

Controle de odor na Indústria: legislação atual e as alternativas de tratamento

Odor control in industry: current legislation and treatment alternatives

Alberto Hideki Nabeshima^a, Danillo Lanzieri Modesto^a,
Guilherme Recuero Ustra^a, Tiaya Gallo Alvarez^a, Silas Derenzo^{a, b*}

Resumo

Este trabalho tem como objetivo reunir informações das atuais legislações aplicáveis para o estado de São Paulo, assim como apresentar tecnologias comumente utilizadas para o controle de odores industriais. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico a partir do qual se pode identificar as leis nº 9.477, de 30 de dezembro de 1996; artigos 2 e 14 da lei nº 997, de 31 de maio de 1976; e artigos 33 e 38 do Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. A adsorção física, a condensação, o mascaramento e a neutralização, a absorção (lavagem líquida), a oxidação térmica, a oxidação química e os métodos biológicos apresentaram-se como as tecnologias mais utilizadas.

Abstract

The aim of this work is to gather information of current laws applicable in São Paulo State, as well as presenting technologies commonly used for the control of industrial odors. A bibliographical survey was carried out from which the laws # 9,477, of December 30th, 1996; articles 2 and 14 of the Law # 997, of May 31st, 1976; and articles 33 and 38 of Decree # 8,468, of September 8th, 1976. The physical adsorption, the condensation, the masking and neutralization, the absorption (liquid washing), the thermal oxidation, the chemical oxidation and the biological methods were the most used technologies for odor control.

a Mestrado Profissional em
Processos Industriais do IPT, São
Paulo – SP, Brasil

b Laboratório de Processos
Químicos e Tecnologia de
Partículas, Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São
Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

E-mail: derenzo@ipt.br

Palavras-chave:

controle de odor; tecnologia;
legislação.

Keywords:

odor control; technology;
legislation..

1 Introdução

A atividade industrial sempre gerou odores no ar ambiente que foram e ainda são capazes de preocupar a população ao redor. Apesar da implementação de regulamentações ambientais mais rigorosas abordadas também neste estudo, este problema permanece ainda mais presente, uma vez que, em determinados locais, novos setores comerciais e residenciais são desenvolvidos na proximidade dessas fontes. Cada um dos compostos químicos possui características diferentes em relação à sua solubilidade em água ou outro solvente, seu limiar olfativo e sua pressão parcial que asseguram que as tecnologias atualmente utilizadas sejam limitadas, seja no que diz respeito à eficácia do tratamento, seja no tempo de vida útil dos materiais utilizados. Para tais situações em que um problema de espaço e de utilização de tecnologias compactas atinge limites, seria altamente desejável dispor de tecnologias alternativas. (MARTIN BEAULIEU et al., 2016)

De acordo com a revisão bibliográfica, alternativas foram identificadas e mostraram-se comumente utilizadas em atendimento a diversos tipos de ambientes e processos que envolvam emissões e controle de odor que serão apresentadas neste artigo.

2 Objetivos

O objetivo principal desse artigo é o de apresentar e realizar uma análise das principais tecnologias existentes para tratamento de odores de diferentes fontes industriais. Para tal, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- fazer um levantamento da legislação vigente no estado de São Paulo;
- descrever as tecnologias de tratamento comumente disponíveis.

3 Revisão bibliográfica

Inicialmente, é feita uma abordagem dos órgãos públicos no que se refere ao controle e monitoramento de emissão de odores e em seguida são apresentados os principais métodos aplicáveis para o controle de poluição por odor.

3.1 Legislação referente às emissões de odor

São escassas as literaturas técnicas brasileiras e legislações nacionais no que se refere a parâmetros e métodos para medição da emissão de odores na atmosfera, incumbindo assim aos estados da federação determinar suas próprias referências de controle através de suas agências ambientais, por esta razão, a apuração da literatura no que diz respeito a sua regulamentação, será direcionada ao estado paulista. Mas antes, é importante trazer a definição da palavra "emissão" segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que a descreve como "lançamento na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa". Essa definição constatada na Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006, nos ajuda a compreender que a percepção do odor é proveniente do carreamento de substâncias sólidas, líquidas ou gasosas contidas num fluxo efluente e então nos permite compreender que o odor também pode ser considerado como poluente, pois, para Belli et al. (1998) "os maus odores são uma mistura complexa de moléculas químicas tais como enxofre (H_2S , mercaptanas), nitrogênio (NH_3 e aminas), fenóis, aldeídos, álcoois e ácidos graxos". Acerca disto, Gostelow et al (2001, apud DE MELO LISBOA, 2009) esclarece como é feita a interpretação fisiológica de cada indivíduo:

"A interpretação fisiológica de um odor implica em julgar o quão forte, agradável ou desagradável ele é. Odores desagradáveis estão em geral associados a coisas desagradáveis. Os odores provenientes de uma estação de tratamento de esgotos estão geralmente associados à decomposição biológica da matéria orgânica. Embora um odor possa ser não tóxico, sua associação à decomposição biológica pode indicar algo a se evitar, ou um eventual risco à saúde."

A respeito das dificuldades em mensurar o odor para que então seja feito o seu controle, segundo Belli et al. (1998, apud DE MELO LISBOA, 2009) é compreendido que:

"Para controlar odores, deve-se primeiramente saber medi-los, o que não é fácil devido à sua subjetividade. A resposta de um indivíduo a um odor é altamente subjetiva - diferentes pessoas acham ofensivos diferentes odores e em diferentes concentrações. As técnicas de medidas dos odores são divididas em duas classes: medidas sensoriais, que empregam o nariz humano e medem os efeitos do odor do modo como é percebido pelo observador, e medidas analíticas, que o caracterizam em termos de sua composição química e procuram quantificar os odores presentes. Entretanto, ambos os métodos estão longe de serem ideais: medidas sensoriais podem ser afetadas por fatores subjetivos e a interpretação dos resultados deve ser feita com muito cuidado. Medidas analíticas são tão mais complicadas quanto o número de odorantes presentes, especialmente para concentrações próximas aos limites de detecção. Nosso incompleto entendimento sobre o processo de percepção do odor torna ambos os procedimentos muito difíceis".

A partir desta subjetividade para interpretação, as agências reguladoras estaduais têm se esforçado para determinar um padrão ou método para avaliação. No estado de São Paulo, por exemplo, é através da Lei nº 9.477, de 30 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente por meio do art. 2, que fora acrescentado vinte anos depois ao art. 14 da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que discorre:

Artigo 14 - Para garantir a execução do Sistema de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente previsto nesta lei, em seu regulamento e nas normas dela decorrentes, ficam assegurados aos agentes credenciados do órgão competente a entrada, a qualquer dia ou hora, e a permanência, pelo tempo que se tornar necessário, em estabelecimentos públicos ou privados.

E então complementado com o art. 2.º:

Artigo 2.º - Fica acrescentado ao Artigo 14, da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, o parágrafo único com a seguinte redação:

Parágrafo único - Para os fins do disposto neste artigo, o órgão ambiental competente poderá ainda exigir que os responsáveis pelas atividades efetivas ou potencialmente poluidoras:

I - apresentem, quando solicitado, o plano completo de desenvolvimento de suas atividades ou de seu processamento industrial, bem como dos sistemas de tratamento existentes, do lançamento de resíduos em qualquer estado da matéria ou, ainda, de emissão de ruídos, vibrações, radiações ou outras formas de energia ou substâncias odoríferas;

II - apresentem plano de auto monitoramento de suas fontes cabendo aquele órgão aprovar a frequência de realização de amostragens, os pagamentos a serem monitorados e a frequência na entrega dos relatórios;

III - instalem e operem equipamentos automáticos de medição, para monitoramento das quantidades e qualidades dos poluentes emitidos;

IV - comprovem a quantidade e qualidade dos poluentes emitidos, através de realização de amostragem e análise, utilizando-se de métodos aprovados pelo referido órgão.

Por meio do art. 33 do Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, é determinado em duas alíneas os meios de constatação e valores de referência para definição de emissão de odores, descrevendo que:

Artigo 33 - Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora.

Parágrafo único - A critério da CETESB, a constatação da emissão de que trata este parágrafo, será efetuada:

- 1) por técnicos credenciados da CETESB;
- 2) com referência às substâncias a seguir enumeradas, através de sua concentração no ar, por comparação com o Limite de Percepção de Odor (LPO):

A **Tabela 1** apresenta o limite de percepção de odor para algumas substâncias químicas de interesse industrial, expresso em parte por milhão (ppm).

Tabela 1 – Concentração da substância para determinação do LPO (continua...)

Substância	LPO, ppm (v/v)	Substância	LPO, ppm (v/v)
01. Acetaldeído	0,21	19. Dimetilamina	0,047
02. Acetona	100,00	20. Dimetilacetamida	46,8
03. Ácido acético	1,00	21. Dimetilformamida	100,00
04. Ácido butírico	0,001	22. Dimetilsulfeto	0,001
05. Ácido clorídrico gasoso	10,00	23. Dissulfeto de carbono	0,21
06. Acrilato de etila	0,00047	24. Estireno	0,01
07. Acroleína	0,21	25. Etanol (sintético)	10,0
08. Acrilonitrila	21,4	26. Éter difenílico	0,1
09. Amônia	46,8	27. Etil-mercaptana	0,001
10. Anilina	1,0	28. Fenol	0,047
11. Benzeno	4,68	29. Formaldeído	1,0
12. Bromo	0,047	30. Fosfina	0,021
13. Cloreto de alila	0,47	31. Fosgênio	1,0
14. Cloreto de benzila	0,047	32. Metacrilato de metila	0,21
15. Cloreto de metila	10,00	33. Metanol	100,00
16. Cloreto de metileno	214,00	34. Metilacetona	10,0
17. Cloro	0,314	35. Metil-mercaptana	0,0021
18. Dicloreto de enxofre	0,001	36. Metilisobutilcetona	0,47

Tabela 1 – Concentração da substância para determinação do LPO (continuação)

Substância	LPO, ppm (v/v)	Substância	LPO, ppm (v/v)
37. Monoclorebenzeno	0,21	48. Tetracloroeto de carbono	21,4
38. Metilamina	0,021	(a partir da cloração de dissulfeto de carbono)	
39. Nitrobenzeno	0,0047	49. Tetracloroeto de carbono (a partir da cloração do metano)	100,00
40. p-Cresol	0,001	50. Di-isocianato de tolueno	2,14
41. p-Xileno	0,47	51. Tolueno (do coque)	4,68
42. Percloroetileno	4,68	52. Tolueno (do petróleo)	2,14
43. Piridina	0,021	53. Tricloroacetaldeído	0,047
44. Sulfeto de benzila	0,0021	54. Tricloroetileno	21,4
45. Sulfeto difenílico	0,0047	55. Trimetil-amina ou Trimetilamina	0,00021
46. Sulfeto de hidrogênio (a partir de dissulfeto de sódio)	0,0047		
47. Sulfeto de hidrogênio (gasoso)	0,00047		

Fonte: adaptado de ALESP Lei 997/76, Decreto 8.468/76.

Complementando o Decreto n° 8.468, o art. 38 fixa a inserção de sistema nos processos que demandam substâncias odoríferas provenientes de fontes por ela definida, como segue:

Artigo 38 - As substâncias odoríferas resultantes das fontes a seguir enumeradas deverão ser incineradas em pós-queimadores, operando a uma temperatura mínima de 750 °C (setecentos e cinquenta graus Celsius), em tempo de residência mínima de 0,5 segundo (cinco décimos de segundo), ou por outro sistema de controle de poluentes, de eficiência igual ou superior:

- I - torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju e cevada;
- II - autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria animal;
- III - estufas de secagem ou cura para peças pintadas, envernizadas ou litografadas;
- IV - oxidação de asfalto;
- V - defumação de carnes ou similares;
- VI - fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas;
- VII - regeneração de borracha.

Concomitante, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) recomenda:

Caso não haja possibilidade de realizar melhorias na operação do processo que origina o poluente ou mesmo substituir matérias primas ou combustíveis, é importante verificar a possibilidade de se utilizar um Equipamento de Controle de Poluição (ECP) na fonte poluidora, pois sua função será de remover poluentes do fluxo de material emitido para a atmosfera.

Para a escolha de um ECP adequado, variáveis de processo e de característica dos materiais emitidos devem ser analisadas, para garantir que o equipamento projetado tenha uma eficiência de remoção do poluente suficiente, de forma que a emissão de poluentes para atmosfera, pós ECP, seja a mínima possível e em acordo com a legislação aplicável.

Assim, é possível descrever alguns ECPs que tem como propósito a redução de odores.

3.2 Equipamento de controle de poluição

Existem duas formas aplicáveis de controle de emissões de ar: controle de origem e controle secundário. O controle de origem ou primário envolve a redução das emissões por meio de substituição, redução ou reciclagem de matéria prima, alteração do processo, segregação territorial (residencial e industrial) entre outros, entretanto, esses mecanismos de redução podem afetar a qualidade do produto ou podem aumentar os custos envolvidos na operação. Já o controle secundário envolve o tratamento do efluente gasoso após ser produzido (DEFRA, 2010; DEVINNY et al., 1999).

Exemplos típicos de fontes potencialmente emissoras de odores ofensivos incluem atividades industriais e agrícolas, indústrias de alimentos, fábricas de processamento de subprodutos de origem animal, aterros sanitários, criação intensiva de animais, fundições, parques petroquímicos, matadouros, fábricas de papel e celulose, usinas de compostagem entre outros (BRANCHER et al., 2016; BRANCHER et al., 2017).

A escolha da tecnologia para tratamento de odores é, geralmente, ditada por condicionalismos econômicos e ecológicos e dependem da natureza do composto que está sendo tratado, da concentração, da vazão e do modo de emissão do fluxo de resíduos gasosos. Os odores podem ser efetivamente removidos ou tratados utilizando os seguintes métodos (DEFRA, 2010):

- Métodos Físicos: adsorção física, condensação, filtração por membranas, enclausuramento, diluição;
- Métodos Químicos: mascaramento, lavagem (absorção), ozonização, fotólise, incineração, foto catálise;
- Método Biológico: biofiltração, biolavadores.

Os métodos físico-químicos foram amplamente implementados como consequência de sua rápida montagem em campo, tempo de residência geralmente baixo e experiência e *know-how* consolidado na concepção e operação. Essas técnicas são, habitualmente, baseadas na transferência de odorantes da fase gasosa para uma fase sólida (adsorção) ou líquida (absorção). Quando ocorre a transferência de fase do poluente, um novo resíduo é gerado e que necessitará de atenção. Além disso, há a possibilidade de formação de subprodutos ainda mais tóxicos que os poluentes originais (BRANCHER, 2017).

Nas últimas décadas os sistemas biológicos têm sido cada vez mais utilizados devido à sua capacidade de tratar com eficiência emissões de odor com baixos custos operacionais. As principais vantagens dos bioprocessos em relação às suas contrapartes físicas e químicas derivam da sua baixa geração de resíduos secundários e baixa demanda de recursos, tais como produtos químicos ou meios adsorventes. Por outro lado, usualmente os processos biológicos necessitam tempos de residência maiores (ALFONSÍN et al., 2015; BRANCHER, 2017).

3.2.1 Métodos físicos

Os métodos de tratamentos físicos utilizam barreiras físicas, diluição em meio aquoso e aumento da concentração de oxigênio para remoção dos compostos odoríferos. Esses métodos são descritos a seguir.

3.2.1.1 Condensação

Os contaminantes dos efluentes gasosos que estão concentrados e têm um ponto de ebulição elevado podem parcialmente ser recuperados pelo resfriamento simultâneo e pela compressão dos vapores gasosos, denominado como condensação. Essa técnica é economicamente viável para os vapores concentrados onde há algum reciclo ou valor agregado ao processo de recuperação e é frequentemente utilizada em conjunto com tecnologias adicionais para garantia de conformidade com os padrões de emissão regulamentares (CASA, 2015; DEVINNY et al, 1999). O **Quadro 1** apresenta as principais vantagens e considerações em relação à tecnologia de condensação.

Essa tecnologia é normalmente utilizada junto a sistemas contendo hidrocarbonetos em aplicações petrolíferas e também em outras fontes de compostos orgânicos quentes e voláteis (DEFRA, 2010).

Quadro 1 – Vantagens e considerações da tecnologia de condensação

Vantagens	Considerações
Potencial para reutilização do produto recuperado.	Pequena gama de uso e aplicação.
Aplicável a altas concentrações de VOC.	Requer instalação elétrica específica e fatores de segurança adicional devido aos níveis de VOC.
Pode ser acoplado com tecnologias de adsorção.	Requer conhecimento técnico específico para operação.
Baixos a moderados custos operacionais	Se o solvente não for reutilizado, gera efluentes com resíduos perigosos.

Fonte: adaptado de CASA, 2015

3.2.1.2 Adsorção física

O processo de adsorção geralmente ocorre em um leito fixo ou fluidizado de material adsorvente, como carbono ativado ou pellets de alumínio impregnados com permanganato. Esses materiais são altamente porosos e, conseqüentemente, há uma grande área de superfície sobre a qual a adsorção de compostos odoríferos pode ocorrer (DEVINNY et al, 1999; DEFRA, 2010).

Esta tecnologia é geralmente utilizada para controlar compostos orgânicos voláteis (VOC, na sigla em inglês) com baixas pressões de vapor e massas moleculares elevadas, mas também pode ser utilizada para gases inorgânicos e alguns vapores metálicos. A eficácia de um sistema de adsorção é uma função da taxa de fluxo de ar, o carregamento total de compostos do fluxo e os componentes individuais do fluxo. Uma vez que a camada ativada atingiu a capacidade de adsorção, o material deve ser removido e tratado ou trocado, aumentando os custos operacionais do sistema (DEVINNY et al, 1999; DEFRA, 2010). Uma aplicação muito comum de carvão ativado é na redução dos odores de cozinha comerciais, restaurantes e *drive-thrus* (DEFRA, 2010). O **Quadro 2** apresenta as principais vantagens e considerações em relação à tecnologia de adsorção.

Quadro 2 – Vantagens e considerações da tecnologia de adsorção

Vantagens	Considerações
Eficaz em uma gama de contaminantes.	Adsorvente precisa ser substituído ou regenerado periodicamente.
Apropriado para remoção de odores.	Não é adequado para fluxos odoríferos contendo excesso de água, graxa, óleo ou matéria particulada (superfície adsorvente pode entupir).
Particularmente adequado para baixas temperaturas.	Não é adequado para aplicação de alta temperatura.
Equipamentos e componentes são mais simples e os sistemas são fáceis de operar.	Fluxo de regeneração requer mais tratamento.
Pode ser usado como concentrador à frente da oxidação térmica ou na recuperação e condensação de solventes.	Alto custo no caso de substituição do adsorvente.

Fonte: adaptado de CASA, 2015.

3.2.2 Métodos químicos

Os métodos de tratamentos químicos utilizam substâncias químicas para remoção de poluentes por meio de transformação química do contaminante odorante, seja em fase líquida seja em fase gasosa, através de sua reação química. Esses métodos são descritos a seguir.

3.2.2.1 Mascaramento e neutralização

Os agentes mascarantes e neutralizantes são pulverizados, misturados e aplicados a líquidos odoríferos, superfícies ou gases para mitigar os efeitos adversos de odor. Os agentes que são aplicados diretamente nas substâncias ou nas fontes de odor podem mascarar, inibir e impedir que os lançamentos de odor sejam criados ou liberados. Embora não necessariamente elimine o odor, muitas vezes o agente mascarante, cujo odor é mais agradável, o substitui como fonte da percepção humana. Tratamentos de superfície são usados, principalmente, em instalações pecuárias, instalações de bioresíduos, compostagem e locais onde as fontes têm grandes áreas de superfície (CASA, 2015).

O **Quadro 3** relaciona a vantagem e consideração desse método.

Quadro 3 – Vantagem e consideração da tecnologia de mascaramento

Vantagens	Considerações
Dependendo da substância utilizada, esta ferramenta é de fácil implementação.	Eficiência pode variar com as condições meteorológicas.

Fonte: adaptado de CASA, 2015

3.2.2.2 Absorção (lavagem líquida)

A lavagem líquida de gases envolve o contato entre o fluxo de gás odorífero e um líquido de lavagem. As soluções absorventes usadas com mais frequência são:

- hidróxido de sódio - ideal para a absorção de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas;
- aminas - usada para reter sulfeto de hidrogênio ou gases hidrocarbonetos de refinarias de petróleo;
- cloro, hipoclorito de sódio, permanganato de potássio, ozônio ou peróxido de hidrogênio - eficazes para absorver e reagir compostos orgânicos insaturados; e
- ácido sulfúrico diluído - usado para absorver amônia (CASA, 2015; DEFRA, 2010).

Os principais tipos de equipamentos de absorção de gás incluem torres de enchimento, torres de bandejas, torres de borrifos, lavadores tipo Venturi e purificadores de leito fluidizado. É importante que as correntes de vapor úmido quente sejam resfriadas antes de entrar em contato com a lavagem. Condensadores diretos ou indiretos podem ser usados para condensar a umidade do fluxo odorífero (o condensador indireto é preferido) (DEFRA, 2010). O **Quadro 4** relaciona as principais vantagens e considerações em relação à tecnologia de lavagem de gases. Uma aplicação da lavagem a vapor úmido é nos gases provenientes do tratamento de lodo de esgoto, em que é alta a proporção de odorantes solúveis nas correntes de odor (DEFRA, 2010).

Quadro 4 – Vantagens e considerações da tecnologia de absorção

Vantagens	Considerações
Eficácia para contaminantes odoríferos solúveis.	Gera efluente líquido que requer tratamento.
Lida com ampla faixa de concentração de contaminantes.	Requer manutenção contínua e conhecimento técnico para operação.
Adequado para aplicações úmidas.	Não adequado para altas temperaturas.
Pode operar com fluxos gasosos com partículas.	Algumas soluções possuem odor desagradável.

Fonte: adaptado de CASA, 2015

3.2.2.3 Oxidação térmica

Os sistemas térmicos podem utilizar vários métodos diferentes destinados a oxidar os compostos odoríferos com a adição de calor e combustão. A oxidação térmica converte compostos odoríferos em água e dióxido de carbono e pode incluir oxidantes térmicos e oxidantes térmicos catalíticos (CASA, 2015).

A incineração térmica e a catalítica são processos de tratamento amplamente utilizados e eficazes para gases residuais. A incineração térmica envolve a combustão de poluentes em temperaturas de 700 °C a 1400 °C enquanto a catalítica permite operar com temperaturas de processo entre 300 °C e 700 °C, utilizando catalisadores como platina, paládio e rubídio. A incineração é a técnica secundária mais utilizada em tratamentos gasosos, porém os custos são elevados para vapores poluentes de baixa concentração devido à necessidade de grandes quantidades de combustível. Os sistemas de calor regenerativos ou de recuperação são usados frequentemente como uma tentativa de reduzir esses custos de operação de combustível. Em geral, a tecnologia é mais adequada para fluxos concentrados com taxas moderadas (DEVINNY; DESHUSSES; WEBSTER, 1999). O **Quadro 5** consolida as principais vantagens e considerações em relação à tecnologia de oxidação térmica.

Quadro 5 – Vantagens e considerações da tecnologia de oxidação térmica/incineração

Vantagens	Considerações
Alta eficiência na conversão de compostos odoríferos.	Altos custos de capital.
Curto tempo de residência.	Catalizadores requerem regeneração ou substituição ao longo do tempo.
O calor residual pode ser recuperado para pré-aquecimento do gás odorífero de entrada e outros usos na instalação.	-
Aplicável a uma ampla gama de contaminantes.	-

Fonte: adaptado de CASA, 2015

3.2.2.4 Oxidação química

Do ponto de vista químico, uma reação de oxidação/redução é aquela que envolve transferência de elétrons entre os reagentes. Para que isto ocorra, deve-se ter um elemento que perde elétrons (se oxida), enquanto o outro elemento ganha elétrons, ou seja, se reduz. Sob uma ótica mais aplicada ao tratamento de efluentes e remediações de solos contaminados, a oxidação química é uma forma de transformar moléculas ambientalmente indesejáveis em outras moléculas menos tóxicas, para que estas passem a ser assimiladas de modo mais harmonioso nos ciclos da natureza. A oxidação pode ser completa ou parcial. Algumas vezes, quando a oxidação se dá de modo incompleto, nem sempre se pode garantir que o subproduto (ou subprodutos) formado será menos tóxico que o composto de partida. No entanto, a oxidação total (também chamada de mineralização) de um composto orgânico gera como produto final dióxido de carbono, água e íons inorgânicos caso haja algum heteroátomo na molécula de tratamento (JARDIM; CANELA, 2004).

Os oxidantes químicos são frequentemente usados em tratamento de águas (como agentes de desinfecção e remoção de odor) e efluentes. Os mais comuns são apresentados no **Quadro 6** (JARDIM, CANELA, 2004).

Quadro 6 – Principais oxidantes químicos para uso de tratamento de efluentes

Composto	Fórmula molecular
Peróxido de hidrogênio	H_2O_2
Ozônio	O_3
Cloro (gás)	Cl_2
Dióxido de cloro	ClO_2
Permanganato de potássio	$KMnO_4$

Fonte: adaptado de JARDIM e CANELA, 2004

3.2.3 Métodos biológicos

Outra alternativa para o tratamento de odor consiste na atuação de microrganismos para decompô-lo. Esses sistemas estão em uso desde os anos 1980 na Europa e 1990 nos Estados Unidos (COOPER&ALLEY, 2011). Assim, os sistemas de tratamento com componentes biológicos utilizam microrganismos para decompor compostos odoríferos e reduzir as liberações de odor. Os componentes biológicos podem ser pulverizados no fluxo de ar odorífero, no entanto, os sistemas mais comuns passam o fluxo de ar através de um meio de suporte poroso (biodepurador) no qual se encontra uma população de microrganismos. Pode ser adicionado um elemento à combinação geral na forma de um biofiltro por meio do qual os gases que emanam do biodepurador são passados antes da sua liberação para a atmosfera. (DEFRA, 2010; FINN, LARRY J.; GA, MARIETTA, 2000). O **Quadro 7** consolida as principais vantagens e considerações em relação à tecnologia de tratamentos biológicos.

Quadro 7 – Vantagens e considerações da tecnologia de tratamento biológico de gases

Vantagens	Considerações
Sistema autossustentável durante um período prolongado de tempo.	Apresenta demora de resposta frente a altas flutuações de concentração de contaminantes.
Aplicável a contaminantes biodegradáveis solúveis em água.	Não eficaz para fluxos com alta concentração de contaminantes.
Potencial de alta eficiência de remoção.	Requer maior tempo de residência, maior área de operação e conhecimento técnico específico para manutenção.
Baixos custos operacionais	Necessita manter o ambiente úmido para favorecer o crescimento microbiano
-	Não tolera altas temperaturas e pesticidas.

Fonte: adaptado de CASA, 2015

O sucesso do tratamento reside na seleção adequada do microrganismo que possa tratar o poluente, a umidade, pH e demais condições operacionais do sistema, bem como, um projeto que proporcione um tempo de residência adequado (COOPER & ALLEY, 2011).

Ainda em escala experimental, uma opção para o tratamento biológico aplicado em gases pouco solúveis em água está em desenvolvimento e, consiste na utilização de uma membrana para concentrar o gás e direcioná-lo para a fase úmida contendo os microrganismos responsáveis pela decomposição dos compostos odoríferos (FITCH, 2005).

4 Conclusões e recomendações

Observou-se com este trabalho que a legislação em nível federal para controle de emissão de poluentes odoríferos é menos restritiva, transferindo aos estados brasileiros essa competência. No estado de São Paulo, para o qual essa pesquisa foi direcionada, o Decreto 8.468, de 8 de setembro de 1976, apresenta uma relação de substâncias e seus respectivos valores de limite de percepção de odor, mas ainda não é clara, quanto aos métodos de controle, salvo pelo art. 38, que determina o tratamento por incineração de algumas fontes, mas ainda assim é subjetiva para o tratamento das demais fontes geradoras de odor.

Apesar do rigor no controle ambiental, existe uma lacuna na legislação brasileira no que tange a emissão de odor. Consideram que muitos desses efluentes são percebidos como desagradáveis, ainda que não sejam agressivos ao meio ambiente, são abordados como um assunto de baixa relevância, sendo controlado basicamente em função de exigências da sociedade.

São diversas as possibilidades de redução de odor, por exemplo, realizar melhorias no processo que os gera ou até mesmo a substituição da sua matéria prima. Na impossibilidade destas alterações, o uso de outras técnicas de controle é uma opção importante. São várias as alternativas e cada qual com sua peculiaridade, tecnologia, valor de investimento, eficiência e outros fatores que requerem um estudo específico para a sua adequada aplicação.

Estas técnicas têm apresentado relevantes resultados e vêm se desenvolvendo ao longo do tempo. É interessante observar que, apesar das lacunas nas legislações brasileiras, o mercado tem se preocupado em desenvolver e adotar tais medidas, indicando o seu real compromisso com a sociedade ou a mera preocupação à vinculação de sua imagem.

5 referências

ALFONSÍN, C. et al. Selection of odour removal technologies in wastewater treatment plants: A guideline based on Life Cycle Assessment. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 149, p.77-84, fev. 2015. Elsevier BV.

ALLIEVI, Maria Joana. **Tratamento de odores de sistema de esgotamento sanitário através de biofiltração**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, Florianópolis, 2015.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei nº 997**, de 31 de maio de 1976. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1976/lei-997-31.05.1976.html>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

_____. **Decreto no 8.468**, de 8 de setembro de 1976. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

_____. **Lei No 9.477**, de 30 de dezembro de 1996. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1996/lei-9477-30.12.1996.html>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

BELLI, F. P.; WOLFF, D.B.; CARVALHO, C.M.; COSTA, R.H.R.; RIBEIRO, L.G., Gestão de odores e biodesodorização em um sistema de tratamento de esgoto sanitário. **In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 27., 1998, n. 1, p. 1-7.

BRANCHER, M. **Improvement of regulatory strategies for environmental odour management**. 2017. 199 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

BRANCHER, M. et al. Odour impact criteria in south american regulations. **Chemical Engineering Transactions**, [s.l.], v. 54, p.169-174, set. 2016. AIDIC: Italian Association of Chemical Engineering.

CASA. Clean Air Strategic Alliance. **Good practices guide for odor management in Alberta**. From prevention and mitigation to assessment and complaints. CASA: Edmonton: 92 p. 2015,

CARVALHO, Cleide Martins de. Odor e biodesodorização em reatores anaeróbios. 2001. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, UFSC, Florianópolis, 2001.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 382**, de 26 de dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>>. Acesso em: 24 Jul. 2019.

COOPER, C.D.; ALLEY, F.C., Air pollution control, 4.ed.: A Design Approach, Waveland Press, Long Grove, 2011.

DE MELO LISBOA, H.; PAGE, T.; GUY, C. Gestão de odores : fundamentos do Nariz Eletrônico. **Eng. Sanit Ambient**. v. 14, n. 1, p. 9–18, 2009.

DEFRA. Department for Environment, **Food and Rural Affairs**. Odour Guidance for Local Authorities. London: DEFRA, p.110, 2010.

DEVINNY, Joseph S.; DESHUSSES, Marc A.; WEBSTER, Todd Stephen. **Biofiltration for Air Pollution Control**. : CRC Press, 1999. 318 p.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Emissões atmosféricas**. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/temas-ambientais/ver-todos/emissoes-atmosfericas/>>. Acesso em: 24 Jul. 2019.

FINN, LARRY J.; GA, MARIETTA. **Odor Control System**. United States Patent, Patent number 6,087,159, July 11th 2000.

FITCH, M., Membrane bioreactor technology. In: SHAREEFDEEN, Z.; SINGH, A. ed. **Biotechnology for odor and air pollution control**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005. cap. 9.

JARDIM, Wilson F.; CANELA, Maria Cristina. **Caderno Temático Volume 01**: Campinas: Laboratório de Química Ambiental - LQA, 2004.

MARTIN BEAULIEU, SAINTE-FOY; STÉPHANE CHABOT, LÉVIS; YVES CHAREST, ANCIENNE-LORETTE. **Methods for treating odors**. United States Patent, Patent number 9,522,206 B2, December 20th 2016.

