



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**ANDERSON BALBINOT**

**POLUIÇÃO OLFATIVA – COMPOSIÇÃO, MENSURAÇÃO E  
TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM  
POTENCIAL ODORÍFERO**

Porto Alegre

2010

ANDERSON BALBINOT

**POLUIÇÃO OLFATIVA – COMPOSIÇÃO, MENSURAÇÃO E  
TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM  
POTENCIAL ODORÍFERO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Química.

Professor Orientador: Dr. Marla Azário Lansarin

Porto Alegre

2010

## ***Resumo***

O número de reclamações relacionadas à poluição olfativa vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. Por possuir um caráter mais subjetivo que as outras formas de poluição, não existe legislação específica de âmbito nacional que limite as emissões de substâncias odoríferas por uma instalação industrial. Neste trabalho, são apresentadas as principais classes de compostos com alto potencial odorífero, bem como seu limite de detecção. Posteriormente, são relatadas e explicadas as principais formas de mensurar as emissões de odores mais comumente utilizadas. Além disso, estão listadas as principais técnicas de desodorização amplamente utilizadas no tratamento de efluentes com potencial odorífero e um comparativo de custos e dos critérios para a escolha da técnica mais viável economicamente são apresentados. A fim de melhor ilustrar os pontos acima descritos, o estudo de um caso envolvendo reclamações de odores oriundos de um frigorífico é analisado.

**Palavras chave:** compostos odoríferos, poluição olfativa, técnicas de desodorização.

## Sumário

<b>1- Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2- Caracterização e efeitos dos compostos odorantes .....</b>	<b>3</b>
<b>3- Parâmetros associados com odores .....</b>	<b>4</b>
<b>4- Principais fontes de odores no setor industrial.....</b>	<b>5</b>
<b>5- Principais compostos químicos responsáveis pelos odores .....</b>	<b>6</b>
<b>5.1- Compostos Sulfurados.....</b>	<b>6</b>
<b>5.2- Compostos nitrogenados .....</b>	<b>8</b>
<b>5.3- Compostos Oxigenados e Aromáticos.....</b>	<b>9</b>
<b>6- Técnicas para mensurar emissões de odores .....</b>	<b>10</b>
<b>6.1- Técnicas Analíticas Químicas.....</b>	<b>10</b>
6.1.1- Cromatografia Gasosa.....	10
6.1.2- Tubos Colorimétricos.....	11
6.1.3- Nariz Eletrônico .....	11
<b>6.2- Técnica Sensorial ou Olfatometria.....</b>	<b>12</b>
<b>7- Processos de purificação de efluentes gasosos odorantes .....</b>	<b>13</b>
<b>7.1- Incineração .....</b>	<b>14</b>
7.1.1- Incineração térmica .....	15
7.1.2- Incineração catalítica.....	15
<b>7.2- Processos Biológicos .....</b>	<b>16</b>
7.2.1- Classificação dos bioprocessos .....	17
7.2.1.1- Biofiltro.....	17
7.2.1.2- Biofiltro percolador ou Leito bacteriano .....	18
7.2.1.3- Biolavador.....	18
7.2.2- Principais microorganismos utilizados.....	19
<b>7.3 - Absorção ou Lavagem de Gás.....</b>	<b>20</b>
7.3.1- Tipos de torre de absorção .....	20
7.3.2- Seleção da solução de lavagem .....	21
<b>7.4- Adsorção .....</b>	<b>22</b>
7.4.1- Configurações dos sistemas de adsorção.....	23
7.4.2- Materiais adsorventes utilizados .....	23
<b>8- Critérios para a escolha da técnica de tratamento .....</b>	<b>24</b>
<b>8.1- Critérios a serem analisados .....</b>	<b>25</b>
8.1.1- Composição química do efluente .....	25

8.1.2- Temperatura .....	25
8.1.3- Teor de umidade.....	25
8.1.4- Vazão e concentração.....	26
8.1.5- Critério mais importante: o custo .....	27
<b>9- Estudo de caso .....</b>	<b>28</b>
<b>9.1 - Apresentação do caso .....</b>	<b>28</b>
<b>9.2 - Principais focos de emissão de odores.....</b>	<b>29</b>
9.2.1 - ETE .....	29
9.2.2 - Graxaria.....	30
<b>9.3 - Recomendações para minimizar as emissões observadas.....</b>	<b>31</b>
9.3.1 - Tanques de tratamento físico-químico .....	31
9.3.2 - Reatores anaeróbios.....	32
9.3.3 - Graxaria.....	32
<b>9.4 - Monitoramento das emissões nos arredores do frigorífico.....</b>	<b>33</b>
<b>10 – Conclusão .....</b>	<b>34</b>
<b>11 – Referências Bibliográficas .....</b>	<b>36</b>

## Lista de figuras

<i>Figura 1 - Roda de descrição de odores.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 - Esquema do Nariz Eletrônico.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3 - Esquema de um olfatômetro. ....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4 - Classificação dos principais métodos de purificação de odores .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5 - Esquema de um incinerador catalítico.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6 - Esquema das configurações clássicas do tratamento biológico de odores.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7 - Principais configurações das torres de absorção .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8 - Relação entre vazão e concentração para a escolha de uma técnica de desodorização.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9 - Vista aérea da localização do frigorífico e das reclamações recebidas.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 10 - Decantadores (a esquerda) e tanque flotador (a direita).....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11 - Reator anaeróbio.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12 - Chaminé de exaustão da graxaria.....</i>	<i>31</i>

## Lista de tabelas

<i>Tabela 1 - Principais compostos odoríferos sulfurados .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 2 - Principais compostos odoríferos nitrogenados .....</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 3 - Outros compostos odoríferos oriundos de processos industriais.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabela 4 - Classificação dos processos biológicos de tratamento de odores.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 5 - Alguns exemplos de microorganismos utilizados em processos biológicos.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 6 - Principais famílias de odorantes relacionadas com o meio de absorção desejado.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 7 - Capacidade máxima de adsorção de algumas moléculas odorantes em carvão ativado.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 8 - Estudo comparativo do custo das técnicas de desodorização.....</i>	<i>27</i>

## **1- Introdução**

A poluição atmosférica é um assunto que desperta muito interesse da população na atualidade. As emissões de gases causadores do efeito estufa ou dos gases causadores de chuva ácida são amplamente controladas por leis de âmbito nacional ou estadual. No caso das emissões de compostos de natureza odorífera, não há no Brasil nenhuma lei que estabeleça limites objetivos de concentração ou de percepção de odores em instalações industriais. Estabelece-se apenas, na licença de operação, que não pode ocorrer percepção de odores no exterior da empresa.

Contrariamente a outras formas de poluição conhecidas, as quais podem ser controladas através de medições simples e repetitivas, a poluição olfativa é de difícil avaliação, devido ao caráter aleatório e subjetivo do odor. A capacidade olfativa de cada ser humano é bastante distinta e os incômodos causados por um determinado odor são dependentes das experiências pessoais de cada indivíduo.

Nos últimos anos, o número de reclamações recebidas pelo Ministério Público do Rio Grande do Sul (MP-RS) que tratam de poluição olfativa vem crescendo consideravelmente. Um dos principais fatores responsáveis por este crescimento é o aumento da população urbana e a expansão das zonas residenciais das cidades para áreas onde se encontram instalações industriais. Dessa forma, um número cada vez maior de empresas necessita instalar ou melhorar seu sistema de tratamento de odores.

As técnicas de desodorização de efluentes gasosos devem apresentar baixo custo de operação e instalação e elevada eficiência. Atualmente, a absorção e a incineração são as técnicas mais utilizadas para tratar emissões de odores. Processos biológicos ainda são pouco difundidos no Brasil, mas vêm sendo bastante estudados e desenvolvidos a níveis mundiais por possuírem baixíssimo custo.



No presente documento são apresentadas as principais classes de compostos odoríferos, além das principais técnicas de medição e de tratamento de odores. Um estudo comparando os principais critérios que devem ser avaliados no momento da escolha de uma técnica de desodorização foi elaborado. Ao final do documento, a fim de melhor ilustrar os conceitos desenvolvidos ao longo do trabalho, um estudo de caso a respeito de uma reclamação recebida pelo MP-RS foi desenvolvido.

## 2- Caracterização e efeitos dos compostos odorantes

A sensação de odores é de fundamental importância no conforto dos seres humanos. A reação olfativa é o resultado de um estímulo criado pelo bulbo olfatório localizado na parte superior da passagem nasal. Quando o sistema olfativo entra em contato com moléculas odoríferas, sinais são enviados através de fibras nervosas onde as impressões de um determinado odor são criadas e comparadas com memórias estocadas referentes a percepções individuais e valores sociais. A detecção de odores é característica de cada pessoa. Ela varia em função das condições físicas, da educação e da memória de determinado indivíduo (Brian Sheridan, 2008).

Uma substância deve apresentar algumas características para que seja considerada de natureza odorífera (Alexander, 2000), as quais passam a ser descritas:

- **elevada pressão de vapor:** capacidade de se evaporar ou estar na fase gasosa à temperatura e pressão atmosféricas, de maneira que a substâncias possa ser carregada pelo ar para dentro das narinas;
- **hidrossolubilidade:** devido ao fato de que as moléculas odorantes precisam se solubilizar no muco que reveste a superfície interior da cavidade nasal e assim alcançar as células olfativas;
- **lipossolubilidade:** pelo fato das células olfativas serem compostas primariamente de lipídeos.

Segundo Nicell J.A. (2009) odores podem causar uma variedade de indesejáveis reações nas pessoas, que podem variar desde simples incômodos até efeitos sobre a saúde. Exposições prolongadas a odores podem ocasionar desconforto, náusea, dores de cabeça, vômitos e problemas respiratórios. Além disso, longas exposições podem acarretar problemas psicológicos e levar a sintomas como stress emocional, perda de apetite, insônia e alta irritabilidade.

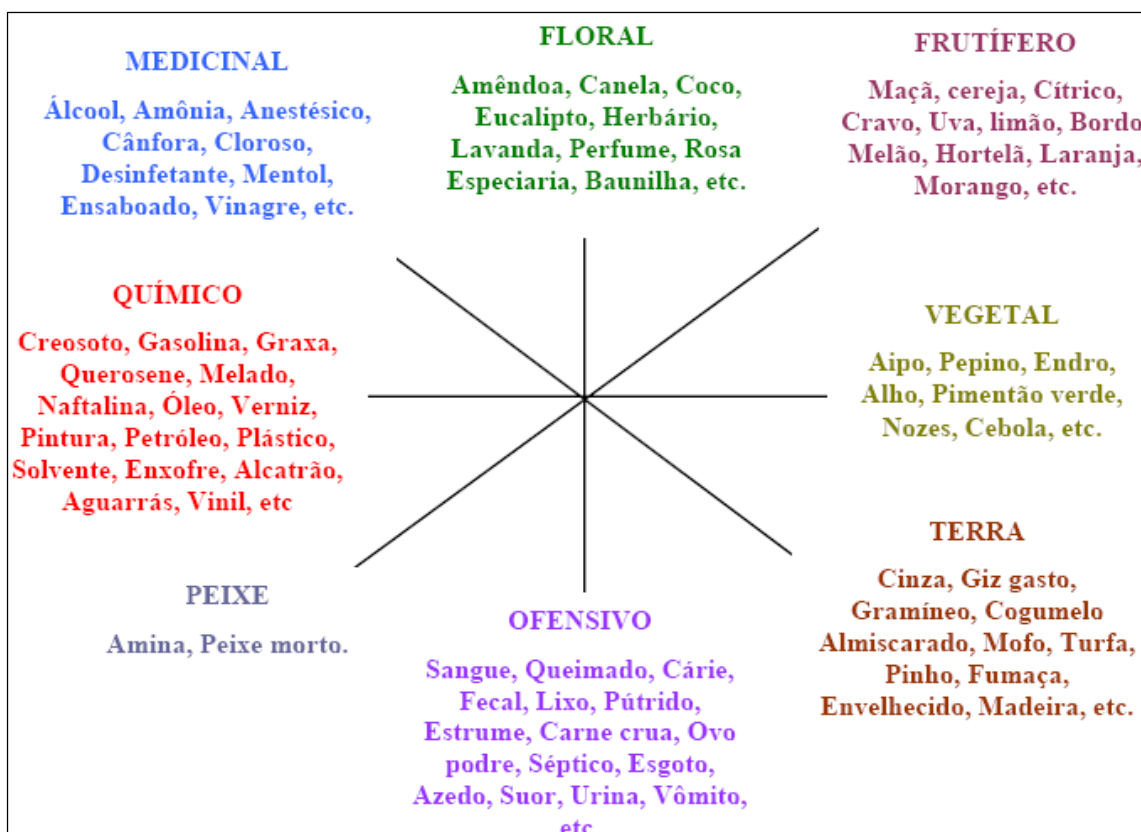
Como a maioria das emissões de maus odores é composta por uma mistura de substâncias, o conhecimento das mesmas não necessariamente fornece uma boa indicação da resposta de um determinado indivíduo ao odor. Dessa forma, uma avaliação mais subjetiva dos fatores que influenciam a sensação de odores deve ser estabelecida. Geralmente, o impacto de um odor resulta da combinação de fatores que interagem coletivamente conhecidos como FIDOL: Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização (Freeman et Cudmore, 2002).

### **3- Parâmetros associados com odores**

**Limite de detecção ou threshold:** é avaliado como sendo o ponto a partir do qual a concentração de um determinado componente se torna forte o suficiente para produzir uma primeira sensação de odor. Como existe uma grande variância entre a capacidade olfativa dos indivíduos, o threshold é determinado por uma banca de avaliadores treinados, seu valor é a concentração na qual apenas 50% dos avaliadores detectam o odor (IPCC H4 – Part 1).

**Unidade de odor (ou.m<sup>-3</sup>):** é definida como sendo a quantidade de diluições necessárias para que uma amostra atinja o seu limite de detecção. Quando maior o número de diluições necessárias, maior será o potencial odorífero da amostra (Odour Guidance 2010 - SEPA).

**Caráter de um odor:** é determinado por uma banca de avaliadores que são expostos a um odor e devem qualificá-lo através de uma lista de determinados adjetivos, apresentados na Figura 1.



**Figura 1** - Roda de descrição de odores. *Fonte: Lopes de Souza (2007).*

#### 4- Principais fontes de odores no setor industrial

Compostos odorantes originados de atividades industriais são resultantes das reações químicas e/ou biológicas. Le Cloirec et al. (1991) dividem as fontes odorantes em duas categorias:

- odores provenientes da fermentação, ou seja, da transformação de substâncias minerais ou vegetais em moléculas voláteis em meio aeróbio ou anaeróbio. São originadas principalmente da decomposição da matéria orgânica que contém enxofre e nitrogênio;

- odores da indústria de transformação, como a agroalimentar, química, perfumaria, etc. Neste caso, os odores podem ser provenientes da própria matéria-prima, do produto intermediário ou final, ou ainda de algum subproduto.

Diversas são as atividades industriais que podem gerar grandes quantidades de odores, dentre as quais se pode citar: abatedouros, frigoríficos, curtumes, estações de tratamento de efluentes, criações de animais, refinarias de petróleo, indústrias de solventes e tintas, produção de celulose, etc.

## **5- Principais compostos químicos responsáveis pelos odores**

A maior parte dos odores gerados nos processos do setor industrial é oriunda da digestão anaeróbia da matéria orgânica. É grande o número de compostos odoríferos gerados, os quais podem ser classificados em: compostos sulfurados, compostos nitrogenados e moléculas oxigenadas ou aromáticas (ácidos graxos voláteis, aldeídos, cetonas, etc) (Gelinas et Heroux, 2004).

### ***5.1- Compostos Sulfurados***

Os compostos sulfurados estão entre as substâncias mais odorantes conhecidas e podem ser detectados em baixíssimas concentrações, na ordem de ppbs. Quanto à estrutura química, eles se dividem em duas categorias: sulfetos (-S) e mercaptanas (-SH).

Na Tabela 1 são apresentadas algumas das principais substâncias odoríferas que contêm enxofre em sua estrutura, além do valor do limite de detecção (valor a partir do qual a substância passa a ser detectada pelo sistema olfativo humano) e da característica do odor.

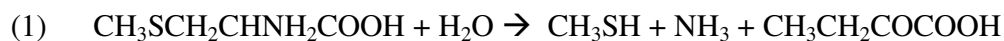
**Tabela 1** - Principais compostos odoríferos sulfurados

<i>Composto</i>	<i>Fórmula química</i>	<i>Limite de detecção (ppb)</i>	<i>Característica do odor</i>
Sulfeto de hidrogênio	H <sub>2</sub> S	4.5	ovos podres
Dissulfeto de carbono	CS <sub>2</sub>	11-32	ovos podres
Sulfeto de carbonila	COS	102	ocre
Dimetil sulfeto	CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub>	0.12-63.23	forte e irritante
Dimetil dissulfeto	CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub>	0.29-12	forte e irritante
Dimetil trissulfeto	CH <sub>3</sub> SSSCH <sub>3</sub>	1.42	forte e irritante
Metilmercaptana	CH <sub>3</sub> SH	0.0002-19.4	forte de alho
Etilmercaptana	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> SH	0.017-0.7	forte de gambá
Isopropilmercaptana	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHSH	0.0008-0.006	forte de gambá

*Fontes: Adaptado de Clanton et Schmidt (2000) com informações adicionais de [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br).*

Smet et Van Langenhove (1998) relatam que o aparecimento de substâncias sulfuradas voláteis orgânicas estão relacionadas com a presença de microrregiões com atividade anaeróbia, resultando na fermentação dos compostos sulfurados presentes e/ou na quebra das moléculas através de aquecimento térmico.

Segundo Clanton et Schmidt (2000) as grandes cadeias de compostos orgânicos que contêm enxofre, geralmente proteínas e aminoácidos, são decompostas em compostos sulfurados intermediários, os quais serão terminalmente transformados em sulfeto de hidrogênio. Os autores propõem um exemplo de mecanismo de reação a partir de um aminoácido (metionina), apresentado abaixo:



## 5.2- Compostos nitrogenados

O principal composto odorífero nitrogenado encontrado em processos industriais é a amônia ( $\text{NH}_3$ ). Ela é produzida através da decomposição anaeróbia e/ou aeróbia de proteínas e de aminoácidos. Quando o substrato tem uma relação carbono/nitrogênio inferior a 20–25 e quando o pH é superior a 7, tem-se condições preferenciais para a formação de amônia (Clanton et Schmidt, 2000).

Além da amônia, diversas aminas são oriundas da degradação da matéria orgânica, dentre elas a cadaverina e a putrescina. Os indols, compostos orgânicos heterocíclicos que são constituídos de um anel de seis membros (benzeno) unido a outro de cinco membros (pirrol), são outro tipo de moléculas nitrogenadas geradoras de maus odores. Estes compostos são oriundos principalmente do triptofano, aminoácido que compõe uma grande quantidade de proteínas. Na Tabela 2 são apresentados os principais compostos nitrogenados de natureza odorífera.

**Tabela 2** - Principais compostos odoríferos nitrogenados

<i>Composto</i>	<i>Fórmula química</i>	<i>Limite de detecção (ppb)</i>	<i>Característica do odor</i>
Amônia	$\text{NH}_3$	500 - 37000	picante e irritante
Metilamina	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	2,1	peixe em decomposição
Etilamina	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	50 - 830	peixe em decomposição
Dimetilamina	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	47 - 160	picante, amoniacal
Cadaverina	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	-	carne em decomposição
Putrescina	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	-	carne em decomposição
Indol	$\text{C}_8\text{H}_6\text{NH}$	0,6	peixe deteriorado
Escatol	$\text{C}_9\text{H}_8\text{NH}$	0,8 - 100	fecal, nauseante

*Fonte: BELLI FILHO Paulo et al.*

### 5.3- Compostos Oxigenados ou Aromáticos

Como os compostos sulfurados e nitrogenados a maioria destas substâncias é originada da decomposição da matéria orgânica. Ácidos graxos voláteis como o ácido acético e o ácido butírico são originados de óleos e graxas. Por sua vez, os aldeídos e os compostos aromáticos são oriundos da decomposição de resíduos lenhosos.

Além disso, a aparição desses compostos esta relacionada com as próprias atividades industriais, sendo oriunda das matérias-primas e dos insumos utilizados ao longo do processo. Nas indústrias de pintura, por exemplo, uma grande quantidade de compostos é volatilizada, agregando um cheiro característica na atmosfera do local. Na Tabela 3 são apresentados os principais compostos de natureza odorífera oriundos de processos industriais.

**Tabela 3 - Outros compostos odoríferos oriundos de processos industriais**

<i>Classe do composto</i>	<i>Composto</i>	<i>Fórmula química</i>	<i>Limite de detecção (ppm)</i>	<i>Característica do odor</i>
Ácidos	Acético	CH <sub>3</sub> COOH	0,025-6,5	vinagre
	Butírico	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	0,0004-3	manteiga
	Valérico	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> COOH	0,0008-1,3	suor
Aldeídos	Formaldeído	HCHO	0,033-1,12	ocre, sufocante
	Acetaldeído	CH <sub>3</sub> COH	0,04-1,8	odor frutífero
	Butiraldeído	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COH	0,013-15	ranço e penetrante
Alcoóis e fenóis	Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	0,2	odor de álcool
	Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	0,006-0,13	odor de álcool
	Fenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,0002-0,004	odor doce
	Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>7</sub> OH	0,00001	odor suave
Aromáticos	Tolueno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,16	odor característico
	Xileno	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,851	odor doce

*Fontes: Adaptado de BELLI FILHO Paulo et al. com informações adicionais de [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br).*



## **6- Técnicas para mensurar emissões de odores**

A análise de uma emissão odorífera é de grande dificuldade, pois almeja correlacionar espécies químicas com o sistema olfativo humano. Na maioria dos casos, os odores são causados por um “coquetel” de substâncias que variam sua concentração durante o tempo, tornando muitíssimo complicada a padronização desses odores em bases de quantificação química. Nesses casos, análises olfatométricas são requeridas (Odour Guidance 2010 - SEPA).

### ***6.1- Técnicas Analíticas Químicas***

A grande vantagem das análises químicas é que os odores podem ser quantificados e comparados com limites estabelecidos de qualidade do ar. Estes métodos abrangem emissões compostas por um pequeno número de substâncias e de fácil identificação.

#### ***6.1.1- Cromatografia Gasosa***

A cromatografia gasosa é um método físico-químico amplamente utilizado para separar, identificar e quantificar amostras de odorantes. Espectrofotômetros de Massa são de uso corrente em situações quando não se tem conhecimento da composição da emissão odorante. Os espectros obtidos são comparados com espectros de referência conhecidos (Gomes e Oliveira, 2001/2002).

As principais desvantagens do método são que ele é ineficiente para detectar espécies inorgânicas como, por exemplo, amônia e sulfeto de hidrogênio e que as concentrações das substâncias no ar podem estar abaixo da faixa de detecção do aparelho.

### ***6.1.2- Tubos Colorimétricos***

São tubos que contêm substâncias químicas que reagem com o analito gerando uma determinada cor característica. O tempo de análise pode variar de poucos minutos a algumas horas. Os limites de detecção dessa técnica variam entre 0,2 e 1 ppm. Existe no mercado uma grande variedade de tubos cobrindo um grande número de substâncias (Wheeler, 2009).

A grande desvantagem dos tubos colorimétricos é que substâncias com características químicas semelhantes (aminas e amônia, por exemplo) são detectadas simultaneamente no momento da análise, gerando assim medições incertas em relação a um componente específico (IPCC H4 – Part 2, 2002).

### ***6.1.3- Nariz Eletrônico***

Narizes eletrônicos têm sido desenvolvidos para detecção automática e classificação de odores, vapores e gases. São instrumentos capazes de medir a concentração ou intensidade odorante de modo similar a um olfatômetro, porém sem as limitações inerentes ao uso de painéis humanos, o que é altamente desejável. Têm sido aplicados em diversas áreas, tais como análise de alimentos, controles ambientais e diagnósticos médicos.

O nariz eletrônico é composto por dois componentes, um conjunto de sensores químicos e um algoritmo de reconhecimento, como representado na Figura 2. Após o sinal ser ‘cheirado’, um software interpreta e compara o espectro medido com os padrões armazenados na memória do computador para odores conhecidos. Portanto, o nariz eletrônico é composto por um sistema de aquisição de amostras, um arranjo de sensores e por um sistema de processamento e classificação de odores (De Melo Lisboa et al., 2009).

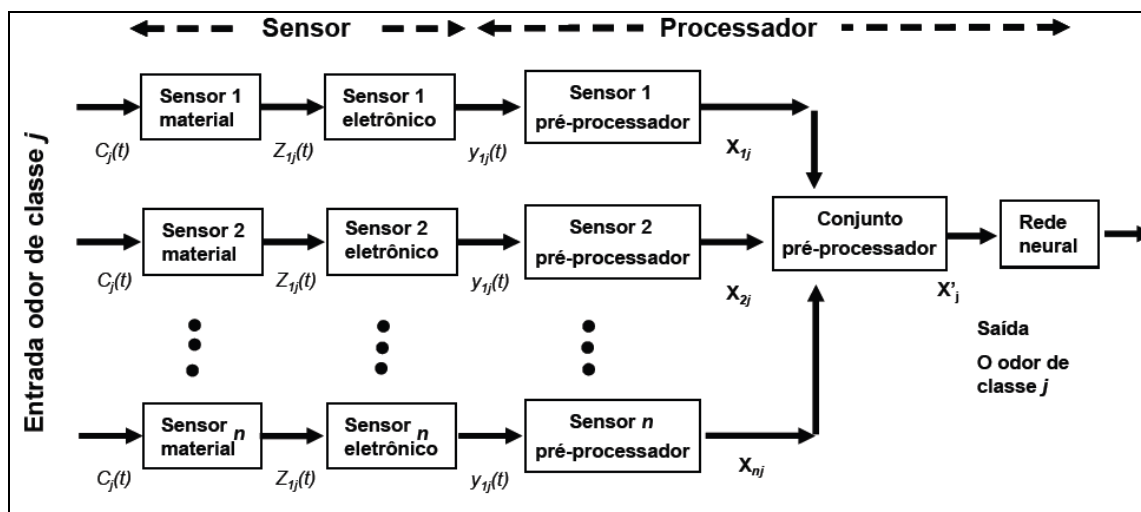


Figura 2 - Esquema do Nariz Eletrônico. Fonte: De Melo Lisboa et al. (2009).

## 6.2- Técnica Sensorial ou Olfatometria

Quando a amostra é uma mistura desconhecida de substâncias cujas composições variam ao longo do tempo, as técnicas olfatométricas se tornam a única maneira efetiva de ‘quantificar’ o odor (IPCC H4 – Part 2, 2002).

O teste envolve uma banca de analisadores e é conduzido num olfâmetro. Cada analisador tem acesso a três amostras, apenas uma delas é a amostra diluída do odorante, as outras duas são correntes de gases sem odor, conforme esquema mostrado na Figura 3. O avaliador deve apontar qual das amostras contém o analito. Sucessivas diluições são realizadas, os resultados são compilados e um estudo estatístico é realizado, o qual visa eliminar as variabilidades entre os sistemas olfativos dos indivíduos (Odour Guidance 2010 - SEPA). Os resultados são expressos em termos de diluições para se atingir o valor do threshold, ou seja, unidades de odor.

A grande desvantagem da técnica é que o tempo de vida das amostras coletadas é baixo e, além disso, apresenta-se como um método bastante caro, devido ao trabalho de coleta e ao grande número de pessoas envolvidas.

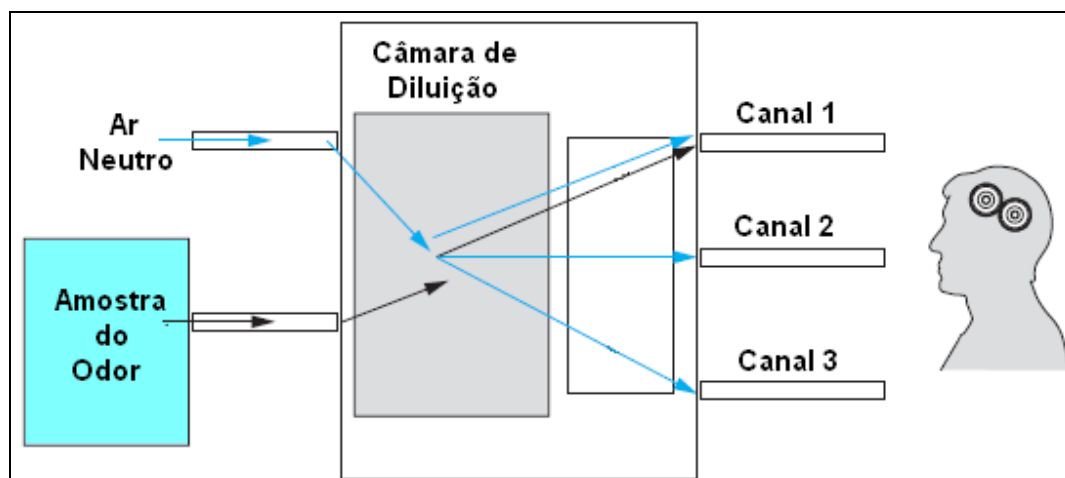
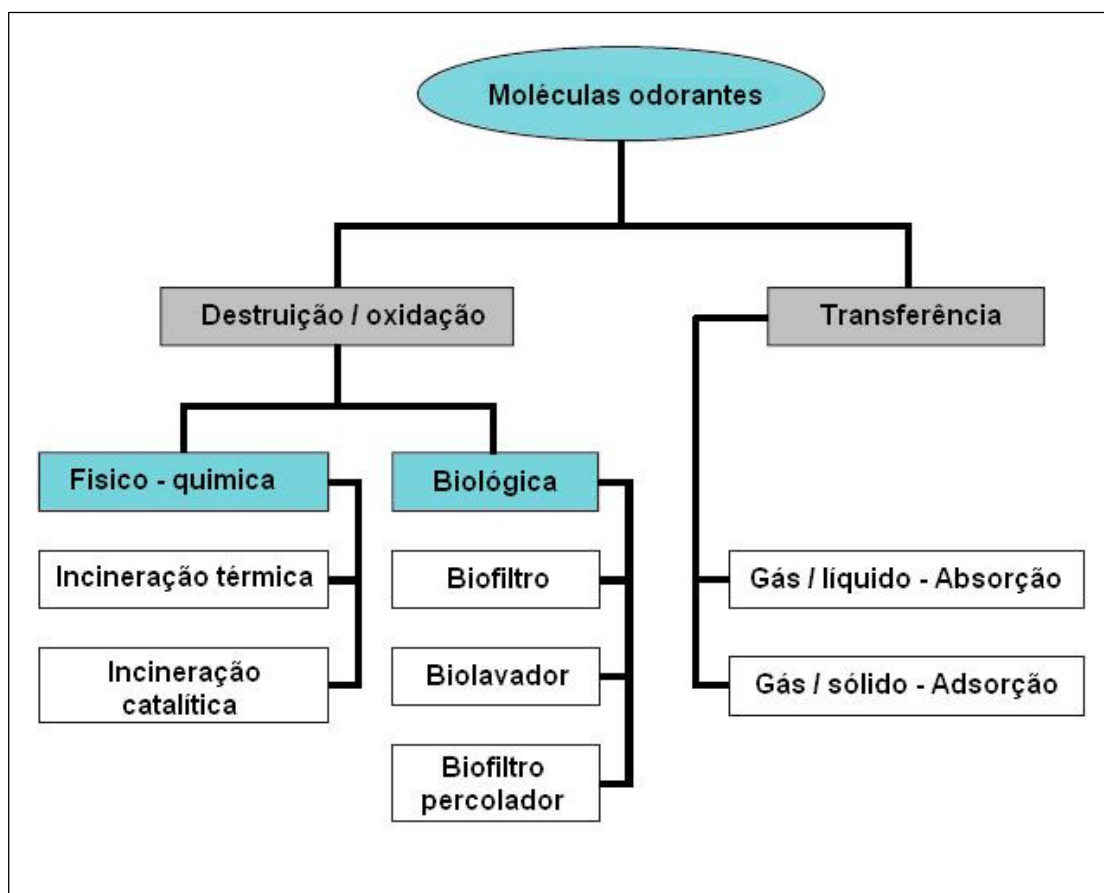


Figura 3 - Esquema de um olfatômetro. Fonte: Rognon e Pourtier.

## 7- Processos de purificação de efluentes gasosos odorantes

Os compostos odoríferos aparecem em baixíssimas concentrações (na ordem de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ou de  $\text{pg}/\text{m}^3$ ) nos efluentes gasosos. Essas concentrações implicam na necessidade de se utilizar processos específicos para cada situação baseados nas propriedades físico-químicas dos compostos a serem eliminados (IPCC H4 – Part 2, 2002).

De uma maneira geral, os processos de purificação podem ser classificados segundo a forma como as moléculas odorantes são eliminadas, podendo ser através de uma destruição / oxidação ou através de uma simples transferência entre duas fases (Le Cloirec et al.). A Figura 4 resume os principais métodos utilizados.



**Figura 4** - Classificação dos principais métodos de purificação de odores. *Fonte: Le Cloirec et al.*

### 7.1- Incineração

Os processos de incineração são recomendados para efluentes com elevada concentração e podem ser aplicados quase que universalmente para o controle de odores, pois todas as substâncias odorantes podem ser oxidadas a altas temperaturas. O principal fator limitante é o custo; porém, como a corrente de saída do incinerador tem um alto valor calorífico, pode-se reduzir consideravelmente a quantidade de combustível utilizada através de sistemas de recuperação de calor (Odour Guidance 2010 - SEPA).

Compostos que contêm nitrogênio, enxofre ou cloro em sua composição molecular reagem formando compostos cujas emissões para a atmosfera são regulamentadas, como os

óxidos de nitrogênio e enxofre. Dessa forma, se faz necessária uma etapa para a remoção desses compostos antes do descarte para a atmosfera. As técnicas de incineração utilizadas podem ser agrupadas em dois grupos principais:

### ***7.1.1- Incineração térmica***

Essa técnica consiste numa câmara de combustão na qual os compostos odorantes presentes no ar poluído são oxidados no momento de sua passagem por uma chama alimentada por combustível. A temperatura da câmara de combustão, a turbulência e o tempo de permanência são os principais parâmetros operacionais que devem ser otimizados para que se atinja uma boa eficiência de purificação (Le Cloirec et al).

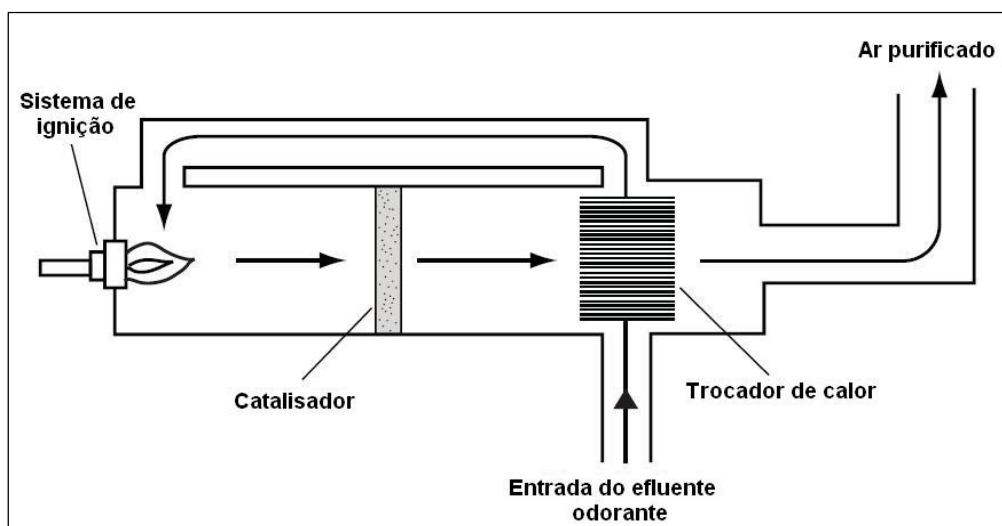
Para que se obtenha uma combustão completa dos compostos odorantes, trabalha-se com excesso de oxigênio e com temperaturas entre 750-800°C. O tempo de residência da mistura gasosa na câmara de combustão varia entre 0,5 e 1 s.

### ***7.1.2- Incineração catalítica***

A incineração catalítica é muito similar a térmica, a principal diferença é que as reações de oxidação ocorrem na superfície do catalisador e não no ar livre presente na câmara de combustão, como ilustrado na Figura 5. Esta técnica é recomendada quando as substâncias odoríferas estão presentes a altas concentrações com pouco ou nenhum material particulado. Eficiências na ordem de 99,5% são obtidas (IPCC H4 – Part 2, 2002).

As reações ocorrem através de um mecanismo que inclui as etapas de adsorção-oxidação-dessorção. As moléculas odorantes e o oxigênio difundem da corrente principal para a superfície do catalisador. A oxidação ocorre e os produtos da reação são desorvidos de volta para a corrente principal. O catalisador promove uma redução da energia de ativação da reação de oxidação e, conseqüentemente, um abaixamento da temperatura no

incinerador (na faixa entre 350-400°C), reduzindo o consumo de combustível (Odour Guidance 2010 – SEPA).



**Figura 5** - Esquema de um incinerador catalítico. *Fonte: Odour Guidance 2010 - SEPA.*

Os catalisadores são constituídos de um suporte inerte refratário metálico ou cerâmico, recobertos com materiais como platina, paládio, ródio, níquel, vanádio ou óxidos de cobre. Os catalisadores estão sujeitos a envenenamento e por isso devem ser escolhidos em função da natureza e da concentração do odor a ser tratado.

## ***7.2- Processos Biológicos***

O princípio da biodegradação baseia-se na decomposição de compostos presentes na corrente de ar a ser desodorizado por via de microorganismos (bactérias ou fungos) em meio aquoso. Os compostos odoríferos são degradados em diferentes subprodutos, dependentes da natureza dos compostos e dos microorganismos utilizados (Pré et al).

Bioprocessos são bastante utilizados por possuírem baixo custo de instalação e de operação. São recomendados para tratar efluentes que possuem concentrações de odorantes

moderadas ou baixas, mas podem ser aplicados a altas vazões de ar. Nessas condições de operações pode-se obter eficiências superiores a 99%.

A maioria dos processos biológicos necessita um período inicial para a estabilização da população microbiana e, para obter uma boa eficiência de trabalho, são necessárias condições estáveis de operação. Assim, os bioprocessos não são apropriados para tratar efluentes que apresentam flutuações em concentração e temperatura.

### **7.2.1- Classificação dos bioprocessos**

Pode-se classificar os diferentes sistemas existentes em processos biológicos em função das condições de mobilidade da fase aquosa e da flora microbiana, como representado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Classificação dos processos biológicos de tratamento de odores.

<b>Biomassa</b>	<b>Fase aquosa</b>	
	<b>Livre</b>	<b>Estática</b>
<b>Livre</b>	Biolavador	-
<b>Estática</b>	Biofiltro percolador	Biofiltro

*Fonte: Lopes de Souza, 2007*

#### **7.2.1.1- Biofiltro**

É constituído por um material de recheio de origem orgânica que serve de suporte para o crescimento microbiano. A biomassa é fixada na superfície do suporte na forma de um biofilme que contém a fase aquosa, a qual permanece estática ao longo do processo. A umidade do leito é mantida através da umidificação da corrente de ar na entrada ou através de irrigação intermitente. O fornecimento de nutrientes não é necessário, pois esses estão presentes no material suporte ( Le Cloirec et al).



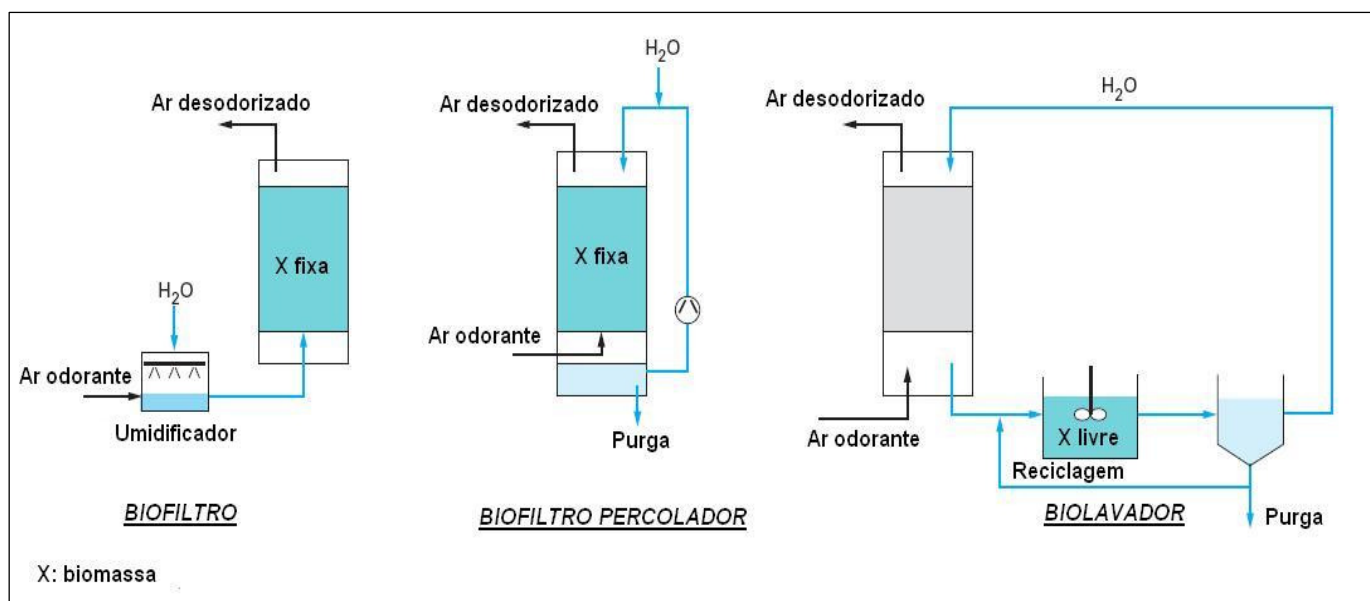
### 7.2.1.2- Biofiltro percolador ou Leito bacteriano

O funcionamento de um biofiltro percolador é muito semelhante ao de um biofiltro, a grande diferença vem do fato que nos biofiltros percoladores a fase aquosa é alimentada continuamente e escoar sobre o material suporte. Nesses processos biológicos é necessário fornecer os nutrientes indispensáveis para o crescimento microbiano, visto que os materiais de recheio utilizados são de origem mineral ou sintética (Shareefdeen et al).

### 7.2.1.3- Biolavador

Nos biolavadores as etapas de transferência dos odorantes à fase aquosa e biodegradação ocorrem separadamente. A coluna de absorção permite a transferência das substâncias orgânicas do ar a ser tratado para a fase aquosa. A degradação biológica dos odorantes absorvidos ocorre no biorreator, no qual a biomassa está presente de forma não suportada. A presença do decantador visa a separação da fase aquosa regenerada da biomassa, para um seqüente reaproveitamento dos mesmos (Pré et al).

A Figura 6 busca melhor ilustrar os sistemas biológicos descritos acima.



**Figura 6** - Esquema das configurações clássicas do tratamento biológico de odores. *Fonte: Pré et al.*

### 7.2.2- Principais microorganismos utilizados

A Tabela 5 apresenta alguns dos principais microorganismos utilizados para a degradação compostos odorantes.

**Tabela 5** - Alguns exemplos de microorganismos utilizados em processos biológicos.

<b>Família das moléculas</b>	<b>Exemplo de compostos</b>	<b>Biomassa associada</b>
Hidrocarbonetos	Tolueno	<i>Nocardia</i>
	Xileno	<i>Aureobacter</i>
Álcoois	Metanol	<i>Corynebacterium</i>
	Butanol	
Cetonas	Acetona	<i>Rhodococcus</i>
Aldeídos	Formaldeído	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
	Acetaldeído	<i>Pseudomonas putida</i>
Nitrogenados	Aminas	<i>Pseudomonas sp.</i>
	Indol	<i>Rhodococcus</i>
	Escatol	
Ésteres	Acetato de etila	<i>Pseudomonas sp.</i>
	Acetato de metila	
Sulfurados	Mercaptanas	<i>Thiobacillus</i>
	Sulfetos	<i>Hypomicrobium</i>
	H <sub>2</sub> S	
Cloroalcanos	Dicloroetano	<i>Xantobacter sp.</i>
	Cloreto de vinila	<i>Mycobacterium sp.</i>

Fonte: Le Cloirec e al.

De uma maneira geral, os efluentes gasosos são constituídos por uma mistura de compostos odoríferos e, dessa forma, o material suporte deve ser impregnado por uma associação de microorganismos para obter uma boa desodorização do efluente.

### ***7.3 - Absorção ou Lavagem de Gás***

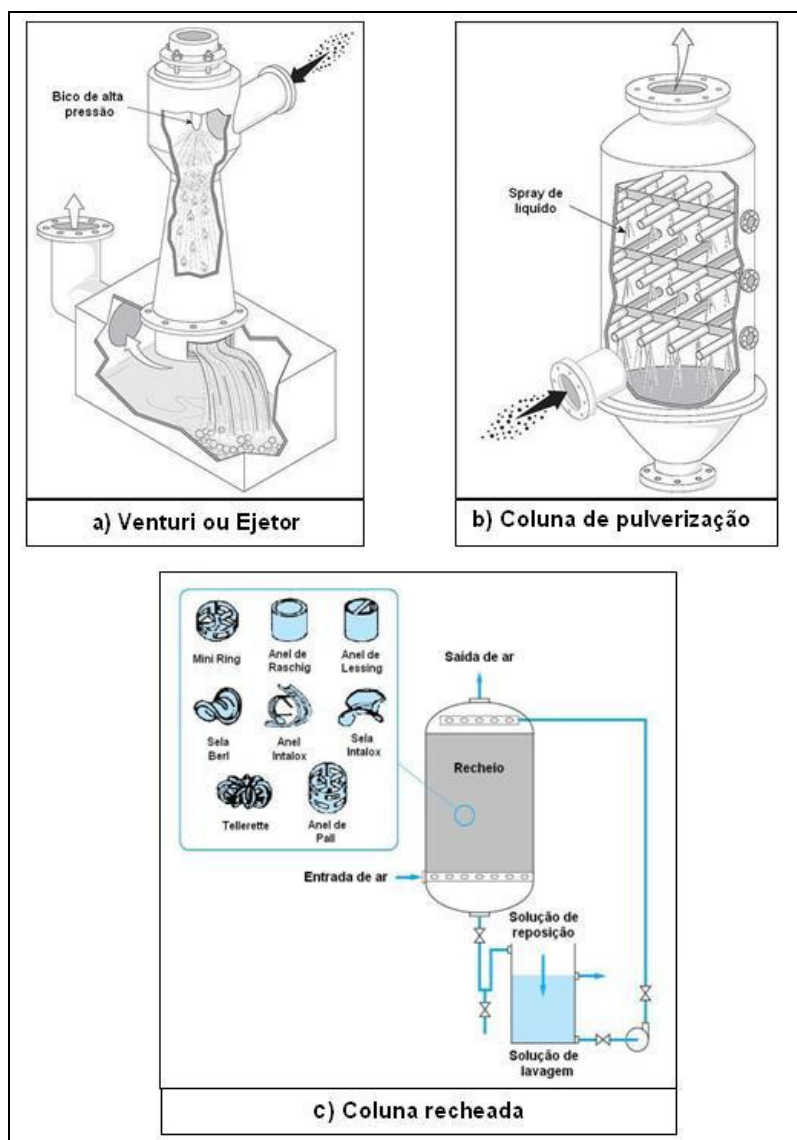
O princípio da absorção baseia-se na transferência de matéria de uma fase gasosa para uma fase líquida. Os compostos odoríferos presentes no efluente gasoso são postos em contato com uma corrente líquida sendo solubilizados. As soluções utilizadas podem ser ácidas, básicas ou oxidantes, dependendo do tipo de odorante que se deseja eliminar.

Os lavadores de gás são atualmente a técnica mais utilizada para o tratamento de emissões odorantes. Esta técnica é recomendada para tratar grandes vazões de gás a concentrações baixas ou moderadas.

#### ***7.3.1- Tipos de torre de absorção***

As torres de absorção devem apresentar uma grande área de contato e uma diferença de concentração entre as fases a mais elevada possível para que se consiga uma elevada transferência de matéria e, conseqüentemente, uma elevada eficiência. É importante também que a perda de carga ao longo da coluna seja muito pequena (Le Cloirec et al)

As tecnologias atualmente utilizadas podem ser classificadas em três tipos: colunas de pulverização, colunas de pratos ou recheadas e ejetores ou venturis (possuem um único bico de alta pressão para a alimentação do líquido). Estas configurações estão ilustradas na figura Figura 7.



**Figura 7** - Principais configurações das torres de absorção. *Fonte: Le Cloirec et al.*

### 7.3.2- Seleção da solução de lavagem

Para atingir elevadas eficiências de remoção dos compostos odorantes presentes no efluente gasoso, é muito importante a escolha da solução de lavagem e, para tal, deve-se levar em conta as propriedades dos compostos a serem absorvidos. As soluções de lavagem podem ser ácidas, básicas ou oxidantes. No caso de um efluente composto por uma mistura de substâncias odoríferas com diferentes propriedades, uma série de lavadores com soluções distintas podem ser utilizados em série (IPCC H4 – Part 2, 2002).

A Tabela 6 relaciona as espécies químicas com os meios de absorção desejados para uma boa eficiência.

**Tabela 6** - Principais famílias de odorantes relacionadas com o meio de absorção desejado.

<b>Odorante</b>	<b>Meio de Absorção Desejado</b>
H <sub>2</sub> S	Podem ser absorvidos e oxidados a elevados pHs.
Mercaptanas	Podem ser absorvidas e oxidadas a elevados pHs.
(Di)Sulfetos	Podem ser oxidados utilizando ácido hipocloroso ou hipoclorito.
Amônia	Podem ser absorvidas em água ou em soluções levemente ácidas.
Aminas	Podem ser absorvidas em soluções levemente ácidas.
Aldeídos e cetonas	Podem ser oxidados a elevados pHs. Reagem bem com bissulfetos.
Ácidos Graxos	Podem ser absorvidos em água ou em soluções levemente alcalinas.

*Fonte: IPPC H4- Part 2.*

#### **7.4- Adsorção**

O processo da adsorção envolve a passagem de uma corrente gasosa contendo as moléculas odorantes através de um leito recheado com material sólido adsorvente, o qual possui uma grande porosidade e conseqüentemente uma elevada área superficial. A técnica é baseada na transferência de moléculas odorantes da corrente principal de ar até a superfície dos poros internos do material adsorvente, onde estas são capturadas e retidas (Odour Guidance 2010 – SEPA).

Esta técnica é recomendada para tratar efluentes que contêm concentrações baixas de compostos odorantes orgânicos. Para altas concentrações, a saturação do meio ocorre muito rapidamente, aumentando consideravelmente os custos de operação.

#### ***7.4.1- Configurações dos sistemas de adsorção***

Todas as instalações que utilizam a adsorção como princípio encontradas atualmente podem ser classificadas em três categorias:

- **leito fixo:** o gás odorante é passado através de um leito estacionário de material adsorvente;
- **leito fluidizado:** o gás odorante atravessa uma suspensão de material adsorvente;
- **leito móvel:** o adsorvente cai pela ação da gravidade através do gás que é movimentado de cima para baixo.

Os sistemas com leito fixo são simples de instalar e apresentam baixos custos de operação. Sua grande desvantagem é que, em elevadas concentrações de odorante, o leito torna-se saturado muito rapidamente. Os sistemas a leito fluidizado e móvel apresentam a vantagem de trabalharem continuamente, porém, por necessitarem a movimentação da fase sólida, têm seu custo de operação elevado (IPCC H4 – Part 2, 2002).

#### ***7.4.2- Materiais adsorventes utilizados***

O material adsorvente mais comumente utilizado é o carvão ativado, por possuir uma elevada área superficial (da ordem de  $500\text{m}^2/\text{g}$ ), ser relativamente barato e reagir com um grande número de compostos orgânicos. A capacidade máxima de adsorção de algumas moléculas odorantes em carvão ativado é apresentada na Tabela 7. Em alguns casos, para melhorar a capacidade de adsorção, o carvão ativado pode ser impregnado com alguma espécie química que reaja com o odorante a ser eliminado ou pode ter o tamanho de seus poros modificado. Quando as condições de operação apresentam elevadas temperaturas e umidades, outros materiais adsorventes são preferíveis como, por exemplo, a sílica gel, os óxidos de metais e as zeólitas (Le Cloirec et al).

**Tabela 7** - Capacidade máxima de adsorção de algumas moléculas odorantes em carvão ativado.

<b>Composto odorante</b>	<b>Capacidade máxima de adsorção (mg.g<sup>-1</sup>)</b>
Acetaldeído	70
Benzeno	240
Dissulfeto de Carbono	150
Cresol	300
Formaldeído	40
Metilmercaptana	200
Naftaleno	300
Nicotina	250
Fenol	300
Piridina	250
Sulfeto de hidrogênio	30
Tolueno	290
Xileno	340
Amônia e aminas	negligenciável

*Fonte: Le Cloirec et al.*

## **8- Critérios para a escolha da técnica de tratamento**

Definir qual técnica é a mais apropriada para tratar um determinado efluente é bastante complexo, tendo em vista a grande quantidade de variáveis que devem ser levadas em conta. Abaixo estão listados os principais critérios objetivos que devem ser analisados no momento da escolha (IPCC H4 – Part 2, 2002).

## ***8.1- Critérios a serem analisados***

### ***8.1.1- Composição química do efluente***

É de vital importância conhecer os tipos de moléculas odorantes presentes no efluente e suas propriedades físico-químicas. Dessa forma, uma substância solúvel pode ser transferida para uma solução de lavagem, um composto ácido ou básico poderá ser eliminado por neutralização com uma base ou ácido, respectivamente. Moléculas adsorvíveis podem ser tratadas com carvão ativado e moléculas biodegradáveis pela utilização de microorganismos.

### ***8.1.2- Temperatura***

A temperatura dos gases a serem tratados pode limitar as opções de desodorização disponíveis ou pode exigir unidades de resfriamento. Por exemplo, em bioprocessos ou na adsorção com carvão ativado, temperaturas superiores a 35-40°C conduzem a baixíssimas eficiências. Contrariamente, altas temperaturas de alimentação reduzem os custos operacionais ao se utilizar a incineração.

### ***8.1.3- Teor de umidade***

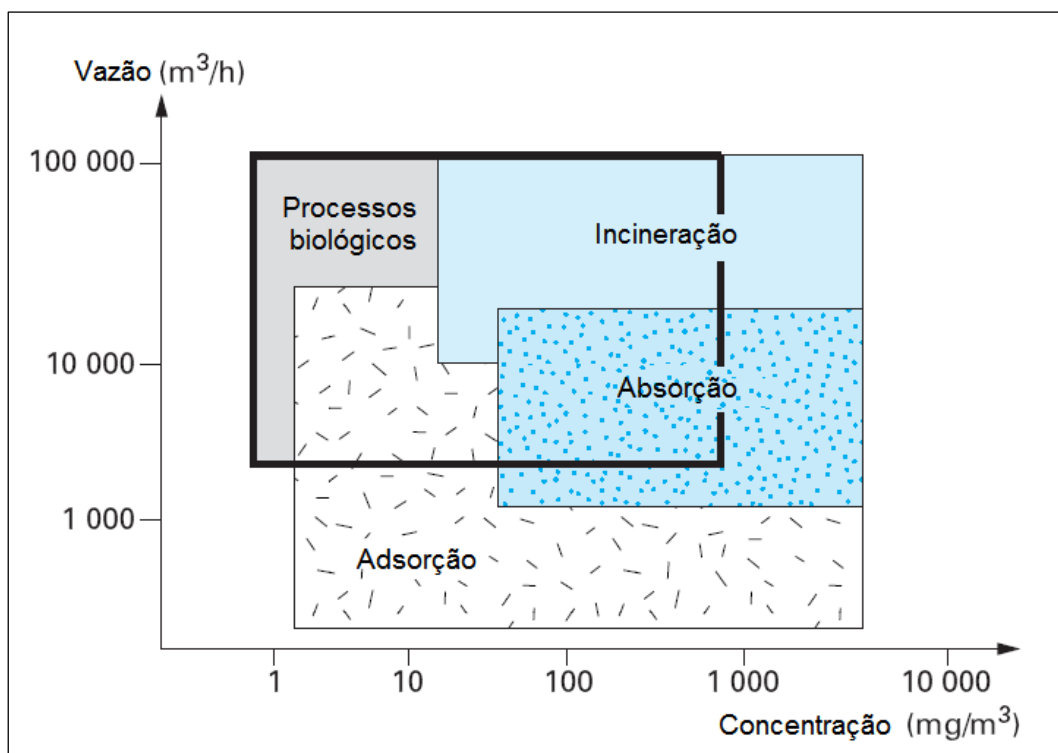
O nível de umidade presente no gás de alimentação também influencia na escolha da técnica de desodorização. Altos teores de umidade são benéficos em bioprocessos, pois reduzem a quantidade de água de irrigação necessária. Por outro lado, altas umidades não são desejadas na adsorção, devido ao preenchimento dos poros com água, e na incineração, devido a um aumento no consumo de combustível. No caso dos lavadores de gases, o teor de umidade não tem grande influência no processo.



### 8.1.4- Vazão e concentração

A escolha da melhor técnica de desodorização está estritamente ligada com o tipo de corrente a ser tratado. De uma forma geral, existem dois tipos de correntes: as oriundas do processo (as quais apresentam altas concentrações e baixas vazões) e as correntes de ventilação (as quais apresentam baixas concentrações e elevadas vazões).

A Figura 8 busca correlacionar a vazão e a concentração do poluente para a escolha de uma técnica de desodorização. Pode-se observar que algumas regiões são compreendidas por diversas técnicas, mostrando que não existe uma escolha absoluta e que outros parâmetros devem ser levados em conta, como, por exemplo, o nível de controle exigido (Le Cloirec et al).

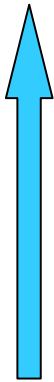


**Figura 8** - Relação entre vazão e concentração do poluente para a escolha de uma técnica de desodorização. *Fonte: Le Cloirec.*

### 8.1.5- Critério mais importante: o custo

Obviamente, o critério mais importante no momento da escolha de uma técnica de desodorização é o custo. É bastante complicado obter estimativas gerais que possam classificar as técnicas apresentadas em função dos custos de instalação e de operação. Le Cloirec, Fanlo e Gracian, efetuaram um estudo comparativo dos custos totais das diferentes técnicas, o qual é apresentado na Tabela 8. É importante ressaltar que este comparativo não leva em conta possíveis valorizações energéticas ou valorizações de resíduos ou subprodutos gerados ao longo do processo.

**Tabela 8** - Estudo comparativo do custo das técnicas de desodorização.

<b>Custo</b>	<b>Processo</b>
	Incineração
	Absorção de compostos orgânicos
	Adsorção com carvão ativado
	Biofiltro percolador
	Biolavador
	Absorção com neutralização química
	Absorção com água
	Biofiltro

*Fonte: Le Cloirec et al.*

## 9- Estudo de caso

Com o objetivo de ilustrar os conceitos teóricos vistos previamente, um estudo de caso será apresentado na seqüência.

### 9.1 - Apresentação do caso

No mês de agosto do ano de 2010, a Divisão de Assessoramento Técnico (DAT) do Ministério Público do Rio Grande do Sul recebeu uma reclamação de percepção de odores oriundos de um frigorífico. A fim de melhor responder as questões de cunho técnico feitas pelo promotor da cidade em questão, cujo nome será omitido por questões de confidencialidade, uma vistoria foi realizada dia 23/08/2010 por um dos engenheiros químicos da DAT.

O frigorífico está situado na zona urbana do município e há uma grande quantidade de residências nos arredores da indústria. A reclamação foi feita por residentes situados a cerca de 500 m a leste do frigorífico. A Figura 9 busca ilustrar o caso.



**Figura 9** - Vista aérea da localização do frigorífico e das reclamações recebidas. *Fonte: Google Earth.*

## ***9.2 - Principais focos de emissão de odores***

Segundo o engenheiro responsável pela vistoria, foram detectados odores tanto no interior quanto em zonas externas ao frigorífico. As instalações da empresa que apresentaram odores mais intensos foram a ETE e a graxaria.

### ***9.2.1 - ETE***

O sistema de tratamento de efluentes líquidos da empresa é essencialmente anaeróbio. Tratamentos anaeróbios tendem a emitir uma grande quantidade de odores, devidos, principalmente, a compostos sulfurados como sulfetos e mercaptanas. A etapa de tratamento físico-químico da ETE é composta por um tanque de equalização, diversos decantadores e um flotador. O tratamento biológico é composto por dois reatores anaeróbios.

No tratamento físico-químico, fortes odores foram detectados nas proximidades dos tanques decantadores e do tanque flotador. Estes tanques possuem cobertura, porém sem nenhuma estanqueidade, e nenhum método de captação e tratamento dos odores oriundos desta etapa está instalado. Dessa forma, todos os compostos odoríferos gerados são liberados para a atmosfera. A Figura 10 ilustra as instalações encontradas na ETE do frigorífico.



**Figura 10** - Decantadores (à esquerda) e tanque flotador (à direita)



Por sua vez, na etapa de tratamento biológico, foi observada a forte presença de odores no topo dos reatores anaeróbios. Estes não são cobertos e, portanto, não possuem um sistema de captação dos gases formados, permitindo a emissão de compostos odoríferos para a atmosfera, como mostrado na Figura 11.



**Figura 11 - Reator anaeróbio**

### **9.2.2 - Graxaria**

As emissões geradas nos processos de cozimento são tratadas num lavador de gases. As condições de operação deste aparelho foram otimizadas há pouco tempo: passou-se a utilizar água limpa ao invés de uma corrente de reciclo, o que aumentou a capacidade de absorção do aparelho. O efluente do lavador de gases é enviado à estação de tratamento. Próximo ao lavador de gases, não se percebe a emissão de odores. Assim, os odores típicos, associados a esta etapa do processo e identificados no entorno da empresa, devem ser derivados de procedimentos de manuseio e movimentação no interior das instalações que, por exaustão, são enviados à atmosfera, como ilustrado na Figura 12.



**Figura 12** - Chaminé de exaustão da graxaria

### ***9.3 - Recomendações para minimizar as emissões observadas***

#### ***9.3.1 - Tanques de tratamento físico-químico***

Técnicas de prevenção e redução podem ser aplicadas ao cenário identificado em vistoria com a finalidade de melhorar as instalações e minimizar a dispersão de odores. A cobertura não estanque permite a passagem de uma pequena vazão de ar sobre os tanques, prejudicando a diluição dos gases gerados.

A primeira medida a ser tomada é providenciar o enclausuramento dos tanques, a fim de garantir que nenhuma emissão de compostos odoríferos ocorra. Deve-se instalar um sistema de exaustão com a finalidade de evitar pressurização, além de permitir a transferência dos gases emitidos a um sistema de tratamento.

As técnicas de desodorização mais recomendadas para tratar os gases oriundos da exaustão dos tanques de tratamento físico-químico são a absorção, através da utilização de uma solução alcalina, e o tratamento biológico. Estas técnicas são interessantes por apresentarem elevado rendimento na eliminação de compostos sulfurados e baixo custo. Devido ao fato dos gases desta parte do tratamento possuírem baixa concentração, a combustão não se apresenta como uma técnica viável. No caso da adsorção, alguns dos compostos sulfurados presentes apresentam baixa capacidade adsortiva (sulfetos, por exemplo), impossibilitando a utilização desta técnica.

### **9.3.2 - *Reatores anaeróbios***

Para essa etapa do tratamento de efluentes, uma solução interessante seria enclausurar estes reatores, capturando os compostos odoríferos gerados e depois enviá-los a algum sistema de desodorização. Como os gases gerados nos reatores possuem elevada concentração, a técnica mais interessante seria a incineração. É importante que a captação e a condução dos odores sejam realizadas sem diluição com ar, visto que a incineração apresenta-se como uma técnica viável somente quando o efluente a ser tratado apresenta elevadas concentrações.

### **9.3.3 - *Graxaria***

As emissões geradas na graxaria já são controladas por um lavador de gases, porém, como anteriormente descrito, os odores identificados ocorrem através de fugas do pavilhão onde ocorrem as operações de manuseio e transporte dos produtos. Para reduzir as emissões, deve-se melhorar a vedação de aberturas do pavilhão e construir um sistema mais eficaz de captura dos vapores gerados.

#### ***9.4 - Monitoramento das emissões nos arredores do frigorífico***

Com o objetivo de comprovar a eficiência das medidas para redução de emissões de odores a serem instaladas pela empresa, sugere-se a realização de um monitoramento das emissões nos arredores do frigorífico.

Diversas técnicas podem ser utilizadas para o monitoramento de odores, algumas bastante subjetivas. A aplicação de um questionário à população residente no entorno é uma técnica que tem a desvantagem de depender da subjetividade de quem percebe o odor, porém é de simples aplicação e, quando a população tem representatividade estatística, pode ser confiável.

Mais objetivamente, quando a composição do efluente gerador de odores é conhecida, como é o caso específico, pode ser mais conveniente a aplicação de um monitoramento das concentrações dos componentes-chave (compostos sulfurados) responsáveis pelos odores característicos. Por outro lado, como o odor gerado é resultado de um coquetel de compostos e não se conhece os efeitos no sistema olfativo de uma mistura de compostos, as análises das concentrações pode se revelar ineficaz, fazendo-se necessário, dessa forma, um monitoramento baseado em análises olfatométricas.



## 10 – Conclusões

Este trabalho objetivou apresentar as principais definições e conceitos que tangem o assunto poluição olfativa. Um primeiro enfoque foi dado na caracterização dos efluentes gasosos, ou seja, na determinação dos principais grupos de compostos odoríferos comumente encontrados. Além disso, foram apresentadas as principais técnicas utilizadas para mensurar odores e para desodorizar efluentes gasosos. No final do documento, um estudo de caso foi apresentado para melhor ilustrar os conceitos estudados.

A percepção de odores é característica de cada indivíduo, sendo dependente de valores sociais e de memórias estocadas referentes a percepções individuais. Geralmente, o impacto de um odor resulta da combinação de fatores que interagem coletivamente conhecidos como FIDOL: Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização. Essa subjetividade relacionada à poluição olfativa torna bastante complicado estabelecer padrões concretos que visem regulamentar emissões de odores à atmosfera.

De uma maneira geral, os compostos odoríferos podem ser classificados em três classes principais: sulfurados, nitrogenados e oxigenados ou aromáticos. Os dois primeiros grupos são originados principalmente da decomposição anaeróbia da matéria orgânica e possuem limites de detecção olfativo extremamente baixos. Por outro lado, os compostos oxigenados e aromáticos têm geralmente sua aparição relacionada com as próprias atividades industriais, sendo oriundos das matérias-primas e dos insumos utilizados ao longo do processo.

A mensuração de um odor pode ser efetuada por métodos diretos, através da análise da concentração de compostos chave, ou de forma mais subjetiva, através de técnicas olfatómicas ou painéis humanos, as quais são recomendadas quando o efluente é composto por um coquetel de substâncias de composição e concentração variáveis.

No Brasil, a técnica de desodorização mais amplamente difundida é a absorção ou lavagem de gases. Para vazões e concentrações moderadas, tanto a adsorção quanto os processos biológicos se apresentam como técnicas viáveis. No caso de efluentes com elevada concentração de substâncias odoríferas, a incineração é a principal técnica utilizada, apesar de apresentar um custo operacional mais elevado que as técnicas previamente listadas.

Na maioria dos casos, os problemas com odores podem ser reduzidos ou eliminados com medidas simples, através de sistemas de captura e tratamento dos efluentes gasosos, evitando a liberação destes diretamente à atmosfera. Além disso, sempre que possível, deve-se evitar condições anaeróbias de operação de equipamentos ou da unidade de tratamento de efluente líquidos.

## 11 – Referências Bibliográficas

1. ADOKI A. **Factors Influencing Degradation of Mercaptans by *Thiobacillus thioparus* TK-m (1)**. JASEM, setembro 2007. p1-6.
2. BELLI FILHO Paulo et al. **Tratamento de odores em sistemas de esgotos**, obtido em [www.finep.gov.br/prosab/](http://www.finep.gov.br/prosab/). p. 1-3.
3. CLANTON C. J. et SCHMIDT D. R., **Sulfur compounds in gases emitted from stored manure**, American Society of Agricultural Engineers, vol 43, 2000. p. 1229-1231.
4. DE MELO LISBOA Henrique, PAGE Thierry e GUY Christophe, **Gestão de odores: fundamentos do Nariz Eletrônico**, Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14 n.1, jan/mar 2009. p. 9-18.
5. FREEMAN, T., et CUDMORE, R., 2002. **Review of Odour Management in New Zealand. Air Quality Technical Report No. 24**, New Zealand Ministry of Environment. Wellington, New Zealand
6. GELINAS Christiane et HEROUX Martin, **Projet de recherche et de démonstration sur la mesure, la prévention et le contrôle, la prévision, la surveillance et la détection des odeurs liées aux opérations de compostage**, Ville de Montréal – Odotech – Solinov, fevereiro 2004. p. 10-16.
7. **Horizontal Guidance for Odour Part 2 – Assessment and Control**, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), outubro 2002.
8. **Horizontal Guidance for Odour Part 1 – Regulation and Permitting**, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), outubro 2002.
9. LE CLOIREC Pierre. **Adoption en traitement de l'air**. Technique de l'ingénieur, traité Environnement G 1 770. p. 1-13.
10. LE CLOIREC, P.; FANLO, J. L.; DEGORGE-DUMAS, J. R. **Odeurs et désodorisation industrielles**. Ecole des Mines D'Als, 1991 p. 266.
11. LE CLOIREC Pierre, FANLO Jean-Louis e GRACIAN Catherine. **Traitement des odeurs – Procédés curatifs**. Technique de l'ingénieur, traité Environnement G 2 971. p. 1-14.

12. LOPES DE SOUZA Marcos. **Avaliação de um biofiltro piloto para desodorização de compostos orgânicos voláteis do setor petroquímico.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC, 2007. p. 34 - 42.
13. NICELL Jim A. **Assessment and regulation of odour impacts.** Atmospheric Environment 43, 2009. p. 196 – 206.
14. **Odour Guidance 2010**, Natural Scotland – Scottish Government and SEPA (Scottish Environment Protection Agency), janeiro 2010.
15. **Pareceres** emitidos pelos engenheiros químicos do Ministério Público do Rio Grande do Sul.
16. PRÉ Pascaline, ANDRÈS Yves, GÉRENTE Claire e LE CLOIREC Pierre. **Bioprocédés em traitement de l'air – Mise en oeuvre.** Techniques de l'ingénieur G 1 780. p. 1-18.
17. ROGNON Christian e POURTIER Lionel. **Les odeurs dans l'environnement.** Techniques de l'ingénieur – G 2 900. p.1-11.
18. SHAREEFDEEN Zarook e SINGH Ajay. **Biotechnology for odor and air pollution control.** Springer Berlin Heidelberg New York. P. 34-37.
19. SHERIDAN, Brian. **Odour impact assessment of the existing and proposed operations located in eurofarm foods.** Odour Monitoring Ireland, 14 agosto 2008. p. 21.
20. SMET E. et VAN LANGENHOVE H., **Abatement of volatile organic sulfur compounds in odorous emissions from the bio-industry,** Biodegradation 9, 1998. p. 273-284.
21. ULLERY Charles et al. **Odor management information from livestock operations.** Biosystems Engineering Department – South Dakota State University, 28 de janeiro de 2003. p.1-6.
22. WHEELER Eileen Fabian, **Ammonia Monitoring in Animal Environments Using Simple Instruments,** PENNSATE – College of Agricultural Sciences, novembro 2009. p. 1-2.
23. **[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)**