International Journal Semiarid

A QUE CHEIRA O AR? ANÁLISE SENSORIAL NUMA UNIDADE DE TRATAMENTO MECÂNICO E BIOLÓGICO DE RESÍDUOS URBANOS

WHAT DOES THE AIR SMELL LIKE? SENSORY ANALYSIS IN A MECHANICAL AND BIOLOGICAL URBAN WASTE TREATMENT UNIT

Sofia Capelo[a, b, *]
Professora Auxiliar
scapelo@uevora.pt
https://orcid.org/0000-0002-8573-8754

Maria José Barão[a]
Técnica Superior
mjbarao@uevora.pt
https://orcid.org/0009-0006-5233-5699

Russell Alpizar-Jara[cd]
Professor Associado
alpizar@uevora.pt
https://orcid.org/0000-0001-8806-3345

[a]Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal
[b]Instituto de Ciências da Terra – ICT, Instituto de Investigação e Formação Avançada (IIFA), Universidade de Évora, Évora, 7000-671, Portugal
[c]Departamento de Matemática, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal
[d]Centro de Investigação em Matemática e Aplicações-CIMA, Instituto de Investigação e Formação Avançada (IIFA), Universidade de Évora, Évora, 7000-671, Portugal
* Autora correspondente, E-mail: scapelo@uevora.pt

RESUMO

Nas instalações de gestão de resíduos são gerados vários compostos químicos voláteis com odor (ou cheiro). Esses compostos são percecionados sensorialmente por aqueles que trabalham e por aqueles que visitam essas instalações. Neste trabalho, a perceção sensorial foi utilizada para detetar os compostos com odor durante a visita de estudantes universitários a uma unidade de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB), em dois anos consecutivos (2018 e 2019). Para esse efeito, foi aplicado um inquérito de perceção sensorial em três locais diferentes desta unidade, cujos dados foram sujeitos a tratamento estatístico. Embora a determinação dos compostos orgânicos voláteis totais estivesse dentro dos limites legais exigidos, a perceção sensorial permitiu identificar os compostos com odor predominante e os de cheiro mais desagradável. Este facto permite considerar soluções tecnológicas para melhorar a qualidade do ar e o processo de tratamento.
Palavras-chave: TMB, perceção sensorial, compostos químicos voláteis, COV, odor.

ABSTRACT
Various volatile chemical compounds with an odour (or smell) are produced in waste management facilities. These compounds are perceived by those working in and visiting these facilities. In this study, sensory perception was used to detect odour compounds during a visit by university students to a mechanical and biological treatment facility in two consecutive years (2018 and 2019). For this purpose, a sensory perception survey was carried out at three different locations in the plant and the data were statistically analysed. Although the determination of total VOCs was within the required legal limits, the sensory perception made it possible to identify the compounds with the predominant odour and those with the most unpleasant odour.This makes it possible to consider technological solutions to improve air quality and the treatment process.
Keywords: Mechanical-biological treatment, sensory perception, volatile chemical compounds, VOC, odour compounds.

INTRODUÇÃO

A emissão de odores (ou cheiros) provenientes dos resíduos urbanos que ocorre na fase inicial de decomposição, incluindo a recolha, a transferência, o transporte e a triagem, não tem sido suficientemente realçada ou investigada (Tan et *al.*, 2017). Estas emissões são afetadas por fatores ambientais e operacionais, incluindo a temperatura, a composição dos resíduos urbanos e a duração do processamento (Tan et *al.*, 2017). O odor ou cheiro, que resulta da perceção apenas pelo nariz (Conceição e Garrido, 2020, p. 14; Capelo e Barão, 2024) e se refere tanto a odores agradáveis como a odores desagradáveis, é causado por um ou mais compostos químicos voláteis, em geral em baixas concentrações, mas percetíveis pelo olfato humano (Tan et *al.*, 2017). A maioria destes compostos são compostos orgânicos voláteis (COV), que "são caracterizados por possuírem uma alta pressão de vapor sob condições normais e por esse motivo volatilizam facilmente em contato com o ar e entram na atmosfera" (APA, 2024; Brickus e Neto, 1999; Kutsanedzie), *et al.*, 2018). Estes "incluem uma grande variedade de substâncias tais como aldeídos, cetonas, e hidrocarbonetos aromáticos monocíclicos como o benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos (BTEX)", entre outros (APA, 2024). Os odores (ou cheiros) causados maioritariamente pelos COV proveem da incompleta degradação aeróbica dos componentes biodegradáveis dos resíduos e constituem uma fonte de mau cheiro (Tan *et al.*, 2017; Schiavon *et al.*, 2017; Cerda *et al.*, 2018; Nie *at al.*, 2023; Soobhany, 2018; Rincón *et al.*, 2019; Sympoura, *at al.*, 2009; Wei *et al.*, 2017; Xu *at al.*, 2020). Os compostos de enxofre voláteis têm sido identificados como os odores que predominam durante o processo de compostagem (Zhang *et al.*, 2013). Nestes incluem-se compostos orgânicos voláteis que contêm enxofre ou compostos com enxofre na forma reduzida como o sulfureto de hidrogénio, o metil mercaptano, dimetilssulfureto, dimetildissulfureto, entre outros (Zhang *et al.*, 2013; Tabela 1). Estes compostos quando presentes em concentrações muito baixas são facilmente detetados devido ao baixo limiar de deteção e ao forte mau odor, contribuindo para o problema dos maus odores. No entanto, diversos estudos demonstraram que a composição e as características da componente orgânica selecionada para o processo de compostagem têm um efeito significativo na concentração destes compostos no ar (Zhang *et al.*, 2013). É também amplamente aceite que os compostos de enxofre voláteis são libertados pela componente

orgânica durante processos anaeróbicos e exotérmicos ou aeróbicos incompletos. Por outro lado, a fraca transferência de oxigénio durante o processo de compostagem devido a um deficiente arejamento pode ser a principal causa da produção destes odores. A temperatura da pilha de compostagem pode também desempenhar um importante papel na volatilização de gases com mau cheiro dependendo da pressão de vapor dos mesmos. Com efeito, elevadas temperaturas e baixa concentração de oxigénio têm como resultado elevadas emissões de compostos de enxofre voláteis (Zhang *et al.*, 2013; Mustafa *et al.*, 2017).

Nas unidades de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB) procede-se à triagem do resíduo indiferenciado ("lixo"), após a recolha, a transferência (se existir) e o transporte destes resíduos. Na triagem separam-se os resíduos orgânicos, que seguem para compostagem, dos restantes resíduos urbanos como o plástico e o metal (ferroso e não ferroso), entre outros. No caso do plástico, é realizada a separação por tipologia e posterior enfardamento. No TMB também se efetua a triagem de materiais recicláveis provenientes da recolha seletiva como o plástico, o metal, entre outros, e posterior enfardamento e encaminhamento.

Nas instalações de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB) são gerados vários compostos químicos voláteis, na sua maioria compostos orgânicos voláteis (COV). Esses compostos são percebidos sensorialmente por aqueles que trabalham e por aqueles que visitam essas instalações. Por outro lado, a perceção do odor é influenciada por diversos fatores (Greenberg *et al.*, 2013): a influência genética é significativa na capacidade de cheirar e perceber odores; as mulheres possuem maior capacidade de identificar odores comparada com os homens; o aumento da idade está correlacionado com limiares de deteção de odores mais elevados, isto é, dificuldade na deteção de baixas concentrações de odores; diversas condições médicas têm sido associadas a défices no olfato, incluindo doenças do nariz e dos seios nasais, esclerose múltipla e esquizofrenia; o abuso de álcool resulta numa diminuição do sentido olfativo, e fumar produtos do tabaco altera o limiar de deteção de odores de uma forma relacionada com a dose; a inalação repetida de qualquer produto químico resulta em fadiga olfativa em períodos de tempo relativamente curtos, o que leva a uma diminuição da capacidade de detetar e identificar com precisão um odor; a exposição a concentrações elevadas de um composto químico afeta a sensibilidade a esse odor específico, alterando os limiares de deteção seguintes em até três ordens de grandeza; os seres humanos só são capazes de identificar três a quatro componentes de misturas olfativas complexas e os odores presentes na mistura afetam os componentes individuais que são detetados.

Apesar dos compostos químicos voláteis poderem ter consequências ambientais (Guo *et al.*, 2017) e a nível da saúde (Fournier *et al.*, 2017; Yao *et al.*, 2019), a deteção de um odor não implica uma exposição clinicamente significativa a um tóxico (Greenberg *et al.*, 2013; Tang *et al.*, 2015). Por outro lado, existem outras dificuldades na perceção sensorial, como detetar odores individuais em misturas (Greenberg *et al.*, 2013).

Neste trabalho, a perceção sensorial foi utilizada para detetar os compostos químicos voláteis durante a visita de estudantes universitários a uma unidade de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB), em dois anos consecutivos, 2018 e 2019. Para tal, foi solicitado a resposta a um inquérito para a perceção sensorial em três locais diferentes desta unidade e os dados sujeitos a tratamento estatístico.

METODOLOGIA

Durante a visita a uma unidade de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB), em Portugal, foi realizado um inquérito aos alunos da Universidade de Évora. Esta visita teve lugar em dois anos consecutivos, 2018 e 2019, e no mesmo mês, em abril. A pandemia de Covid-19, que se iniciou em Portugal em fevereiro de 2020, impossibilitou a continuação do estudo. No entanto, o estudo continua a ter relevância.

Embora a visita tenha ocorrido no mesmo mês, no período da tarde, entre as 15 e as 17 horas, a temperatura e a humidade relativa no interior do edifício foram bastante diferentes. Em 2018, 17 de abril, a temperatura máxima e a humidade relativa registadas, no corredor percorrido durante a visita, foram de 27,8°C e 38,5%, respetivamente. Em contrapartida, em 2019, no dia 5 de abril, a temperatura máxima e a humidade relativa registadas foram de 13°C e 67%, respetivamente. A temperatura e a humidade relativa foram medidas com recurso a equipamento portátil.

A determinação dos compostos orgânicos voláteis totais foi realizada em 2019, em janeiro, com a recolha de várias amostras de ar na unidade de Tratamento Mecânico e Biológico. A temperatura e a humidade registadas foram semelhantes às registadas na visita de 2019, no dia 5 de abril, na unidade de Tratamento Mecânico e Biológico. Esta análise do ar interior foi realizada por um laboratório acreditado e contratado pelo operador de gestão de resíduos. Por motivos de confidencialidade, não nos é possível identificar a unidade de Tratamento Mecânico e Biológico onde se realizou o estudo.

No percurso realizado durante a visita destacam-se três partes. O primeiro, o início da visita, na entrada da unidade para o corredor, que fica mais próximo de onde se concentram os resíduos indiferenciados (denominado "Corredor"). A segunda passa por uma área próxima à separação dos resíduos indiferenciados, comumente conhecidos por "lixo" (denominada "Separação"). Por último, o terceiro, onde se situa a zona de maturação do composto, que é a última etapa do processo de compostagem (designado por "Maturação"). No fim do corredor, pode observar-se o composto no seu estado final, depois de ter passado pela afinação. O corredor tem uma largura máxima de 2 metros e um comprimento de cerca de 300 metros e é constituído por janelas em acrílico, num dos lados, a partir do início da "Separação", que permitem a visualização de todo o processo. No entanto, o cheiro é perfeitamente detetável.

O inquérito foi respondido por 62 participantes, 35 em 2018 e 27 em 2019. O inquérito é constituído por três partes, a primeira refere-se à caraterização dos participantes (sexo, idade, residência), a segunda à obtenção de informação para considerar fatores que possam comprometer a perceção sensorial, a terceira é a perceção sensorial propriamente dita e envolve 3 compartimentos: o "Corredor", a "Separação" e a "Maturação". Na terceira parte, pretende-se que os participantes indiquem quais os odores que conseguem detetar, a intensidade e até a que ponto são desagradáveis. Por fim, foi acrescentada mais uma questão no inquérito distribuído durante a visita de 2019, que consistia em saber em "que compartimento o cheiro era mais desagradável e porquê". Os odores incluídos na terceira parte do inquérito, como opções de resposta, foram selecionados com base na pesquisa bibliográfica (Bembibre e Strlič, 2017; Williams e Ringsdorf, 2020; Leonardos et *al.*, 1969; Keller e Vosshall, 2004; Rincón *et al.*, 2019; Sympoura, *at al.*, 2009) e correspondem aos compostos químicos voláteis mais prováveis de existirem na unidade visitada. Todos os dados foram tratados estatisticamente com recurso ao SPSS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos participantes

Neste estudo, nas visitas à unidade de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB), responderam ao inquérito 62 participantes. Destes, 56% participaram em 2018 e 44% em 2019. A maioria dos participantes era do sexo feminino (73%), considerando o total de participantes nas visitas ao TMB, contrapondo com 23% do sexo masculino e 4% que não respondeu. Este resultado prende-se com a frequência dos estudantes em cursos, como é o caso da licenciatura em Educação Básica, em que a percentagem de estudantes do sexo feminino era superior à dos estudantes do sexo masculino (DGES, 2018), o que está em conformidade com as percentagens obtidas neste estudo.

A idade dos participantes variou entre os 18 anos e os 61 anos (Figura 1). No entanto, a idade que prevaleceu foi de 19 anos com 24%, seguida de 20 anos com 16%, de 22 anos com 11% e 18 anos com 8%. Estes resultados refletem o grau académico frequentado pelos participantes, em particular a frequência em licenciaturas e pós-graduações. Nos participantes, também foram incluídos os responsáveis e os acompanhantes dos estudantes nas visitas.

A maioria dos participantes era proveniente de Évora, com 25%, seguida de outras regiões do Alentejo, com 10%, de Lisboa (10%), da Extremadura/Ribatejo (4%) e de outras regiões de Portugal, em menor percentagem. Também estiveram presentes estudantes internacionais, com 8%, provenientes da Europa (Alemanha, Bélgica e Roménia) e do Brasil.

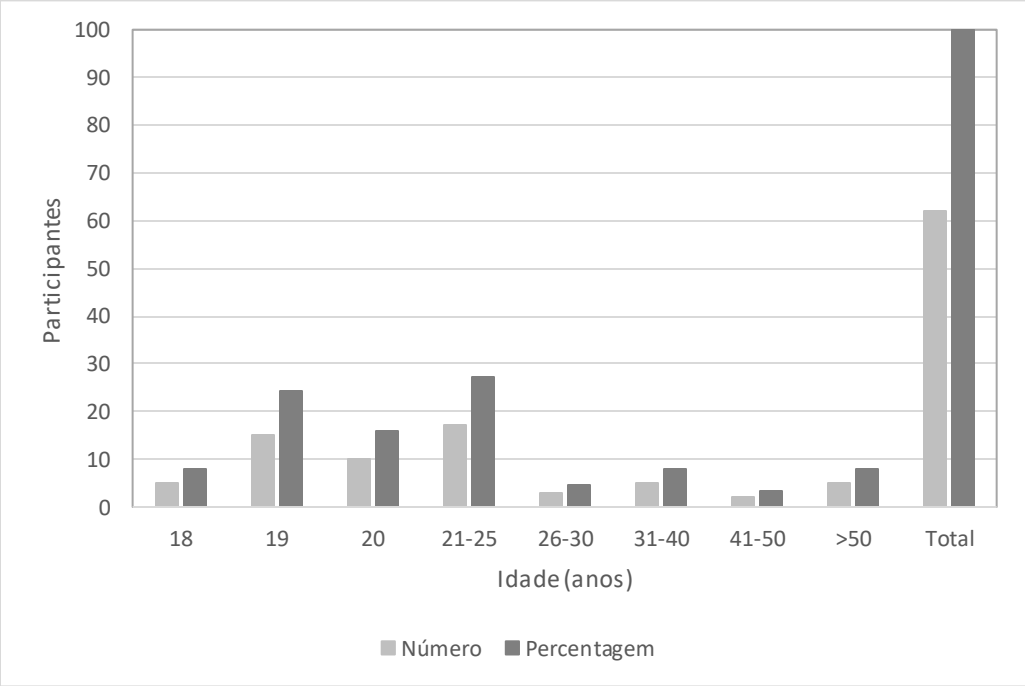


Figura 1 – Idade dos participantes que responderam ao inquérito, em número e em percentagem (%).

Requisitos essenciais para a análise sensorial

A verificação dos requisitos para a realização da análise sensorial é fundamental sobretudo na interpretação dos resultados. Com efeito, é preciso inferir sobre os fatores que podem afetar a perceção do cheiro como por exemplo se algum participante está doente. A maioria dos participantes é não fumador, com 76 %, contraponto com os restantes 24 % de fumadores. Destes, 60% não tinham fumado, há menos de meia-hora antes de iniciar a análise sensorial, contrapondo com 40% que o tinham feito. Também foi perguntado se os participantes se tinham perfumado, há menos de meia-hora antes de iniciar a análise sensorial. No total, 81% não se tinham perfumado, 16% tinham-se perfumado e os restantes 3% não responderam.

Como referido anteriormente, se o participante estiver doente ou ingerir medicação pode afetar a perceção do cheiro. Assim, 83,9% dos participantes responderam que não tinham qualquer problema de saúde, contrapondo com 14,5% que afirmaram ter um problema de saúde e os restantes 1,6% que não responderam. Quanto se pretendeu apurar qual o problema de saúde, obtiveram-se as seguintes respostas: "Hipertensão/Anemia", "Epilepsia Controlada", "Asma", "Rinite/Sinusite", "Grávida", "Eczema", "Incontinência". Apesar da percentagem ser baixa, alguns destes problemas de saúde afetam diretamente a perceção do cheiro. No que se refere à toma de medicamentos, apenas 12,9%, do total dos participantes, tomava medicamentos. Com efeito, a maioria dos participantes cumpre os requisitos para a análise sensorial, não tendo fumado nem se perfumado meia hora antes do início da visita, nem estando doente ou tomando medicamentos.

Odores detetados, intensidade e agradabilidade

Na laboração da unidade de Tratamento Mecânico e Biológico são emitidos compostos químicos com cheiro, sendo a maioria compostos orgânicos voláteis. No entanto, conforme referido anteriormente, o ser humano é muito sensível ao cheiro de sulfuretos. A lista de compostos químicos emitidos é extensa, aliás, no que se refere aos compostos orgânicos voláteis ultrapassa a centena (Mustafa *et al.*, 2017). Na tabela 1 apresentam-se os principais compostos químicos voláteis comumente emitidos numa unidade de Tratamento Mecânico e Biológico, a correspondência com o respetivo odor/cheiro e o limiar de odor com a respetiva referência bibliográfica. Esta lista foi elaborada com base no levantamento bibliográfico apresentado neste trabalho (Bembibre e Strlič, 2017; Williams e Ringsdorf, 2020; Leonardos et *al.*, 1969; Keller e Vosshall, 2004; Rincón *et al.*, 2019; Sympoura, *at al.*, 2009). Os tipos de odor/cheiro foram incluídos nos inquéritos como opção de escolha, na visita ao TMB, para o "Corredor", a "Separação" e a "Maturação".

Tabela 1 – Correspondência dos compostos químicos voláteis com o odor/cheiro emitido na laboração de uma unidade de TMB, incluindo o limiar de odor.

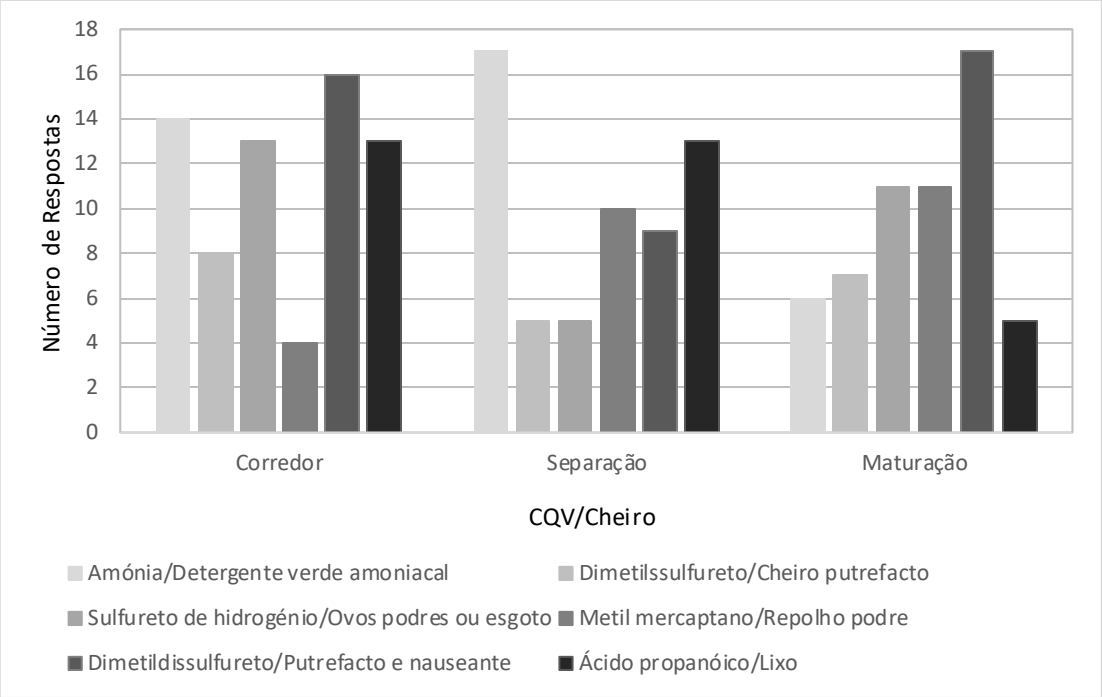
Compostos químicos	**Odor/Cheiro**	**Limiar de odor no ar*** **(ppm por volume)**	**Referência**
Acetona	Acetona	100,0	Leonardos *et al.*, 1969
Ácido acético	Vinagre	1,0	Leonardos *et al.*, 1969
Ácido propanoico	Lixo	-	-
Ácido valérico	Chulé		
Álcool etílico	Álcool	10,0	Leonardos *et al.*, 1969
Amónia	Detergente verde amoniacal	46,8	Leonardos *et al.*, 1969
Benzo-α-pyrene	Fumo de lareira rançosa	-	-
Butanona	Doce penetrante	-	-
p-Cimeno	Limão amadeirado	-	-
Dimetildissulfureto	Putrefacto e nauseante	-	-
Dimetilssulfureto	Cheiro putrefacto	0,001	Leonardos *et al.*, 1969
Etanotiol	Metano ou queijo	-	-
Etilbenzeno	Gasolina	-	-
Limoneno	Limão	-	-

Metil mercaptano	Repolho podre	0,0021	Leonardos *et al.*, 1969
Metanotiol	Gás ou queijo podre ou queijo	-	-
α- Pineno	Pinheiro ou Alecrim	-	-
Sulfureto de hidrogénio	Ovos podres ou esgoto	0,00047	Leonardos *et al.*, 1969
Tolueno	Doce torturante	4,68 (coque) 2,14 (petróleo)	Leonardos *et al.*, 1969
Trimetilamida	Peixe pouco fresco	-	-
o-Xileno	Doce	-	-

* O limiar de odor é a concentração mais baixa de um determinado composto odorífero que é percetível pelo olfato humano.

Na Figura 2 apresenta-se o resultado da perceção sensorial durante a visita à unidade de TMB, percorrendo os diferentes espaços. Observa-se, que na visita em 2018, se conseguiram detetar mais odores/cheiros do que em 2019. Nesta figura apenas se apresentam os cheiros detetados com maior número de respostas. Com efeito, a concentração dos compostos químicos voláteis no ar depende da temperatura ambiente e as temperaturas registadas nas duas visitas à unidade de TMB são muito diferentes, com uma temperatura máxima de 27,8ºC em 2018 e de 13ºC em 2019. Na Figura 2(a) destaca-se o cheiro a amónia que aumenta do "Corredor" para a "Separação" e depois diminuiu na "Maturação", e o cheiro a lixo que se mantém no "Corredor" e na "Separação" e diminui na "Maturação". Na Figura 2(b) registam-se apenas 3 cheiros, os dois primeiros diminuem quando se atravessam os três espaços, do "Corredor" para a "Maturação" e o terceiro cheiro, a lixo, aumenta do "Corredor" para a "Separação" e diminui na "Maturação". É preciso lembrar que o "Corredor" é o primeiro espaço visitado e com maior impacto para os participantes, em termos de perceção sensorial, porque a passagem da atmosfera exterior para este espaço é muito abrupta. Na "Separação", como ocorre a separação do resíduo indiferenciado ("lixo"), é possível que se obtenham alguns cheiros mais intensos. Na "Maturação" é suposto estes cheiros diminuírem. No entanto, os espaços não são estanques e pode existir mistura de cheiros.

(a)



(b)

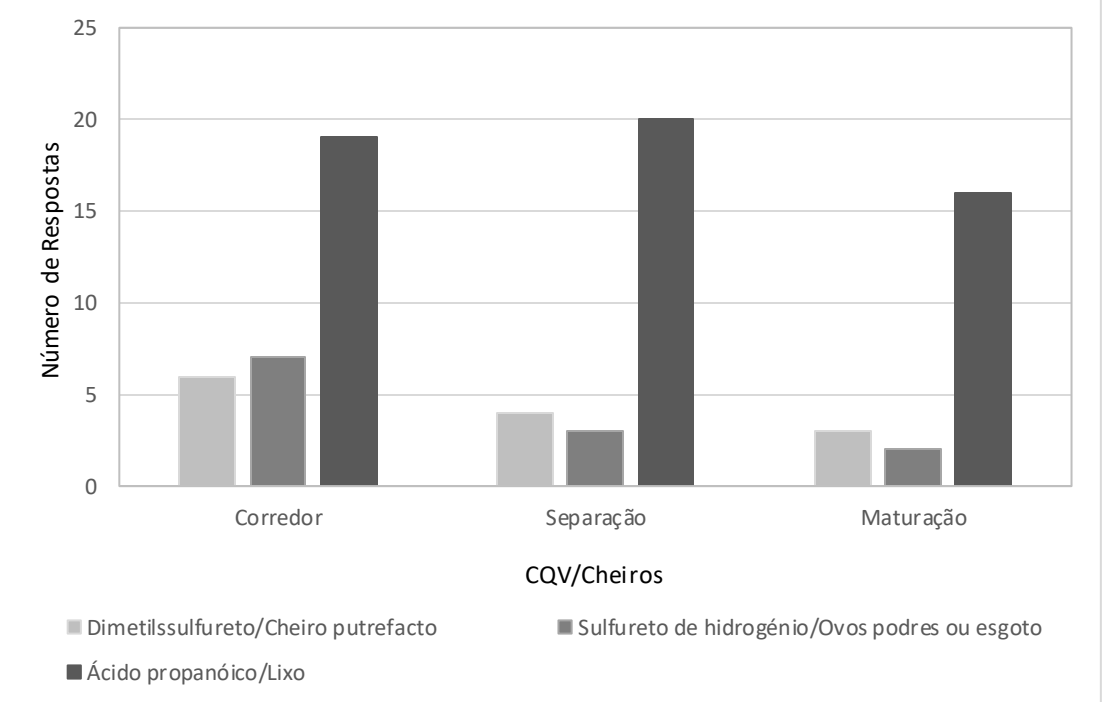
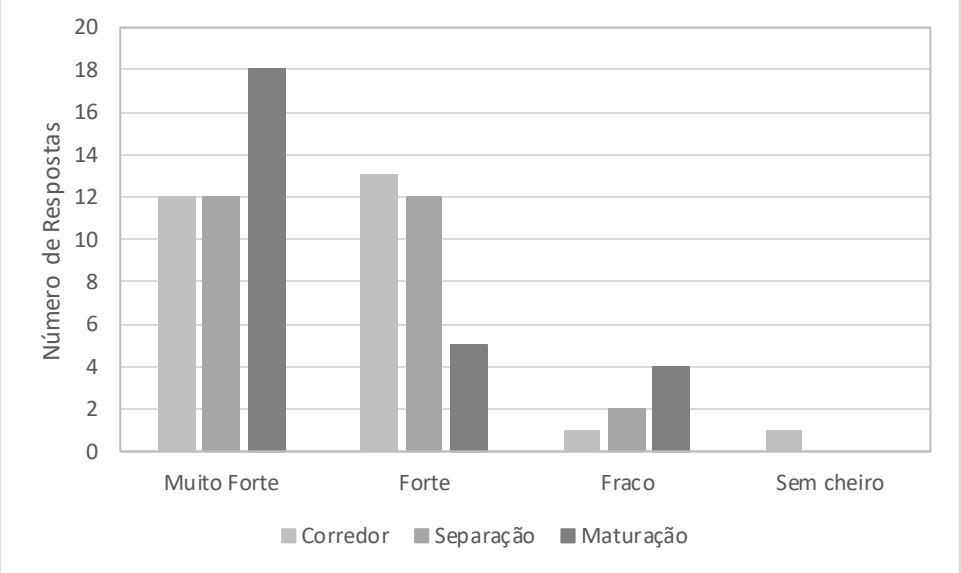


Figura 2 – Número de respostas para cada composto químico volátil (CQV)/cheiro presente no inquérito, na visita à unidade de TMB em 2018 (a) e em 2019 (b).

Na Figura 3, apresentam-se as respostas acerca da intensidade dos cheiros nos diferentes espaços visitados da unidade de TMB, em 2028 e em 2019. Os resultados obtidos estão

em concordância com os apresentados na Figura 2. A diferença de temperatura afeta significativamente estes resultados. Em 2018, com temperatura ambiente mais elevada, predominam as respostas de cheiro "Muito Forte" e "Forte" para todos os espaços visitados, em particular as de cheiro "Muito Forte" no espaço da "Maturação" é significativamente mais elevado do que nos outros espaços. Em 2019, com a temperatura ambiente mais baixa, as respostas de cheiro "Fraco" e "Forte" prevalecem, respetivamente. A sequência de intensidade de cheiro nos diferentes espaços visitados também é a expetável, com cheiro menos intenso do "Corredor" para a "Maturação". Por outro lado, não deixa de ser interessante as respostas "Sem cheiro" escolhidas por alguns participantes. Também não nos é possível saber o tempo de permanência dos resíduos indiferenciados ("lixo") na unidade de TMB para se proceder à triagem (separação).

(a)



(b)

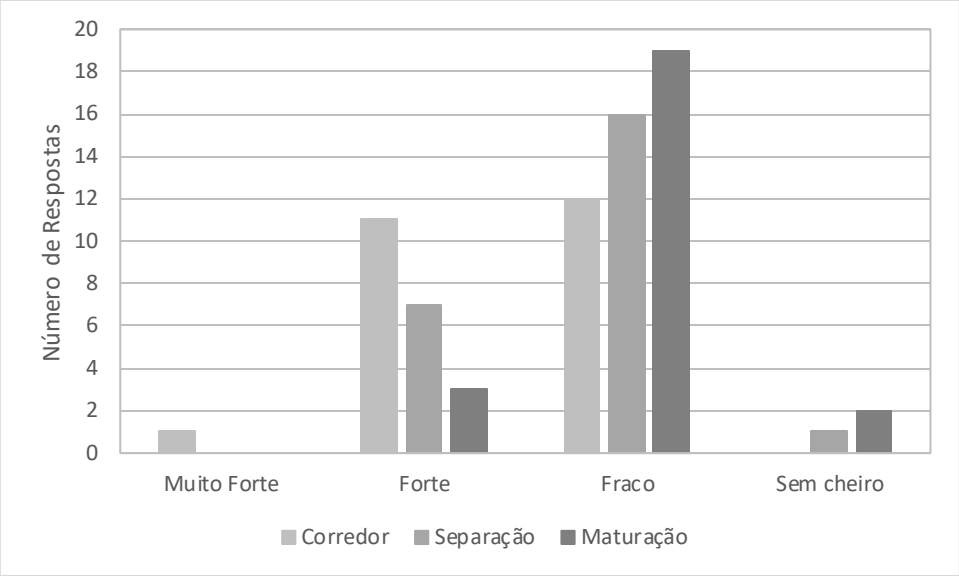
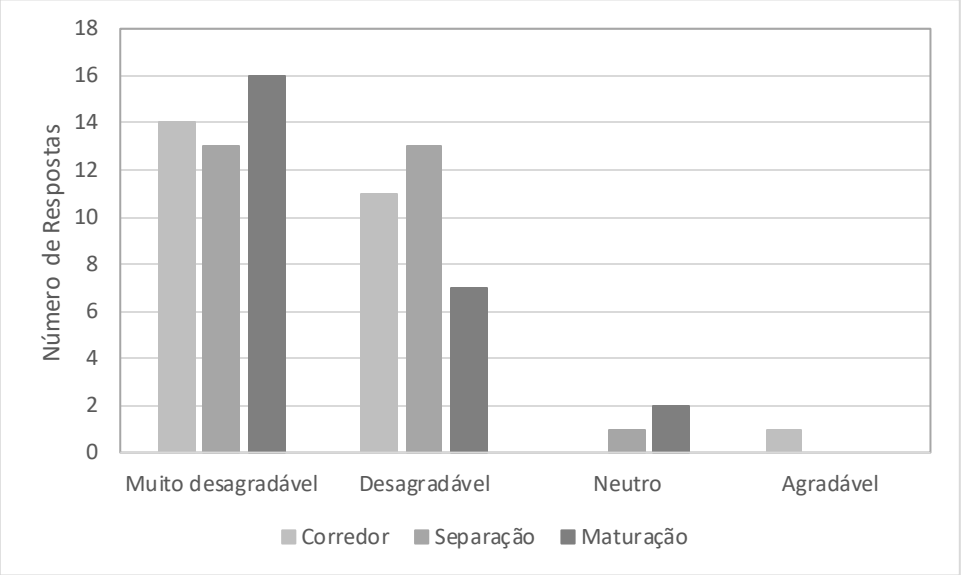


Figura 3 - Número de respostas para a intensidade do cheiro presente no inquérito na visita à unidade de TMB em 2018 (a) e em 2019 (b).

Mais uma vez, quando se pergunta se o cheiro é agradável ou não, com várias opções de resposta, os resultados estão de acordo com as figuras apresentadas anteriormente. Na Figura 4(a), o cheiro é sobretudo "Muito desagradável" e "Desagradável", mas na Figura 4(b) predomina o cheiro "Desagradável" e a sequência nos espaços visitados é a expetável, sendo cada vez menos desagradável do "Corredor" para a "Maturação". O mais interessante é existirem participantes que escolheram a opção "Neutro" ou "Agradável" para o cheiro nestes espaços.

(a)



(b)

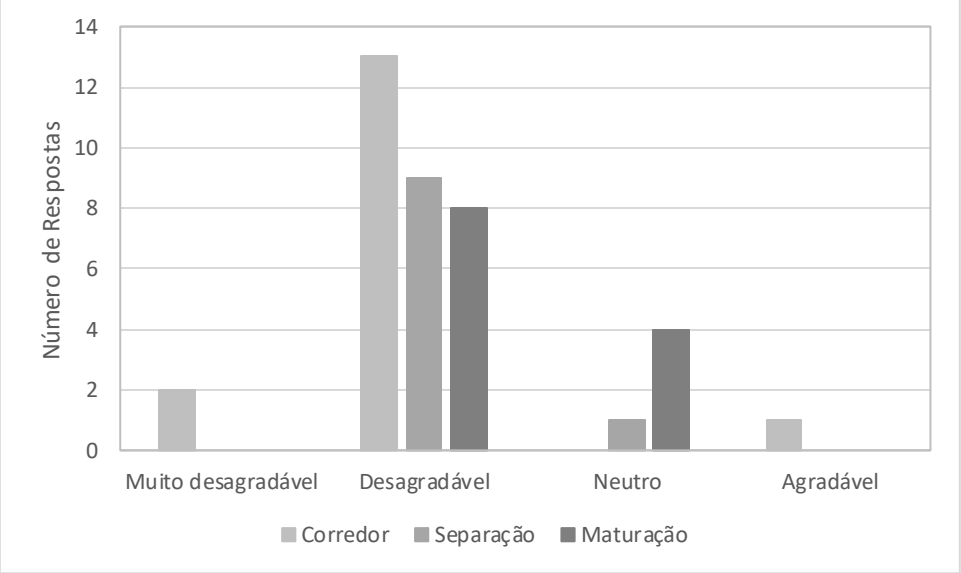


Figura 4 - Número de respostas obtidas para avaliar a agradabilidade do cheiro na visita à unidade de TMB em 2018 (a) e em 2019 (b).

Em que espaço achou que o cheiro era mais desagradável?

Esta pergunta foi apenas efetuada em 2019, na visita à unidade de TMB. A maioria de respostas, 62%, recaem na escolha do espaço do "Corredor", o que está em concordância com os resultados apresentados na Figura 4 (b). As restantes escolhas recaíram na "Separação" com 24% e "Maturação" com 7%, restando 7% de respostas não

respondidas. Quando se perguntou o porquê da escolha, a justificação foi por ser o espaço com cheiro mais marcante, a lixo e mais intenso.

Quais os fatores que contribuem para os resultados obtidos?

Conforme referido anteriormente, a sensibilidade na deteção de odores é maior em pessoas do sexo feminino e nos grupos etários mais jovens (Greenberg *et al.*, 2013), o que também se verifica neste estudo. No entanto, a temperatura parece ser um fator relevante atendendo que a estamos a analisar sensorialmente os compostos químicos que são voláteis. Com o aumento de temperatura são detetados mais compostos químicos voláteis pelos participantes e o cheiro é mais intenso e mais desagradável, em geral no espaço da "Maturação". Este resultado é contraditório com o expetável, conforme referido anteriormente. A "Maturação" é fase final do processo de compostagem (Tratamento Biológico) e, por isso, o cheiro detetado deve ser significativamente menos desagradável do que no início, ou seja, no espaço "Corredor". Com efeito, os resultados obtidos na visita à unidade de TMB em 2019 retratam o expetável.

CONCLUSÕES

Tendo em conta a diversidade de compostos químicos voláteis emitidos neste tipo de instalações (TMB) não é viável analisar a concentração de cada composto individualmente e é, por isso, que se faz a determinação da concentração total dos compostos orgânicos voláteis presentes. Neste caso, esta concentração está dentro dos valores estipulados pela legislação. No entanto, pela perceção sensorial é possível detetar diferentes odores, correspondentes a diferentes compostos químicos voláteis, que maioritariamente são fortes e desagradáveis, mesmo na zona de maturação do processo de compostagem. Por outro lado, a temperatura revelou-se um fator importante na emissão de compostos químicos voláteis com a deteção de mais odores, mais intensos e mais desagradáveis, pelos participantes. Os participantes neste estudo são sobretudo jovens do sexo feminino e, por isso, com maior sensibilidade para a deteção dos odores presentes numa unidade de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB).

Em resumo, embora a determinação dos compostos orgânicos voláteis totais estivesse dentro dos limites legais exigidos, a perceção sensorial permitiu discriminar os compostos de odor predominante e de cheiro mais desagradável. Como a maioria dos compostos detetados que predominam são compostos de enxofre voláteis, importa apostar num arejamento eficaz e no controle da composição da componente orgânica dos resíduos urbanos no processo de compostagem. Por outro lado, a instalação de biofiltros para reduzir a exaustão de gases emitidos para o exterior pelo processo de compostagem têm-se revelado eficaz e pode ser uma solução para minimizar o problema de maus cheiros no exterior da unidade de TMB (Mustafa, *et al.*, 2017). Com efeito, a análise sensorial permite considerar soluções tecnológicas para melhorar a qualidade do ar e o processo de tratamento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (APA). Disponível em: https://apambiente.pt/

BEMBIBRE, C.; STRLIČ, M. Smell of heritage: a framework for the identification, analysis and archival of historic odours. **Heritage Science**, 5(2), 1-11, 2017. DOI: 10.1186/s40494-016-0114-1

BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. A. A qualidade do ar de interiores e a química – Revisão. **Química Nova**, 22(1), 65-74, 1999. https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000100013

CAPELO, S.; BARÃO, M. J. A que sabe a água? Uma análise sensorial, In **Entre Florestas e Oceanos: diálogos naturais luso-brasileiros** (e-book). Organizado por Ernane Cortez Lima, José Falcão Sobrinho, Marízia Clara de Menezes Dias Pereira. Sobral CE: Sertão Cult, 2024, pp. 123-154. http://hdl.handle.net/10174/37588

CERDA, A.; ARTOLA, A.; FONT, X.; BARRENA, R.; GEA, T.; SÁNCHEZ, A. Composting of food wastes: Status and challenges (Review). **Bioresource Technology**, 248, 57-67, 2018. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133

CONCEIÇÃO, C.; GARRIDO, A. Análise Sensorial de Alimentos: Fundamentos e Aplicações, Manual de Formação, Curso I, MED, Universidade de Évora, 2020. http://hdl.handle.net/10174/34452

DGES. Direção Geral do Ensino Superior. Disponível em: https://www. dges.gov.pt/.

FOURNIER, K.; BAUMONT, E.; GLORENNEC, P.; BONVALLOT, N. Relative toxicity for indoor semi volatile organic compounds based on neuronal death. **Toxicology Letters**, 279, 33-42, 2017. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2017.07.875

GUO, H.; LING, Z. H.; CHENG, H. R.; SIMPSON, I. J.; LYU, X. P.; WANG, X. M.; SHAO, M.; LU, H. X.; AYOKO, G.; ZHANG, Y. I.; SAUNDERS, S. M.; LAM, S. H. M.; WANG, J. L.; BLAKE, D. R. Tropospheric volatile organic compounds in China. **Science of the Total Environment**, 574, 1021-1043, 2017. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.116

GREENBERG, M. I.; CURTIS, J. A.; Vearrier, D. The perception of odor is not a surrogate marker for chemical exposure: a review of factors influencing human odor perception. **Clin Toxicol (Phila)**, 51(2), 70-6, 2013. DOI: 10.3109/15563650.2013.767908

KELLER, A.; VOSSHALL, L. B. Human olfactory psychophysics. **Current Biology**, 14(20), R875-R878, 2004. DOI: 10.1016/j.cub.2004.09.066

KUTSANEDZIE, F. Y. H.; HAO, L.; YAN, S.; OUYANG, Q; CHEN, Q. Near infrared chemo-responsive dye intermediaries spectra-based in-situ quantification of volatile organic compounds. **Sensors and actuators B: Chemical**, 254, 597-602, 2018. https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.07.134

LEONARDOS, G.; KENDALL, D.; BARNARD, N. Odor Threshold Determinations of 53 odorant chemicals. **Journal of the Air Pollution Control Association**, 19(2), 91-95, 1969. https://doi.org/10.1080/00022470.1969.10466465

MUSTAFA, M. F.; LIU, Y.; DUAN, Z.; GUO, H.; XU, S.; WANG, H.; LU, W. Volatile compounds emission and health risk assessment during composting of organic fraction of municipal solid waste. **Journal of Harzardous Materials**, 327, 35-43, 2017. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.046

NIE, E.; WANG, W.; DUAN, H.; ZHANG, H.; HE, P.; LÜ, F. Emission of odor pollutants and variation in microbial community during the initial decomposition stage of municipal biowaste. **Science of The Total Environment**, 861, 160612-, 2023. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160612

SCHIAVON, M.; MARTINI, L.M.; CORRÀ, C.; SCAPINELLO, M.; COLLER, G.; TOSI, P.; RAGAZZI, M. Characterisation of volatile organic compounds (VOCs) released by the composting of different waste matrices. **Environmental Pollution**, 231, 845-853, 2017. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.096

SOOBHANY, N. Assessing the physicochemical properties and quality parameters during composting of different organic constituents of Municipal Solid Waste. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 6, 1979-1988, 2018. https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.049

RINCÓN, C.A.; DE GUARDIA, A.; COUVERT, A.; WOLBERT, D.; LE ROUX, S.; SOUTREL, I.; NUNES, G. Odor concentration (OC) prediction based on odor activity values (OAVs) during composting of solid wastes and digestates. **Atmospheric Environment**, 201, 1-12, 2019. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.030

SYMPOURA, F.; CORNU, A.; TOURNAYRE, P.; MASSOURAS, T.;BERDAGUÉ, J. L.; MARTIN, B. Odor compounds in cheese made from the milk of cows supplemented with extruded linseed and α-tocopherol. **Journal of Dairy Science**, 92(7), 3040-3048, 2009. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1802

TAN, H.; ZHAO, Y.; LING, Y.; WANG, Y.; WANG, X. Emission characteristics and variation of volatile odorous compounds in the initial decomposition stage of municipal solid waste. **Waste Management**, 68, 677-687, 2017. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.015

TANG, Z.; LIU, Y; DUAN, Y. Breath analysis: technical developments and challenges in the monitoring of human exposure to volatile organic compounds (Review). **Journal of Chromatography B**, 1002, 285-299, 2015. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2015.08.041

WEI, Y.; LI, J.; SHI, D.; LIU, G.; ZHAO, Y.; SHIMAOKA, T. Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal soild waste: A critical review. **Resources, Conservation and Recycling**, 122, 51-65, 2017. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.024

WILLIAMS, J.; RINGSDORF, A. Human odour thresholds are tuned to atmospheric chemical lifetimes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, 375, 1-8, 2020. https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0274

XU, Z.; ZHAO, B.; WANG, Y.; XIAO, J.; WANG, X. Composting process and odor emission varied in windrow and trough composting system under different air humidity conditions. **Bioresource Technology**, 297, 122482, 2020. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122482

YAO, X.-Z., MA, R.-C., LI, H.-J.; WANG, C.; ZHANG, C., YIN, S.-S.; WU, D.; HE, X.-Y., WANG, J.; ZHAN, L.-T.; HE, R. Assessment of the major odor contributors and health risks of volatile compounds in three disposal technologies for municipal solid waste. **Waste Management**, 91, 128-138, 2019. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.009

ZHANG, H.; SCHUCHARDT, F.; LI, G.; YANG, J.; YANG, Q. Emission of volatile sulphur compounds during composting of municipal solid waste (MSW). **Waste Management**, 33, 957-963, 2013. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.008