria dos processos de gestão de lamas de depuração de efluentes líquidos. Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra. 2016.
- [64] Silva, N. Potencialidade da valorização das lamas de depuração produzidas nas ETAR do Algarve. Tese de Mestrado. Universidade do Algarve. 2017.

- [65] Gonçalves, J. Análise das tecnologias correntes para o tratamento e secagem de lamas de ETAR. Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra. 2017.
- [66] Fang, J., Meng, X., Xu, G., Yue, Y., Cong, P. Xiao, C., Guo, W. Odor-Treatment Technology for Recovered Hydrocarbons From Oily Waste in a Thermal-Desorption Unit. Disponível em: <https://jpt.spe.org/odor-treatment-technology-recovered-hydrocarbons-oily-waste-thermal-desorption-unit> (Consult. em 10 de agosto, 2021).
- [67] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. 2016.
- [68] Portal Tratamento de Água. A importância do controle de odor em estações de tratamento de efluentes. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/importancia-do-controle-de-odor-em-estacoes-de-tratamento-de-efluentes/> (Consult. 6 de julho, 2021).
- [69] Sousa, T. Estações de Tratamento de Águas Residuais: Conceitos e Dimensionamento. Tese de Mestrado. Instituto Politécnico do Porto. 2016.
- [70] Blanco-Rodríguez, A., Camara, V., Campo, F., Becherán, L., Durán, A., Vieira, V., Melo, H., Garcia-Ramirez, A. Development of an electronic nose to characterize odours emitted from different stages in a wastewater treatment plant. *Water Research*, 2018, Vol. 134, p. 92 – 100.
- [71] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Surface Treatment Using Organic Solvents including Preservation of Wood and Wood Products with Chemicals. 2020.