

# MELHORES PRÁTICAS EM GESTÃO DE ODOR PARA UMA USINA DE COMPOSTAGEM

BEST ODOUR MANAGEMENT PRACTICES AT A COMPOSTING  
FACILITY

**Andréa Caribé Fialho Cantarelli**

acfc1@discente.ifpe.edu.br

**Robson Silva Passos**

robsonpassos@recife.ifpe.edu.br

**Rogéria Mendes do Nascimento**

rogeriamendes@recife.ifpe.edu.br

---

## RESUMO

A poluição atmosférica é um desafio para a sociedade atual. Do mesmo modo, a gestão dos resíduos sólidos se apresenta também como outro desafio que precisa ser equalizado. Esses dois desafios se encontram quando plantas de compostagem se mostram como alternativa econômica, ambiental e socialmente viável para a gestão de resíduos orgânicos. Assim, a gestão da emissão de odor por esses empreendimentos é um tema que tem sido estudado e debatido há várias décadas. Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo fazer um levantamento dos métodos e tecnologias utilizados para mitigar e controlar a emissão de odor em usinas de compostagem, com a possibilidade de ser replicada num empreendimento localizado na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. Nesse sentido, foi elaborado um estudo empírico, exploratório, com abordagem qualitativa, baseado em um levantamento bibliográfico, documental e pesquisa de campo sobre as melhores práticas de gestão de odor na compostagem. Dentre as práticas avaliadas, pode-se indicar a implantação do método UFSC, nome em referência à Universidade Federal de Santa Catarina, onde foi estudado e adaptado às condições brasileiras, e utilização de mantas permeáveis para o processo de compostagem do estudo de caso.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Gases odoríferos. Resíduos orgânicos. Sustentabilidade urbana.

## ABSTRACT

Air pollution is a task for today's society. Likewise, the management of solid waste also presents itself as another challenge that needs to be equalized. These two challenges

meet each other when composting facilities emerge as an economically, environmentally, and socially viable alternative for the management of organic waste. As a result, the management of odour emissions by these facilities is an issue that has been studied and debated for several decades. Given this scenario, this study aimed to survey the methods and technologies used to mitigate and control odour emissions in composting plants, with the possibility of being replicated in an enterprise located in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco. In this sense, an empirical, exploratory study with a qualitative approach was required, based on a bibliographical, documental, and field research survey on the best practices of odor management in composting. Among the practices assessed, the UFSC method, name in reference to the Federal University of Santa Catarina, where it was studied and adapted to Brazilian conditions, and permeable cover system can be applied to the case study.

Keywords: Atmospheric pollution. Odorous gases. Organic waste. Urban sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica juntamente com as mudanças climáticas são um dos principais desafios enfrentados pela humanidade, sobretudo em relação a questões de saúde pública.

A comunidade internacional vem debatendo as questões ambientais há várias décadas (JAPIASSÚ; GUERRA, 2017), tendo convergido em alguns temas, os quais, hoje, podem ser traduzidos em 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que compõem a Agenda 2030, visando acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade (ONU, 2012).

Temas como Cidades e Comunidades Sustentáveis, Consumo e Produção Responsáveis e Ação contra a Mudança Global do Clima fazem com que temáticas ambientais urbanas ganhem cada vez mais espaço nos debates de políticas públicas. A sociedade civil também tem se mostrado mais sensível e proativa aos temas ambientais.

Esse aumento de interesse e ações atinentes à qualidade do meio ambiente

urbano pode estar relacionado com o fato de 54% da população mundial estar concentrada em área urbana (UN-Habitat, 2020). No Brasil, esse percentual é de 84% e muitas das maiores aglomerações estão em áreas de maior vulnerabilidade, como o litoral (IBGE, 2010).

Dentre vários temas ambientais urbanos, a gestão de resíduos, notadamente os resíduos orgânicos, oferece a possibilidade de várias abordagens, sendo um tema passível de ser estudado sob o prisma social, ambiental e econômico, refletindo um tema essencialmente sustentável.

Estima-se que 13,8% do volume total de alimentos produzidos no mundo são desperdiçados nas etapas de colheita, transporte, armazenamento e processamento (FAO, 2020). No Brasil, a fração orgânica é o principal componente de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), representando um percentual de 45,3% do volume total (ABRELPE, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, abre caminho para o fomento às atividades relacionadas à gestão de

resíduos e em especial, à gestão dos resíduos orgânicos.

Uma alternativa viável para o destino final da fração orgânica dos resíduos é a compostagem. O art. 2º da Resolução nº 481/2017 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define compostagem como sendo:

“processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem”. (CONAMA, 2017, art. 2º)

Dentre outras, esta Resolução estabelece em seu art. 10, I e III, que as unidades de compostagem devem adotar medidas de controle ambiental necessárias para minimizar emissão de odores (CONAMA, 2017).

Os odores são hoje, entre os poluentes atmosféricos, a maior causa das reclamações às autoridades locais (CAPELLI *et al.*, 2019).

A carga de doenças atribuíveis à poluição do ar é comparável em paridade com outros grandes riscos globais à saúde, como dieta pouco saudável e tabagismo. A poluição do ar é reconhecida como a maior ameaça ambiental para saúde humana (WHO, 2021).

Estudos epidemiológicos mais recentes levou a Organização Mundial de Saúde a publicar uma nova Diretriz em 2021 reduzindo limites de exposição para a população, em particular para material particulado

(PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>), ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono (WHO, 2021).

Embora a compostagem seja considerada ecologicamente correta, o processo gera certos impactos ambientais adversos que precisam ser avaliados (REYES *et al.*, 2020)

Durante o processo de compostagem ocorre uma série de emissões de gases para a atmosfera, sendo os principais o gás amônia (NH<sub>3</sub>), Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano (CH<sub>4</sub>). Os odores desagradáveis são originários do NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S e COVs, enquanto o N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> desempenham um papel significativo nas mudanças climáticas e aquecimento global. O potencial de aquecimento global do metano e do óxido nitroso é 20 e 310 vezes maior do que CO<sub>2</sub>, respectivamente (ANDRASKAR *et al.*, 2021).

As emissões de odores bem como a formação de espécies fotoquimicamente reativas são os mais importantes impactos associados aos COVs no meio ambiente (REYES *et al.*, 2020).

Compostos Orgânicos Voláteis, são precursores do ozônio troposférico. O ozônio troposférico é um poluente secundário formado pela reação das substâncias precursoras (COVs e óxidos de nitrogênio - NO<sub>x</sub>) quando estas absorvem a luz proveniente da radiação solar. Está associado a danos à saúde humana e animal e ao meio ambiente, sendo um gás de efeito estufa (NIE *et al.*, 2019; ZUSKA *et al.*, 2019; WHO, 2021).

Neste sentido, a minimização das emissões de gases de instalações de compostagem adquiriu a atenção dos

legisladores, pesquisadores e da comunidade científica (ANDRASKAR *et al.*, 2021).

Dependendo dos valores de concentração, os compostos odorantes não são necessariamente tóxicos ou perigosos para a saúde humana, entretanto, seus efeitos adversos nos cidadãos podem influenciar negativamente seu bem-estar psicofísico e comportamental. Mal-estar, desconforto, irritação, raiva, depressão, náusea, dores de cabeça podem ser gerados pela exposição prolongada ao odor (CAPELLI *et al.*, 2019).

Independentemente da agradabilidade do odor percebido, a exposição repetida ao odor pode levar a um alto nível de incômodo, com o receptor tornando-se sensível ao mesmo. Neste sentido, muitos países passaram a exigir seu controle e criaram regulamentação para este fim. (CAPELLI *et al.*, 2019).

A gestão do odor é complexa e envolve, entre outros, desenvolvimento científico e tecnológico, qualificação de recursos humanos e custos, muitas vezes elevados.

O presente estudo surgiu como complemento a outro trabalho (SILVA, 2020) e teve como objetivo investigar as melhores práticas de gestão de odor em compostagem em normativos técnicos de âmbito estadual, nacional e internacional e propor melhores práticas de gestão de odor que possam ser replicados no empreendimento, objeto de estudo.

## **2 ESTADO DA ARTE NA GESTÃO DE ODOR EM COMPOSTAGEM**

Em virtude dos preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a utilização da compostagem como alternativa de manejo de resíduos sólidos orgânicos é uma técnica a se

expandir à medida que os lixões estão em processo de extinção e os aterros sanitários precisam ser otimizados para o aumento da vida útil. Com isso, espera-se a instalação de mais usinas de compostagens para suprir as demandas dos municípios e gestores de resíduos, sejam eles privados ou públicos.

As usinas de compostagem têm um papel importante na descentralização do destino final de resíduos, porém é uma instalação que gera incômodos olfativos por causa do processo de decomposição da matéria orgânica.

A gestão do odor na compostagem é uma das atividades mais complexas. Há várias décadas o problema do odor na compostagem é estudado em vários países (SCHLEGELMILCH *et al.*, 2005; FISCHER *et al.*, 2008; ESTRADA *et al.*, 2013, GONZALEZ *et al.*, 2019).

Há três anos foi fundado, na União Europeia, o Projeto D-NOSES, da sigla em inglês para *Distributed Network for Odour Sensing, Empowerment and Sustainability*, formado por diversos órgãos da União Europeia com o objetivo de estudar, divulgar e empoderar a população a debater e auxiliar com soluções para a questão do odor e seus impactos.

O reconhecimento dos maus odores como poluentes atmosféricos, inferem condições de insalubridade do ar, indicando um impacto negativo para empreendimentos de compostagem (LACEY *et al.*, 2007; HAN *et al.*, 2020). Embora seja sabido a importância de se medir o problema para propor solução, a medição de odor não é uma tarefa fácil.

O odor está relacionado com a percepção olfativa, que começa na cava nasal e termina com a transmissão ao cérebro da sensação, que podem ser agradáveis ou não.

Dessa sensação pode ainda ocorrer reações físicas. (CAPELLI *et al.*, 2019)

A percepção do odor por cada indivíduo é subjetiva. Segundo Gostelow, Parsons e Stuetz (2001), cada pessoa tem uma resposta diferente para o que considera um odor ofensivo para concentrações diferentes.

O controle e gestão das emissões odoríficas tem se tornado uma decisão estratégica para o planejamento de empreendimentos que notoriamente são fontes de emissões de gases malcheirosos.

A ausência, no Brasil, de uma regulamentação para controle de odor proveniente de instalações de compostagem embaraça o trabalho de empresários, gestores e fiscalização ambiental que ficam órfãos de um direcionamento mais assertivo (SILVA, 2020).

Nesse sentido, é importante avaliar as práticas utilizadas no Brasil (GALVÃO, 2019) e em outros países, no que tange à gestão de odor proveniente da atividade de compostagem, visando atrair a confiança de empreendedores e da população, fomentando e valorizando essa técnica para solução do destino final de resíduos orgânicos no Brasil.

Dentre os vários métodos/sistemas de compostagem existentes (LIU *et al.*, 2020; XU *et al.*, 2020; MANYAPU *et al.*, 2017; RASAPOOR, *et al.*, 2016) podemos citar: a) o sistema de leiras revolvidas (*windrow*) que podem ocorrer com revolvimento mecânico ou manual; b) sistema de leiras estáticas aeradas, cuja aeração acontece de forma forçada (*static pile*) e pode ser coberta com manta permeável; c) sistemas fechados através de reatores biológicos (*in-vessel*); e, d) o método de compostagem termofílica em leiras

estáticas com aeração passiva, que no Brasil, recebe o nome de método UFSC, em alusão à sigla da Universidade Federal de Santa Catarina que estudou e adaptou essa técnica à realidade brasileira.

No processo de compostagem questões como chuva, neve, ventos fortes, pássaros e outros vetores precisam ser bem administrados para um bom funcionamento da planta operacional. Manter as fontes de odor enclausuradas é umas das opções de controle de odor (CAPELLI *et al.*, 2019), por não alterar a fluidez da rotina operacional desses empreendimentos e ainda trazer celeridade ao processo de compostagem.

Essa cobertura (manta) tem como função manter os gases odoríficos, umidade, percolado e poeira contidos, reduzindo emissão de odor e atração de vetores, que são os maiores desafios de unidades de compostagem.

Essa manta foi primeiramente desenvolvida pela empresa alemã W.L. Gore & Associates que patenteou o produto sob o nome comercial Gore® Cover. Hoje há outros produtos similares no mercado mundial como as produzidas pela empresa luxemburguesa *DuPont de Nemours Sarl* e a manta *CompoTex* da empresa canadense *Texel Technical Materials, Inc.* (GOLDSTEIN; SATKOFKY, 2001).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

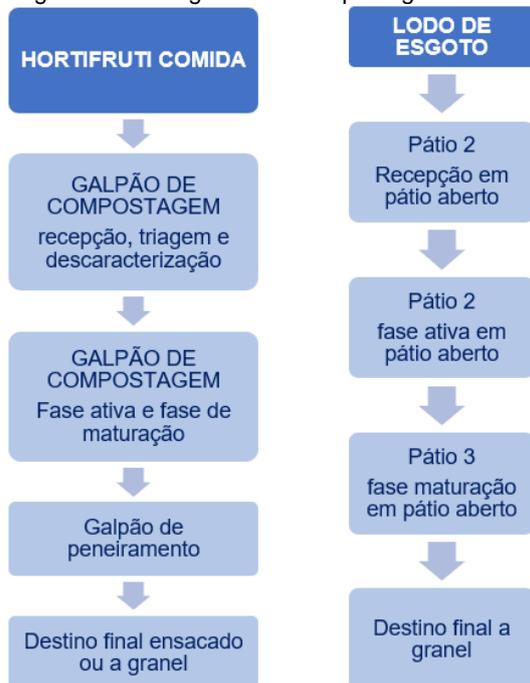
O empreendimento surgiu, em 2004, como solução para as empresas de limpa-fossa destinarem os efluentes da Região Metropolitana do Recife

(RMR)<sup>1</sup> de forma regular e legalizada, pois, até então, essas empresas não tinham um lugar adequado para descarte de efluente. Em conjunto com a atividade de tratamento de efluente, é desenvolvida a atividade de compostagem para beneficiamento de lodo de esgoto e resíduos alimentares.

O resíduo orgânico é proveniente de indústrias (alimentícia e bebida majoritariamente), refeitórios, podas urbanas e hortifruti do Centro de Abastecimento e Logística do Estado de Pernambuco (CEASA – PE).

O processo segue conforme fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da compostagem.



Fonte: Elaboração própria (2021)

Atualmente, o empreendimento conta com um quadro funcional de 36

funcionários diretos, 03 estagiários, 11 funcionários indiretos (manutenção, limpeza, consultoria) e mais de 200 clientes atendidos mensalmente. O empreendimento tem um impacto social, ambiental e econômico relevante para a região (SILVA; MELO, 2013; FIEPE, 2015).

A melhoria contínua do processo e o controle de odor eficaz desse empreendimento passa a ser um elemento importante para a perpetuidade das atividades da empresa em área urbana, sendo o presente estudo uma ferramenta para auxiliar na implantação de soluções para gestão operacional do odor na compostagem.

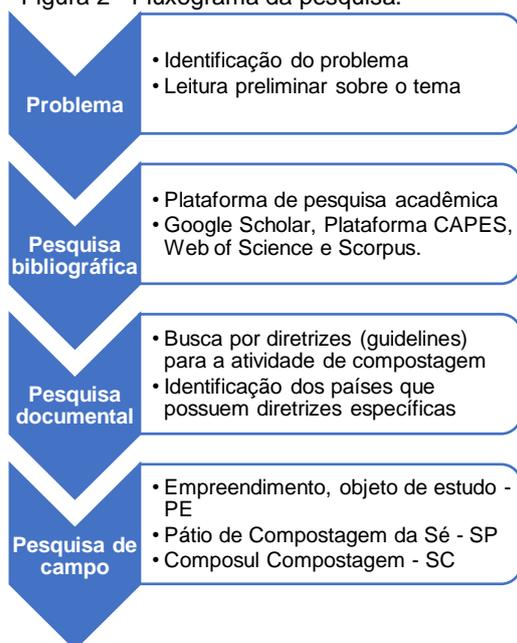
### 3.2 Pesquisa bibliográfica

O caráter exploratório dessa pesquisa visa identificar quais soluções técnicas/operacionais para a gestão de odor na compostagem, adotando as seguintes etapas (Figura 2):

<sup>1</sup> Art. 1º: A Região Metropolitana do Recife - RMR constitui uma unidade organizacional, geoeconômica, social e cultural constituída pelo agrupamento dos Municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes,

Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum (PERNAMBUCO, 2018).

Figura 2 - Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria (2021)

Para a pesquisa bibliográfica foram consultados Bases de Dados, *Google Scholar*, *Scopus* e *Web of Science*, priorizando trabalhos publicados nos últimos 5 anos, nas línguas inglesa e portuguesa. Utilizou-se as palavras-chaves: compostagem, odor, gestão de odor, poluição atmosférica.

### 3.3 Pesquisa documental

A segunda etapa do estudo iniciou com pesquisa documental através da busca *on-line* por diretrizes publicadas por órgãos reguladores ambientais para empreendimentos específicos de compostagem e que abordassem a gestão do odor. A pesquisa desses documentos ocorreu através dos sites oficiais de cada governo.

Para este estudo foram analisadas as diretrizes para compostagem (quadro 1) e gestão de odor das províncias de Ontário e Columbia Britânica no Canadá, do estado da Califórnia no Estados Unidos da América (EUA), Reino Unido, Nova Zelândia, Austrália, União Europeia e estado de Santa Catarina no Brasil, ponderando quais técnicas ou

procedimentos poderiam ser replicados na empresa, objeto de estudo.

Quadro 1 - Relação de documentos sobre odor

DOCUMENTO	ANO	PAÍS
Composting and related organics processing facilities	2004	Austrália
Guideline for the production of compost in Ontario	2004	Ontario, Canadá
Comprehensive Compost Odor Response Project	2007	Califórnia, EUA
Good Practice and Regulatory Guidance on Composting and Odour Control for Local Authorities	2009	Reino Unido
Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour	2016	Nova Zelândia
Best odour management practices at composting facilities	2017	Vancouver Metro, Columbia Britânica, Canadá
Critérios técnicos para elaboração de projeto, operação e monitoramento de Pátios de compostagem de pequeno porte	2017	Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina - FAPESC
Review on odour pollution, odour measurement, abatement techniques	2019	União Europeia (D-NOSES)

Fonte: Elaboração própria (2021)

### 3.4 Pesquisa de campo

Foram realizadas visitas ao empreendimento para verificação do processo de compostagem adotado e compreensão das medidas de controle já implantadas e estudos prévios realizados, através de conversas informais com gestores e registro fotográfico.

A pesquisa de campo em empreendimentos análogos aconteceu no mês de julho/2021 e teve como

objetivo visualizar método, tecnologia e procedimento operacional para controle de odor adotado por duas usinas de compostagem no Brasil.

A escolha dessas empresas decorreu da leitura de outros trabalhos e da disponibilidade dos gestores de realizar a troca de conhecimento (SOUZA; VAZQUEZ, 2020; GALVÃO, 2019; AL-ALAWI *et al.*, 2020; ROBLEDO-MAHÓN *et al.*, 2018).

## **4 RESULTADOS E ANÁLISE**

### **4.1 Da pesquisa bibliográfica**

Há uma unanimidade, nos artigos e documentos analisados, dos benefícios ambientais da prática da compostagem. Também é unânime o desafio do controle de odor e a importância de minimizar o impacto negativo do odor que esse tipo de empreendimento possa gerar, visando uma boa convivência com a comunidade do entorno.

A grande maioria dos artigos analisados, aborda a questão técnica do odor como identificação e quantificação de gases odoríferos, a qualidade do adubo produzido, análise de parâmetros de monitoramento, a compostagem como forma de tratamento de resíduo, viabilidade ambiental e técnica da compostagem (NETO, 2017; VELHO *et al.*, 2021; DHAMODHARAN, 2021).

Foi possível, ainda, analisar publicações de artigos (HIRATA *et al.*, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2020) com foco em inovação e tecnologia na área de compostagem que demonstra uma tendência de ver essa atividade mais como uma atividade industrial do que apenas destino final de resíduos.

Os impactos da presença de odor para a população também são largamente estudados, tanto do aspecto físico como psicológico (DARÇIN, 2017; TRUSHNA *et al.*,

2020; LU, 2020), revestindo o tratamento desse impacto como relevante para os empreendedores e população de forma geral.

A utilização da manta permeável para cobrir e monitorar as leiras de compostagens tem respaldo bibliográfico com muitos resultados positivos no controle de odor, além de facilitar a rotina operacional (SUN *et al.*, 2018; ROBLEDO-MAHÓN *et al.*, 2018; MA, *et al.*, 2018; FANG *et al.*, 2021).

### **4.2 Da pesquisa documental**

#### **4.2.1 Austrália - *Composting and related organics processing facilities***

O documento do Departamento de Meio Ambiente e Conservação da Austrália (2004) tem como preocupação minimizar impactos que afetem a qualidade do ar, em virtude de odor e material particulado, como também contaminação do solo e da água, prevenção de incêndios, questões de comodidade na vizinhança e segregação do resíduo orgânico na origem.

Esse normativo reconhece que as condições meteorológicas implicam no alcance e dispersão do odor, tendo os períodos do amanhecer e à noite como as condições mais favoráveis à percepção do odor, devendo essas condições serem consideradas quando da análise de reclamações da vizinhança.

O processo de mistura e revolvimento dos resíduos é apontado como sendo a etapa de maior emissão de odor. Intervenções, baseadas em literatura, são sugeridas para procedimento operacional, como recepcionar e realizar a fase ativa da compostagem em local fechado, minimizando a emissão de odor

#### **4.2.2 Ontário, Canadá - *Guideline for the production of compost in Ontario***

Ontario, uma das províncias do Canadá, possui legislação que define odor como contaminante e estabelece limites de concentração para gases específicos. Por isso, a gestão do odor passa a ser determinante para o licenciamento nessa província. ONTARIO (2021) descreve a importância da segregação na origem na matéria-prima (resíduo orgânico) para uma boa qualidade operacional e do produto final (adubo).

O controle de odor deve ser objetivo principal da unidade de compostagem. Também traz à baila o impacto de veículos no entorno do empreendimento.

A etapa de recebimento, mistura e revolvimento é apresentado como fase de maior volatilização de gases odoríferos e por isso recomenda a realização em ambiente fechado ou semifechado, com implantação de biofiltros.

Uma peculiaridade desse documento é a afirmação que o controle de odor se deve mais ao incômodo olfativo na população impactada do que por gerar riscos físicos à saúde das pessoas expostas, considerando as concentrações de gases normalmente encontradas nesse tipo de empreendimento.

#### **4.2.3 Columbia Britânica, Canadá - *Best odour management practices at composting facilities***

METRO VANCOUVER (2017) prioriza as práticas que evitem a geração de odor (prevenção). São listadas as fontes mais comuns de geração de odor numa unidade de compostagem relacionando com a atividade e sugere ações de controle para cada fonte específica.

Este normativo descreve como gerenciamento apropriado o controle dos seguintes parâmetros: relação C/N,

umidade, pH, porosidade, temperatura e manutenção das condições aeróbicas. Estabelece que para a prevenção e gerenciamento efetivo do odor aspectos como capacidade instalada e flexibilidade operacional, capacitação da mão de obra, bom processamento da matéria-prima e lixiviado, monitoramento do odor e das reclamações assim como emprego de tecnologia de tratamento devem ser assegurados.

Tabula as melhores práticas de controle de odor para cada etapa: transporte e recepção, mistura e homogeneização, fase ativa e final da compostagem.

Para monitoramento, define a adoção da unidade de medida “unidade de odor” como sendo a mais efetiva para mensuração e análise do odor no ambiente por ser mais preciso e refletir a magnitude e amplitude que envolve a percepção de odor pelos receptores. Recomenda enfaticamente a utilização de sistemas fechados de compostagem como a melhor opção para controle eficaz de odor.

Este documento traz ainda um resumo com entrevistas realizadas com gestores de usina de compostagem, trazendo uma visão mais realista da operação de unidades ativas.

#### **4.2.4 California, EUA - *Comprehensive Compost Odor Response Project***

Para ter acesso à CALIFORNIA (2007) faz-se necessário enviar e-mail solicitando o arquivo da norma à agência CalRecycle (*California Department of Resources Recycling and Recovery*).

Este documento destaca o odor como o desafio número 1 de uma usina de compostagem seguido da qualidade do ar (particulados), incêndio e

qualidade da matéria-prima (livre de rejeitos e agrotóxicos).

As informações sobre como realizar o controle e mitigação de odor são superficiais. Entretanto, elenca as tecnologias aplicáveis, inclusive listando possíveis fornecedores. Ressalta cuidado com a adoção de biofiltros que podem vir a ser mais uma fonte de odor nas instalações quando mal operados.

A preocupação não está com a emissão de odor dentro das instalações, mas com a presença de odor fora das instalações e percebido por pessoas sensíveis a esses odores. A velocidade com que o odor se dissipa na atmosfera depende das condições meteorológicas. A escolha do local é essencial para a redução de problemas com odor na vizinhança.

Descreve o período do amanhecer e tarde da noite, como condições climáticas que induzem a percepção maior do odor.

#### **4.2.5 Reino Unido - *Good Practice and Regulatory Guidance on Composting and Odour Control for Local Authorities***

O Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais (*Department for Environment, Food & Rural Affairs – DEFRA*) do Reino Unido (2009) abre o documento destacando a importância de pensar e tratar a questão do odor já a partir do planejamento e projeto da compostagem. Apresenta de forma minuciosa e organizadas vários aspectos técnicos e operacionais que envolvem unidades de compostagem.

Tabula os aspectos a serem observados para fatores chaves do controle de processo (relação C/N, aeração, umidade, porosidade, temperatura e pH), estrutura mínima para recebimento, descarrego e

processamento da matéria-prima, indicando que apenas material carbonáceo seja recebido em local aberto. Destaca que resíduos de lodo de esgoto, resto de comida e resíduo de matadouro devem ser recepcionados e processados em ambiente fechado tão logo cheguem na unidade.

O documento também elenca, para cada tipo de resíduos, o método de compostagem a ser adotado, estabelecendo requisitos mínimos de controle de odor (oxigênio, umidade, pH). Relaciona ações de controle de odor para cada etapa do processamento, além de informar quais gases são emitidos em cada fase. Apresenta dados das unidades de compostagem existente no Reino Unido, além de dados de emissão de odor durante as etapas de compostagem realizado em estudos.

Destaca que não há instrumentos simples para mensuração objetiva de odor em campo, sendo necessário que os órgãos reguladores atuem de forma imparcial e objetiva e para isso estabelece alguns métodos.

#### **4.2.6 Nova Zelândia - *Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour***

O documento do Ministério do Meio Ambiente da Nova Zelândia (2016) versa sobre a gestão do odor de forma ampla. Não trata das questões de odor que envolvem o processo de compostagem. Apresenta ferramentas para gerenciar as reclamações através de modelos de planilhas e mensuração do odor (modelo de dispersão e nariz eletrônico) e incômodo olfativo.

#### **4.2.7 Santa Catarina, Brasil - *Critérios técnicos para elaboração de projeto, operação e monitoramento de Pátios de compostagem de pequeno porte***

O boletim técnico estadual de Santa Catarina cita métodos de compostagem como revolvimento de leiras, leiras estáticas com aeração forçada, sistema fechado de compostagem (*in-vessel*), leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC) apresentando a melhor opção para cada tipo de resíduo a ser processado.

O foco desse documento é a compostagem urbana, descentralizada e apresenta um compilado da experiência adquirida em Florianópolis – SC e pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Esse método tem como destaque a arquitetura da leira que utiliza materiais estruturante, resíduos crus e camada de adubo pronto. Este modelo é de baixo custo de implantação, porém implica uma mão-de-obra efetiva, por ser um processo artesanal, para manter a manutenção do pátio de compostagem.

Ainda pontua a importância da qualidade da matéria-prima, livre de resíduos inorgânicos e rejeitos. Por ser um documento de âmbito estadual, apresenta aspectos do licenciamento dos pátios de compostagem junto à Agência Estadual de Meio Ambiente.

O normativo catarinense apresenta aspectos técnicos objetivos para questões de engenharia como modelos de impermeabilização do pátio de compostagem, como fazer o cálculo para dimensionamento do lixiviado das leiras. Estabelece os aspectos visual, odores e ruídos do pátio de compostagem como forma de atrair a confiança e respeito da comunidade do entorno e sugere um percentual mínimo de 20% de barreira verde para o conforto. Sugere ainda distâncias mínimas de construções e estabelecimentos de acordo com o volume de resíduos a ser processado na unidade.

O método UFSC requer uma quantidade de material estruturante relevante como condição para manutenção do caráter aeróbio (proporção em volume de 2:1, duas partes de estruturante para uma parte de resíduo cru).

Desta forma, é muito importante, para o sucesso desse método que a unidade tenha um bom estoque de material estruturante para a parte externa da leira, como também para a parte interna que é mexida com garfo de jardim quando da abertura da leira.

A rotina de monitoramento do pátio de compostagem visa não apenas o sucesso operacional, mas também auxiliar na transparência e credibilidade desse tipo de tratamento de resíduos.

Sugere para monitoramento de odor a adoção de uma Rede de Percepção de Odor que funciona como um júri permanente, formando por voluntários e pessoas da comunidade de entorno. Esse júri tem como função registrar observações e ocorrências de odor através de cartões-resposta.

Para auxiliar na gestão, apresenta modelos de planilhas a serem utilizadas no monitoramento do processo de compostagem como também um termo de referência para elaboração de estudos prévios.

A gestão do odor é complexa por envolver variantes como condições climáticas, densidade demográfica no entorno da planta de compostagem, qualidade do capital humano envolvido no processo, tipo de resíduos a ser compostado, além dos métodos e tecnologia adotados.

A adoção do método UFSC possui um investimento inicial baixo, porém não é viável para uma planta de compostagem de larga escala. Recomenda-se esse método para até, no máximo, 30 toneladas/dia de

resíduos de hortifruti e resto de alimentos, requer mão-de-obra treinada e contínua para manutenção e operação do processo.

Esse método tem uma relevância para disseminação da compostagem descentralizada e comunitária. Não foi visualizado a utilização desse método para compostagem de lodo de esgoto.

#### **4.2.8 União Europeia - Review on odour pollution, odour measurement, abatement techniques**

Dentre os normativos analisados, o mais recente é o produzido pelo D-NOSES para a União Europeia, apresentando métodos para redução de emissão de odor e seus impactos na comunidade.

Esse documento descreve os sistemas de redução de odor dividido nas categorias de físico, químico e biológico, listando tecnologias já consolidadas como também inovadoras. Ainda faz a distinção entre o odor emitido por fonte fixa e por fonte difusa, como é o caso da compostagem, afirmando que outras estratégias devem ser utilizadas.

Três ações são descritas para redução do odor em unidade de compostagem: a) confinamento; b) otimizar a capacidade de dispersão das emissões; e, c) aplicação de produtos neutralizadores de odores.

Dentre os documentos analisados, esse foi o único que apresentou a dispersão de emissão como técnica de minimização do impacto de odor pela compostagem.

Dois modelos de dispersão são listados: dispersão horizontal e dispersão vertical. Essa técnica tem por objetivo dispersar o odor na atmosfera antes de alcançar os receptores (pessoas).

Para tanto apresenta plumas de dispersão de odor para evidenciar a redução do impacto quando da aplicação da dispersão horizontal e vertical, evidenciando a eficiência de cada uma. Indica, ainda, a liberação das emissões numa altura acima de 50 metros para uma maior eficiência.

Outra técnica sugerida, é a aplicação de neutralizadores de odor por vaporização do produto sobre as fontes de emissão. Reconhece, entretanto, que mensurar a eficiência dessa técnica é difícil, principalmente em fontes difusas como a compostagem. Mas, que pode ser utilizada como coadjuvante.

O quadro 2 pontua as práticas operacionais relevantes citadas nos documentos técnicos para a gestão de odor.

Quadro 2 - Relação de documentos sobre odor e as práticas/ técnicas

Documento	País	Práticas
Composting and related organics processing facilities	Austrália	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recepcionar os resíduos em área fechada</li> <li>✓ Processar o material cru no mesmo dia de recebimento</li> <li>✓ Cobrir os resíduos com camada de 15 cm de adubo.</li> </ul>
Guideline for the production of compost in Ontario	Ontario, Canadá	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Processar o material cru em 24 horas do recebimento</li> <li>✓ Recepcionar os resíduos em área fechada ou semifechada</li> </ul>
Comprehensive Compost Odor Response Project	Califórnia EUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema de cobertura de leira</li> <li>✓ Aeração forçada / leira estática</li> <li>✓ Conversão da matéria orgânica em energia</li> </ul>

Documento	País	Práticas
Good Practice and Regulatory Guidance on Composting and Odour Control for Local Authorities	Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelagem de dispersão da pluma de odor</li> <li>✓ Evitar condições anaeróbias</li> <li>✓ Processar o material cru o mais rápido possível</li> <li>✓ Qualidade do material cru</li> <li>✓ Processamento em estruturas fechadas</li> </ul>
Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour	Nova Zelândia	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Não apresenta soluções técnicas para controle de odor na compostagem</li> </ul>
Best odour management practices at composting facilities	Vancouver Metro, Columbia Britânica, Canadá	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Prioriza o processamento em local fechado com biofiltros</li> <li>✓ Cobrir os resíduos, na fase de maturação, com camada de 15 cm de adubo.</li> </ul>
Critérios técnicos para elaboração de projeto, operação e monitoramento de Pátios de compostagem de pequeno porte	Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina – FAPESC	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adoção do método UFSC – leira estática</li> </ul>
Review on odour pollution, odour measurement, abatement techniques	União Europeia (D-NOSES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema de cobertura de leira</li> <li>✓ Sistema de dispersão de odor</li> <li>✓ Aplicação de odorizador</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria (2021)

### 4.3 Da pesquisa de campo

Durante a visita de campo ao empreendimento objeto de estudo, pode-se observar todo o funcionamento

e fluxograma de tratamento e compostagem da empresa.

Os resíduos processados na compostagem são os provenientes da remoção de sólidos do sistema de tratamento, da produção interna de lodo de esgoto e de terceiros, resíduos orgânicos do processo de fabricação de alimentos e bebidas e resíduos de hortifruti (CEASA) e resto de comida de refeitórios.

O empreendimento utiliza uma prensa desaguadora de lodo (figura 3) para prensar o lodo retirado da lagoa facultativa e do tanque que recebe as descargas de fundo dos elementos de tratamento.

Figura 3 – Produção interna de lodo de esgoto.



Fonte: Autores (2020)

Os resíduos de hortifruti e resto de alimentos são processados em um galpão coberto (Figura 4), com piso de concreto e canaletas de drenagem. As etapas de recepção, fase ativa e de maturação (Figura 5) acontecem nesse espaço, onde ocorre a formação de pilhas que são revolvidas em dias úteis alternados com a ajuda de uma retroescavadeira.

Figura 4 – recepção dos resíduos e formação das pilhas no pátio de compostagem.



Fonte: Autores (2020)

Figura 5 – Formação das pilhas na fase de maturação no galpão de compostagem.



Fonte: Autores (2020)

Durante recepção dos resíduos e a cada revolvimento é feita uma catação manual para retirada de rejeitos.

Após cada revolvimento das pilhas é aplicado um neutralizador de odores com o auxílio de um pulverizador após o revolvimento das pilhas. O parâmetro temperatura é monitorado diariamente, conforme determina a Resolução CONAMA 481/2017.

O lodo de esgoto, sólidos do sistema de tratamento e os resíduos orgânicos de processo industrial são processados em pátio de compostagem aberto, utilizando o sistema de revolvimento mecânicos de

leiras. As fases de recepção, ativa e maturação acontecem nesse pátio e são movimentados através de uma escavadeira hidráulica (Figura 6).

Figura 6 – Formação das leiras no pátio de compostagem.



Fonte: Autores (2020)

Após a fase de maturação, o adubo é levado, via caçamba basculante, para o pátio de peneiramento onde fica um período de 2 semanas ao ar livre para ser peneirado. Esta etapa visa trazer valor agregado ao produto ao padronizar a granulometria, remover eventuais rejeitos e melhorar a umidade do produto final (Figura 7).

Figura 7 – Pilha de adubo orgânico pronto.



Fonte: Autores (2020)

A primeira visita foi ao Pátio de Compostagem da Sé, na Avenida do

Estado em São Paulo, SP, em frente ao Mercado Público e foi conduzida pela analista ambiental da Sustentare Saneamento, empresa que opera o Pátio da Sé, pelo Coordenador de Resíduos Orgânicos da Autarquia de Limpeza Urbana (AMLURB) da cidade de São Paulo e pelo engenheiro agrônomo que participou da inauguração desse pátio em 2016, e utiliza uma técnica adaptada do método UFSC.

As Figuras 8 e 9 mostram a formação da leira e o gabarito de largura e altura máxima que as leiras podem atingir, além da informação de data de criação e matéria-prima incorporada.

Figura 8 – Leiras formadas no método UFSC.



Fonte: Autores (2021)

Figura 9 – Placas informativas de cada leira.



Fonte: Autores (2021)

Para alimentação da leira, há a remoção das palhas que revestem a leira e uma aeração superficial com o garfo de jardim é realizada para ajudar a afogar o material auxiliando no diagnóstico da presença de algum odor.

Na sequência ocorre a adição de resíduos de hortifruti na leira. Essa etapa é mecanizada, utilizando uma minicarregadeira, devido à altura da leira e volume significativo de resíduos orgânicos incorporados nessa etapa. (Figura 10).

Figura 10 – Alimentação mecânica da leira com resíduos in natura.



Fonte: Autores (2021)

Após a colocação do material, os funcionários espalham o resíduo cru ao longo da leira (Figura 11).

Figura 11 – Espalhamento manual dos resíduos ao longo da leira.



Fonte: Autores (2021)

Durante esse processo, há a retirada de rejeito remanescente no resíduo como plásticos e papeis. Após essa etapa é adicionado adubo orgânico como inoculante e depois a leira é coberta com a palha novamente (Figuras 12 e 13).

Figura 12 – Adição e espalhamento manual de inoculante (adubo) sobre os resíduos in natura.



Fonte: Autores (2021)

Figura 13 – Colaboradores trabalhando em cima das leiras.



Fonte: Autores (2021)

Durante a visitação, não foi percebido a presença de odor nem de vetores (ratos e moscas). O local está localizado ao lado de uma passarela de pedestres e entre duas avenidas movimentadas na cidade de São Paulo. Essa unidade está licenciada para o recebimento de 20 toneladas/dia.

A segunda visita ocorreu na empresa Composul Compostagem, no município de Içara, em Santa Catarina, que atua na atividade de coleta mecanizada e tratamento de resíduos orgânicos através da compostagem desde 2012 e utiliza uma manta com a tecnologia Gore®. Esta unidade está licenciada para receber 30 toneladas/dia. A visita foi guiada pelo engenheiro agrônomo e sócio-diretor do empreendimento.

Os resíduos são recepcionados num galpão, sem paredes laterais e com piso impermeável (Figura 14).

Figura 14 – Galpão de recepção de resíduos.



Fonte: Autores (2021)

Depois de misturados e homogeneizados, os resíduos são dispostos em baias retangulares com paredes laterais e cobertas com manta permeável (Figura 15 e 16). Há ainda a introdução de sensores, em furos na manta, que fazem o monitoramento em tempo real do oxigênio, umidade e temperatura.

Figura 15 – Leira estática coberta com manta permeável



Fonte: Autores (2021)

Figura 16 – Formação de leira estática com cobertura de manta permeável



Fonte: Autores (2021)

Para a compostagem em larga escala e, principalmente, em regiões com alto índice pluviométrico, a tecnologia da manta permeável é uma opção operacional altamente recomendável, porém seu investimento inicial pode ser um fator que inviabilizaria economicamente a sua adoção. Para tanto, é importante realizar um estudo de viabilidade econômica considerando o volume processado e o valor cobrado para beneficiamento.

A utilização dessa técnica emprega quantidade reduzida de pessoas

envolvidas na operação da planta de compostagem, otimizando o trabalho interno e reduzindo os custos mensais de operação.

A adoção da manta permeável no Brasil, em decorrência do câmbio e tributação, é um investimento alto e que precisaria de garantias jurídicas como período de validade da licença de operação, além de um volume de resíduos e valor médio do preço da tonelada atrativos para justificar o dispêndio desse aporte de dinheiro.

Considerando o estudo de caso, sugere-se a aplicação dos dois métodos: UFSC e manta permeável. A infraestrutura existente no estudo de caso permite a implantação imediata do método UFSC para o processamento dos resíduos orgânicos de hortifruti e resto de alimentos. Essa sugestão ocorre tendo em vista o volume médio diário recebido no empreendimento que é de 25 toneladas.

Ainda, a implantação desse método em curto prazo evidenciaria o interesse da empresa em se harmonizar com a comunidade de entorno, além de ser um bom indicador de melhoria contínua do processo. A implantação dessa mudança pode ocorrer de forma célere e com baixo investimento inicial, além de aproveitar a mão-de-obra já treinada e habilitada existente no quadro de funcionários.

A escolha do local para a montagem das leiras, através do método UFSC, poderia ser tanto no pátio 3 do empreendimento, que traria uma mudança mais significativa na rotina operacional, quanto no galpão de compostagem, onde já é realizado o processamento dos resíduos de alimentos e hortifruti.

A adoção da tecnologia das mantas permeáveis exige mais planejamento financeiro, operacional e documental.

Isso porque será necessário autorização ambiental para essa mudança e organização operacional para não cessar de forma abrupta o recebimento dos resíduos, o que afetaria o caixa da empresa (muito importante para suportar esse investimento) como também os clientes que enviam seus resíduos e que dependem de beneficiamento de resíduos *off site*.

Ainda, haverá um processo de importação e toda a burocracia existente para esse tipo de negócio. Igualmente, deverá haver treinamentos e capacitações, que serão em língua estrangeira.

Desta forma, essa tecnologia é viável de replicação no estudo de caso, porém não de forma imediata e célere pelos motivos acima expostos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme tudo o que foi discutido até aqui, várias soluções técnicas existem para mitigar a questão da poluição por odor.

A utilização de um tecido tecnológico, semipermeável para cobrir as leiras de compostagem pode oferecer uma solução prática e de fácil manutenção, como melhor prática para gestão de odor em compostagem.

Entretanto, a escolha da melhor prática não pode estar dissociada da ideia de que as pessoas envolvidas no processo de compostagem precisam estar em constante movimento de busca de conhecimento e inovação sobre o tema.

O investimento no capital humano, nesse tipo de empreendimento, é essencial para o sucesso de qualquer técnica ou tecnologia adotada. A maturidade do empreendimento e a região onde está localizado também é relevante, considerando que o pós-venda e o acompanhamento dos resultados são tão importantes quanto a própria escolha da melhor prática de controle de odor.

A realidade brasileira restringe a adoção de algumas tecnologias amplamente utilizadas em países desenvolvidos. A ausência de normas orientadoras também não contribui no fomento dessa atividade tão importante para um bom gerenciamento de resíduos. A regulamentação da gestão do odor é necessária e precisa oferecer estabilidade legal e operacional visando a conformidade tangível desses empreendimentos e conforto olfativo à comunidade do entorno.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

AL-ALAWI, M. *et al.* Evaluation of the performance of encapsulated lifting system composting technology with a GORE<sup>(R)</sup> cover membrane: Physico-chemical properties and spectroscopic analysis. **Environmental Engineering Research**, Seoul, v. 25, n. 3, p. 299-308, 2020. Disponível em <https://www.eeer.org/journal/view.php?doi=10.4491/eeer.2019.061>. Acesso em: 28 ago. 2021.

ANDRASKAR, J., YADAV S., KAPLEY A. Challenges and Control Strategies of Odor Emission from Composting Operation. **Applied Biochemistry and Biotechnology** 193:2331–2356, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03490-3>

ARAÚJO, C. C. de O.; CERQUEIRA, G. S.; CARNEIRO, C. E. A. Prospecção Tecnológica para Processos de Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 1177-1187, 2020. Disponível em <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/33021/21559>. Acesso em: 5 set. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 7 set. 2021.

CALIFORNIA. Department of Resources Recycling and Recovery. **Comprehensive Compost Odor Response Project**. Califórnia: Department of Resources Recycling and Recovery (CalRecycle), 2007. Disponível em: <https://www2.calrecycle.ca.gov/Publications/>. Acesso em: 29 ago. 2021.

CAPELLI, L. et al. **Review on odour pollution, odour measurement, abatement techniques**, D-NOSES, H2020-SwafS-23-2017-789315. 2019. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5c7d97c30&appId=PPGMS>. Acesso em: 25 set. 2021.

CONAMA. Resolução nº 481, de 03 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, edição 194, p. 93, 09 out. 2017. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19344546/DiarioOficialdaUniao](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19344546/DiarioOficialdaUniao). Acesso em: 6 set. 2021.

DARÇIN, M. How air pollution affects subjective well-being. *In*: MOLLAOGLU M. **Well-being and Quality of Life: Medical Perspective**. Rijeka (Croatia): IntechOpen, 2017. p. 211-256. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=PQWQDwAAQBAJ&lpg=PA211&ots=o6za9Lo sL3&dq=air%20pollution%20psychological%20health&lr&hl=pt-BR&pg=PA211#v=onepage&q=air%20pollution%20psychological%20health&f=false>. Acesso em: 5 set. 2021.

DEFRA. **Good Practice and Regulatory Guidance on Composting and Odour Control for Local Authorities**. Londres: Department for Environment, Food & Rural Affairs [DEFRA], 2009. Disponível em: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/06/Good-Practice-and-Regulatory-Guidance-on-Composting-and-Odour-Control-for-Local-Authorities.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2021.

DEPARTAMENT OF ENVIRONMENT AND CONSERVATION (Australia). **Composting and related organics processing facilities**. Sydney: Department of Environment and Conservation (NSW), 2004. Disponível em: [https://www.environment.nsw.gov.au/resources/waste/envguidlms/composting\\_guidelines.pdf](https://www.environment.nsw.gov.au/resources/waste/envguidlms/composting_guidelines.pdf). Acesso em: 28 ago. 2021.

DHAMODHARAN, K. *et al.* Emission of volatile organic compounds from composting: A review on assessment, treatment and perspectives. **Science of The Total Environment**, v. 695, p. 133725, 2019. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133725>. Acesso em: 28 ago. 2021.

ESTRADA, J. M. *et al.* Strategies for odour control. *In*: BELGIORNO, V.; NADDEO, V.; ZARRA, T. (orgs.) **Odour impact assessment handbook**. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., p. 85-119, 2013. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=MLiToE-pONgC&oi=fnd&pg=PA85&dq=odour+compost+facility&ots=HPYMeufBzN&sig=GX\\_3JAKUJK9oeSgCGXDJU2BTX78#v=onepage&q=odour%20compost%20facility&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=MLiToE-pONgC&oi=fnd&pg=PA85&dq=odour+compost+facility&ots=HPYMeufBzN&sig=GX_3JAKUJK9oeSgCGXDJU2BTX78#v=onepage&q=odour%20compost%20facility&f=false). Acesso em: 5 set. 2021.

FANG, C. *et al.* Effects of semi-permeable membrane covering coupled with intermittent aeration on gas emissions during aerobic composting from the solid fraction of dairy manure at industrial scale. **Waste Management**, v. 131, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X21003214>. Acesso em: 5 set. 2021.

FAPESC. **Critérios Técnicos para Elaboração de Projeto, Operação e Monitoramento de Pátios de Compostagem de Pequeno Porte**. Florianópolis: Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Cepagro/boletim-critrios-tnicos-para-elaborao-de-projeto-operao-e-monitoramento-de-ptios-de-compostagem-de-pequeno-porte>. Acesso em: 8 set. 2021.

FAO. **Tracking progress on food and agriculture: related SDG indicators 2020**. Roma: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/sdg-progress-report/en/>. Acesso em: 5 set. 2021.

FIEPE. **Prêmio FIEPE de Sustentabilidade IV**. Recife: Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco, 2015.

FISCHER, G. *et al.* Analysis of airborne microorganisms, MVOC and odour in the surrounding of composting facilities and implications for future investigations. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 211, n. 1-2, p. 132-142, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1438463907000922>. Acesso em: 5 set. 2021.

GALVÃO, R. G. **Compostagem em áreas urbanas: lições aprendidas no projeto feiras e jardins sustentáveis da Lapa, São Paulo - SP, Brasil**. 2019. Dissertação

(Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/2050>. Acesso em 5 set. 2021.

GOLDSTEIN, N.; SATKOFKY, A. Enhanced Fabrics Spur Composting Innovations. **BioCycle**, [s. l.], v. 42, n. 11, p. 49, 2001. Disponível em: <https://search-ebSCOhost-com.ez360.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=5532961&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 18 set. 2021.

GONZÁLEZ, D. *et al.* A systematic study on the VOCs characterization and odour emissions in a full-scale sewage sludge composting plant. **Journal of Hazardous Materials**, v. 373, p. 733-740, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389419304133>. Acesso em: 7 set. 2021.

GOSTELOW, P.; PARSONS, S. A.; STUETZ, R. M. Odour measurements for sewage treatment works. **Water research**, v. 35, n. 3, p. 579-597, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135400003134>. Acesso em: 08 set. 2021.

HAN, Z. *et al.* Health impact of odor from on-situ sewage sludge aerobic composting throughout different seasons and during anaerobic digestion with hydrolysis pretreatment. **Chemosphere**, v. 249, p. 126077, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520302708>. Acesso em: 5 set. 2021.

HIRATA, D. *et al.* O uso de informações patentárias para a valorização de resíduos industriais: o caso do lodo de tratamento de esgoto doméstico. **Revista de Ciências da Administração**, Santa Catarina, v. 17, n. 43, p. 55-71, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2735/273543309005.pdf>. Acesso em: 5 set. 2021.

IBGE. **Censo Demográfico: 2010: Características da população e dos domicílios. Resultados do universo.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/23/24304?detalhes=true>. Acesso em: 8 set. 2021.

JAPIASSÚ, C. E.; GUERRA, I. F. 30 anos do Relatório Brundtland: nosso futuro comum e o desenvolvimento sustentável como diretriz constitucional brasileira. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 1884-1901, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/rdc.2017.30287>. Acesso em: 7 set. 2021.

LACEY, M. E. Q.; MOURA, T. de F. F.; LISBOA, H. de M. VI-089-Análise de correlação entre o fluxo de odor e o fluxo de COV em uma instalação com processo de compostagem de biossólidos. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)**, Rio de Janeiro, p. 1-6, 2007. Trabalho apresentado no 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, [Belo Horizonte, MG]. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marina-Vance/publication/254256989\\_Analise\\_de\\_correlacao\\_entre\\_o\\_fluxo\\_de\\_odor\\_e\\_o\\_fluxo\\_de\\_COV\\_em\\_uma\\_instalacao\\_com\\_processo\\_de\\_compostagem\\_de\\_biossolid](https://www.researchgate.net/profile/Marina-Vance/publication/254256989_Analise_de_correlacao_entre_o_fluxo_de_odor_e_o_fluxo_de_COV_em_uma_instalacao_com_processo_de_compostagem_de_biossolid)

os/links/02e7e520118fd04fbb000000/Analise-de-correlacao-entre-o-fluxo-de-odor-e-o-fluxo-de-COV-em-uma-instalacao-com-processo-de-compostagem-de-biossolidos.pdf. Acesso em: 7 set. 2021.

LIU, Zelong *et al.* The progress of composting technologies from static heap to intelligent reactor: Benefits and limitations. **Journal of Cleaner Production**, v. 270, p. 122328, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620323751> Acesso em 18 set. 2021.

LU, J. G. Air pollution: a systematic review of its psychological, economic, and social effects. **Current opinion in psychology**, v. 32, p. 52-65, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352250X19300673>. Acesso em: 5 set. 2021.

MA, S. *et al.* Bacterial community succession during pig manure and wheat straw aerobic composting covered with a semi-permeable membrane under slight positive pressure. **Bioresource Technology**, v. 259, p. 221-227, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852418304024>. Acesso em: 5 set. 2021.

MANYAPU, Vivek *et al.* In-vessel composting: A rapid technology for conversion of biowaste into compost. **International Journal of Science and Engineering**, v. 2, n. 9, p. 58-63, 2017. Disponível em: [http://www.oaijse.com/VolumeArticles/FullTextPDF/78\\_OAIJSE\\_-IN-VESSEL\\_IN-VESSEL\\_COMPOSTING\\_A\\_RAPID\\_TECHNOLOGY\\_FOR\\_CONVERSION\\_OF\\_BIOWASTE\\_INTO\\_COMPOST\\_\\_12.pdf](http://www.oaijse.com/VolumeArticles/FullTextPDF/78_OAIJSE_-IN-VESSEL_IN-VESSEL_COMPOSTING_A_RAPID_TECHNOLOGY_FOR_CONVERSION_OF_BIOWASTE_INTO_COMPOST__12.pdf) Acesso em 18 set. 2021

METRO VANCOUVER. **Best odour management practices at composting facilities**: Final Report. Burnaby: Morrison Hershfield, 2017.

METRO VANCOUVER. **Services and solutions for a livable region**. Burnaby, 2021. LinkedIn: Metro Vancouver @metrovancover. Disponível em: <https://www.linkedin.com/company/metrovancover/>. Acesso em: 8 set. 2021.

NETO, R. D. P. **Produção de composto em pátio de compostagem municipal utilizando o Método UFSC e análise de sua qualidade química**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/174371>. Acesso em: 5 set. 2021.

NIE E., et al, Emission characteristics of VOCs and potential ozone formation from a full-scale sewage sludge composting plant, **Science of The Total Environment**, Vol. 659, P. 664-672, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.404>.

NOVA ZELANDIA. Ministry for the Environment. **Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour**. Wellington: Ministry for the Environment, 2016. Disponível em: <https://environment.govt.nz/publications/good-practice-guide-for-assessing-and-managing-odour/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

PERNAMBUCO. Lei Complementar Nº 382 de 9 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a Região Metropolitana do Recife – RMR. **Diário Oficial do Estado**. Poder Executivo, Recife, 2018. Disponível em:

<https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponorma=2&numero=382&complemento=0&ano=2018&tipo=&url=>. Acesso em: 8 set. 2021.

ONTARIO. Ministry of the Environment, Conservation and Parks. **Guideline for the production of compost in Ontario**. Ontario: Ministry of the Environment, Conservation and Parks, 2021. Disponível em:

<https://www.ontario.ca/page/guideline-production-compost-ontario>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Organização das Nações Unidas, 2012. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 7 set. 2021.

RASAPOOR, Mazdak; ADL, Mehrdad; POURAZIZI, Babak. Comparative evaluation of aeration methods for municipal solid waste composting from the perspective of resource management: A practical case study in Tehran, Iran. **Journal of Environmental Management**. Vol.184, parte 3, p.528-534, 2016. Disponível em:

<https://www-sciencedirect.ez360.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0301479716308118>  
Acesso em 18 set. 2021

REYES J. et al., Environmental performance of an industrial biofilter: Relationship between photochemical oxidation and odorous impacts, **Environmental Research**, Volume 183,2020, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109168>

ROBLEDO-MAHÓN, T. *et al.* Effect of semi-permeable cover system on the bacterial diversity during sewage sludge composting. **Journal of Environmental Management**, v. 215, p. 57-67, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718302688>. Acesso em: 5 set. 2021.

SCHLEGELMILCH, M. *et al.* Odour control at biowaste composting facilities. **Waste Management**, v. 25, n. 9, p. 917-927, 2005. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X05001881>. Acesso em: 7 set. 2021.

SILVA, G. F. da; MELO, K. D. de F. **Administração estratégica de recursos humanos: um estudo de caso da Lógica Ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Pessoas e Liderança) – Centro de Desenvolvimento Pessoal e Empresarial, Recife, 2013. Disponível em:

<https://dokumen.tips/documents/centro-de-desenvolvimento-pessoal-e-empresarial-curso-de-academicostcc-cedepe.html>. Acesso em: 28 ago. 2021.

SILVA, M. T. S. da. **Emissões atmosféricas odorantes de uma estação de tratamento de efluentes: limites geográficos da pluma**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/218>. Acesso em: 7 set. 2021.

SOUZA, A. M. G.; VAZQUEZ, E. G. Estudo Comparativo de Custos: compostagem como estratégia complementar ao Aterro Sanitário no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Paraíba do Sul, RJ. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 63, 2020. Disponível em: [https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/download/2468/2321](https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/download/2468/2321). Acesso em: 28 ago. 2021.

SUN, X. *et al.* The effect of a semi-permeable membrane-covered composting system on greenhouse gas and ammonia emissions in the Tibetan Plateau. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 778-787, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618327756>. Acesso em: 5 set. 2021.

TRUSHNA, T. *et al.* Effects of ambient air pollution on psychological stress and anxiety disorder: a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. **Reviews on Environmental Health**, 2020. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/reveh-2020-0125/html>. Acesso em: 7 set. 2021.

UN-HABITAT. **World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization**. Nairóbi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2020. Disponível em: [https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr\\_2020\\_report.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf). Acesso em: 7 set. 2021

VELHO, V. F. *et al.* Compostagem da fração orgânica de resíduos alimentares através de dois métodos de aeração natural para a produção de um composto orgânico. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 22323-22329, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/25788/20489>. Acesso em: 5 set. 2021.

WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

XU, Zhi *et al.* Composting process and odor emission varied in windrow and trough composting system under different air humidity conditions. **Bioresource technology**, v. 297, p. 122482, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419317122> Acesso em 6 set. 2021

ZUŚKA Z., BARANOWSKA A., SKOWERA B. Atmospheric Air Pollution with Tropospheric Ozone on the Example of Selected Rural Villages of the Lubelskie Region. **Journal of Ecological Engineering** Vol. 20, Issue 10, p. 233–240.2019, <https://doi.org/10.12911/22998993/113188>