

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MARIA EDUARDA MEZZARI CSUNDERLICK

**ESTUDO DAS EMISSÕES ODORANTES PROVENIENTES DE UM PROCESSO
PRODUTIVO DE RESINAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE TINTAS**

CRICIÚMA - SC

2016

MARIA EDUARDA MEZZARI CSUNDERLICK

**ESTUDO DAS EMISSÕES ODORANTES PROVENIENTES DE UM PROCESSO
PRODUTIVO DE RESINAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE TINTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador(a): Prof.^a Msc. Paula Tramontim Pavei.

CRICIÚMA - SC

2016

MARIA EDUARDA MEZZARI CSUNDERLICK

**ESTUDO DAS EMISSÕES ODORANTES PROVENIENTES DE UM PROCESSO
PRODUTIVO DE RESINAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE TINTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Controle de Qualidade do Ar.

Criciúma, 02 de Dezembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Paula Tramontim Pavei – Mestre – (UNESC) – Orientadora

Prof.^a Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman – Mestre – (UNESC)

Prof.^a Nadja Zim Alexandre – Mestre – (UNESC)

**Aos meus pais, Eder e Mari, e a minha irmã
Maria Fernanda pelo apoio e amor, a vocês
minha eterna gratidão.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, por me proporcionar oportunidades incríveis e coragem para seguir em frente e conquistar meus objetivos.

Gratidão aos meus pais Marilene Mezzari Csunderlick e Eder João Csunderlick pela educação que me deram, por me ensinarem a importância dos estudos e pelo apoio em minhas escolhas.

À minha irmã Maria Fernanda Mezzari Csunderlick por me ajudar a fazer o TCC ditando as citações diretas, e por ser uma verdadeira amiga em todos os momentos. Também ao Pingo pela companhia de cada dia.

Ao meu namorado Mauricio Bacis Guglielmi pela compreensão e por me transmitir calma e paciência em momentos difíceis.

Agradeço aos meus colegas de faculdade pela companhia e apoio nestes cinco anos de trajetória. Em especial a minha amiga e parceira de trabalhos Flávia Sachet de Bona e minha amiga Liara Pirroncelli Rovarotto pelo ombro amigo, por me proporcionarem momentos divertidos e pela amizade.

Aos colegas de trabalho presto meus agradecimentos pela companhia e ajuda em coletas de dados e informações necessárias para a produção deste trabalho de conclusão de curso.

Aos jurados do teste olfatométrico por aceitarem participar do mesmo e o fazerem com tamanha seriedade.

Gratidão aos professores do Curso de Engenharia Ambiental da UNESC, que me transmitiram seus conhecimentos de forma sábia e eficaz. Em especial ao professor e amigo Gustavo José Deibler Zambrano pela disponibilidade de ajuda na confecção do mapa de identificação dos pontos do teste olfatométrico, e a professora Gilca Benedet pelo auxílio e organização na produção deste trabalho.

A professora Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman pela ajuda e esclarecimentos sobre balanços de massas e por aceitar ser um membro da banca examinadora, assim como João Otto Schmitz Júnior, meus agradecimentos.

A minha orientadora Paula Tramontim Pavei pelo auxílio, incentivo e dedicação na realização deste trabalho.

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O uso inconsciente do ar a partir de ações humanas, principalmente a industrialização, acarreta a poluição atmosférica que é capaz causar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Perante a isto, o presente trabalho foi realizado em uma indústria fabricante de resinas, a qual não possui qualquer tipo de tratamento para suas emissões atmosféricas, o que objetiva a realização deste estudo que se expressa na avaliação das emissões odorantes oriundas do processo produtivo de resinas. Para tal, inicialmente realizou-se o levantamento de informações e conceitos sobre o tema abordado a partir de pesquisas bibliográficas, posteriormente, foi realizado um diagnóstico da área de estudo de acordo com a análise do processo produtivo de forma a identificar os pontos de emissão atmosférica. Considerando que na empresa são produzidos inúmeros tipos de resinas, elegeram-se três resinas consideradas mais críticas para obter o foco desta pesquisa, sendo estas: poliéster insaturada, alquídica média penta e emulsão acrílica. Com a seleção destas resinas, suas matérias-primas odorantes foram analisadas através de FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico). Além disso, estimaram-se as emissões liberadas em dois processos de fabricação (resina poliéster insaturada e emulsão acrílica) a partir de cálculos de balanço de massa. Visando avaliar o impacto das emissões odorantes oriundas do processo, foi realizado teste olfatométrico de júri móvel. Finalmente, sugeriram-se formas de tratamento de emissões atmosféricas para a atividade com base em literatura e considerando os resultados obtidos neste estudo. A partir desta metodologia pôde-se perceber que as matérias-primas utilizadas emitem em sua maioria fortes odores e compostos orgânicos voláteis (COVs), dos quais podem causar efeitos negativos aos moradores da região, como incômodos, dores de cabeça, náusea, irritação nas vias respiratórias, entre outros. Estas emissões foram estimadas a partir de balanço de massa em aproximadamente 23 kg por batelada de resina emulsão acrílica e aproximadamente 34 kg por batelada de resina poliéster insaturada, o que informa que a quantidade de emissão depende do tipo de resina produzida bem como suas etapas de produção. O teste olfatométrico realizado em seis pontos nas proximidades da empresa em até 200 m de distância apresentou que os pontos mais críticos foram aqueles localizados próximos ao empreendimento e também por sofrerem influência do vento, com isso percebe-se que a direção dos ventos possui grande influência na percepção de odores, podendo atingir também as

residências localizadas mais afastadas da área em estudo. Através dos resultados das etapas anteriores e de análise dos sistemas de tratamento disponíveis no mercado, verificou-se que os sistemas de adsorção, absorção e biofiltração apresentaram aspectos mais adequados de acordo com as características das emissões provenientes da área em estudo, porém destaca-se que para obter informações mais concretas quanto à forma de tratamento indicada devem-se avaliar criticamente os tipos de poluentes gerados por tais emissões além de odores e COVs, bem como se sugere o cálculo de viabilidade econômica para a implantação deste tratamento. Além disso, recomenda-se ainda a análise de dispersão dos poluentes a partir da aplicação de modelagem matemática.

Palavras-chave: Resina. Composto orgânico volátil (COV). Balanço de massa. Teste olfatométrico. Odores.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas da atmosfera.....	24
Figura 2 - Utilização do olfatômetro.....	35
Figura 3 - Sistema de coleta em amostragem indireta.....	36
Figura 4 - Sistema de coleta em amostragem direta.....	36
Figura 5 - Sistema de coleta a partir de uma superfície líquida.....	37
Figura 6 - Utilização da campânula amostradora.....	37
Figura 7 - Escala para avaliação da hedonicidade odorante.....	39
Figura 8 - Roda de odores.....	39
Figura 9 - Condensador de contato direto.....	44
Figura 10 - Incinerador “flare”.....	45
Figura 11 - Torre de enchimento.....	46
Figura 12 - Biofiltro.....	47
Figura 13 - Soluções de n-butanol.....	54
Figura 14 - Aplicação do teste do n-butanol.....	55
Figura 15 - Pontos de análise de teste olfatométrico.....	56
Figura 16 - Layout da área de estudo.....	59
Figura 17 - Layout do setor de produção de resinas.....	59
Figura 18 - Fluxograma de processo produtivo.....	60
Figura 19 - Equipamentos com respiros.....	64
Figura 20 - Respiros.....	65
Figura 21 - Balanço de massa resina emulsão acrílica.....	75
Figura 22 - Balanço de massa de resina poliéster insaturada.....	78
Figura 23 - Pontos de análise de teste olfatométrico.....	80
Figura 24 - Aplicação do teste olfatométrico – ponto 2.....	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 1.....	81
Gráfico 2 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 1.....	81
Gráfico 3 - Intensidade do odor percebido pelos jurados – ponto 1.	82
Gráfico 4 - Hedonicidade do odor percebido pelo júri – ponto 1.....	83
Gráfico 5 – Interferência do odor caso o jurado morasse na região – ponto 1.....	83
Gráfico 6 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 3.....	84
Gráfico 7 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 3.....	85
Gráfico 8 - Intensidade do odor percebido pelos jurados – ponto 3.	86
Gráfico 9 - Hedonicidade do odor percebido pelo júri – ponto 3.....	86
Gráfico 10 - Interferência do odor caso o jurado morasse na região – ponto 3.....	87
Gráfico 11 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 4.....	88
Gráfico 12 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 4.....	88
Gráfico 13 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 5.....	89
Gráfico 14 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 5.....	90
Gráfico 15 - Intensidade do odor percebido pelos jurados – ponto 5.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da atmosfera.	23
Tabela 2 - Níveis de intensidade de odor.	52
Tabela 3 - Dados para balanço de massa: resina emulsão acrílica.	74
Tabela 4 - Dados para balanço de massa: resina poliéster insaturada.	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Alguns COVs encontrados no ar ambiente.	30
Quadro 2 - Alguns COVs e suas fontes.	31
Quadro 3 - Poluentes e suas biodegradabilidades.....	48
Quadro 4 - Matérias-primas odorantes e suas características conforme FISPQ.....	66

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Balanço de massa.....	34
Equação 2 - Concentração.....	53
Equação 3 - Densidade.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFNOR - Association Française de Normalisation

Art. - Artigo

ASTM - American Society for Testing and Materials

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina

COV - Composto Orgânico Volátil

CPCB - Central Pollution Control Board

EPAGRI / CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

FISPQ - Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos

IAP - Instituto Ambiental do Paraná

IO - Intensidade Odorante

ISO - International Organization for Standardization

LPO ou K₅₀ - Limite de percepção olfativa

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MP - Material Particulado

ND - Não Disponível

NE/W - Noroeste/Oeste

NR - Norma Regulamentadora

OMS - Organização Mundial da Saúde

PAN - Peroxiacetilnitrato

PBN - Peroxibenzolnitrato

PET - Politereftalato de etileno

PI ou MP₁₀ - Partículas Inaláveis

PTS - Partículas Totais em Suspensão

SCAQMD - South Coast Air Quality Management District

TRGS - Technische Regeln für Gefahrstoffe

UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense

USEPA - United States Environmental Protection Agency

VOC - Volatile Organic Compounds

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Por cento
°C - Graus célsius
Ar - Argônio
C - Concentração
Cfa - Clima temperado húmido com verão quente
Cl₂ - Cloro
CO - Monóxido de carbono
CO₂ - Dióxido de carbono
d - Densidade
g - Gramas
g.L⁻¹ - Grama por litro
H₂O - Água
H₂S - Gás sulfídrico
HCl - Gás clorídrico
HF - Gás fluorídrico
K₅₀ ou LPO - Limite de percepção olfativa
kg - Quilograma
kPa - Quilopascal
L - Litro
m - Massa
mL - Mililitro
MP₁₀ ou PI - Partículas Inaláveis
MP_{2,5} - Partículas inaláveis finas
N₂ - Nitrogênio
NH₃ - Amônia
nº - Número
NO₂ - Dióxido de nitrogênio
NO_x - Óxidos de nitrogênio
O₂ - Oxigênio
O₃ - Ozônio
pH - Potencial Hidrogeniônico
ppm - Parte por milhão

SO₂ - Dióxido de enxofre

t - Tonelada

U.O.m⁻³ - Unidades de Odor por metro cúbico

V - Volume

μ - Micro

μL - Micro litro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	RESINAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE TINTAS	21
2.1.1	Resina alquídica	22
2.1.2	Resina poliéster	22
2.1.3	Resina acrílica	23
2.2	ATMOSFERA	23
2.3	POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	25
2.3.1	Fontes de emissão de poluentes atmosféricos	26
2.3.2	Principais poluentes atmosféricos	27
2.4	COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS	29
2.5	ODORES	32
2.6	MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E ODORES	33
2.6.1	Olfatometria	34
2.6.1.1	Amostragem e análises olfatométricas	34
2.6.1.2	Intensidade do odor/concentração odorante	38
2.6.1.3	Hedonicidade do odor	38
2.6.1.4	Caráter do odor	39
2.6.1.5	Avaliação do impacto odorante via questionário	40
2.7	LEGISLAÇÃO APLICADA A VOC E ODORES	41
2.8	FORMAS DE TRATAMENTO	43
2.8.1	Condensação	43
2.8.2	Adsorção	44
2.8.3	Incineração	45
2.8.4	Absorção	46
2.8.5	Biofiltração	47
2.8.6	Tratamento de odores	49
3	METODOLOGIA	50
3.1	COLETA DE DADOS	50
3.1.1	Balanco de massa	51
3.1.2	Teste olfatométrico	52

3.2	SUGESTÃO DE MEDIDAS DE TRATAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS/ ODORÍFERAS.....	57
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS.....	58
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	58
4.1.1	Resina alquídica	61
4.1.2	Resina poliéster	62
4.1.3	Resina acrílica.....	62
4.1.4	Pontos de emissões atmosféricas	63
4.2	ANÁLISE DE MATÉRIAS-PRIMAS ODORANTES.....	66
4.3	ESTIMATIVA DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA POR BALANÇO DE MASSA ..	73
4.3.1	Resina emulsão acrílica	73
4.3.2	Resina poliéster insaturada	77
4.4	TESTE OLFATOMÉTRICO	79
4.5	SUGESTÃO DE MEDIDAS DE TRATAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS/ ODORÍFERAS.....	93
5	CONCLUSÃO.....	95
	REFERÊNCIAS.....	97
	APÊNDICE(S).....	105
	APÊNDICE A – TREINAMENTO DE JÚRI DE TESTE OLFATOMÉTRICO.....	106
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE TESTE OLFATOMÉTRICO DE JÚRI MÓVEL.....	108
	ANEXO(S).....	109
	ANEXO A – CÓDIGO DE CONDUTA DE JURADOS PARA ANÁLISES OLFATOMÉTRICAS.....	110

1 INTRODUÇÃO

Geralmente a utilização do ar pelo ser humano é realizada de forma não econômica devido sua fácil disponibilidade, porém a falta de conscientização em seu uso acarreta a poluição atmosférica. Esta ocorre a partir do lançamento de poluentes no ar, que são substâncias capazes de causar efeitos negativos ao meio ambiente e a saúde do ser humano.

Além da possibilidade de ser gerada de forma natural, a poluição atmosférica também possui fontes antrópicas, ou seja, a partir de ações humanas, caracterizadas pelas atividades urbanas e industriais.

O tema deste Trabalho de Conclusão de Curso refere-se a um estudo das emissões odorantes oriundas de um processo produtivo de resinas utilizadas na fabricação de tintas. Este processo é caracterizado pela grande emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs), estes acabam liberando certo odor, o que de fato além de acarretar a poluição atmosférica, pode interferir tanto na saúde dos trabalhadores, quanto gerar impacto de vizinhança.

No empreendimento em estudo não há nenhuma forma de tratamento de emissões atmosféricas, havendo apenas o uso de respiros para exaustão dos poluentes e uso de EPI's pelos colaboradores. Além disso, a empresa nunca realizou formas de monitoramento destas emissões pelo fato destas possuírem características tanto pontuais, quanto fugitivas.

A partir disto, surge à necessidade de um estudo de caso para avaliar as emissões atmosféricas e suas possíveis fontes através de métodos indiretos, como balanço de massa e análise de FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) das matérias-primas utilizadas na fabricação das resinas. Tratando-se de emissões odoríferas, considera-se a realização de testes olfatométricos uma forma eficaz na identificação dos aspectos dos odores, sendo estes, a hedonicidade, intensidade e caráter. Além disso, para que a poluição atmosférica proveniente da produção de resinas seja evitada, se faz necessário o tratamento de tais emissões.

Contudo, para incluir o presente trabalho na linha de pesquisa "Controle de Qualidade do Ar", do curso de Engenharia Ambiental, considerando a realidade da área de estudo, justifica-se o objetivo geral deste trabalho que se expressa na avaliação das emissões odorantes oriundas do processo de fabricação de resinas.

Para atingir este objetivo, traçaram-se também os objetivos específicos, que incluem: a) Detalhar processo produtivo da fabricação de resinas; b) Analisar as principais características das matérias-primas odorantes; c) Estimar as emissões atmosféricas por meio de balanço de massa do processo produtivo; d) Identificar as emissões odorantes oriundas do processo produtivo por meio de testes olfatométricos; e) Sugerir formas de tratamento para as devidas emissões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de adquirir compreensão sobre o tema, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica a fim de apresentar conceitos e fundamentações teóricas sobre o que basicamente são resinas, poluição do ar e principais poluentes, focando em compostos orgânicos voláteis e odores, suas formas de medição e tratamento.

2.1 RESINAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE TINTAS

A tinta é uma composição líquida, na maioria das vezes viscosa, formada por pigmentos, solventes, aditivos, resinas, entre outros. Sua finalidade é a proteção de uma superfície e ainda seu embelezamento (MELLO; SUAREZ, 2012; FAZENDA, 1993 apud DONADIO, 2011).

Cada constituinte da tinta tem determinada função, ou seja, pigmentos são responsáveis pelo fornecimento de cor, solventes diminuem a viscosidade do material e facilitam a aplicação da tinta, aditivos são utilizados para auxiliar na preservação da tinta, e as resinas servem para aglomerar as partículas de pigmentos, além de gerar um filme protetor da superfície (FAZENDA, 2005; MELLO; SUAREZ, 2012).

Quimicamente, resinas são polímeros:

Os polímeros são substâncias químicas de alto peso molecular obtidos pela reação denominada polimerização, através da qual compostos químicos de baixo peso molecular (monômeros) reagem entre si para formar as macromoléculas. Como consequência deste tipo de reação, a estrutura da macromolécula é constituída pela repetição de unidades estruturais ligadas entre si por ligações covalentes. (FAZENDA, 2005, p. 13).

Conforme Hare (1994 apud VERONA, 2004) a química dos polímeros é variada, podendo dar origem a diversos tipos de resinas utilizáveis na tinta. A denominação das resinas é realizada de acordo com o tipo de ligação química e/ou funcionalidade presente. Esta mesma denominação também é empregada para as tintas preparadas a partir de um determinado tipo de resina. Assim, temos as resinas e as tintas alquídicas, poliéster, epóxi, acrílicas, uretânicas, entre outras. É justamente esta funcionalidade o que rege o sistema de reticulação, em outras palavras, a formação de uma rede de polímeros, do sistema aplicado, e conseqüentemente as propriedades do revestimento.

O processo de produção de resinas consiste resumidamente, na adição de matéria prima sólida e líquida em reatores aquecidos, onde ocorre agitação para as misturas e reações das mesmas. Os gases gerados no reator são destinados a condensadores, a água resultante desta condensação é encaminhada para depósitos, e ao final da reação, a resina é encaminhada para diluição e posteriormente para a filtração (SILVA, 2008).

Dentre os tipos de resina mencionados, a indústria em estudo produz as alquídicas, acrílicas e poliésteres, as quais serão comentadas a seguir.

2.1.1 Resina alquídica

Quimicamente, a resina alquídica trata-se de “uma combinação de estruturas do tipo poliéster com óleos ou ácidos graxos” (LAMBOURNE, 1987 apud VERONA, 2004).

Devido os óleos utilizados nas tintas apresentarem secagem muito lenta, baixa resistência ao intemperismo, amarelecimento, entre outros aspectos negativos, as resinas alquídicas surgiram com a finalidade de melhorar suas características físico-químicas. Com a vinda destas, muitas propriedades foram melhoradas devido à grande possibilidade de combinação de matérias-primas (FAZENDA, 2005).

2.1.2 Resina poliéster

Segundo Kinney (1967 apud CASTRO, 2003, p. 02) “as resinas poliéster contêm grupos ésteres e são obtidas através da reação de condensação com um diálcool e um diácido, como reagentes de partida”.

Quimicamente os poliésteres são similares às resinas alquídicas, pois neles ocorre a mesma reação de polimerização, ou seja, a poliesterificação. A diferença está na ausência de ácidos graxos na composição e por este fato os poliésteres também são chamados de alquídicas isentas de óleo (FAZENDA, 2005).

Os poliésteres podem ser classificados em dois grupos: saturados e insaturados. Os poliésteres saturados são de grande importância para tintas automotivas e tintas em pó. Já os insaturados são utilizados juntamente com a fibra de vidro na fabricação de peças e utensílios, apresentando ótimas propriedades mecânicas acompanhadas a um baixo peso. Outro exemplo de utilização desta resina

constitui nas massas plásticas utilizadas como complemento na repintura de automóveis (FAZENDA, 2005).

2.1.3 Resina acrílica

As resinas acrílicas são caracterizadas pela substituição do uso de solventes orgânicos por água em sua composição. Além disso, as resinas de emulsões acrílicas constituem grande importância para tintas, pois estas combinam as vantagens dos monômeros acrílicos, ou seja, baixo custo, grandes possibilidades de aplicações, facilidade de polimerização, entre outros. As consequências de seu uso apresentam inúmeros pontos positivos, como economia, segurança, menor capacidade poluidora, fácil aplicação, entre outros (FAZENDA, 2005).

2.2 ATMOSFERA

A aparência estável da atmosfera revela um estado que é muito dependente dos fenômenos naturais que ocorrem na superfície da Terra, como por exemplo, atividades vulcânicas, ventos, precipitações pluviais e evaporação de águas superficiais. No entanto, a vida possui importante função na composição constante deste ambiente. Além do oxigênio, muitos outros gases possuem papel fundamental quando retornam à forma de compostos essenciais a vida, afirmam Rocha, Rosa e Cardoso (2004).

A composição da atmosfera em uma forma não poluída, desconsiderando o vapor da água, é apresentada a tabela 1.

Tabela 1 - Composição da atmosfera.

Gases	Fórmula química	% em volume (aproximada)
Nitrogênio	N ₂	78%
Oxigênio	O ₂	21%
Argônio	Ar	1%
Dióxido de carbono	CO ₂	0,04%

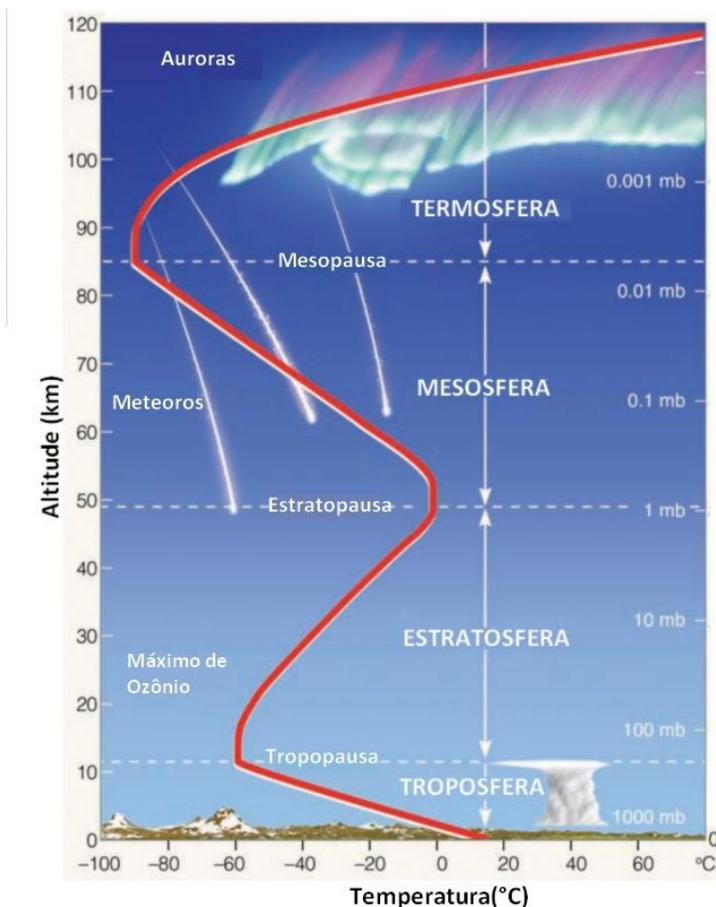
Fonte: Adaptado Baird, 2002.

De acordo com Schirmer (2004) a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera é variável, atingindo valores que vão de 0,02% até 4% em zonas áridas a

úmidas respectivamente. Este vapor “exerce marcante influência nos movimentos das massas de ar, no espalhamento da luz, na absorção de calor, no comportamento aerodinâmico das partículas em suspensão e reações fotoquímicas na atmosfera” (SCHIRMER, 2004, p.07).

Em complemento, Rocha, Rosa e Cardoso (2004) informam que a atmosfera pode ser dividida em camadas (Figura 1), as quais estão relacionadas com propriedades químicas e físicas, o que influencia diretamente na sua mudança de temperatura de acordo com a altura.

Figura 1 – Camadas da atmosfera.



Fonte: Meteorópole, 2011.

A primeira camada, conhecida como troposfera, se estende no nível do mar até uma altura de 15 a 16 quilômetros (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004; BAIRD, 2002). Nela, a temperatura diminui com o aumento de altitude em decorrência do calor emanado da superfície do solo que se dissipa na atmosfera. Acima da troposfera inicia-se a estratosfera, onde as moléculas de carbono e ozônio absorvem a radiação

ultravioleta fazendo com que a temperatura se eleve com aumento da altitude (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004; VESILIND; MORGAN, 2011). Na mesosfera, a temperatura volta a decrescer com o aumento da altitude. Novamente, na camada conhecida como termosfera a temperatura volta a crescer em função da altitude, devido à absorção de energia e causas de ionização, além da liberação da energia cinética proveniente das reações reversas de captura de elétrons endotérmicos (VANLOON; DUFFY, 2000).

Com exceção dos problemas de aquecimento global e depleção de ozônio atmosférico, Vesilind e Morgan (2011) relatam que os demais problemas da poluição atmosférica ocorrem na troposfera. Nela, os poluentes, tanto produzidos naturalmente, quanto emitidos por atividades humanas são transportados por correntes de ar, também chamadas de vento.

2.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Normalmente o ar é utilizado pela comunidade de maneira não econômica, devido sua livre disponibilidade e pelo fato de que seu uso não exige esforços. A partir deste uso abusivo em áreas confinadas ou limitadas, surge a poluição do ar (DERISIO, 2007).

Seguindo o conceito de poluição, a Política Nacional do Meio Ambiente disposta na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, afirma que esta é a degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

De acordo com Derisio (2007) e Braga et al (2002) a poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias no ar em concentrações suficientes capaz de interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem estar do homem, além de causar danos em animais, vegetação, materiais e até a economia.

O que de fato está de acordo com o conceito proveniente da Resolução CONAMA 03/90 que afirma que poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em

desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: a) impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; b) inconveniente ao bem-estar público; c) danoso aos materiais, à fauna e flora; d) prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (BRASIL,1990).

De modo geral, estas substâncias causadoras de poluição atmosférica, também chamadas de poluentes, podem ser oriundas de diversos tipos de fontes.

2.3.1 Fontes de emissão de poluentes atmosféricos

Inicialmente as fontes de emissão de poluentes atmosféricos são divididas em duas classes: naturais ou antrópicas. De acordo com Lisboa (2014) entre as fontes naturais estão o solo, a vegetação, os oceanos, vulcões, descargas elétricas atmosféricas, entre outros. Porém a contaminação proveniente de fenômenos naturais é assimilada pela natureza, possuindo mecanismos suficientes para degradar os contaminantes emitidos.

As fontes antrópicas estão relacionadas às ações humanas, ou seja, o ser humano através das atividades industrial e urbana libera resíduos à atmosfera constantemente, afirma Lisboa (2014). Estas fontes são caracterizadas pelos veículos, processos industriais, queima de resíduos sólidos, combustão e outros.

Dentre as fontes antrópicas, podem-se destacar as fontes estacionárias e móveis.

De acordo com o MMA (2016, s.p.), as fontes estacionárias, também denominadas de fontes fixas:

São as que ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte. As fontes classificadas como fixas referem-se às atividades da indústria de transformação, mineração e produção de energia através de usinas termelétricas.

Em concordância ao próprio nome, fontes móveis são aquelas que estão em constante movimento, a IAP (2016) exemplifica os trens, aviões, embarcações marítimas, destacando os veículos automotores por serem as principais fontes poluidoras nas cidades.

As fontes de emissão de poluentes atmosféricos são responsáveis pelas emissões pontuais ou fugitivas. As Resoluções CONAMA nº 382/06 e nº 436/11

definem emissão fugitiva como o “lançamento difuso na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuado por uma fonte desprovida de dispositivo projetado para dirigir ou controlar seu fluxo” e emissão pontual, é caracterizada pelo “lançamento na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuado por uma fonte provida de dispositivo para dirigir ou controlar seu fluxo, como dutos e chaminés” (BRASIL, 2006, p. 02; BRASIL, 2011, p. 02). Dentro das emissões fugitivas, existem as emissões evaporativas, as quais são provenientes de áreas abertas para a atmosfera, como por exemplo, bacias de decantação, lagoas de estabilização, reatores abertos, entre outros (LYRA, 2001 apud SCHIRMER, 2004).

Da mesma forma que as fontes são variadas, inúmeros são os tipos de poluentes emitidos na atmosfera.

2.3.2 Principais poluentes atmosféricos

De acordo com Braga et al (2002) e Lisboa (2014) os poluentes podem ser classificados quanto a sua origem em primários e secundários.

Os poluentes primários encontram-se na atmosfera na forma em que são emitidos como resultado de algum processo, como por exemplo, os Compostos Orgânicos Voláteis – COVs (onde se inclui os hidrocarbonetos e outros), SO_2 , NO_x , entre outros. Já os poluentes secundários são produzidos na atmosfera devido à reação entre dois ou mais poluentes primários, ou pela reação entre constituintes atmosféricos. Dentre eles destacam-se os oxidantes fotoquímicos, tais como ozônio (O_3), o PBN (peroxibenzolnitrato) e PAN (peroxiacetilnitrato), completa Lisboa (2014).

O nível da poluição do ar é medido através da quantificação das principais substâncias poluentes presentes no mesmo, estes são conhecidos como indicadores da qualidade do ar (IAP, 2016). No Brasil, a Resolução CONAMA nº 03/90 atribui padrões de qualidade do ar para os seguintes indicadores: a) partículas totais em suspensão (PTS); b) fumaça; c) partículas inaláveis (PI ou MP_{10}); d) dióxidos de enxofre (SO_2); e) monóxido de carbono (CO); f) ozônio (O_3); g) dióxido de nitrogênio (NO_2) (BRASIL, 1990).

Os materiais particulados (MP) representam partículas sólidas e líquidas em suspensão na atmosfera, os tamanhos destas são considerados critérios para sua classificação, dentre eles encontram-se PTS, MP_{10} , partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$) e fumaça. As partículas mais grossas ficam retidas no nariz e na garganta,

acarretando incômodo e irritação, poeiras mais finas podem causar danos ao sistema respiratório, além de carregar outros poluentes para os alvéolos pulmonares, provocando doenças respiratórias, cardíacas e câncer (IAP, 2016; CETESB, 2016).

Estas partículas se originam principalmente da desintegração de grandes materiais, como por exemplo, trituração de rochas em pedreiras, atividades vulcânicas, entre outras, já as partículas mais finas formam-se principalmente pela coagulação de espécies menores e por meio de reações químicas, por exemplo, a queima incompleta de combustíveis à base de carbono, como gasolina, carvão, petróleo, entre outros, além da exaustão proveniente de veículos (BAIRD, 2002).

Óxidos de enxofre são resultantes principalmente da queima de combustíveis fósseis, que contém enxofre na sua composição. O dióxido de enxofre (SO_2), gás incolor com odor irritante e azedo, é um dos principais responsáveis pela chuva ácida, além de causar efeitos adversos à saúde, como irritação e aumento na produção de muco, desconforto na respiração e o agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares (IAP, 2016; CETESB, 2016; BRAGA et al 2002; LORA, 2000).

O CO é um gás incolor e inodoro (CETESB, 2009), resultante dos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis e de origem orgânica. O mesmo é classificado como um asfixiante sistêmico pelo fato de diminuir a capacidade de transporte de oxigênio na combinação com hemoglobina do sangue, podendo causar confusão mental, parada de funções cerebrais, morte, entre outros (IAP, 2016; CETESB, 2016; BRAGA et al 2002).

O ozônio é um gás invisível, com cheiro marcante e altamente reativo. Quando presente na estratosfera serve para proteção da Terra aos raios ultravioleta do sol, porém quando formado na troposfera comporta-se como poluente tóxico. O mesmo é considerado um oxidante fotoquímico, ou seja, uma mistura de poluentes secundários formados pelas reações entre COVs e óxidos de nitrogênio, na presença de luz solar. Estes poluentes são responsáveis pela formação da névoa fotoquímica ou “*smog* fotoquímico”, a qual causa a diminuição da visibilidade na atmosfera. Entre seus efeitos danosos destacam-se irritação dos olhos, redução da capacidade pulmonar, agravamento de doenças respiratórias e interferência na fotossíntese (IAP, 2016; CETESB, 2016).

Os óxidos de nitrogênio, em especial o NO₂, gás de cor marrom a alaranjada (VESILIND; MORGAN, 2011), estão relacionados com a formação do ozônio e chuva ácida. Também podem causar irritação no nariz e danos severos ao pulmão (IAP, 2016; CETESB, 2016). São provenientes de motores de veículos, unidades estacionárias de combustão, plantas de geração de energia, sendo o NO₂ o produto da combustão do nitrogênio (CETESB, 2009).

Além destes indicadores de qualidade do ar propostos pela Resolução CONAMA nº 03/90, a CETESB e outros autores incluem compostos orgânicos voláteis (COVs) como indicadores de qualidade do ar, admitindo que estes sejam adotados universalmente e escolhidos em razão de sua frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos (ÁLVARES Jr., 2002 apud SCHIRMER, 2004; CETESB, 2016).

2.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) também conhecidos por VOCs (*Volatile Organic Compounds*) são produtos orgânicos que possuem elevada pressão de vapor, facilmente vaporizados a temperatura e pressão ambientes (MACÊDO, 2002). Este termo é

[...] aplicado geralmente aos solventes orgânicos, a determinados aditivos da pintura, a propulsores de latas de aerossol, a combustíveis [...]. Quando liberado, os VOC's contribuem com a formação do ozônio e do "SMOG", mas deve ser ressaltado que os VOC's podem ter efeitos adversos e diretos a saúde humana. Muitos VOC's são classificados como tóxicos e carcinogênicos, conseqüentemente é inseguro ser exposto a estes compostos em concentrações elevadas ou por longos períodos de tempo (NSLC, 2002^a apud MACÊDO, 2002, p.353).

Os COVs também podem ser definidos de acordo com suas características físico-químicas.

A Resolução CONAMA nº 382/06 define COVs como compostos orgânicos que possuem ponto de ebulição de até 130 °C na pressão atmosférica e podem contribuir na formação dos oxidantes fotoquímicos (BRASIL, 2006).

A Organização Mundial da Saúde (OMS), como citado na ISO 16000-6, define COV como qualquer composto orgânico com ponto de ebulição de 50 °C a 100 °C e 240 °C a 260 °C, correspondendo a pressão de vapor de saturação a 25 °C superior a 100 kPa (EUROFINS, 2016).

Pela União Europeia, COVs são definidos, através da Diretiva 2004/42/CE, como compostos orgânicos cujo ponto de ebulição seja inferior a 250 °C a pressão de 101,3 kPa (UNIÃO EUROPEIA, 2004).

Entre as diversas especificações nos Estados Unidos, a SCAQMD (*South Coast Air Quality Management District*) da Califórnia, refere-se à COV, todo conteúdo de qualquer produto químico orgânico volátil visível com ponto abaixo de 270 °C ou 280 °C fervente. Já a Alemanha, com a finalidade de proteção ao trabalhador, regulamenta a partir da TRGS-613 (*Technische Regeln für Gefahrstoffe – Regras Técnicas para Substâncias Perigosas*), que COVs são produtos químicos orgânicos voláteis com ponto de ebulição abaixo de 200 °C. (EUROFINS, 2016).

De acordo com Lora (2000) os COVs são hidrocarbonetos do tipo aldeídos, cetonas, solventes clorados, substâncias refrigerantes, entre outros, além de poder pertencer a outras famílias (Quadro 1).

Quadro 1 - Alguns COVs encontrados no ar ambiente.

Família	Composto	Fórmula química
Hidrocarbonetos	Metano	CH ₄
	Etano	C ₂ H ₆
	Propano	C ₃ H ₈
	Butano	C ₄ H ₁₀
	Pentano	C ₅ H ₁₂
	Hexano	C ₆ H ₁₄
	Benzeno	C ₆ H ₆
	Tolueno	C ₇ H ₈
	Etileno	CH ₂
	2 - Buteno	CH ₃ CH=CH CH ₃
Halometanos	Cloreto de metila	CH ₃ Cl
	Clorofórmio	CHCl ₃
Haloetanos	Tetracloroeto de carbono	CCl ₄
	1, 2 Dicloroetano	CH ₂ Cl CH ₂ Cl
Haloopropanos	1, 2 Dicloropropano	CH ₂ ClCHClCH ₃
Compostos nitrogenados e oxigenados	Peroxiacetilnitrato (PAN)	CH ₃ COONO ₂
	Formaldeídos	HCHO
	Clorofluórcarbonos	CFC-11, CFC-12

Fonte: Lora, 2000.

Em complemento, Ilpi (2002 apud MACÉDO, 2002) afirma que dentre os COVs mais comuns encontram-se o formaldeído, gasolina, benzeno, álcool, tolueno, xileno e produtos químicos de limpeza.

A exposição a estes poluentes pode acarretar inúmeros efeitos negativos, podendo aparecer tanto em uma única exposição, quanto na exposição contínua ao poluente (USEPA, 2016b). Estes incluem irritação dos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e no corpo, tonturas, fadiga, vertigens, náuseas, redução de força física, dificuldades na respiração, dermatite, asma, entre outros (ILPI, 2002 apud MACÊDO, 2002; USEPA, 2016b). Mendell (2007) complementa que as crianças podem vir a desenvolver asma, bronquite crônica, alergias e outras doenças.

Esta exposição está ligada as diversas fontes destes poluentes (Quadro 2), que variam entre as próprias casas até indústrias químicas.

Quadro 2 - Alguns COVs e suas fontes.

Fonte	COV	Fonte	COV
Adesivos / selantes	Formaldeído Éter butil Vinil ciclohexano Propileno glicol Ácido 2-propanóico	Revestimento de borracha (piso)	Estireno Dodecano Benzotiazol Acetato de vinil Ciclohexano
Produtos de limpeza	Limoneno Isopentano Isopropanol Butoxietanol 1,4 Diclorobenzeno	Revestimento para parede	Naftalina Metil pirrolidinona Estireno Fenol Ácido etil hexanóico
Tintas	Tolueno Propileno glicol Etileno glicol Propionato de butil Metil propanol	Impressoras / Copiadoras	Estireno Etilbenzeno Xileno Benzeno 2-Etil-1-Hexanol

Fonte: Adaptado Bernstein et al, 2008.

Com base no quadro 2 a produção de tintas é considerada uma fonte de emissão de COVs. Segundo a USEPA (2016a), os poluentes orgânicos provenientes da produção de polímeros e resinas (constituintes da tinta) são considerados mutagênicos e carcinogênicos, além disso, podem causar efeitos tóxicos irreversíveis devido à exposição aos mesmos.

Além das fontes fixas, os COVs também podem ser emitidos pelas fontes móveis, Schirmer (2004) afirma que juntos, estas fontes são responsáveis por cerca de 80% do total de COVs lançados na atmosfera. Dentre este percentual, 52% estão relacionados às indústrias e 34% relacionados aos meios de transporte (JONES, 1999 apud SCHIRMER, 2004).

As emissões destes compostos químicos estão geralmente relacionadas à liberação de odores, os quais acabam por acarretar em reclamações (BERNSTEIN, 2008).

2.5 ODORES

Apesar do olfato humano não ser muito desenvolvido quando comparando aos animais, o sentido olfativo humano é muito especializado, ou seja, as células olfativas são capazes de perceber substâncias em concentrações extremamente baixas, afirma Lisboa et al (2006).

Odor pode ser definido como a sensação resultante da recepção de estímulos do sistema sensorial olfativo, ou basicamente a percepção do aroma. São provenientes de misturas complexas de moléculas orgânicas ou minerais voláteis transmitidos pelo ar. Podendo ser agradáveis ou desagradáveis, os odores são de certa forma, junto das poeiras, os incômodos mais percebidos pelo público (BELLI FILHO, MARTIN 1998; CPCB, 2008;).

A CPCB (2008) ainda afirma que os efeitos causados pelo odor afetam o ser humano de inúmeras formas. Cheiros fortes, desagradáveis ou ofensivos podem interferir na vida das pessoas. Os principais fatores relevantes para o incômodo dos odores percebidos são: a) ofensividade; b) duração de exposição ao odor; c) frequência de ocorrência do odor; d) tolerância e expectativa do receptor.

Mesmo que o mau odor não possa causar efeito direto à saúde, seus estimulantes tóxicos podem de certa forma, causar problemas respiratórios. Odores fortes podem causar irritação nasal e até asma. Para efeitos secundários incluem-se náuseas, insônia e desconforto. Em questões econômicas, ocorre a perda do valor de uma propriedade quando próxima aos odores (CPCB, 2008).

Tratando-se das fontes de odores, estas podem ser divididas em duas categorias: a) odores provenientes de fermentação; b) odores da indústria de transformação. Este primeiro citado refere-se à transformação de substâncias vegetais ou minerais em moléculas voláteis em meio anaeróbico ou aeróbico, como por exemplo, indústrias relacionadas a resíduos e atividades que utilizam processos biológicos. Já a segunda categoria mencionada refere-se às indústrias químicas, perfumarias, entre outras, onde os odores podem ser provenientes da matéria-prima,

produtos e subprodutos intermediários e finais (LE CLOIREC; FANLO, 1991 apud SCHIRMER, 2004).

Segundo Lacey, Schirmer e Lisboa (2008, p. 369) “entre todos os tipos de poluição ambiental, os maus odores estão entre os mais difíceis de regular. Isso porque um cheiro desagradável é considerado algo subjetivo e, portanto, legalmente indefinível”.

As técnicas de medição de odor são divididas em classes sensoriais, ou olfatométricas, e análises físico-químicas, usadas para determinar as características dos odores em termos de sua composição e da quantificação dos principais compostos odorantes presentes. Além destas, há também a utilização de Narizes Eletrônicos para medição de odores em tempo real (LISBOA, 2010).

2.6 MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E ODORES

Basicamente os métodos de medição de emissões atmosféricas são realizados de forma direta ou indireta. Como exemplo de medição direta, obtém-se a amostragem em chaminé, onde as amostras de poluente são retiradas diretamente na fonte através de sondas inseridas na chaminé e posteriormente enviadas para análise em laboratório (CETESB, 2009).

Já as medidas indiretas, também nomeadas de medidas por estimativa, são realizadas de acordo com o grau de exatidão requerido na estimativa e também depende dos dados e recursos disponíveis (SCHIRMER, 2004). Dentre as medidas indiretas podem-se encontrar as estimativas por cálculos teóricos e fatores de emissão ou balanço de massa.

A USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) possui inúmeros documentos relacionados aos cálculos teóricos e fatores de emissão de determinadas atividades, como por exemplo, a AP-42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors* USEPA (2016c). Estes fatores de emissão são definidos pela CETESB (2009 p. 86) como a “relação entre a emissão de um poluente e um nível de atividade da planta, como material processado ou quantidade de combustível consumida”. Assim, a estimativa de emissão pode ser determinada através de uma simples multiplicação destes fatores de emissão e respectivos dados do processo (combustível utilizado, material processado, etc.).

O balanço de massa é a forma de monitoramento que possibilita quantificar a entrada, saída, acumulação, geração ou a destruição de um fluido, por exemplo, calculando, por diferença, a emissão desta para o meio ambiente (CETESB, S.d). De acordo com Foust et al (2008, p. 162) “a equação básica do balanço afirma que, para qualquer elemento de volume, a soma das entradas mais a geração no elemento é igual à soma das saídas mais a acumulação”. A mesma pode ser expressa pela equação 1.

$$\textit{Taxa de entrada} + \textit{Taxa de geração} = \textit{Taxa de saída} + \textit{Taxa de acumulação} \quad (1)$$

2.6.1 Olfatometria

Olfatometria consiste num método de monitoramento de odor, a qual utiliza o olfato, poderosa ferramenta sensorial do ser humano, como um instrumento de análise. Diversas são as técnicas olfatométricas que podem ser utilizadas para a estimativa do impacto odorante sobre uma comunidade ou para determinação das emissões odorantes a partir de fontes antrópicas ou naturais (LISBOA, 2010).

2.6.1.1 Amostragem e análises olfatométricas

De acordo com Schirmer (2004), o aparelho utilizado na olfatometria é o olfatômetro (Figura 2), este permite a diluição de uma mistura odorante por um gás inodoro e apresentação da mistura diluída a um júri, com a finalidade de determinar limites de percepção e intensidade do ar odorante avaliado.

Figura 2 - Utilização do olfatômetro.



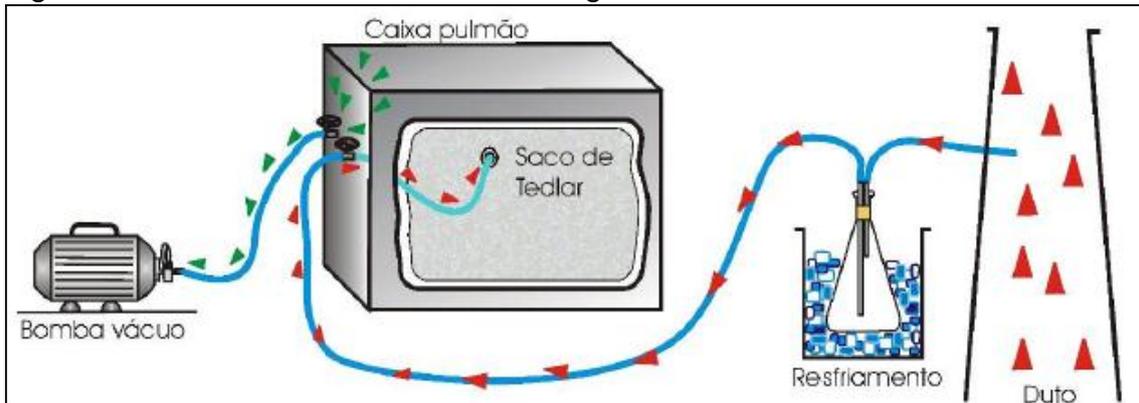
Fonte: Anam, 2016.

Em complemento, Lisboa et al (2010), afirmam que através do olfatômetro e do júri, é possível determinar a concentração odorante ou intensidade, hedonicidade e caráter do odor.

Em concordância com os procedimentos apresentados por Lisboa (2010), as amostragens destes odores podem ser realizadas de forma direta ou indireta, coletadas em sacos fabricados em Tedlar® (marca registrada DuPont), os quais formam uma barreira aos gases e são resistentes à adsorção de odores.

Na amostragem indireta, utiliza-se o método de caixa pulmão (Figura 3), o qual consiste na colocação do saco em um vaso totalmente fechado conectado a uma bomba de aspiração de ar realizando vácuo em seu interior. O saco passa a ser cheio até que as pressões interna e externa estejam equivalentes, sendo que o gás proveniente da fonte passa inicialmente por um sistema de resfriamento, para condensação dos vapores de água, antes de atingir o saco (STUETZ; FRENCHEN, 2001 apud LISBOA, 2010).

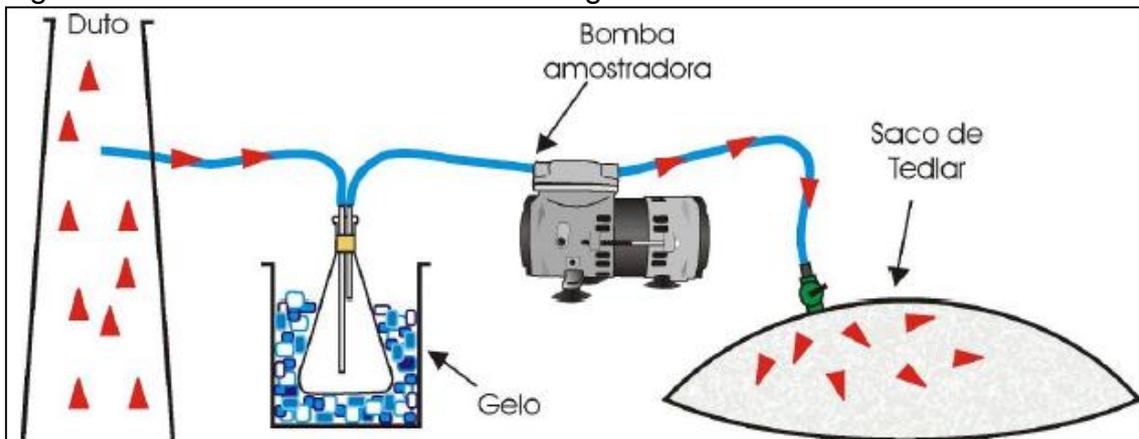
Figura 3 - Sistema de coleta em amostragem indireta.



Fonte: Lisboa, 2010.

Na amostragem direta, a amostra passa por uma bomba diafragma pressão/vácuo com interior revestido de inox para que não ocorra a absorção de odores. Em casos de amostras com alta temperatura ou alta umidade, utiliza-se um sistema de resfriamento para condensação (LISBOA, 2010). Este sistema é apresentado na figura 4.

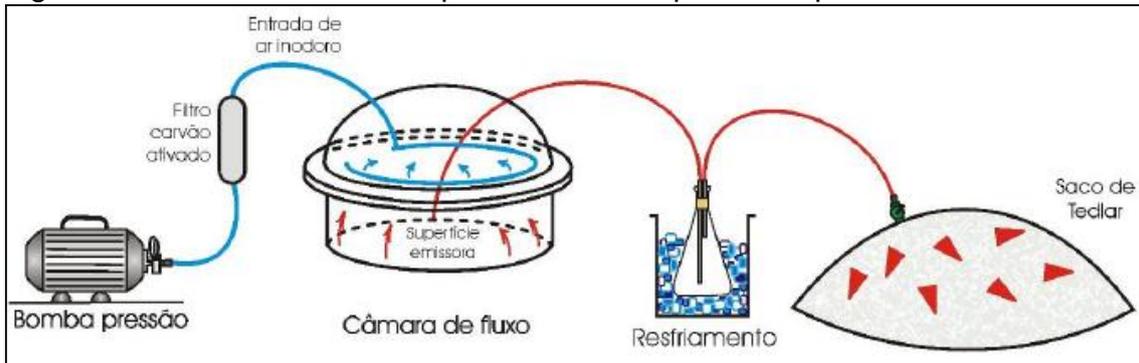
Figura 4 - Sistema de coleta em amostragem direta.



Fonte: Lisboa, 2010.

A amostragem também pode ser realizada em fontes superficiais sólidas ou líquidas com o uso da câmara de fluxo, a qual possibilita determinar a taxa de emissão específica dos compostos odorantes por unidade de área (LISBOA, 2010). Este é representado pela figura 5.

Figura 5 - Sistema de coleta a partir de uma superfície líquida.



Fonte: Lisboa, 2010.

Em casos de biofiltros abertos onde a emissão odorífera ocorre a partir de superfície sólida, pode-se utilizar a campânula amostradora, conforme a norma alemã VDI 3477, a fim de medir a taxa de emissão odorante e ainda investigar a homogeneidade do biofiltro (LISBOA, 2010). A figura 6 apresenta a utilização da campânula.

Figura 6 - Utilização da campânula amostradora.



Fonte: Lisboa, 2010.

2.6.1.2 Intensidade do odor/concentração odorante

A norma ASTM E544-75 “Prática padrão para referência supralimite de intensidade de odor”, apresenta duas metodologias para identificar a concentração odorante, são elas, o método da diluição estática ou dinâmica, e o método da escala estática (LACEY; SCHIRMER; LISBOA, 2008).

O método da diluição estática consiste na diluição de um determinado volume de odor em um determinado volume de ar puro em recipientes específicos para cada diluição realizada em pressão controlada. O método da diluição dinâmica é caracterizado pela utilização do olfatômetro, que com o auxílio de um *software* emite o resultado na forma de concentração, em unidades de odor por metro cúbico (U.O.m³). Esta concentração representa a quantidade de vezes que a amostra deve ser diluída para atingir seu limite de percepção olfativa (K_{50}), ou seja, quando existem apenas 50% de probabilidade que este odor seja percebido (LACEY; SCHIRMER; LISBOA, 2008; LISBOA, 2010).

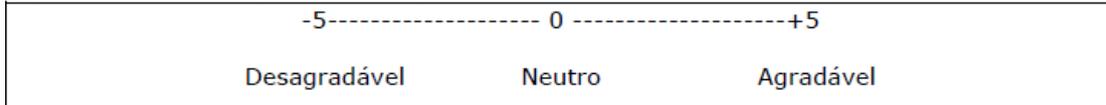
O método da escala estática é também conhecido pelo método do butanol, que consiste na comparação entre a intensidade do odor avaliado e a intensidade de diferentes concentrações de solução de n-butanol, utilizado como referência odorante, ou seja, os jurados são submetidos a cinco níveis de intensidade de odor através das soluções de n-butanol: muito forte (5), forte (4), médio (3), fraco (2) e muito fraco (1). Após a memorização destas intensidades, o júri deve comparar a intensidade do odor amostrado com as intensidades da escala de referência, não levando em conta seu caráter (LACEY; SCHIRMER; LISBOA, 2008; LISBOA, 2010).

2.6.1.3 Hedonicidade do odor

O valor hedônico é uma medida da agradabilidade do odor; ou seja, um julgamento quanto o odor ser prazeroso ou não (SCHIRMER, 2004).

Para sua avaliação utiliza-se uma escala de nível de agrado e desagrado (Figura 7) onde o jurado compara o seu incômodo a exposição do odor e com a escala (LISBOA, 2010).

Figura 7 - Escala para avaliação da hedonicidade odorante.



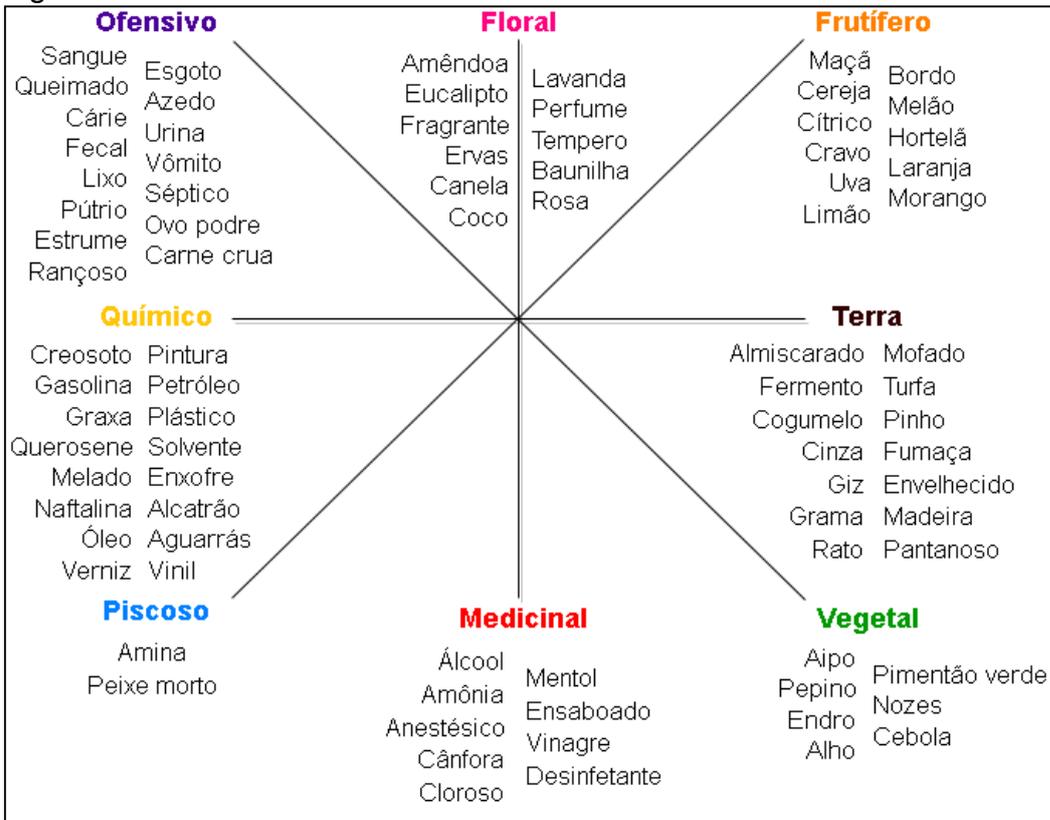
Fonte: Lisboa, 2010.

2.6.1.4 Caráter do odor

Segundo McGinley e McGinley (2002) a qualidade de um odor é uma escala nominal de medição, ou seja, em categorias. O odor é caracterizado utilizando-se um vocabulário de referência para gosto (salgado, doce, amargo e azedo), sensação (coceira, formigamento, calor, ardor, frio, e metálico) e descritores de odor.

Para os descritores de odor, McGinley e McGinley (2002) apontam oito categorias em uma “roda de odor” (Figura 8) sendo eles: vegetal, frutado, medicinal, floral, químico, piscoso, ofensivo e terrosa.

Figura 8 - Roda de odores.



Fonte: Adaptado McGinley e McGinley, 2002.

A figura 8 apresenta os descritores específicos listados em cada categoria. A qualidade de uma substância odorante é uma medida inteiramente subjetiva, devido

sua linguagem de analogia baseada em interpretações pessoais (ex. cheiro de flor, de tinta, de carne). Essa característica influencia significativamente as respostas aos odores. O cheiro é similar ao de determinada substância (STUETZ e FRENCHEN, 2001 apud LISBOA, 2010).

Além do uso do olfatômetro, as análises olfatométricas podem ser realizadas via questionário, a partir do uso de enquetes, júri móvel ou permanente.

2.6.1.5 Avaliação do impacto odorante via questionário

Segundo Lisboa (2010) recomenda-se a utilização de dois modos de questionários para avaliar o impacto ambiental na circunvizinhança de fontes odorantes, são eles os questionários de caráter eventual e de caráter permanente. O autor define que:

Questionários de caráter eventual podem ser aplicados mediante o uso de enquete junto à vizinhança do empreendimento ou mediante o emprego de um júri móvel. O questionário de caráter permanente são utilizados mediante o emprego de um júri fixo (LISBOA, 2010, p. 21).

Para avaliar o impacto odorante em uma comunidade, utiliza-se o as enquetes, as quais são aplicadas a comunidade e permitem à identificação de possíveis fontes odorantes, período de ocorrência dos odores, locais mais atingido, direção do vento, proporção de homens e mulheres e idade afirma Lisboa (2010).

No caso de júri móvel utiliza-se um grupo de pelo menos dez pessoas pré-qualificadas para realizar determinações olfatométricas através do preenchimento de um questionário diretamente no local investigado. Para a seleção dos jurados é necessário que se faça a avaliação da sensibilidade de cada membro, pois pessoas muito sensíveis ou com perda de olfato são descartadas na seleção, esta também deve seguir um código de comportamento de acordo com a norma europeia EN 13725 – CEN 2003 (Anexo A) (LISBOA, 2010).

A avaliação dos impactos através de júri permanente consiste na aplicação de um questionário constante, realizado em moradores vizinhos da fonte emissora em estudo. Adaptando-se a norma VDI 3883 – parte 2, este morador recebe um cartão resposta para cada dia da semana, e nele o júri apresenta a descrição do odor, hora e dia da percepção, bem como apresentam o grau de incômodo (LISBOA, 2010).

No entanto, o fato de emissões odoríferas causarem incômodos e efeitos negativos aos seres que estão a sua volta, é necessário contê-la e monitorá-la a fim de minimizar os impactos ambientais provenientes da mesma.

2.7 LEGISLAÇÃO APLICADA A VOC E ODORES

Com relação aos impactos odorantes, o Brasil ainda não possui nenhuma legislação federal que estabeleça limites aceitáveis. Devido a isso, as legislações para controle da poluição vêm sendo desenvolvidas em âmbito estadual ou municipal (VIEIRA, 2013; SCHIRMER, 2004).

No Estado de Santa Catarina a Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980 regulamentada pelo Decreto nº 14.250, de 05 de junho de 1981, foi revogada pela Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009 que institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado. O Decreto nº 14.250/81 trazia a proibição da emissão de substâncias odoríferas em quantidades perceptíveis fora dos limites da propriedade da fonte, e apresentava uma tabela com inúmeras substâncias e seus respectivos limites de percepção olfativa (LPO) (CARMO Jr, 2004 apud SCHIRMER, 2004; VIEIRA, 2013).

A Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009 dispõe no Art. 179 o estabelecimento de padrões de qualidade do ar, incluindo substâncias odoríferas. Sendo que o Art. 290 atribui como competência do Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina (CONSEMA) de no prazo de um ano, a partir da publicação da Lei, regulamentar “[...] b) os critérios e a metodologia para constatação de emissão de odor em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora; c) os padrões de qualidade do ar; [...]” (SANTA CATARINA, 2009, p. 62).

De acordo com Vieira (2013) passados mais de dois anos desde a publicação da Lei, ainda não foram regulamentados os critérios e padrões exigidos pelo artigo citado anteriormente. Os fiscais de meio ambiente têm atuado então se baseando no Art. 182 que prevê a adoção de sistemas de controle de poluição do ar com base na melhor tecnologia prática disponível e aplicável em casos de não existência de padrões de emissão, ou utilizam ainda os critérios do antigo Decreto nº 14.250/81, e até mesmo resoluções de outros estados, como por exemplo São Paulo e Paraná.

A Resolução SEMA nº 016/2014 do Estado do Paraná, dispõe no Art. 12 que as atividades geradoras de substâncias odoríferas devem seguir práticas de minimização de odores, além de serem implantadas distante de núcleos populacionais. Caso as práticas de minimização não forem eficazes, cabe ao órgão ambiental exigir instalação de sistemas de captação e remoção de odor e se necessário o monitoramento da pluma de odor. Já no caso de COVs, na Seção II - tratamento de superfície pintura, galvanoplastia e decapagem, tal Resolução dispõe que “para o uso de conversores para o abatimento térmico de compostos orgânicos voláteis não se aplicam os critérios definidos para incineração nesta Resolução” (PARANÁ, 2014, p. 33).

No Estado de São Paulo, a Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, regulamentada pelo Decreto nº 8.468/76, determina em seu Art. 14 que o órgão ambiental competente poderá exigir dos responsáveis por atividades efetivas ou potencialmente poluidoras a apresentação do plano completo de desenvolvimento de suas atividades, bem como dos sistemas de tratamento existentes, do lançamento de resíduos em qualquer estado ou matéria, emissão de substâncias odoríferas, entre outras (SÃO PAULO, 1976a). O Decreto nº 8.468/76 no Art. 33, assim como o antigo Decreto nº 14.250/81 de Santa Catarina, proíbe a emissão de substâncias odoríferas em quantidades perceptíveis fora dos limites da fonte emissora e apresenta uma lista com inúmeras substâncias e seus respectivos LPO's (SÃO PAULO, 1976b). Se tratando de COVs, o Decreto nº 59.113/2013 estabelece um limite de liberação de 40 t/ano (exceto metano) aos novos empreendimentos ou ampliações de existentes (SÃO PAULO, 2013).

Além das legislações aplicáveis ao meio ambiente, existe também a NR-15 aprovada pela Portaria nº 3.214/78, a qual determina o limite de exposição a agentes químicos do qual a insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, dentre os inúmeros agentes químicos apresentados pela NR-15, encontram-se a amônia, dimetilamina, estireno, tolueno, xileno (xilol), entre outros (NORMA REGULAMENTADORA, 1978).

2.8 FORMAS DE TRATAMENTO

Diversas são as formas de tratamento de emissões atmosféricas, dentre elas encontram-se equipamentos específicos para controle de material particulado, gases e vapores. Dentre os mecanismos utilizados no controle de gases e vapores, encontram-se basicamente os métodos de condensação, adsorção, combustão, absorção e biofiltração (CETESB, 2010).

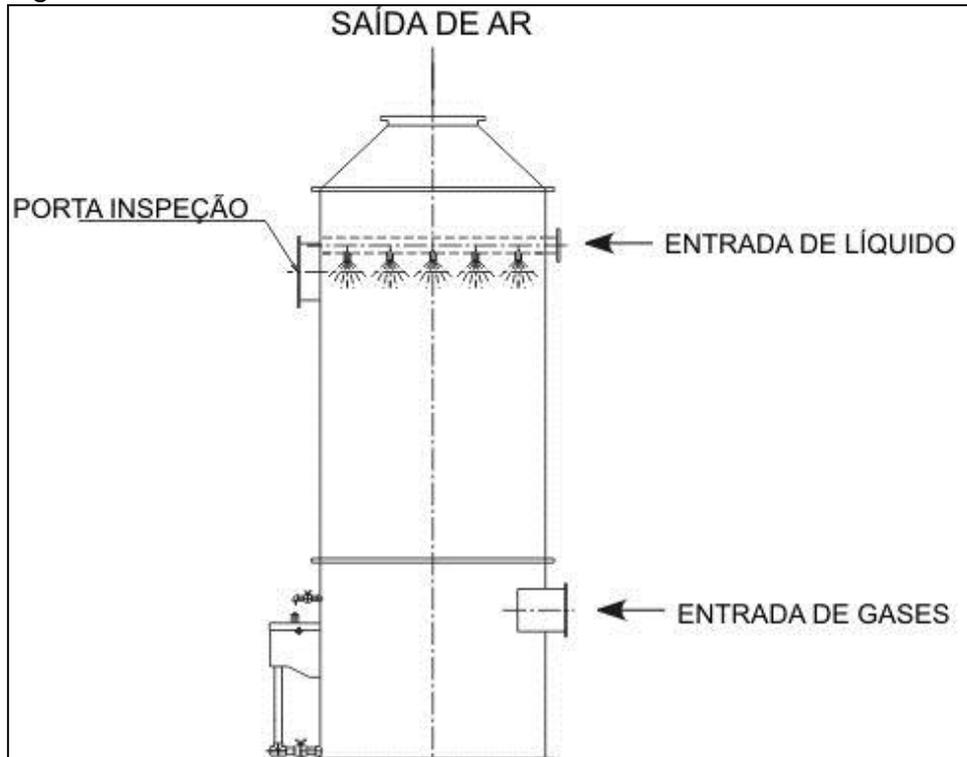
Outra forma bastante utilizada é a ventilação industrial, responsável pela troca do ar de um determinado local, visando à segurança e o bem estar de trabalhadores, afirmam Clezar e Nogueira (1999). Porém, esta visa também impedir que o lançamento de contaminantes na atmosfera acabe por poluir o ar, completam os autores.

2.8.1 Condensação

A condensação é basicamente a conversão de um gás em líquido, podendo ser realizada por redução de temperatura ou aumento de pressão. No caso de COVs, quanto mais volátil este for, menor será seu ponto de ebulição, maior sua quantidade em forma de vapor numa dada temperatura, e assim menor será a temperatura necessária para sua condensação (CETESB, 2010).

Os condensadores podem também ser de contato direto (Figura 9) ou indireto, neste primeiro, a mistura gasosa faz contato com o líquido frio, já no condensador de contato indireto, esta tem a temperatura reduzida através do contato com uma superfície (CETESB, 2010).

Figura 9 - Condensador de contato direto.



Fonte: Soluções industriais, s.d.

Em caso de gases imiscíveis em água, como por exemplo, os solventes orgânicos, o condensador de contato direto permite, através da separação de fases, a separação da água e do solvente (CETESB, 2010).

2.8.2 Adsorção

O fenômeno da adsorção ocorre quando as moléculas gasosas e de fumaça são atraídas por substâncias denominadas adsorvedores, através da afinidade química ou por forças de atração superficiais intermoleculares (MACINTYRE, 2014). Além de gases e fumaça, a adsorção, segundo CETESB (2010), é capaz de eliminar com eficiência muitos compostos odoríficos geralmente presentes em baixas concentrações.

Os adsorvedores mais utilizados são o carvão ativado, a alumina ativada ou óxido de alumínio, a sílica-gel, a bauxita, o gel de ácido crômico, terras diatomáceas e peneiras moleculares (MACINTYRE, 2014; CETESB, 2010).

Segundo Macintyre (2014) os equipamentos de filtragem constam em colunas ou caixas, onde o gás poluente atravessa os adsorvedores que são colocados em camadas ou leitos. Porém, o gás deve passar por um tratamento preliminar para

reduzir sua umidade relativa e temperatura. Com o uso, o adsorvedor fica saturado, fazendo-se necessária sua regeneração através da passagem de vapor d'água.

“O controle de emissões de solventes, em alguns casos a altas concentrações, pode ser também feita através da adsorção com regeneração do material adsorvente e com recuperação do solvente [...]” (CETESB, 2010).

2.8.3 Incineração

A incineração realiza o processo de combustão, onde ocorre uma oxidação que transforma os gases combustíveis em dióxido de carbono e vapor da água, em casos de combustão completa. Em outros casos, esta pode também oxidar gases poluentes em outros gases poluentes, como no caso do gás sulfídrico (H_2S) se transformar em dióxido de enxofre e vapor da água, porém é preferível a presença deste segundo, que pode ser tratado posteriormente, que a presença do gás sulfídrico que possui odor desagradável (CETESB, 2010). O autor ressalta ainda que em casos de compostos clorados, a incineração não deve ser utilizada.

Existem três tipos básicos de equipamentos: a) incinerador de chama direta, que consiste no contato entre gases poluentes e gases quentes resultantes da queima de um combustível auxiliar, dentro de uma câmara de combustão; b) incinerador catalítico, onde um catalisador em uma câmara promove a oxidação do poluente; c) “Flare”, que são basicamente tochas na saída da fonte emissora, como apresentado na figura 10 (CETESB, 2010).

Figura 10 - Incinerador “flare”.



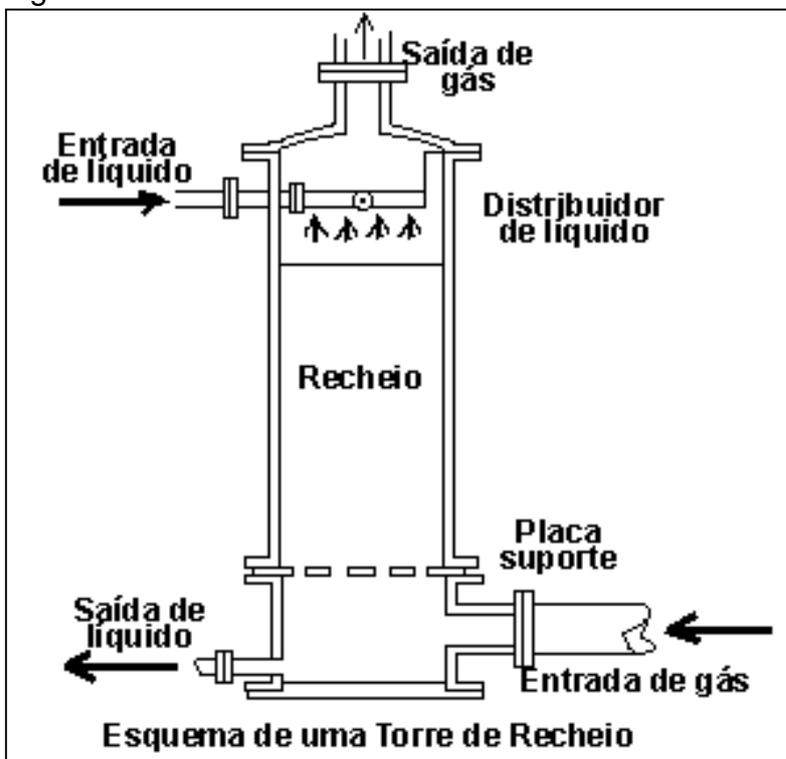
Fonte: Sage Matering, 2013.

2.8.4 Absorção

A absorção ocorre quando um gás tem contato com um líquido solúvel, geralmente água, onde a massa de gás é transferida para o líquido através da dissolução, ou pode até reagir com o mesmo gerando um soluto (MACINTYRE, 2014).

Os absorvedores, também conhecidos por lavadores de gases, são utilizados usualmente as torres de enchimento, apresentada na figura 11, de pratos e lavadores de impactação, afirma CETESB (2010).

Figura 11 - Torre de enchimento.



Fonte: UFRN, s.d.

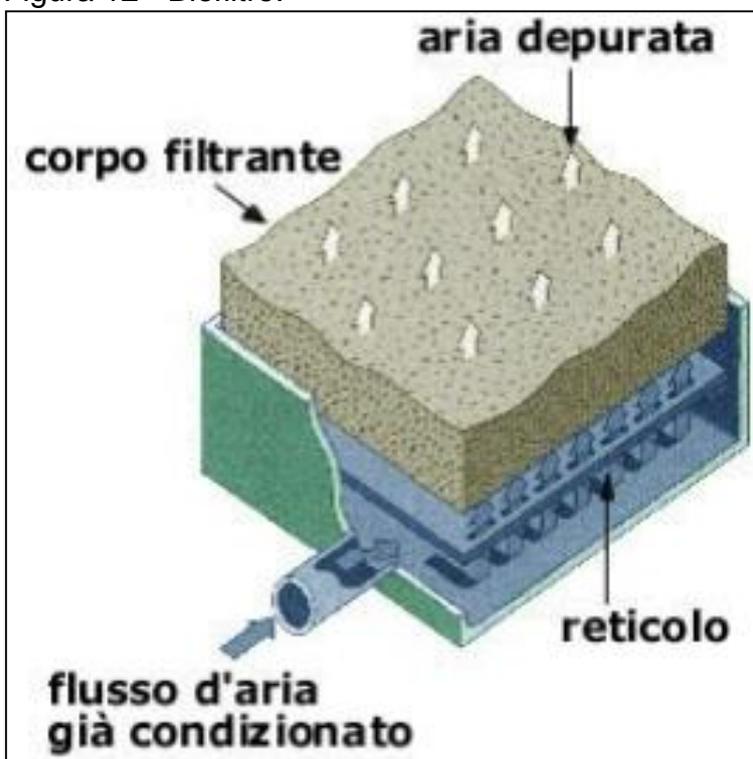
Nas torres de enchimento, de acordo com Macintyre (2014), o gás atravessa as camadas de enchimento de forma ascendente, estes asseguram a maior área de contato possível com o líquido solúvel que é despejado do alto da torre.

A CETESB (2010) ainda complementa que os usos comuns da absorção são no controle de dióxido de enxofre (SO_2), gás sulfídrico (H_2S), gás clorídrico (HCl), cloro (Cl_2), amônia (NH_3), gás fluorídrico (HF). Dentre as substâncias absorventes, destacam-se a água, substâncias alcalinas, como solução de soda cáustica, suspensão aquosa de carbonato de cálcio ou cal, e solução amoniacal.

2.8.5 Biofiltração

O tratamento biológico de poluentes atmosféricos, a biofiltração, é o processo que utiliza microorganismos para metabolizar poluentes das suas fontes, conforme apresentado na figura 12. Por se tratar de organismos, estes devem estar em determinadas condições, como por exemplo, deve-se existir a fase aquosa (habitat dos microorganismos), presença de oxigênio e nutrientes, pH, temperatura e tempo de contato adequados (CETESB, 2010).

Figura 12 - Biofiltro.



Fonte: Unioeste, s.d.

Seu funcionamento consiste na condução do o efluente gasoso através de um leito filtrante biologicamente ativo, a adsorção dos contaminantes ocorre na superfície da camada filtrante, no leito, a ação dos microorganismos degrada o contaminante a CO_2 e H_2O , produzindo então, massa molecular (CETESB, 2010).

O quadro 3 apresenta alguns poluentes e suas condições de biodegradabilidade.

Quadro 3 - Poluentes e suas biodegradabilidades.

Poluentes	Boa	Média	Baixa
Hidrocarbonetos aromáticos	Fenol Tolueno Etilbenzeno	Benzeno Xileno Estireno	-
Hidrocarbonetos alifáticos	-	Hexano	Metano Pentano Isopentano Ciclohexano Acetileno
Compostos orgânicos clorados	Diclorometano	-	Tetracloreto de carbono Clorofórmio Tetracloroeteno Tricloroeteno Cloro de vinila Clorotolueno
Compostos orgânicos sulfurados	-	Dissulfeto de carbono Dimetilsulfeto Dimetildisulfeto	Metil mercaptana Tiocianatos
Compostos orgânicos nitrogenados	Aminas (anilina)	-	Nitrilas (piridina)
Compostos orgânicos oxigenados	Alcoóis (metanol, etanol, butanol, 2-butanol, 1-propanol, 2-propanol) Aldeídos (formaldeído, acetaldeído) Ésteres (ácido butirílico, acetato de vinila, acetato de etila, acetato butílico, isobutil acetato) Éteres (tetrahidrofurano) Cetonas (acetona, metiletilcetona, metilisobutilcetona)	-	-
Compostos inorgânicos	Amônia Gás sulfídrico	-	Óxidos de nitrogênio

Fonte: adaptado CETESB, 2010.

2.8.6 Tratamento de odores

No caso de tratamento dos odores, além dos possíveis tratamentos mencionados anteriormente, pode-se destacar a combustão, ozonização, mascaramento e diluição (MACINTYRE, 2014).

Macintyre (2014) afirma que em métodos de combustão, em casos de gás combustível, deve-se aproveitá-lo no aquecimento de fornalhas, por exemplo. Na ozonização, ocorre o lançamento do ozônio através de dutos de exaustão, sendo esta mais eficaz em compostos odorantes orgânicos. O mascaramento consiste na mistura de um produto especial à fonte do odor, a fim de atenuar e disfarçar os odores emitidos. E por fim a diluição consiste na aplicação de ventilação em casos de odores não tóxicos em interiores.

Cabe ressaltar que cada aplicação tem suas particularidades, devido a isso, devem-se avaliar os poluentes oriundos das determinadas fontes para que seja possível identificar a melhor tecnologia aplicável no tratamento.

3 METODOLOGIA

O trabalho se insere na linha de pesquisa “Controle de Qualidade do Ar” do curso de Engenharia Ambiental, o qual aborda um estudo de caso realizado em uma indústria fabricante de resinas.

Tendo em vista que o presente trabalho é caracterizado como uma pesquisa, esta pode ser classificada quanto à abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.

Quanto à abordagem, este se enquadra tanto como uma pesquisa qualitativa, quanto quantitativa, pois os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, preocupando-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009), esta fase foi aplicada na identificação dos poluentes e etapas do processo produtivo onde ocorrem emissões atmosféricas, bem como na pesquisa para sugestão de tratamentos para tais emissões. Porém, nas etapas de realização de balanço de massa e testes olfatométricos, estimou-se as emissões atmosféricas e avaliaram-se as emissões odoríferas de modo estatístico, caracterizando a pesquisa quantitativa, a qual suas categorias são fortemente estabelecidas por meio de trabalho analítico, através de estatística (GIL, 2002).

Quanto à natureza, esta é caracterizada por pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Em relação aos objetivos, se enquadra em pesquisa exploratória, pois este tipo proporciona maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2002).

3.1 COLETA DE DADOS

A pesquisa foi desenvolvida em função da problemática relacionada a odores característicos nas proximidades da área em estudo, que consiste em uma indústria de produção de resinas utilizadas na fabricação de tintas. Por estar relacionada a solventes e matérias-primas ácidas, a produção deste material libera grande quantidade de poluentes atmosféricos e conseqüentemente odores, dos quais nunca foram analisados ou monitorados pela empresa.

Para tal, inicialmente realizou-se o levantamento de informações e conceitos sobre o tema abordado, a partir de pesquisas bibliográficas em diversos materiais como livros e artigos referentes a emissões atmosféricas de compostos voláteis e emissões odoríferas, bem como produção de resinas.

Após a pesquisa bibliográfica, foi realizado um diagnóstico da área de estudo compreendendo uma análise do processo produtivo, identificação das etapas de produção e pontos de emissão de poluentes atmosféricos, bem como as emissões odoríferas lançadas na atmosfera.

Considerando que a atividade produz três classes de resinas: alquídica, poliéster e acrílica, e em cada classe inúmeros tipos de resinas, selecionou-se uma resina para cada classe de acordo com a intensidade do odor. Tal seleção ocorreu a partir da experiência relatada pelos funcionários com base nas características odorantes das matérias-primas utilizadas na produção das mesmas.

Posteriormente através da análise das ordens de produção, levantaram-se os tipos de matérias-primas utilizadas na fabricação destas resinas. Realizou-se também o detalhamento das matérias-primas com características odorantes por meio de consulta de FISPQs (Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos) dos respectivos produtos. Nas fichas foram analisados alguns dados como: odor, limite de percepção olfativa, solubilidade em água, ponto de ebulição, efeitos em casos de inalação por exposição única e contínua, entre outros. A partir dos dados coletados realizou-se a quantificação das emissões atmosféricas/ odoríferas por meio de balanço de massa.

Visando avaliar o impacto das emissões odorantes provenientes do processo no entorno do empreendimento, foram realizados testes olfatométricos.

3.1.1 Balanço de massa

Para a identificação da quantidade de poluentes atmosféricos emitidos nos processos de fabricação de resina, foi estabelecida junto dos supervisores do setor e de estágio a forma mais viável de realização do balanço de massa. A mesma foi realizada a partir da quantificação por pesos das matérias-primas, dos produtos em cada etapa do processo, produto final, efluentes líquidos e sólidos.

Para a realização das pesagens das resinas poliéster insaturada e emulsão acrílica, foram criados com o auxílio dos funcionários quadros de pesagem para balanço de massa, as quais apresentam as etapas do processo onde se devem anotar cada peso. As anotações foram realizadas pelos funcionários da produção, os quais tiveram anteriormente uma conversa com a autora para a explicação sobre os processos a serem realizados.

Depois de anotados os pesos do produto em cada etapa do processo, realizaram-se os cálculos de balanço de massa, considerando as entradas e saídas de cada etapa e análise dos dados obtidos.

3.1.2 Teste olfatométrico

Para a avaliação do impacto odorante na área de estudo, optou-se pela realização de teste olfatométrico via júri móvel devido à fácil viabilidade. O júri foi composto por acadêmicos da 7ª fase do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Os mesmos foram pré-selecionados através do teste do n-butanol, do qual identificou a aptidão de onze acadêmicos para compor o júri.

O teste do n-butanol foi realizado conforme a metodologia proposta por Lisboa (2010) que segue o procedimento recomendado pela norma americana ASTM E-544-75 (1997), onde os jurados foram submetidos a cinco níveis de intensidade de odor através de soluções de n-butanol nomeadas aleatoriamente pelas letras: muito fraco (D), fraco (A), médio (B), forte (E) e muito forte (C). A concentração de diluição do n-butanol em água obedeceu aos valores expostos na tabela 2.

Tabela 2 - Níveis de intensidade de odor.

Nível de intensidade	1 – Butanol (g.L⁻¹)	IO (Intensidade odorante)
1	0,001	Muito fraco
2	0,01	Fraco
3	0,1	Médio
4	1,0	Forte
5	10	Muito forte

Fonte: adaptado AFNOR, 1990 apud Lisboa, 2010.

A preparação das soluções foi realizada no Laboratório de Química da UNESC, onde inicialmente separam-se cinco frascos com tampa com capacidade de

300 mL cada e aproximadamente 5 mL de 1-butanol. Para atingir as concentrações necessárias em cada intensidade foi necessário primeiramente utilizar os valores de concentração de 1-butanol e volume do recipiente para identificar a massa de solução a ser diluída, procedimento apresentado pela equação 2. Posteriormente, sabendo a densidade do 1-butanol, juntamente com a massa obtida na equação 2, identificou-se o volume de 1-butanol a ser diluído através de cálculos estabelecidos na equação 3.

$$C = \frac{m}{V_1} \quad (2)$$

Onde:

C: Concentração (g.L⁻¹);

m: Massa (g);

V₁: Volume do frasco (mL).

$$d = \frac{m}{V_2} \quad (3)$$

Onde:

d: Densidade (g.mL⁻¹);

m: Massa (g);

V₂: Volume de butanol (mL).

Sabendo-se dos valores de volume do frasco, de 300 mL (0,3 L), a densidade do 1-butanol de 0,81 g.mL⁻¹ e a concentração de 0,001 g.L⁻¹ para intensidade muito fraca, realizaram-se os seguintes cálculos.

$$C \text{ muito fraca} = \frac{m}{V_1}$$

$$0,001 \text{ g.L}^{-1} = \frac{m}{0,3 \text{ L}}$$

$$\mathbf{m = 0,0003 \text{ g}}$$

$$d = \frac{m}{V_2}$$

$$0,81 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{0,0003 \text{ g}}{V_2}$$

$$\mathbf{V_2 = 0,0004 \text{ mL} = 0,4 \mu\text{L}}$$

Para os cálculos da intensidade fraca, utilizaram-se os valores de volume do frasco, densidade do 1-butanol e concentração de $0,01 \text{ g.L}^{-1}$, apresentados nos seguintes cálculos.

$$C \text{ fraca} = \frac{m}{V_1}$$

$$0,01 \text{ g.L}^{-1} = \frac{m}{0,3 \text{ L}}$$

$$m = 0,003 \text{ g}$$

$$d = \frac{m}{V_2}$$

$$0,81 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{0,003 \text{ g}}{V_2}$$

$$V_2 = 0,004 \text{ mL} = 4 \mu\text{L}$$

A partir dos cálculos percebeu-se que as massas e os volumes do 1-butanol aumentaram gradativamente em dez vezes, estabeleceu-se então para as intensidades subsequentes os valores de volume de solução 1-butanol de $40 \mu\text{L}$ para a intensidade média, $400 \mu\text{L}$ para a forte e $4000 \mu\text{L}$ (4 mL) para a intensidade muito forte. Estes volumes foram adicionados aos frascos através de micropipetadores e pipetadores, resultando nas soluções apresentadas na figura 13.

Figura 13 - Soluções de n-butanol.



Fonte: Autora, 2016.

Anteriormente a aplicação do teste do n-butanol, houve um treinamento com os candidatos (Apêndice A) que apresentou informações sobre odores e resinas, bem como explicou sobre as exigências estabelecidas pela EN-13725 que determina que: a) os membros do júri devem ter no mínimo 16 anos, ser voluntários e capazes de seguir as instruções; b) fumantes não podem fazer parte do júri; c) os membros do júri que estejam sofrendo de gripe ou de outra infecção afetando a sua percepção de odor, como crises de alergia e sinusite devem ser excluídos imediatamente; entre outras exigências, dos quais todos estavam de acordo.

O teste foi aplicado a quinze pessoas que analisaram os odores em cada frasco (Figura 14) e os colocaram em ordem de intensidade mais fraca a mais forte de acordo com sua percepção. Ressalta-se que a ordem correta de intensidade correspondia às letras D, A, B, E, C. De acordo com Lisboa (2010) tal seleção serve para avaliar a sensibilidade de cada pessoa a fim de descartar os indivíduos que apresentam sensibilidade olfativa fora da média, ou seja, pessoas com perda ou diminuição do olfato (anosmia ou hiposmia, respectivamente) e com sensibilidade muito aguçada. Para evitar a seleção de pessoas com tais características, foram descartados do teste os indivíduos que acertaram ou erraram completamente a sequência dos frascos.

Figura 14 - Aplicação do teste do n-butanol.

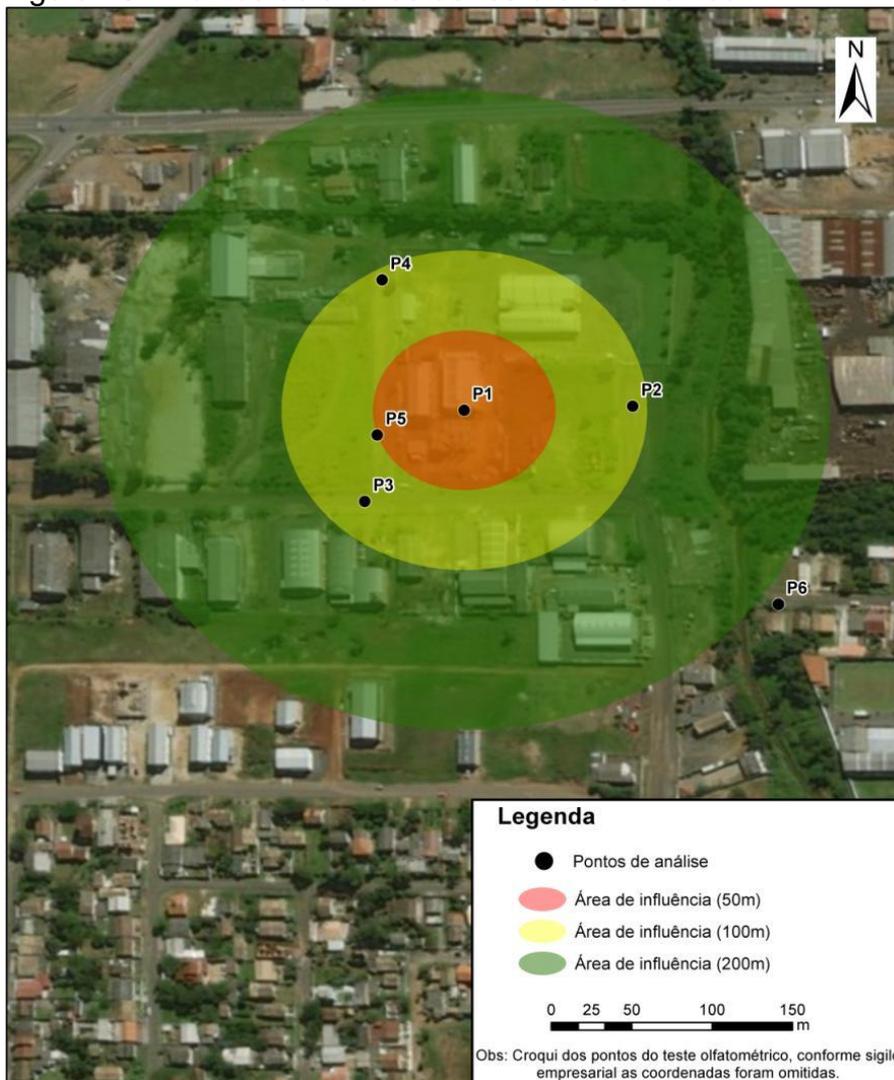


Fonte: Autora, 2016.

A partir dos resultados apresentados pelos quinze candidatos, escolheram-se onze pessoas aptas para realização do teste olfatométrico, considerando que Lisboa (2010) sugere no mínimo de dez jurados.

Os seis pontos onde os jurados fizeram as avaliações, apresentados na figura 15, foram pré-estabelecidos durante o estágio através da análise na área, a fim de que outras indústrias não interferissem na avaliação.

Figura 15 - Pontos de análise de teste olfatométrico.



Fonte: Autora, 2016.

O ponto 1 foi estabelecido no pátio da empresa, entre a torre de produção e o setor de armazenamento de matéria-prima. O ponto 2 localizou-se a aproximadamente 100 metros de distância da torre de produção, área aberta e próxima a uma mata ciliar. O ponto 3 situou-se a aproximadamente 70 metros da torre de produção, e nas proximidades de outras indústrias. O ponto 4 localizou-se ao lado

de uma cortina verde e uma pequena elevação, também próximo a outras indústrias locais. O ponto 5 situou-se a aproximadamente 50 metros da torre de produção em área aberta. O ponto 6 foi determinado em área de residências mais próximas da empresa para identificar o possível incômodo de moradores.

Para a realização do teste *in loco*, foi estruturado um questionário (Apêndice B) adaptando-se as metodologias apresentadas por Lisboa (2010), que depois de preenchido foram avaliados e seus resultados analisados estatisticamente.

3.2 SUGESTÃO DE MEDIDAS DE TRATAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS/ ODORÍFERAS

A partir do diagnóstico da quantificação de emissões pelo balanço de massa, análises de matérias-primas e dos resultados obtidos através do teste olfatométrico, foram propostas medidas de tratamento para as emissões atmosféricas decorrentes do processo. A definição destas medidas foi realizada a partir de pesquisas em artigos, literatura, análises, entre outros.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar e discutir os dados obtidos durante a pesquisa.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A indústria pertencente ao ramo de fabricação de tintas e alguns de seus componentes, dentre eles a resina, foco deste estudo, está localizada no sul de Santa Catarina.

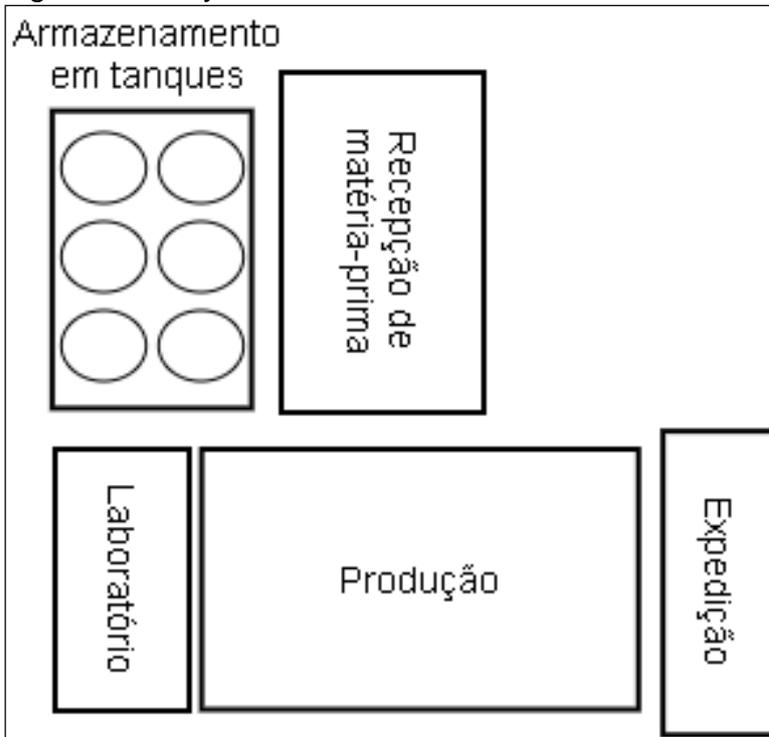
O clima na região sul de Santa Catarina, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, ou seja, clima subtropical (mesotérmico) caracterizado pela falta de estação seca definida, temperatura média inferior a 18°C no mês mais frio e com verões quentes cuja temperatura média é superior 22°C, embora ocorram variações significativas em alguns elementos climáticos como a precipitação e a temperatura (IPAT, 2010).

Com relação aos ventos, Nimer (1989 apud IPAT, 2010) afirma que nas sub-bacias do litoral catarinense até a bacia do Rio Tubarão predominam-se os ventos de quadrante nordeste.

Ressalta-se que tais características climáticas da região são importantes para a análise dos dados obtidos através do teste olfatométrico realizado neste estudo.

A área de estudo é dividida em setores como recebimento e armazenamento de matéria-prima, laboratório, produção e expedição, conforme apresenta o layout na figura 16.

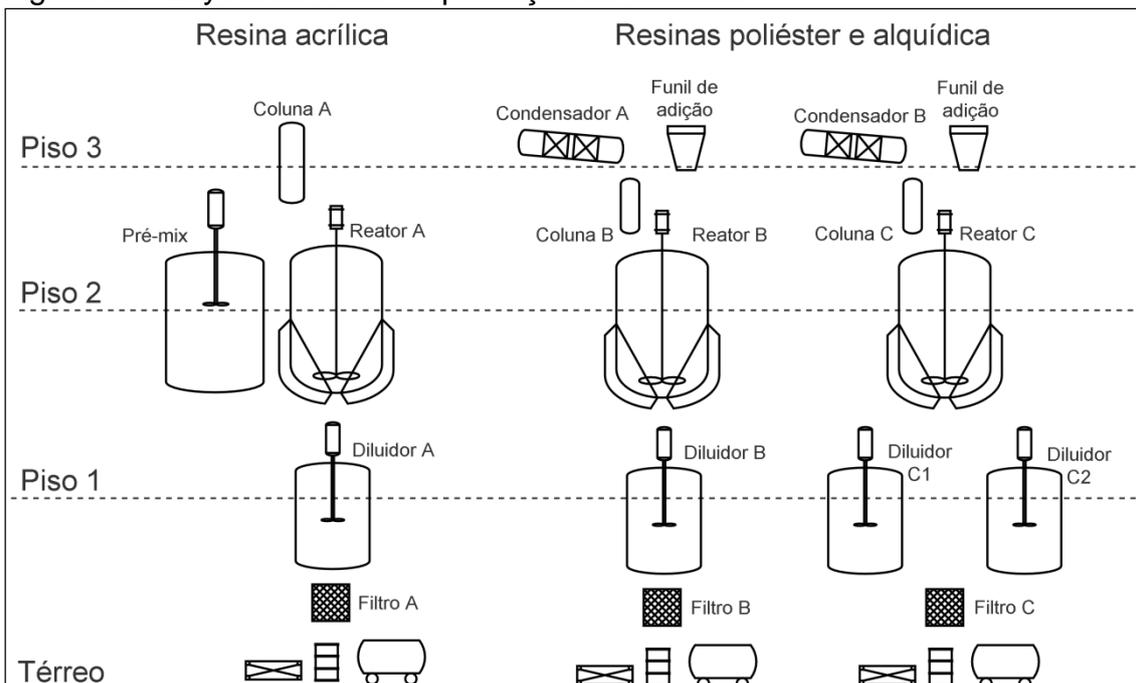
Figura 16 - Layout da área de estudo.



Fonte: Autora, 2016.

O setor de produção consiste em uma torre de três andares, onde se encontram as etapas básicas para a produção de resinas e seus respectivos equipamentos, conforme ilustra a figura 17.

Figura 17 - Layout do setor de produção de resinas.



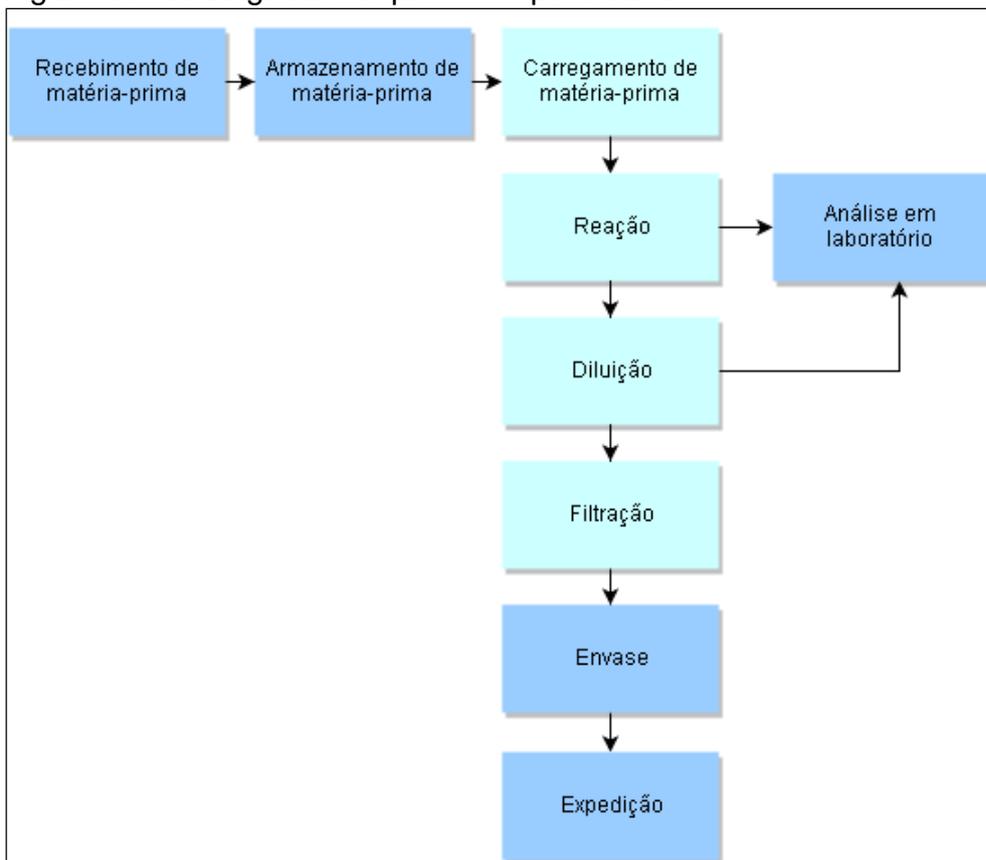
Fonte: Autora, 2016.

Na figura 17 o processo apresentado ao lado esquerdo representa a fabricação de resina acrílica, enquanto o direito refere-se à produção das resinas poliéster e alquídica.

O processo de produção de resinas inicia com o recebimento de matérias-primas e seu armazenamento. A maioria destes produtos é recebida em embalagens como caixas, sacarias, tambores, entre outros, os quais são armazenados no setor de recepção de matéria-prima. Já os solventes, monômeros, óleos e fluidos recebidos em caminhões-tanque são descarregados diretamente nos tanques de armazenamento.

Com o recebimento da ordem de produção, a qual especifica o tipo de resina que deve ser confeccionada, iniciam-se as etapas produtivas conforme apresenta o fluxograma na figura 18.

Figura 18 - Fluxograma de processo produtivo.



Fonte: Autora, 2016.

Conforme estabelecido na ordem de produção, as matérias-primas são pesadas e posteriormente carregadas no reator. Os materiais sólidos passam

anteriormente pela dispersão, preparação ou diluição em água, enquanto que os materiais líquidos são adicionados através de tubulações ligadas aos tanques de armazenamento.

No reator ocorre a reação entre as matérias-primas, produzindo então a resina. Quando pronta, uma amostra é encaminhada ao laboratório para a realização de análises de cure plate, índice de acidez, viscosidade Gardner, secagem, pH (potencial hidrogeniônico), entre outras. Caso as análises estejam conforme os padrões, a resina é encaminhada para o diluidor, onde já estão carregados os solventes para realizar a diluição. Ao concluir o processo, outra amostra é retirada para análise em laboratório.

Com a liberação da resina pelo laboratório, esta passa pelo processo de filtração, que consiste em uma peneira vibratória em malha de inox e posteriormente por filtro *bag* feito de nylon. Após filtragem, a resina é envasada em contêiner, tambor ou caminhão-tanque para serem encaminhadas às unidades da própria empresa para a fabricação de tintas e vernizes.

Basicamente o processo produtivo de resinas consiste no que foi relatado anteriormente, porém a empresa fabrica três classes diferentes de resina das quais possuem suas particularidades de produção.

4.1.1 Resina alquídica

O processo de produção das resinas alquídicas possui a fase de reação dividida em duas etapas, iniciando a partir do carregamento de parte das matérias-primas (óleos glicéridos, poliois e catalisador) no reator, estes itens são aquecidos a aproximadamente 255°C para que ocorra o processo da primeira etapa, caracterizado pela alcoólise, que consiste em uma reação de equilíbrio obtida com o uso de glicerina (FAZENDA, 2005). Após este processo, o reator é resfriado a 200°C, onde são carregados os ácidos e o solvente para o refluxo, em seguida é ajustada a rampa de aquecimento entre 225°C – 230°C onde ocorre a segunda etapa da reação, ou seja, a esterificação, reações de condensação entre grupos funcionais ácidos e hidroxilos (SILVA, 2008). Ao atingir a temperatura de 200°C, inicia-se o controle de qualidade da reação, onde é enviado amostras para o laboratório que analisa os parâmetros de viscosidade Gardner, índice de acidez e cura (secagem).

Com a aprovação da amostra, o produto segue para o diluidor, caso contrário, são realizados ajustes, correções e novas análises. Antes da transferência do produto ao diluidor, este é preparado com solvente. Após a diluição da resina, outra amostra é encaminhada ao laboratório para realização das mesmas análises. Com a aprovação das mesmas, a resina pronta segue para filtragem e envase.

4.1.2 Resina poliéster

O processo produtivo das resinas poliéster assemelha-se ao das alquídicas, e também ocorre em duas etapas.

Com o reator a temperatura ambiente carrega-se os glicóis e o catalisador, ajusta-se a rampa de aquecimento para 220°C - 230°C e inicia-se o carregamento do PET (Politereftalato de Etileno). Após a primeira etapa, que consiste na fusão do PET a 230°C, uma amostra é encaminhada para o laboratório que realiza análises de acidez e fusão do PET. Com a aprovação, o produto é resfriado a 160°C para o retorno do glicol que foi destilado e a adição do restante das matérias-primas. Na segunda etapa, ajusta-se a rampa de aquecimento do reator para 210°C - 212°C ocorrendo-se a reação de esterificação para a geração do poliéster insaturado. Quando a temperatura alcança 210°C inicia-se o controle de qualidade enviando-se amostras ao laboratório e analisando-se viscosidade e índice de acidez.

Posterior aprovação das amostras aplica-se o vácuo no reator, ao final desta, o laboratório analisa novamente o produto. Liberado o processo, resfria-se a 185°C, adiciona-se um produto inibidor e então transfere-se para a diluição. O diluidor já preparado com produto responsável pela diluição como o estireno e com uma temperatura de 60°C recebe o produto do reator, após a transferência, resfria-se novamente o produto a 50°C e adicionam-se aditivos. Com a conclusão da diluição, amostras são novamente encaminhadas ao laboratório, das quais após aprovadas, libera-se o produto para a filtração e envase.

4.1.3 Resina acrílica

O processo produtivo da resina acrílica inicia-se em duas etapas simultaneamente: uma etapa no reator e outra no pré-mix.

Com o reator a 86°C adiciona-se parte da matéria-prima líquida, enquanto que no pré-mix carrega-se tanto matéria-prima líquida quanto sólida. Após a pré-mistura inicial, 6% desta solução é encaminhada para o reator a 84°C, posteriormente são carregadas no pré-mix e no reator o restante da matéria-prima. No reator ocorre o processo de exotermia que varia entre 88°C e 90°C, após este processo, adiciona-se toda a solução produzida no pré-mix.

Ao final da reação, o reator é resfriado a 68°C posteriormente a 55°C e 50°C, sendo que nestes intervalos é adicionado ao produto o restante das matérias-primas, sendo que dentre estas se encontra a água, responsável pela diluição do produto.

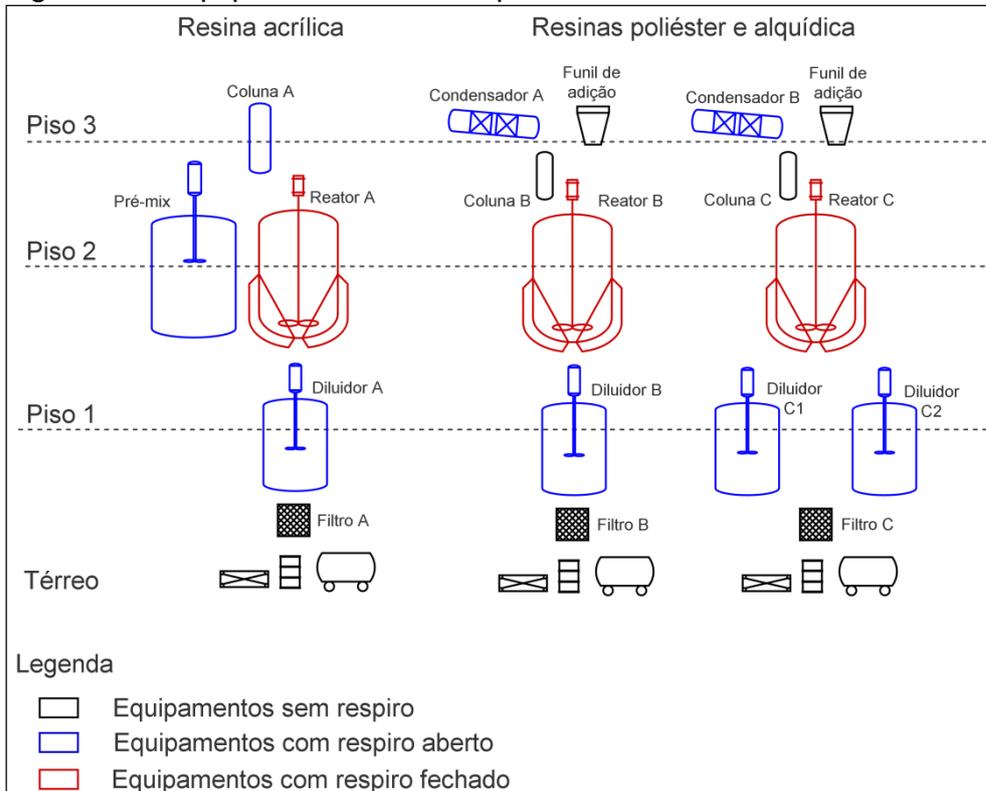
O laboratório posteriormente coleta uma amostra da resina e analisa sua viscosidade, pH e densidade, as quais se aprovadas são encaminhadas para filtragem e envase.

4.1.4 Pontos de emissões atmosféricas

A área de estudo é considerada uma fonte antrópica e estacionária de poluição de acordo com os conceitos trazidos por Lisboa (2014) e MMA (2016), nela a liberação dos poluentes na atmosfera pode ser identificada em alguns pontos tanto no processo produtivo quanto em setores auxiliares.

Na torre de produção identificaram-se os equipamentos que possuem respiros como principais pontos de emissão pontual, apresentados na figura 19, pelo fato de constituírem-se nos pontos de emissão que possibilitam a percepção da circunvizinhança.

Figura 19 - Equipamentos com respiros.

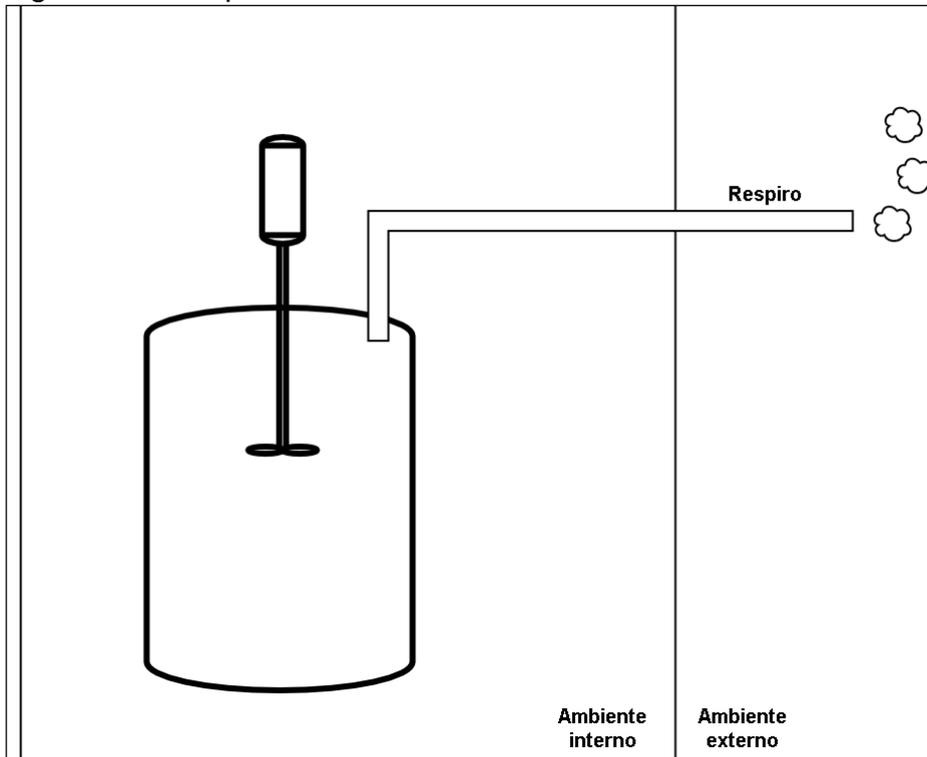


Fonte: Autora, 2016.

Na figura 19, destacam-se os equipamentos de cor azul dos quais possuem respiros totalmente abertos, já os de cor vermelha possuem respiros fechados devido o fato de o produto poder atingir a tubulação e ocorrer o vazamento pelos mesmos, estes somente são abertos durante a produção da resina poliéster para que ocorra a quebra do vácuo.

Em concordância com os conceitos estabelecidos nas Resoluções CONAMA nº 382/06 e nº 436/11, os respiros são considerados fontes de emissão pontuais, pois consistem em uma tubulação que direciona os gases de dentro do equipamento até o exterior da torre, conforme apresenta a figura 20, liberando-os diretamente na atmosfera sem nenhum tratamento prévio. Além disso, os respiros servem para evitar explosões devido ao aumento de pressão no interior dos equipamentos.

Figura 20 - Respiros.



Fonte: Autora, 2016.

Nos reatores, o respiro encontra-se fechado na maior parte do tempo, neste há uma coluna que direciona os gases até o condensador, gerando água de reação e gás, exceto na produção de resina acrílica que não possui condensador, somente coluna com respiro. A água oriunda da condensação dos gases é coletada e encaminhada para tratamento, enquanto que o gás é direcionado para a atmosfera.

O processo de transferência da resina dos diluidores para a filtragem é considerado uma fonte de emissão fugitiva, pois não apresenta respiros ou dispositivos que dirijem o poluente à atmosfera, este ocorre abertamente, o que de fato libera grande quantidade de odor no local.

Além da torre de produção, outros pontos de emissão também podem ser identificados, como no setor de armazenamento de matéria-prima, do qual não possui exaustor, somente portas abertas durante o expediente que possibilitam a ventilação natural e no laboratório de controle de qualidade, que também não possui exaustor e suas portas permanecem a maioria do tempo fechadas, fazendo com que o odor permaneça interno.

4.2 ANÁLISE DE MATÉRIAS-PRIMAS ODORANTES

A fabricação da resina consiste no uso de matérias-primas líquidas e sólidas, sendo que algumas delas liberam certo odor na atmosfera durante seu manuseio, além de serem voláteis.

A partir do relato dos profissionais da produção quanto às matérias-primas com maior potencial odorante, analisaram-se suas FISPQs (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) a fim de identificar suas principais características, apresentadas no quadro 4.

Quadro 4 - Matérias-primas odorantes e suas características conforme FISPQ.

Produto	Estado físico	Ponto de ebulição	Odor	LPO ¹	Volatilidade ²
1,4 Naftoquinona	Sólido	149°C	Característico	ND	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
AB-9	Líquido	161-171°C	Característico de hidrocarbonetos aromáticos (doce)	ND	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Acetato de butila	Líquido	126°C	Fruta agradável	ND	CONAMA, União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Ácido acrílico	Líquido	141°C	Acre	ND	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Ácido Adípico	Sólido	336°C	Inodoro	ND	Não volátil
Ácido Benzóico	Sólido	249,2 °C	Leve, Inodoro	ND	OMS, União Europeia e SCAQMD-EUA
Acrilato de butila	Líquido	147°C	Pungente	ND	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Acticide HF	Líquido	100°C	Formaldeído	ND	CONAMA, OMS, União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Aguarrás	Líquido	90 – 320°C	Acentuado, semelhante ao querosene	1 ppm	CONAMA, OMS, União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Amônia	Líquido	28,3 °C	Picante, extremamente penetrante e irritante	ND	CONAMA, União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha

Continuação

Produto	Estado físico	Ponto de ebulição	Odor	LPO¹	Volatilidade²
Anidrido Ftálico	Sólido	284 – 285 °C	Picante	0,052 ppm	Não volátil
Anidrido Maleico	Sólido	202°C	Asfixiante	ND	União Europeia e SCAQMD-EUA
Anidrido Tetrahidroftálico	Sólido	290°C	Inodoro	ND	Não volátil
Acticide HF	Líquido	100°C	Formaldeído	ND	CONAMA, OMS, União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Breu WW	Sólido	ND	Típico da árvore de Pinus	ND	-
Liosec DMR HC cobre 8%	Líquido	ND	Leve, característico	ND	-
Dietilenoglicol – DEG	Líquido	245 °C	Suave	ND	OMS, União Europeia e SCAQMD-EUA
Dimetilanilina – DMA	Líquido	192 - 195°C	Amina	ND	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Estireno	Líquido	146°C	Forte, doce e penetrante	0,15 ppm	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Iodeto de Potássio	Sólido	1.325 °C	Inodoro	ND	Não volátil
Liosec HC cobalto 6%	Líquido	ND	Leve, característico	ND	-
Parabenzquinona	Sólido	ND	Pungente	ND	-
Propilenoglicol – PGI	Líquido	188 - 189 °C	Inodoro	ND	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Resina fenólica	Sólido	182°C	Característico	ND	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Rongalite (Vettalit)	Sólido	ND	Característico	ND	-
Terc-Butil-Catecol_ TBC	Líquido	65°C	Tipo fenol	ND	CONAMA, OMS, União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Texanol	Líquido	255 a 260,5 °C	Característico	ND	OMS e SCAQMD-EUA
Tolueno	Líquido	111°C	Semelhante ao benzeno, doce	1,6 ppm	CONAMA, União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha
Trietanolamina – TEA	Líquido	335°C	Amônia	ND	Não volátil

Continuação

Produto	Estado físico	Ponto de ebulição	Odor	LPO ¹	Volatilidade ²
Trigonox AW 7 (TBHP-70)	Líquido	ND	ND	ND	-
Xileno	Líquido	137-143°C	Característico de hidrocarbonetos aromáticos (doce)	20 ppm	União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha

Fonte: Autora, 2016.

¹ Limite de percepção olfatométrica.

² Substâncias consideradas voláteis de acordo com padrões estabelecidos por diferentes países.

ND – Não disponível

Para identificar a volatilidade das matérias-primas apresentadas no quadro 4, observa-se seu ponto de ebulição comparando com as definições apresentadas no referencial teórico deste trabalho pela Resolução CONAMA nº 382/06 que determina voláteis os compostos com ponto de ebulição de até 130°C, OMS de 50°C a 100°C e 240°C a 260°C, União Europeia até 250°C, SCAQMD-EUA até 280°C e Alemanha até 200°C (BRASIL, 2006; EUROFINS, 2016; UNIÃO EUROPEIA, 2004).

Dentre as matérias-primas apresentadas no quadro 4 destacam-se os compostos que possuem volatilidade atribuída pelo CONAMA por possuírem ponto de ebulição inferior a 130°C, considerado relativamente baixo, volatilizando com maior facilidade. De acordo com tal definição encontram-se as seguintes matérias-primas: Acetato de butila, aguarrás, amônia, acticide HF, terc-butil-catecol e tolueno.

Além destes, destacam-se também as matérias-primas com odores mais característicos e penetrantes como o ácido acrílico, acrilato de butila, parabenoquinona, aguarrás, amônia, trietanolamina, anidrido ftálico, anidrido maleico, estireno e tolueno.

A partir da análise crítica das respectivas FISPQs, podem-se ressaltar algumas informações importantes, como no caso do acetato de butila, líquido insolúvel em água, que apesar de possuir odor de fruta agradável, pode ser irritante para os olhos, nariz e garganta a partir do contato com seu vapor, e se inalado, causa náuseas, tontura, dor de cabeça ou dificuldade respiratória (CETESB, s.d.).

O aguarrás, líquido insolúvel em água, possui odor acentuado com um limite de percepção de 1 ppm, ou seja, é facilmente percebido, além de poder provocar dores de cabeça, náusea, tontura, confusão mental, perda de consciência e sonolência. Em elevadas concentrações pode provocar irritação às vias respiratórias com tosse, espirros, dor de garganta, falta de ar, além de poder ser fatal caso penetre

em vias respiratórias com pneumonia química (PETROBRÁS DISTRIBUIDORA S.A, 2016a).

A amônia, líquido solúvel em água, caracterizado pelo odor picante, extremamente penetrante e irritante, pode provocar sintomas alérgicos ou asmáticos e dificuldades respiratórias com tosse e falta de ar. A exposição única provoca danos aos pulmões com irritação, edema e hemorragia. Em altas concentrações pode causar a morte por parada respiratória, arritmia cardíaca e morte por asfixia, quanto que sua exposição repetida pode provocar edema pulmonar e bronquite (PETROBRÁS DISTRIBUIDORA S.A, 2015).

De acordo com FISPQ disponibilizada pela atividade em estudo, o acticide HF, líquido miscível em água, mesmo possuindo alta volatilidade e odor de formaldeído, não apresenta danos ao ser humano em casos de inalação, porém, pode provocar reações alérgicas à pele e lesões oculares, além de ser considerado cancerígeno devido à presença de formaldeído.

O tercio-butil-catecol além de possuir toxicidade aguda se inalado, pode provocar queimaduras na pele e nos olhos, seu odor é característico de fenol, ou seja, forte (RODHIA OPÉRATIONS, 2014).

O tolueno, líquido muito pouco solúvel em água, apesar de possuir odor doce e facilmente perceptível (1,6 ppm), pode provocar tontura, sonolência, inconsciência, náusea, dor de cabeça e falta de coordenação motora a exposição única, já em caso de exposição repetida pode provocar perda de memória, distúrbios no sono, perda da habilidade de concentração, disfunção auditiva e distúrbios visuais. Em elevadas concentrações pode provocar irritação das vias respiratórias com tosse, dor de garganta e dificuldade respiratória, bem como pode ser fatal se aspirado e penetrar em vias respiratórias causando edema pulmonar e pneumonite química (PETROBRÁS DISTRIBUIDORA S.A, 2016b).

O ácido acrílico, líquido completamente solúvel, além de possuir odor acre, ou seja, ácido e picante, pode causar quando inalado danos como irritação no nariz, garganta e pulmões, e em casos de exposição repetida ou prolongada, este pode causar dor de cabeça, náusea e inconsciência (VETTA QUÍMICA, 2013a).

Acrilato de butila é um líquido facilmente biodegradável de odor pungente, intenso, irritante para vias respiratórias e pode causar danos ao epitélio olfativo após repetidas inalações (VETTA QUÍMICA, 2013b; BASF, 2016).

O sólido parabenzoquinona é parcialmente solúvel em água e caracteriza-se pelo odor pungente e intenso, este é considerado tóxico se inalado ou ingerido, podendo causar irritação ao sistema respiratório, além de dores de cabeça, náusea e vômito, falta de ar, sensação de queimadura e laringite (BAYER CROPSCIENCE, 2006).

A trietanolamina é um líquido solúvel que possui odor similar ao da amônia, ou seja, picante. Em casos de exposição por inalação, pode provocar laringite, tosse, chiado, falta de ar, dor de cabeça, náuseas e vômitos. Na atmosfera, grande parte é removida através do grupo hidroxilo produzido através fotodissociação (KALIUM CHEMICAL, s.d.).

O anidrido ftálico é um sólido de odor picante e limite de percepção muito baixo (0,052 ppm) fazendo com que seja facilmente perceptível. Em casos de inalação, este produto pode provocar sintomas de alergia, bronquite asmática ou dificuldades respiratórias. Possui meia vida atmosférica de 21,4 dias, é rapidamente biodegradável e reage com a água formando o ácido ftálico além de ser parcialmente solúvel na mesma (ELEKEIROZ S.A, 2014).

O sólido anidrido maleico possui odor asfixiante e pode causar inúmeros danos ao sistema respiratório, como por exemplo, queimaduras nas vias respiratórias superiores, danos aos pulmões, irritação no nariz, hemorragia nasal, alergia, asma e edema pulmonar, além disso, pode causar também dores abdominais, sensação de queimação, dor de cabeça, náuseas, vômitos, tontura, dor de garganta, tosse e falta de ar. Este produto também é caracterizado pela reação com a água produzindo ácido maleico corrosivo (QUÍMICA ANASTACIO, 2013).

O estireno é uma das matérias-primas mais encontradas nas formulações das resinas, este é um líquido levemente solúvel em água, de odor forte, doce e penetrante, facilmente perceptível (limite de percepção de 0,15 ppm). Quando aquecido libera vapores acres além de monóxido e dióxido de carbono. O produto permanece na atmosfera na fase gasosa, e assim como a trietanolamina, seu principal mecanismo de remoção é a reação com radicais hidroxila produzidos fotoquimicamente, apresentando 6,6 horas de meia vida. A exposição ao líquido e seus vapores pode causar inúmeros danos à saúde, dentre eles a irritação no trato respiratório, sintomas no sistema nervoso central através de dores de cabeça, inconsciência, náuseas, perda de apetite, entre outros (BRISCO DO BRASIL, 2011).

Analisando-se individualmente as matérias primas utilizadas na produção de cada resina estudada, na fabricação das resinas de emulsão acrílica utiliza-se as seguintes substâncias odorantes: ácido acrílico, acrilato de butila, estireno, rongalite (vettalit), trigonox AW 7 (TBHP 70), acticite HF, amônia e texanol.

Além das matérias-primas mencionadas anteriormente (ácido acrílico, acrilato de butila, estireno, acticite HF e amônia), cabe avaliar o restante das substâncias utilizadas que não foram destacadas por alta volatilidade ou forte odor, sendo estas o rongalite (Vettalit), trigonox AW 7 (TBHP 70) e texanol.

O pó rongalite (vettalit) que pode liberar gases tóxicos em contato com ácidos, apesar de sua FISPQ não informar danos em casos de inalação e características do odor (VETTA QUÍMICA, 2014), os profissionais entrevistados alegam que o rongalite possui odor forte e pútrido, o que gera certo desconforto.

Trigonox é um líquido de 15% de hidrossolubilidade, e apesar de sua FISPQ não apresentar dados sobre seu odor, a mesma informa que este é tóxico se inalado e pode causar irritação as vias respiratórias (ARKEMA QUÍMICA LTDA, 2015).

Segundo a FISPQ disponibilizada pela atividade em estudo, o texanol é um líquido parcialmente miscível em água, e apesar de ser considerado volátil pela OMS e SCAQMD-EUA não é esperado que este provoque sensibilização respiratória, bem como apresente toxicidade aguda.

Na produção de poliéster insaturada utilizam-se as matérias primas propilenoglicol, dietilenoglicol, anidrido ftálico, liosec DMR HC cobre 8%, liosec HC cobalto 6%, parabenzoquinona e estireno, e assim como mencionado, é necessário avaliar através das FISPQs as matérias-primas que não foram destacadas anteriormente, como o propilenoglicol, dietilenoglicol, liosec DMR HC cobre 8% e liosec HC cobalto 6%.

O propilenoglicol, apesar de ser um líquido inodoro, é considerado volátil pela União Europeia, SCAQMD-EUA e Alemanha, mas não apresenta riscos específicos por inalação e é degradado na atmosfera em aproximadamente 10 horas (M.CASSAB COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA, 2013a).

O dietilenoglicol é um líquido completamente solúvel em água, capaz de causar irritação ao sistema respiratório quando encontrado em temperaturas elevadas, além de poder provocar sonolência, vertigens, dor de cabeça, náuseas e indisposição (OXITENO, 2013).

O liosec DMR HC cobre 8% e o liosec HC cobalto 6%, são líquidos insolúveis em água, podem ser fatais se ingeridos e penetrarem nas vias respiratórias, bem como podem provocar sonolência ou vertigem e irritação no trato respiratório (MIRACEMA-NUODEX INDÚSTRIA QUÍMICA LTDA, 2015a; MIRACEMA-NUODEX INDÚSTRIA QUÍMICA LTDA, 2015b).

No caso da resina alquídica média penta utilizam-se o anidrido ftálico, ácido benzóico, xileno e aguarrás. Destas, as matérias-primas ainda não analisadas são o ácido benzóico e o xileno.

Ácido benzóico é um sólido parcialmente solúvel em água, que pode ser irritante ao sistema respiratório, mesmo possuindo um odor leve a inodoro (M.CASSAB COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA, 2013b).

O xileno, líquido muito pouco solúvel em água, possui odor característico de hidrocarbonetos aromáticos, ou seja, adocicado, pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias, além de provocar irritação nas mesmas através de tosse, espirros, dores de garganta e congestão pulmonar. Contudo, o produto não é classificado como tóxico agudo e não se espera que o mesmo cause sensibilização respiratória (PETROBRÁS DISTRIBUIDORA S.A, 2016c).

Tendo em vista as informações apresentadas pelas FISPQs das matérias-primas odorantes, concordou-se com Lisboa et al (2006) quando este afirma que os odores podem ser percebidos em concentrações extremamente baixas, como nos casos do aguarrás, anidrido ftálico, estireno e tolueno que possuem limites de percepção olfativa abaixo de 1,6 ppm, além disso, para os casos onde a FISPQ informa que a substância é inodora e os profissionais entrevistados afirmaram a existência de odor característico pôde-se perceber que a percepção do odor varia de pessoa para pessoa.

Agradáveis ou não, os odores e também os compostos orgânicos voláteis inodoros, podem causar efeitos negativos ao ser humano tanto em única exposição, quanto a exposição contínua, dentre estes efeitos destacam-se as dores de cabeça, náuseas, irritações nos olhos, nariz e garganta, dificuldades respiratórias, entre outros, o que de fato acorda com os dados apresentados pela USEPA (2016b). Ilpi (2002 apud MACÊDO, 2002) afirmam que a exposição a estes poluentes pode acarretar inúmeros danos, e listam alguns efeitos como: irritação dos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e no corpo, tonturas, fadiga, vertigens, náuseas, redução

de força física, dificuldades na respiração, dermatite, asma, entre outros. Este fato está de acordo também com a CPCB (2008) que considera a ofensividade, duração e frequência de exposição e tolerância do receptor como principais fatores relevantes para o incômodo de percepção de odores.

As matérias-primas odorantes destacadas anteriormente podem gerar vapores e emissões que ficam retidas na atmosfera por diferentes períodos, alguns são degradados em horas, enquanto outros levam dias para serem extintos do ar, este fato torna mais agravante a exposição dos seres humanos aos poluentes, o que pode trazer maiores efeitos negativos tendo em vista que estes são lançados frequentemente na atmosfera pela empresa em estudo por estar em constante produção, além disso, a empresa possui determinados pontos considerados críticos quando relacionados a emissões atmosféricas.

4.3 ESTIMATIVA DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA POR BALANÇO DE MASSA

Com o objetivo de estimar e quantificar as emissões atmosféricas provenientes das etapas do processo produtivo de resinas realizou-se balanços de massa.

O balanço de massa realizado para dois tipos de resinas: emulsão acrílica e poliéster insaturada teve por base a pesagem de matérias-primas, reatores e diluidores por batelada, como se observa nas tabelas 3 e 4. A pesagem foi realizada a partir de células de carga, taradas antes das pesagens. Cabe ressaltar que apesar de taradas, as massas podem apresentar variação de 5 kg a 10 kg para mais ou menos.

Tratando-se do balanço de massa da resina alquídica média penta, este não foi realizado devido à falta de produção da mesma em tempo hábil ao prazo desta pesquisa.

4.3.1 Resina emulsão acrílica

Os dados para a realização do balanço de massa para resina emulsão acrílica foram coletados através de pesagens dos produtos e matérias-primas dispostas nos equipamentos pré-mix, reator e diluidor e são apresentadas na tabela 3.

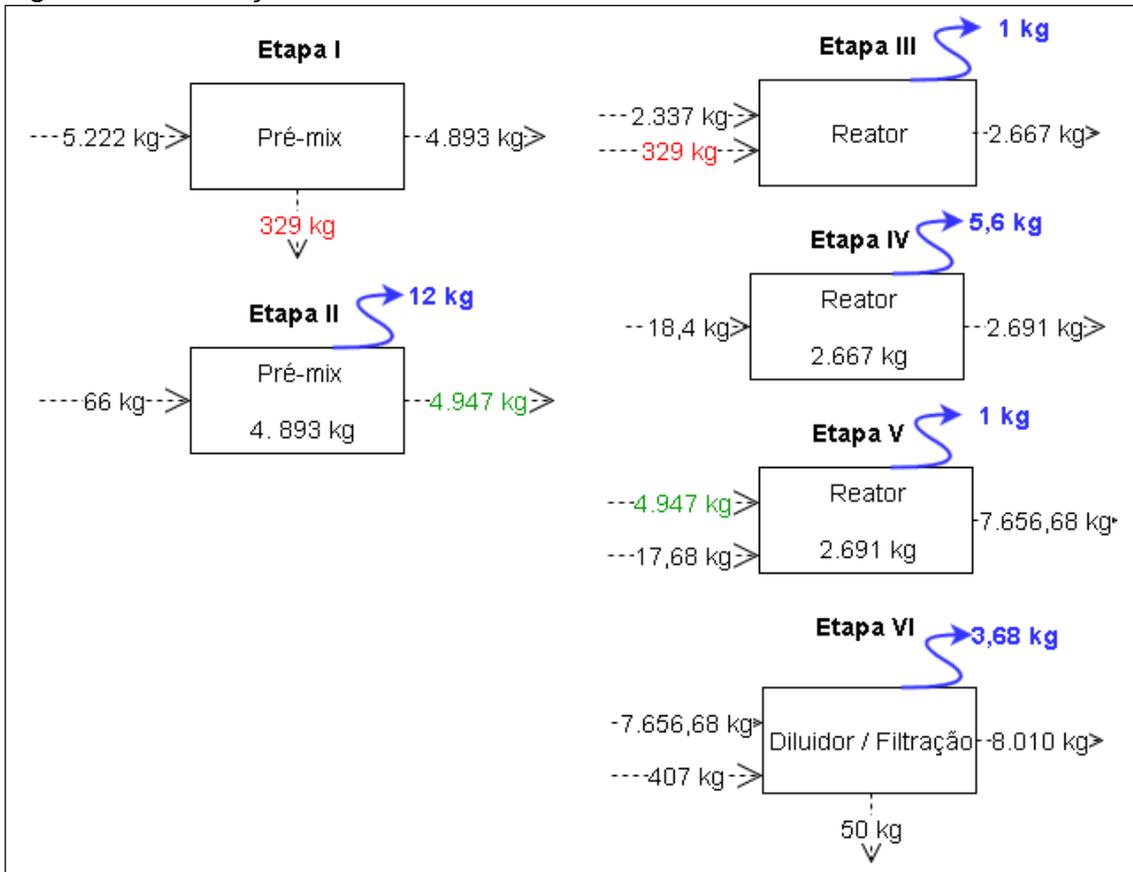
Tabela 3 - Dados para balanço de massa: resina emulsão acrílica.

Etapas balanço de massa	Etapas pré-mix	Peso (kg)
Etapa I	Entrada de matéria-prima inicial	5.222
Entrada de matéria-prima inicial no pré-mix	6% da reação (transferida para reator)	329
	Depois da transferência de 6%	4.893
Etapa II	Entrada de catalisador	66
Adição de catalisador no pré-mix	Pré-mix após entrada do catalisador	4.947
	Produto final	4.947
	Etapas reator	Peso (kg)
Etapa III	Entrada de matéria-prima inicial	2.337
Entrada de matéria-prima inicial no reator	Final da reação (antes de receber 6%)	2.337
	Depois da transferência de 6%	2.667
Etapa IV	Entrada de catalisador	18,4
Adição de catalisador no reator	Reator após entrada de catalisador	2.691
Etapa V	Reator após receber produto final do pré-mix	7.639
	Entrada de restante de matéria-prima	17,68
	Produto final	7.656,68
	Etapas diluidor	Peso (kg)
Etapa VI	Entrada de material diluente	407
	Produto final	8.010

Fonte: Autora, 2016

Utilizando os dados apresentados na tabela 3, estruturaram-se os cálculos de balanço de massa a fim de quantificar as emissões atmosféricas geradas. A figura 21 apresenta esta emissão na cor azul.

Figura 21 - Balanço de massa resina emulsão acrílica.



Fonte: Autora, 2016.

A produção da resina acrílica é realizada inicialmente em duas etapas simultâneas (I e III), onde as matérias-primas iniciais são inseridas no pré-mix e no reator. No pré-mix (etapa I) ocorre a adição de 5.222 kg de produtos, sendo estes: água, disponil 25s, silquest A 171, acrilamidas, bicarbonato de sódio, ácido acrílico, acrilato de butila e estireno, dos quais os três últimos são considerados matérias-primas voláteis de odor forte e penetrante. Após a mistura destes produtos, transferem-se para o reator, aproximadamente 6% do produto final mensurados em 329 kg (em vermelho), resultando em uma sobra de 4.893 kg dentro do equipamento.

Enquanto o pré-mix realiza a mistura das matérias-primas, a etapa III caracteriza-se pela adição e aquecimento de 2.337 kg de água no reator para receber posteriormente os 6% (329 kg) do produto pré-misturado. Após o recebimento desta porcentagem, ocorre a reação das matérias, o qual resultou em 1 kg (0 kg – 10 kg) de emissão atmosférica, lembrando que o erro da célula de carga nos equipamentos é de 5 a 10 kg a mais ou a menos, portanto estima-se que uma faixa de 0 kg a 10 kg representam esta emissão, resultando em 2.667 kg de produto no reator. Cabe

ressaltar também que o reator produtor de resina acrílica mesmo com respiro fechado, possui uma coluna com respiro totalmente aberto, onde não há condensação, liberando os vapores diretamente para a atmosfera.

Na etapa II, é adicionado ao pré-mix o produto catalisador persulfato de amônio diluído em água, ou seja, 66 kg de solução, do qual não é considerado odorante pelos profissionais e FISPQ. Considerando que o pré-mix continua com a mistura dos produtos anteriores, percebeu-se uma emissão atmosférica de 12 kg (2 kg – 22 kg) de compostos, resultando em 4.947 kg (em verde) de produto pré-misturado, que é encaminhado ao reator na etapa V.

Na etapa IV ocorre também à adição de persulfato de amônio diluído em água ao reator, o que resulta em 18,4 kg desta solução adicionados aos 2.667 kg de produto já presentes no reator. Nesta etapa identificou-se 5,6 kg de emissão atmosférica (0 kg – 15,6 kg), o que resulta em 2.691 kg de produto no reator.

Na etapa V é adicionado ao reator todo o produto pré misturado no pré-mix, consistindo em 4.947 kg (em verde) e mais 17,68 kg de matérias-primas: rongalite (vettalit) e o trigonox AW 7, das quais são considerados odorantes e tóxicas. Resultando em 7.656,68 kg de produto bruto, identificou-se 1 kg (0 kg – 10 kg) de emissão atmosférica.

No diluidor (etapa VI) são adicionados 407 kg de material diluente, sendo estes antarol, amônia, texanol e acticide HF, onde somente o antarol não é considerado odorante, sendo que o restante além de possuir odor intenso e penetrante, é considerado composto orgânico volátil. Além destes, é adicionado ao diluidor 7.656,68 kg de resina bruta, da qual é diluída e encaminhada a expedição. Pelo fato do diluidor de resina acrílica não possuir célula de carga, o material final foi pesado no caminhão tanque após a filtração, e pesaram-se também os resíduos resultantes da filtração da resina diluída, sendo assim, 50 kg de resíduo foram gerados após a filtração e 8.010 kg de resina foram direcionados ao caminhão tanque, resultando em 3,68 kg (0 kg – 10 kg) de emissão atmosférica.

Ao todo se estima que aproximadamente 23,28 kg por batelada ou uma faixa de 2 kg a 71,28 kg constituem gases lançados na atmosfera provenientes da reação e aquecimento de produtos químicos odorantes e voláteis, que podem causar danos à saúde como irritações, dores de cabeça, náuseas, entre outros, além de piores danos em casos de exposição contínua. Tal resultado deu-se pela soma das

emissões estimadas e das faixas de emissão considerando o erro existente nas células de carga.

4.3.2 Resina poliéster insaturada

Os dados coletados para o balanço de massa da resina poliéster insaturada encontram-se na tabela 4, obtidas com a pesagem dos equipamentos nas etapas iniciais de produção, após reação, após aplicação de vácuo e resina diluída, bem como os produtos diluentes.

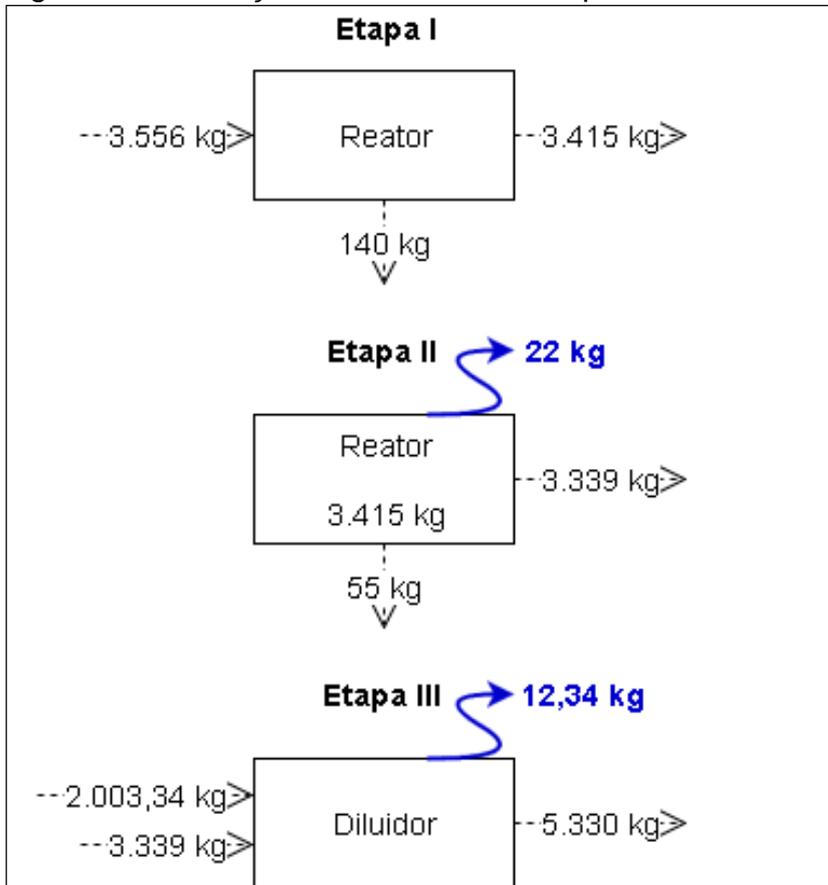
Tabela 4 - Dados para balanço de massa: resina poliéster insaturada.

Etapas balanço de massa	Etapas reator	Peso (kg)
Etapa I Adição de matéria-prima	Entrada de matéria-prima	3.556
	Saída de água de reação	140
	Antes de aplicação de vácuo	3.415
Etapa II Aplicação de vácuo	Após aplicação de vácuo	3.339
	Saída de água de reação	55
Etapa III Diluição	Produto final	3.339
	Etapas diluidor	Peso (kg)
	Produto diluente	2.003,34
	Produto final	5.330

Fonte: Autora, 2016.

A partir dos dados apresentados na tabela 4, estruturaram-se os cálculos de balanço de massa para estimar a quantidade de emissões atmosféricas geradas. A figura 22 apresenta esta estimativa na cor azul.

Figura 22 - Balanço de massa de resina poliéster insaturada.



Fonte: Autora, 2016.

Tratando-se do início do processo, na etapa I ocorre a adição e reação de 3.556 kg das seguintes matérias-primas: acetato de zinco, PET, propilenoglicol, dietilenoglicol, anidrido ftálico e anidrido maleico, sendo que apenas as duas primeiras não são consideradas odorantes.

O processo de reação ocasiona o desprendimento de uma quantidade de 140 kg de água de reação, resultando em 3.415 kg de produto, não apresentando nenhuma quantidade de emissão pelo fato do respiro do reator permanecer fechado. Na etapa II ocorre a aplicação de vácuo, que posteriormente resulta na liberação de 55 kg de água de reação e 3.339 kg de produto, havendo uma emissão atmosférica de 22 kg, lembrando que o erro da célula de carga no reator é de 5 a 10 kg a mais ou a menos, portanto estima-se que uma faixa de 12 kg a 32 kg representam esta emissão.

Na etapa III são adicionados ao diluidor 2.003,34 kg de produtos diluentes da resina: estireno, parabenzoquinona e liosec DMR HC cobre 8%, considerados

odorantes, e 3.339 kg de resina concentrada, processo que resultou em 5.330 kg de resina diluída, havendo emissão de aproximadamente 12,34 kg (2,34 kg – 22,34 kg).

Estima-se uma emissão atmosférica total de aproximadamente 34,34 kg ou uma faixa de 14,34 kg a 52,34 kg, tendo em vista que estas representam os poluentes resultantes das reações e aquecimento de produtos químicos e tóxicos capazes de causar efeitos negativos à saúde, ressaltando os danos ao sistema respiratório e nervoso. Tal resultado deu-se pela soma das emissões estimadas e das faixas de emissão considerando o erro existente nas células de carga.

Para identificar a real emissão atmosférica odorante destas três resinas: emulsão acrílica, poliéster insaturada e alquídica média penta, realizou-se um teste olfatométrico entorno da área estudada.

4.4 TESTE OLFATOMÉTRICO

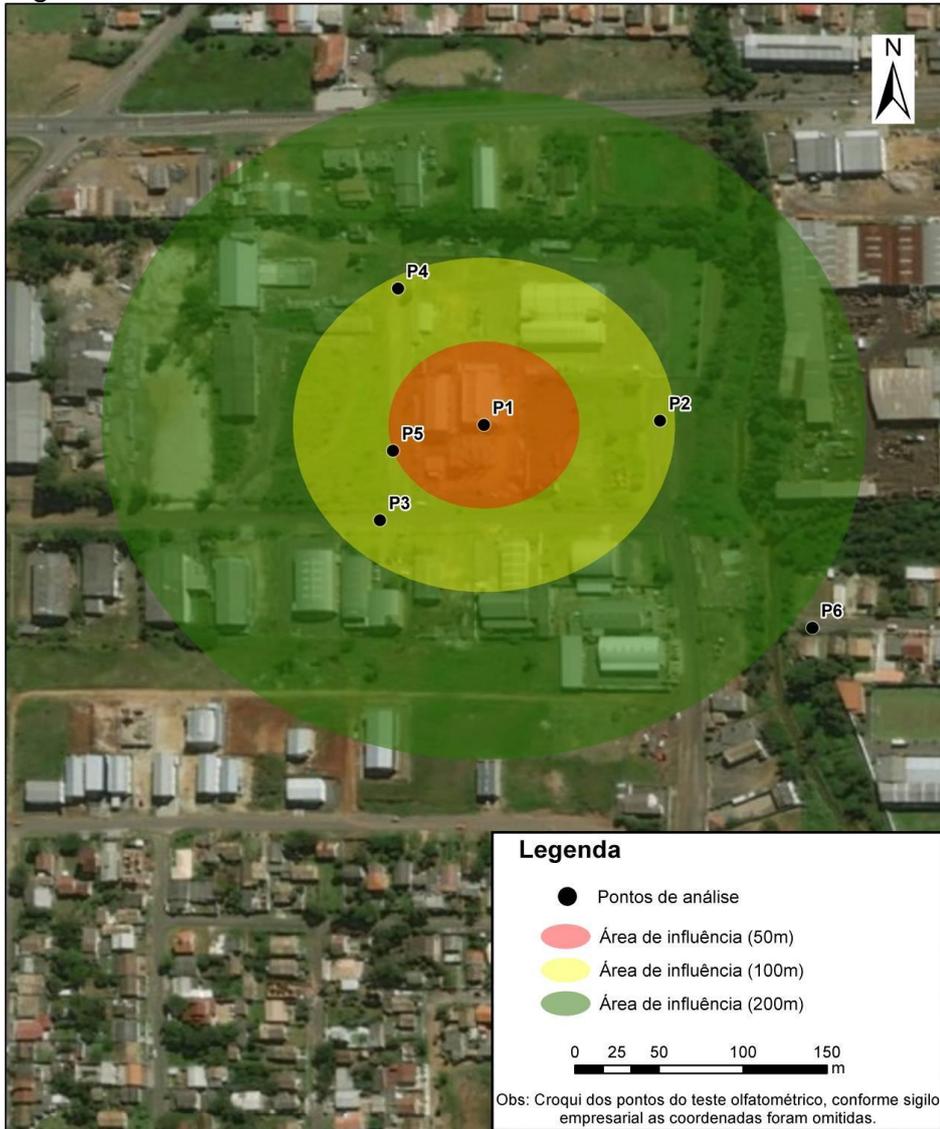
Com a aplicação do teste do n-butanol aos acadêmicos da 7ª fase do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UNESC, elegeu-se um grupo de 11 (onze) pessoas aptas para a realização do teste olfatométrico.

O teste teve início às nove horas do período matutino, onde a direção dos ventos predominantes eram NE/W, ou seja, nordeste/oeste segundo dados da Epagri/Ciram (2016), além disso, o tempo estava ensolarado com presença de nuvens.

Tratando-se do processo produtivo da área em estudo, o teste foi realizado em período de produção das três resinas alvos deste estudo. A produção de resina poliéster insaturada encontrava-se na etapa da fusão do PET, fase de adição de pré mistura ao reator na produção de resina de emulsão acrílica, e na produção da resina alquídica média penta encontrava-se em esterificação, além da pesagem de outras matérias-primas para as próximas etapas.

Realizaram-se os testes em seis pontos, conforme descrito na metodologia, ilustrados na figura 23.

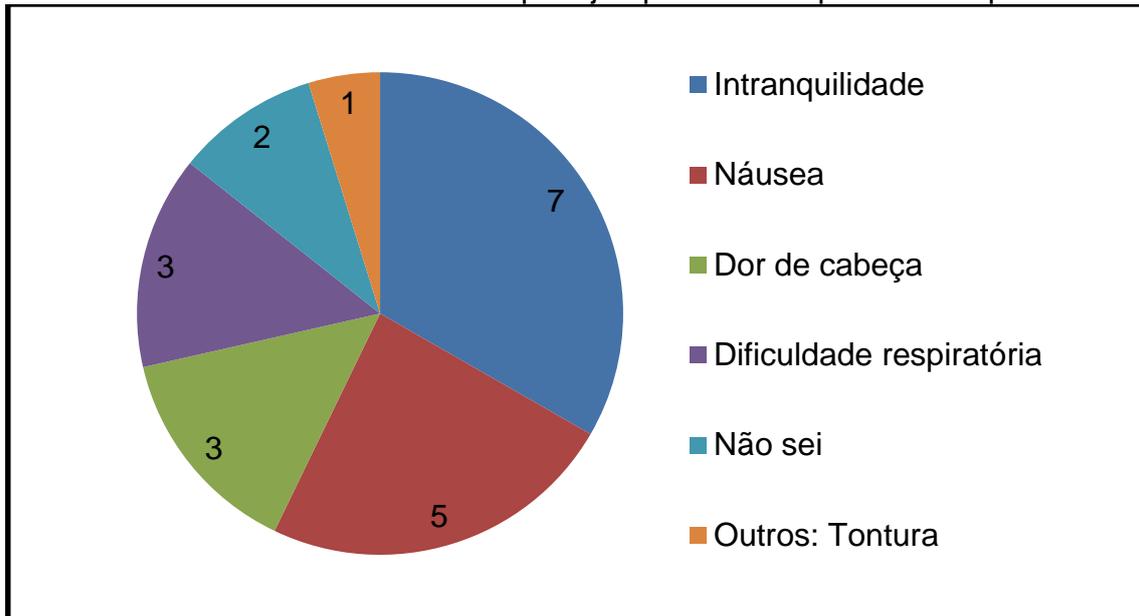
Figura 23 - Pontos de análise de teste olfatométrico.



Fonte: Autora, 2016.

Iniciou-se o teste pelo ponto 1 próximo ao setor de filtragem e envase da resina e armazenamento de matéria-prima, onde apenas um jurado não identificou odor incômodo, já o restante percebeu o mesmo e identificou os incômodos apresentados no gráfico 1.

Gráfico 1 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 1.

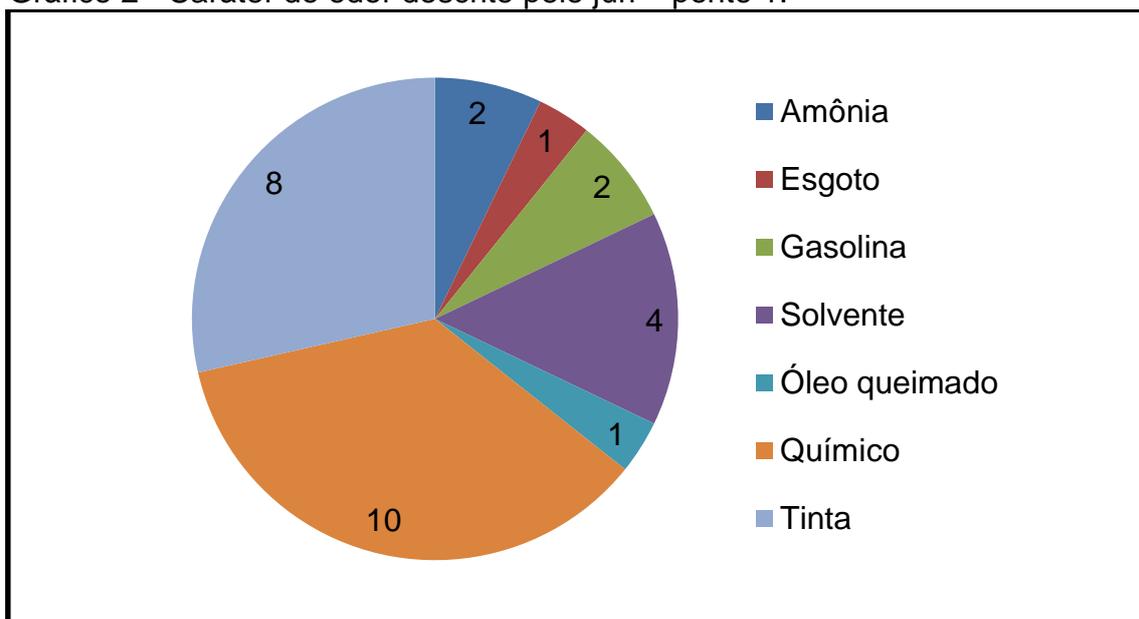


Fonte: Autora, 2016.

Verificou-se que as maiores percepções representam intranquilidade (7) e náusea (5), efeitos característicos perante inalação de única exposição da maioria das matérias-primas utilizadas na produção das resinas.

O gráfico 2 trata do caráter do odor, onde o júri descreveu as características do mesmo, classificando-o em categorias.

Gráfico 2 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 1.

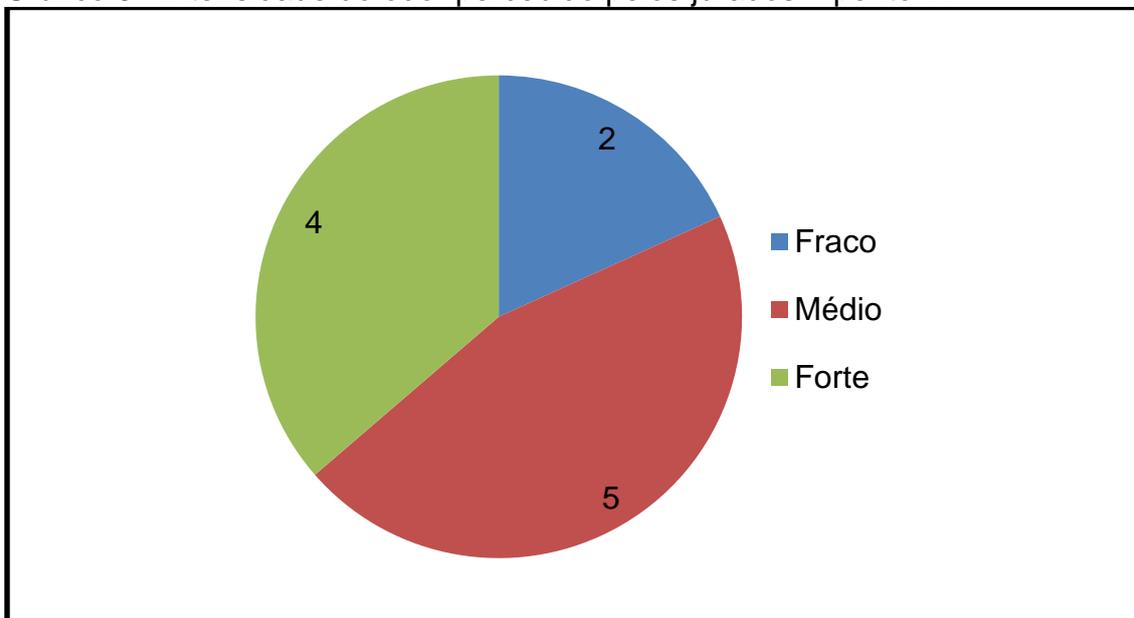


Fonte: Autora, 2016.

Todos os jurados, exceto quem não identificou odor, perceberam as características de compostos químicos (10), o que confirma a presença dos mesmos no local. Além disso, oito jurados identificaram odor de tinta, que pelo fato dos compostos da produção da resina não identificarem tal característica, acreditou-se que o mesmo foi proveniente da fábrica de produção de tintas localizada nas proximidades do ponto, ou os jurados puderam associar o odor de resina ao odor da tinta por ser uma de suas composições. Dando destaque ao odor de esgoto identificado, este provavelmente é proveniente do setor de armazenamento de matéria-prima, onde o produto rongalite (vettalit) é armazenado e apresenta odor podre. Além destes, percebeu-se que o odor de solvente (4) também foi identificado, ressaltando que este é um dos componentes da resina.

Quanto a intensidade percebida pelo júri (Gráfico 3), foi possível perceber que esta encontra-se entre média (5) e forte (4), porém com a percepção de intensidade fraca apresentada por dois jurados, deve-se ao fato de que a percepção olfativa difere de pessoa para pessoa.

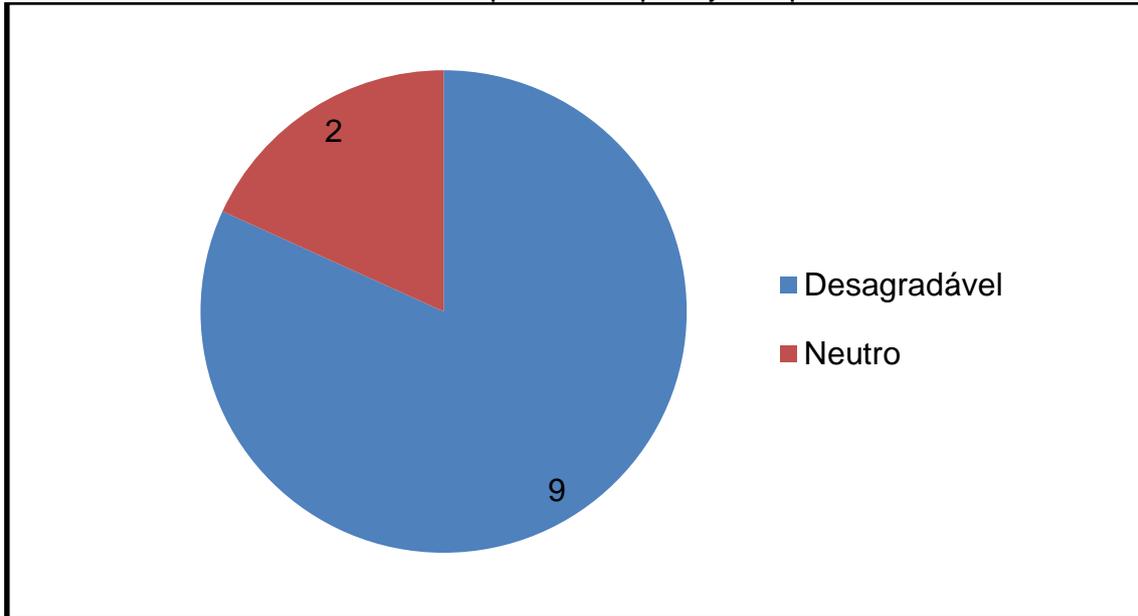
Gráfico 3 - Intensidade do odor percebido pelos jurados – ponto 1.



Fonte: Autora, 2016.

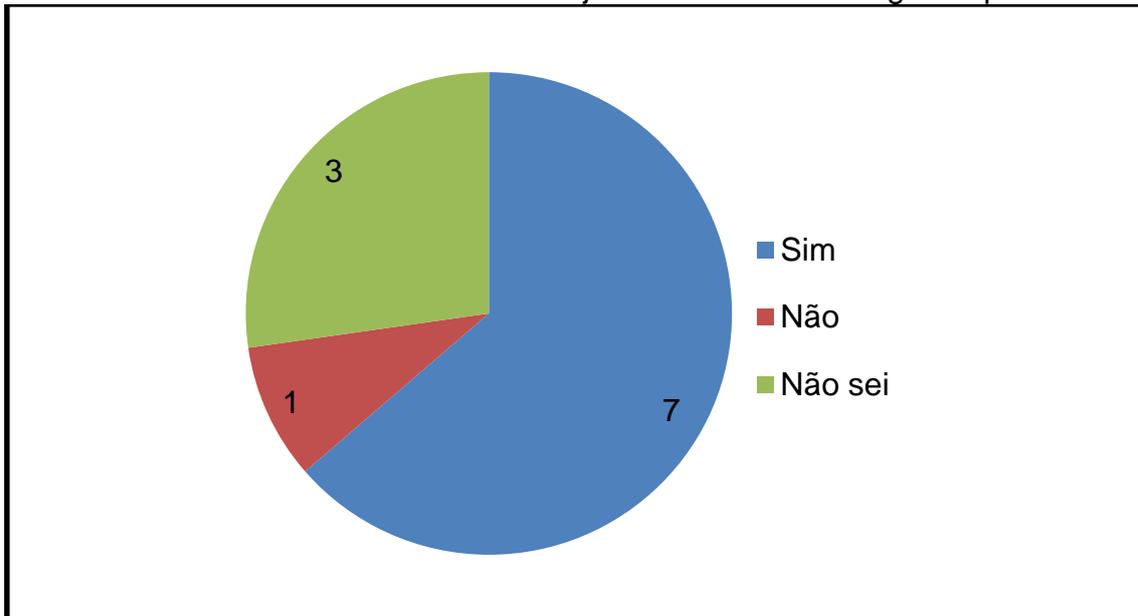
Quanto à hedonicidade do odor percebido pelo júri (Gráfico 4), observou-se que a maioria dos jurados considerou o odor desagradável (9) e que este afetaria caso morassem na região (7) (Gráfico 5).

Gráfico 4 - Hedonicidade do odor percebido pelo júri – ponto 1.



Fonte: Autora, 2016.

Gráfico 5 – Interferência do odor caso o jurado morasse na região – ponto 1.



Fonte: Autora, 2016.

No ponto 2, localizado a aproximadamente 50 metros a leste da produção da resina (Figura 24) nenhum membro do júri identificou odor incômodo.

Figura 24 - Aplicação do teste olfatométrico – ponto 2.



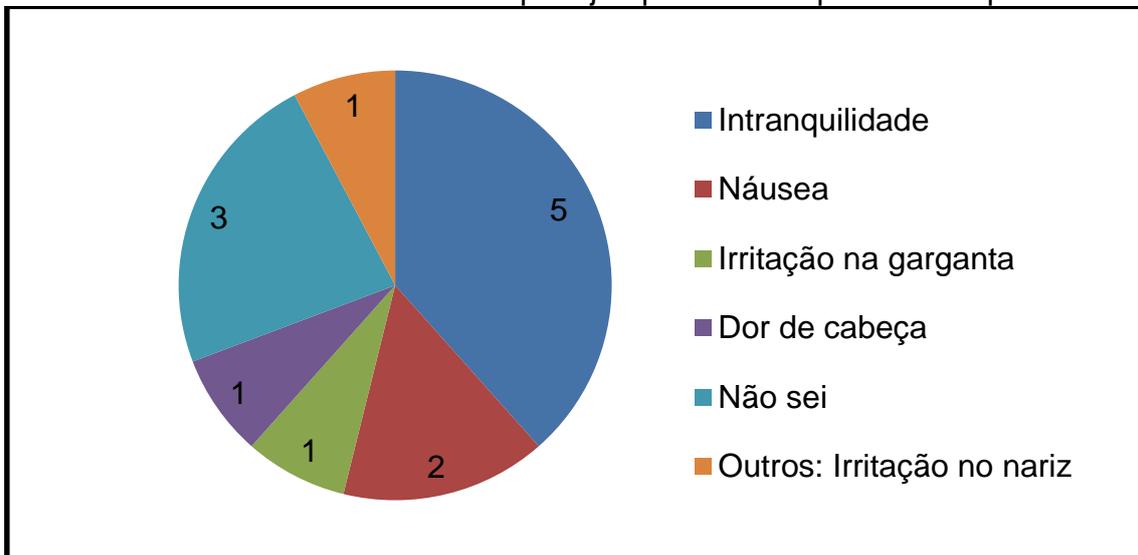
Fonte: Autora, 2016.

O fato do júri não perceber odor incômodo deu-se devido à direção dos ventos (nordeste/oeste) permanecer contrária ao local. A partir disto, o restante das questões não foi avaliado, pois estão relacionadas somente em casos de percepção odorífera.

Já no ponto 3, localizado a aproximadamente 70 metros da produção a sudeste, os jurados identificaram por unanimidade odor incômodo no local.

Quanto aos efeitos causados pelo odor, percebe-se a semelhança ao ponto 1, que apresentou maior provocação de intranquilidade (5) aos mesmos (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 3.

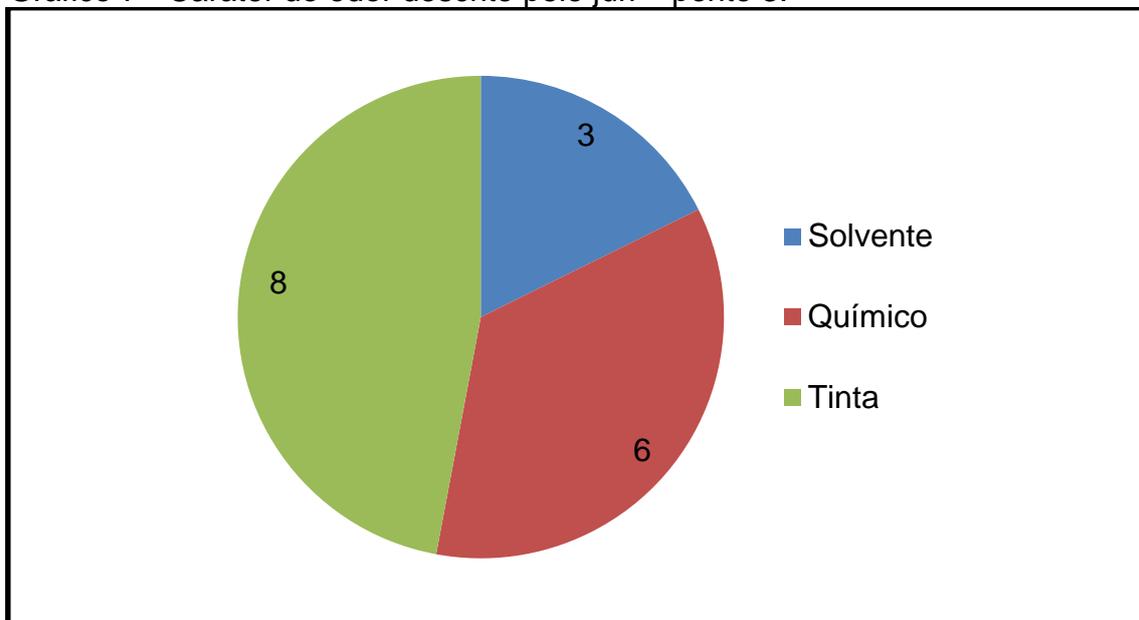


Fonte: Autora, 2016.

Além da inquietude, o júri também pôde sentir náusea, irritação na garganta, dor de cabeça e irritação no nariz, dos quais são considerados efeitos provenientes da inalação da maioria das matérias-primas odorantes utilizadas na fabricação das resinas bem como seus vapores. Além disso, três jurados não souberam identificar os efeitos causados pelo odor.

Tratando-se do caráter do odor, no gráfico 7 podem-se analisar as respostas apresentadas pelos jurados.

Gráfico 7 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 3.

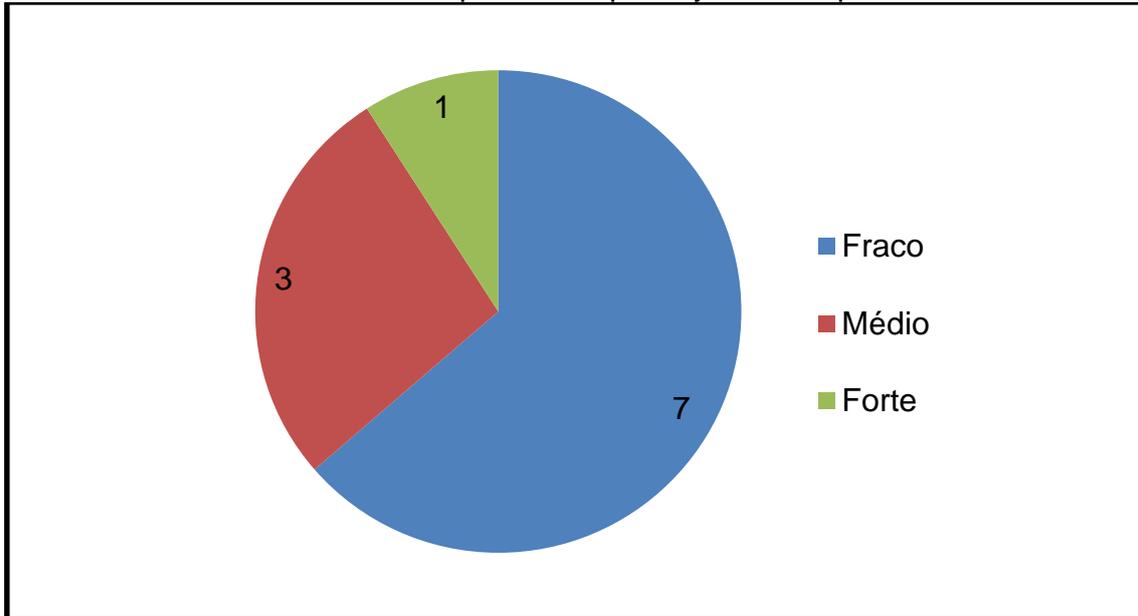


Fonte: Autora, 2016.

Assim como no ponto 1 as características mais percebidas foram químico (6) e tinta (8), além do solvente (3). Os odores químicos e de solvente são pertencentes às características das resinas por fazerem parte de sua composição, já a tinta, acreditou-se também que foi proveniente da empresa fabricante deste produto nas proximidades, ou pelo fato da resina ser um composto da tinta, os jurados associaram os odores.

Apesar de todos os jurados perceberem o odor, a maioria deles (7) identificou-o com fraca intensidade, como apresenta o gráfico 8, porém quatro jurados identificaram um odor de intensidade média (3) a forte (1).

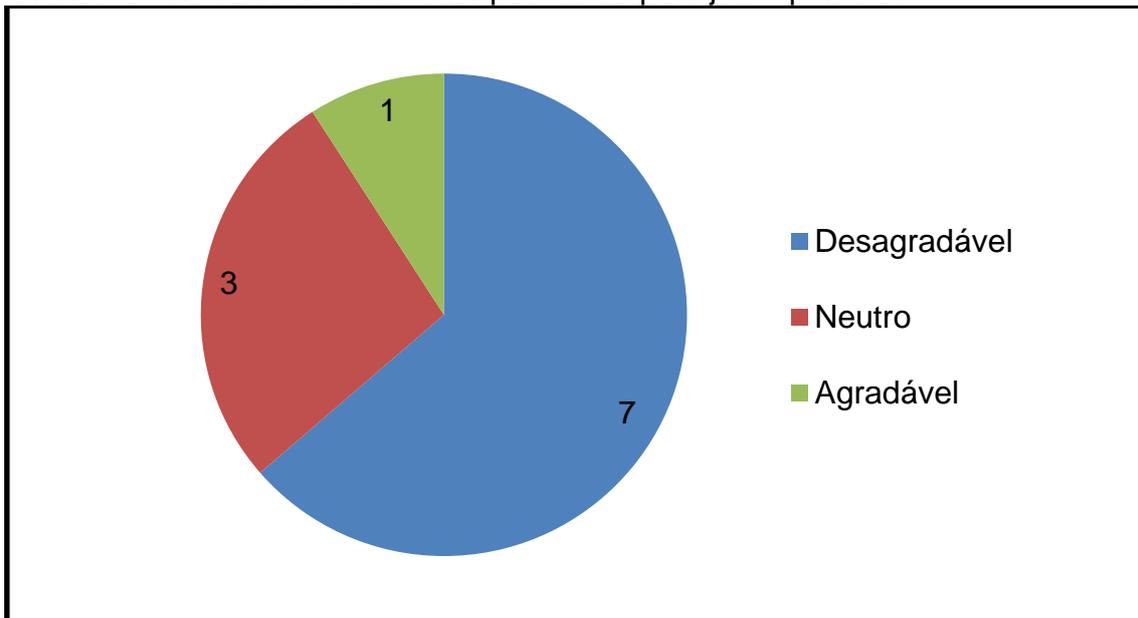
Gráfico 8 - Intensidade do odor percebido pelos jurados – ponto 3.



Fonte: Autora, 2016.

Mesmo considerando o odor de intensidade fraca, a maioria dos jurados identificaram sua hedonicidade desagradável (7), de acordo com o gráfico 9. Porém, três pessoas o consideraram neutro e um jurado considerou o odor agradável, lembrando que tal percepção difere de pessoa para pessoa.

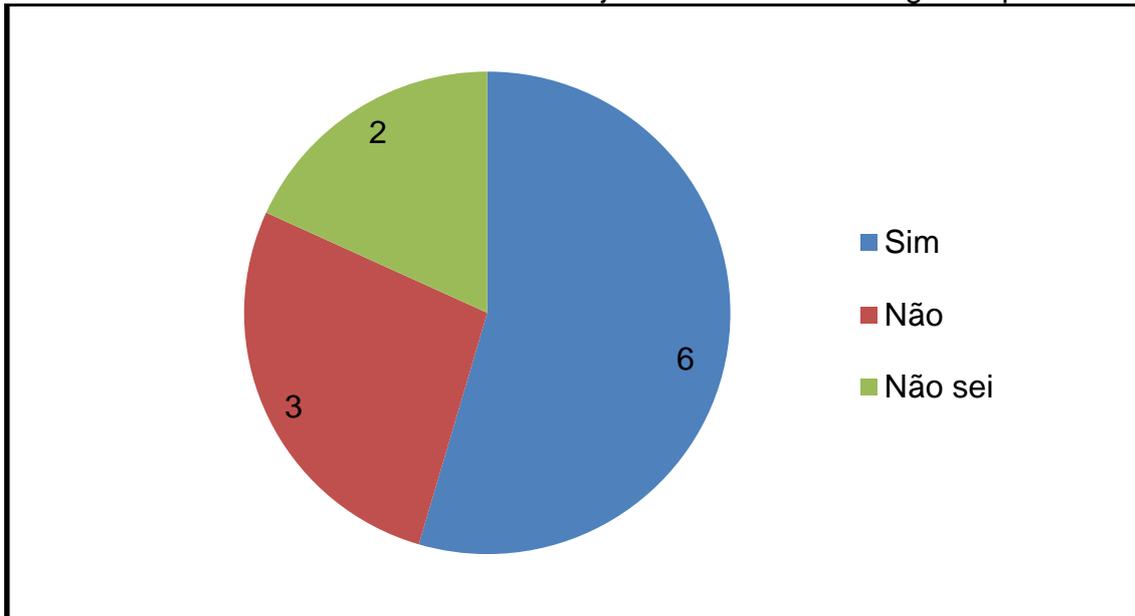
Gráfico 9 - Hedonicidade do odor percebido pelo júri – ponto 3.



Fonte: Autora, 2016.

Quando questionou-se sobre incômodo do odor na vida do jurado caso o mesmo morasse na região, conforme os dados apresentados pelo gráfico 10, a maioria (6) optou em dizer que o mesmo afetaria sim, enquanto que três pessoas afirmaram a não interferência do odor, e dois jurados não souberam opinar.

Gráfico 10 – Interferência do odor caso o jurado morasse na região – ponto 3.

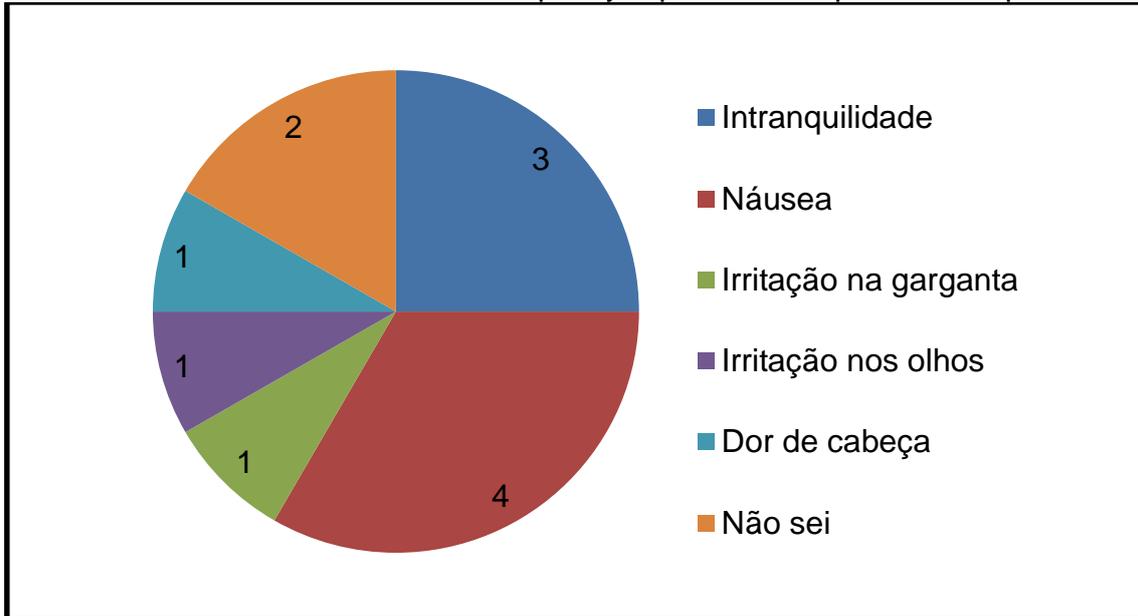


Fonte: Autora, 2016.

Quanto aos dados observados no ponto 3, percebe-se que o odor foi considerado de intensidade fraca pela maioria do júri, mesmo assim, o mesmo percebeu o odor, caracterizou-o, e o classificou como desagradável, fato que poderia afetar na vida dos mesmos caso morassem na região, desta forma conclui-se que os odores são perceptíveis em baixas concentrações e mesmo fraco pode causar efeitos nos seres humanos.

No ponto 4, localizado a noroeste da torre de produção, próximo a uma barreira de vegetação, a uma pequena elevação e outras indústrias, dez jurados perceberam odor incômodo, estes identificaram as sensações trazidas pelo gráfico 11.

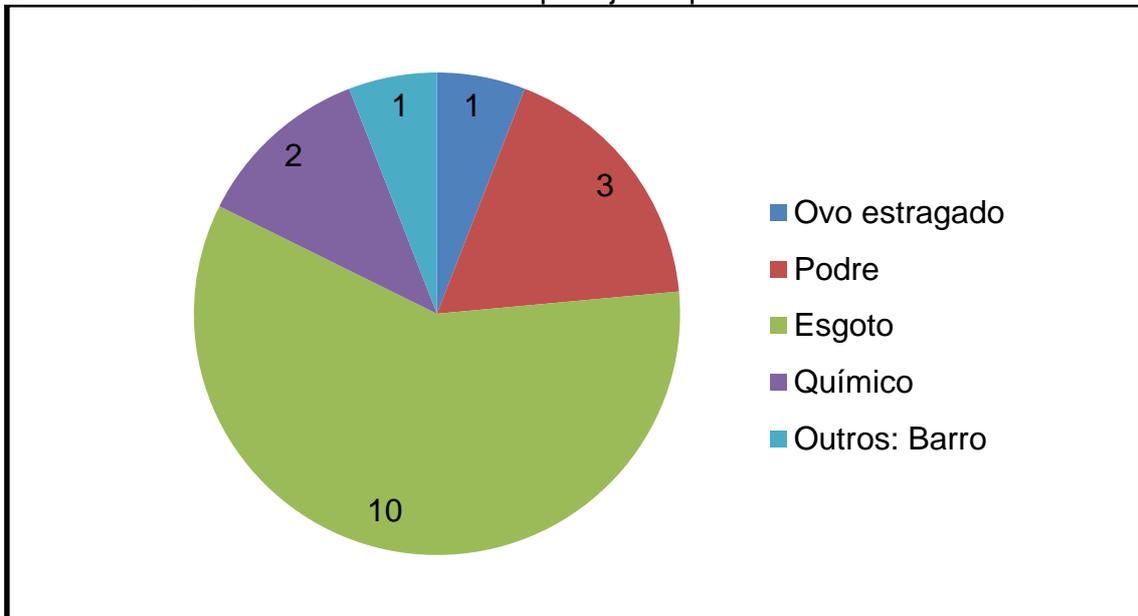
Gráfico 11 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 4.



Fonte: Autora, 2016.

Neste ponto, os jurados perceberam inúmeros incômodos, destacando a náusea (4) e intranquilidade (3), os quais são provenientes do caráter do odor identificado no gráfico 12.

Gráfico 12 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 4.



Fonte: Autor, 2016.

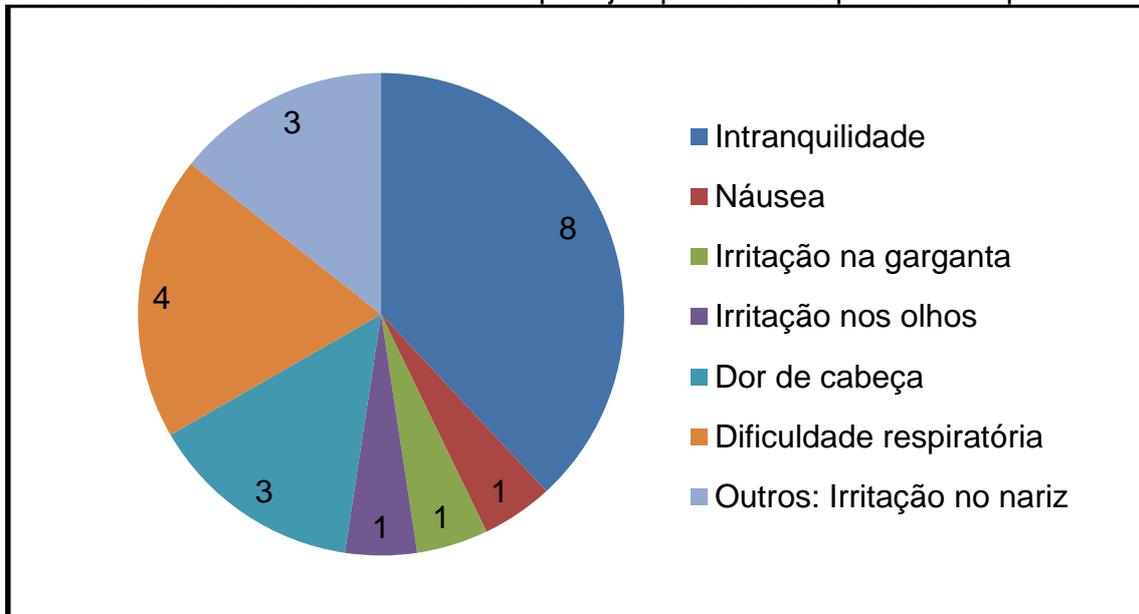
Resultando-se da existência de fossa de uma indústria próxima ao ponto, o caráter do odor no local foi identificado em esgoto (10) e podre (3), o que causou os

efeitos apresentados no gráfico 11. Além disso, percebeu-se que o odor químico (2) também pôde ser identificado.

O restante dos questionamentos foram preenchidos com base do odor emanado da fossa próxima, onde os jurados o classificaram o odor de intensidade média, hedonicidade desagradável e afirmaram que o odor afetaria caso estes morassem na região. Este fato confirma que os odores incômodos podem ser provenientes de diversas fontes e não somente de processos produtivos.

O ponto 5 localizado a aproximadamente 50 metros a sudoeste da torre de produção apresentou odor percebido por todos os jurados (11). No gráfico 13 estão apresentados os incômodos identificados pelo júri.

Gráfico 13 - Incômodos identificados pelo júri provocados pelo odor – ponto 5.

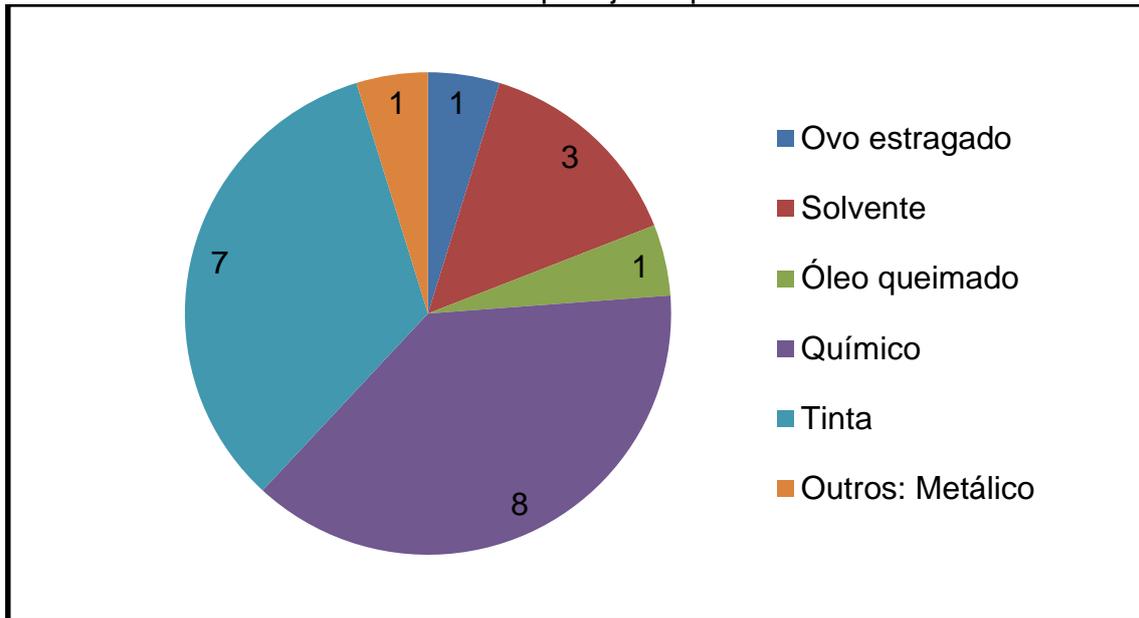


Fonte: Autora, 2016.

Assim como no ponto 1 e 3, ressalta-se a intranquilidade (8) sentida pelo júri, além desta, os jurados também identificaram dificuldade respiratória (4), dor de cabeça (3) e ainda irritação no nariz (3), que são efeitos esperados da inalação dos produtos utilizados na fabricação das resinas.

Tratando-se do caráter do odor percebido (Gráfico 14), percebeu-se que novamente as categorias tinta (7) e químico (8) se destacam, acordando com as suposições expostas nas análises do ponto 1 e 3.

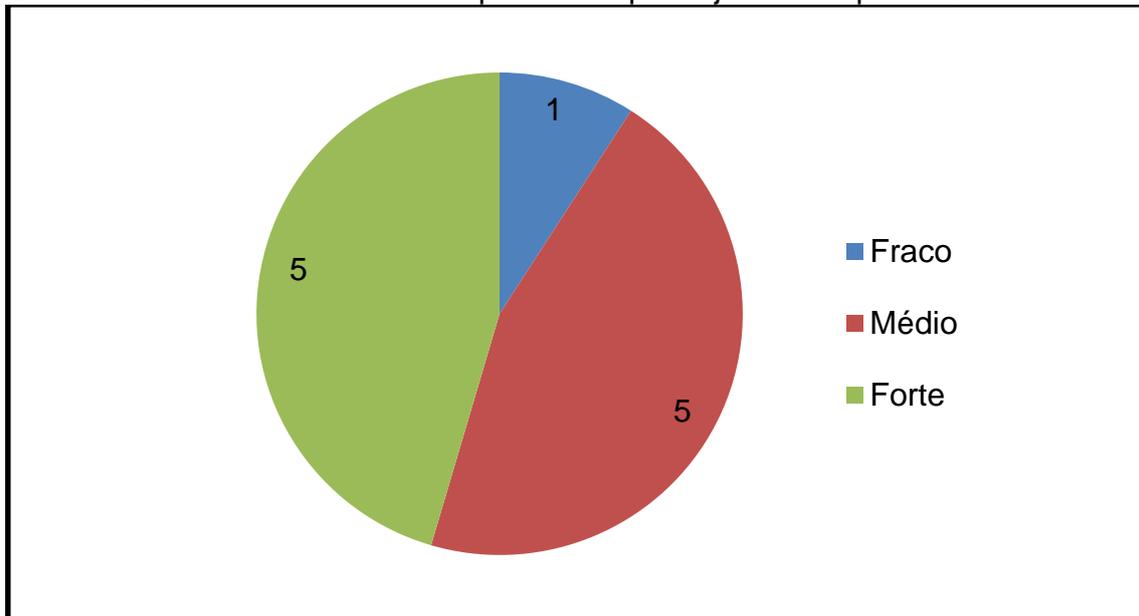
Gráfico 14 - Caráter do odor descrito pelo júri – ponto 5.



Fonte: Autor, 2016.

Quanto à intensidade do odor apresentada no gráfico 15, definiu-se pelos jurados que o mesmo possui intensidade média (5) e forte (5), tendo em vista que apenas um jurado identificou odor fraco.

Gráfico 15 - Intensidade do odor percebido pelos jurados – ponto 5.



Fonte: Autor, 2016.

Referindo-se a hedonicidade do odor dez jurados identificaram o mesmo em desagradável, sendo que somente um considerou-o neutro, a partir desta análise,

o júri informou com unanimidade que o odor identificado afetaria na hipótese de moradia na região.

No ponto 6, localizado a sudeste do empreendimento, na área de menor influência mas com a vizinhança mais próxima a área de estudo, somente um jurado identificou odor incômodo, este classificou-o como desagradável de média intensidade, descreveu-o como caráter químico e solvente que provocou tontura, além disso, o jurado afirmou que o odor o afetaria no caso de moradia na região. O odor percebido por tal jurado pôde ser proveniente tanto da área em estudo situada a aproximadamente 200 metros do ponto, quanto da indústria química localizada a aproximadamente 90 metros do ponto, tendo em vista que o caráter do odor corresponde com os odores provenientes das duas empresas.

Acreditou-se ainda que o fato da maioria dos jurados não perceber odor no local deu-se devido à direção dos ventos (nordeste/ oeste) apresentar-se para a direção contrária ao local do ponto, assim, caso o vento estivesse a noroeste poderia ser possível a percepção de odor.

Tratando-se das etapas do processo produtivo realizadas durante o teste olfatométrico, considera-se que estas não são caracterizadas pela grande liberação de odor quando comparadas a outras etapas, ou seja, os processos de fusão de PET, adição de pré-mistura ao reator e esterificação, ocorrem de forma fechada dentro do reator, enquanto que os processos caracterizados por grande liberação de odor como pesagem de matéria-prima, filtragem de resina, entre outros, ocorrem abertamente. Porém, mesmo com tais características, o odor pôde ser percebido pela maioria do júri.

Contudo o ponto 1 apresentou dados de percepção críticos por estar localizado no pátio da empresa entre dois setores que geram odor e emissão atmosférica de compostos orgânicos voláteis. No ponto 2 por sua vez não apresentou percepção, pois a direção dos ventos (nordeste/oeste) no momento do teste esteve contra sua localização, ou seja, o odor estava sendo transportado para o lado contrário, onde supostamente esteve localizado o ponto 3, que apresentou percepções odorantes. Mesmo com a pesquisa durante o estágio das localizações dos pontos para evitar a interferência de outras indústrias, no ponto 4 foi possível identificar tal problema, onde o odor mais característico foi proveniente da fossa de uma empresa próxima. O ponto 5 assim como o ponto 1 e 3 apresentou praticamente

os mesmos resultados por estarem mais próximos da produção de resinas e em locais com interferência do vento, sendo assim, foram considerados os pontos mais críticos. Já no ponto 6 acreditou-se que por estar mais afastado da área de estudo e contrário a direção dos ventos não apresentou odores incômodos na maioria dos jurados, porém, este pode ter sofrido interferência de empresas próximas.

Sendo assim, observou-se que os odores são perceptíveis tanto em baixa quanto alta intensidade na região da área estudada, fato que confirma a informação trazida por Lisboa et al (2006) quando estes dizem que as células olfativas humanas são capazes de perceber substâncias em concentrações extremamente baixas.

Porém à medida que os pontos se afastam da área em estudo, a intensidade dos odores diminui, além disso, foi possível perceber que a direção do vento interfere em tal percepção, podendo encaminhar as emissões atmosféricas para longe da vizinhança ou em direção a mesma, o que de fato pode vir a ocasionar incômodo a população.

Mesmo o empreendimento situando-se em área industrial e os moradores mais próximos encontrarem-se a aproximadamente 200 m da torre de produção, houve relatos de reclamação de vizinhança por conta do odor característico de resinas, porém tal reclamação não foi registrada pela empresa tornando impossível identificar a data da reclamação e os dados climáticos da época. Com isso, confirma-se a necessidade de controle das emissões atmosféricas pela empresa.

A partir disso, confirmaram-se as informações trazidas pelas FISPQs (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) das matérias-primas e no referencial teórico quando a CPCB (2008) afirma que a exposição aos odores causam efeitos como problemas respiratórios, irritação nasal, insônia, náusea, entre outros desconfortos, tendo em vista que estes foram os principais incômodos identificados pelos jurados nos pontos mais críticos.

Ainda que o Brasil não possua legislações referentes a emissões odoríferas, bem como o Estado de Santa Catarina possuir a Lei estadual nº 14.675, de 13 de abril de 2009, que também não menciona tais emissões, cabe considerar a antiga Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980 regulamentada pelo Decreto nº 14.250, de 05 de junho de 1981 que proibia a emissão de substâncias odoríferas em quantidades perceptíveis fora dos limites da propriedade da fonte (CARMO Jr, 2004 apud SCHIRMER, 2004; VIEIRA, 2013).

4.5 SUGESTÃO DE MEDIDAS DE TRATAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS/ ODORÍFERAS

Analisando as características, vantagens e desvantagens dos tipos de tratamento de emissões atmosféricas levantados no referencial teórico, e com os resultados obtidos através de análises de matérias-primas e teste olfatométrico percebeu-se que os métodos que mais se adéquam as emissões oriundas do processo produtivo de resinas são os adsorvedores, absorvedores e biofiltro.

Os adsorvedores são capazes de eliminar eficientemente compostos odoríferos bem como podem tratar gases e fumaça. Seu funcionamento se dá pela passagem do gás poluente por uma coluna ou caixa constituente de material adsorvedor, geralmente carvão ativado (CETESB, 2010; MACINTYRE, 2014).

Além disso, em casos de emissões de solventes, o material adsorvedor pode ser regenerado e o solvente recuperado para retornar ao processo produtivo. Porém, os gases emitidos devem passar por um tratamento preliminar para a redução de umidade relativa e temperatura, o que de fato resultaria em um investimento a mais para que o processo de tratamento não seja danificado, além disso, os materiais adsorvedores devem ser trocados com certa frequência para garantir a eficiência do tratamento, principalmente na área em estudo, a qual apresenta um processo produtivo contínuo fazendo com que as emissões atmosféricas também sejam constantes.

Os absorvedores são os mais utilizados em indústrias produtoras de resina. De acordo com a CETESB (2010) e Macintyre (2014) também são conhecidos por lavadores de gases, que consistem no contato do gás com um líquido, geralmente água, onde a massa de gás é transferida para o líquido através da dissolução, ou podem reagir entre si formando um soluto, ou seja, originam de certa forma um efluente líquido.

Pelo fato da área de estudo não possuir estação de tratamento de efluentes, este deveria ser encaminhado para tratamento posterior através de terceirização, ou caberia também a implantação de uma estação de tratamento de efluentes líquidos na empresa, resultando também em alto investimento.

Tratando-se do contato com a água através dos absorvedores, em análise das FISPQs das matérias-primas odorantes, foram levantadas as solubilidades das mesmas onde destacaram-se as substâncias solúveis: amônia, acticide HF, ácido acrílico e dietilenoglicol. Destacaram-se também as substâncias insolúveis: acetato de butila, aguarrás, liosec DRM HC cobre 8% e liosec HC cobralto 6%, enquanto que o restante das matérias-primas analisadas apresentaram pouca ou parcial solubilidade. Este fato confirma que para avaliar a eficiência do tratamento por absorvedores em um processo de produção de resinas é necessário analisar os poluentes emitidos pelas mesmas, tendo em vista que o líquido do absorvedor terá contato com os gases da emissão atmosférica e não com as matérias-primas em si.

A biofiltração que de acordo com a CETESB (2010) consiste no contato do efluente gasoso com um leito filtrante biologicamente ativo, produzindo certa massa molecular, além disso, através do quadro 3 apresentado no referencial teórico que informa a biodegradabilidade de alguns poluentes, podem-se destacar alguns compostos utilizados na fabricação das resinas que possuem de média a boa biodegradabilidade, como: xileno, estireno, tolueno, aminas (trietanolamina), ésteres e amônia, além desses, também pôde-se incluir o acrilato de butila devido as informações constituintes na respectiva FISPQ.

Quanto as formas de tratamento aplicadas aos pontos de emissão fugitiva, sugeriu-se o dimensionamento de um sistema de exaustão capaz de direcionar tais emissões até ao tratamento utilizado para as emissões pontuais.

Cabe ressaltar que cada forma de tratamento possui suas particularidades, devido a isso, devem-se avaliar os poluentes que constituem a emissão atmosférica oriunda do processo produtivo de resinas para que seja possível identificar a tecnologia que mais se adéqua as características destes poluentes a fim de removê-los de forma eficiente.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho demonstrou que o processo produtivo de resinas é responsável pela emissão atmosférica de inúmeras substâncias. Perante as análises dos resultados obtidos a partir deste estudo, foi possível observar que tais substâncias são perigosas e emitem odores capazes de causar sérios danos ao meio ambiente e à saúde do ser humano, tendo em vista que tanto os trabalhadores quanto a vizinhança ficam expostos diariamente as mesmas.

Inicialmente com a análise e acompanhamento das etapas de produção da resina levantaram-se os equipamentos que faziam uso de respiros, por serem responsáveis por direcionar os gases gerados no processo produtivo para o exterior da empresa, foram considerados como principais pontos de emissão pontual. Além destes pontos, percebeu-se a grande emissão de odor na etapa de filtragem e envase, que por não possuir respiros ou dispositivos de direcionamento de poluente, foi considerada principal ponto de emissão fugitiva.

A partir do levantamento das matérias-primas odorantes utilizadas no processo produtivo de resinas e análise das respectivas FISPQs (Fichas de Informação de Segurança de Produto Químico) pôde-se identificar a emissão de compostos orgânicos voláteis, bem como emissões odoríferas capazes de causar sérios danos provenientes da inalação destas substâncias, onde se destacaram as dores de cabeça, náuseas, irritações no nariz, além de danos mais sérios como câncer.

Com a seleção de três principais resinas: poliéster insaturada, emulsão acrílica e alquídica média penta, consideradas focos deste estudo, realizaram-se balanços de massa que estimou em aproximadamente 23 kg de emissão atmosférica por batelada de resina emulsão acrílica e aproximadamente 34 kg por batelada de resina poliéster insaturada, além de identificar que a quantidade destas emissões varia de acordo com o tipo de resina em produção, bem como suas etapas. Tratando-se das dificuldades para atingir tal objetivo, deve-se ressaltar que os cálculos não foram realizados com uma das resinas escolhidas devido sua falta de produção em tempo hábil, além disso, as células de carga responsáveis pelas pesagens constituintes do balanço de massa apresentaram erros de 5 kg a 10 kg, o que impossibilitou a estimativa exata de emissão atmosférica.

O teste olfatométrico realizado a partir de júri móvel trouxe resultados quanto à percepção do odor na região onde o empreendimento em estudo se encontra. Com este foi possível identificar que os pontos mais críticos localizaram-se mais próximos à empresa, porém, levou-se em consideração a direção dos ventos nesta análise, o que identificou que as emissões atmosféricas oriundas do empreendimento foram carregadas pelo vento até os pontos considerados mais críticos. Com isso, percebe-se que a direção dos ventos possui grande influência na percepção de odores, podendo atingir também as residências que se encontravam há aproximadamente 200 m da área em estudo.

Tendo em vista que o cronograma de produção das resinas é realizado de acordo com a necessidade da empresa na fabricação das tintas, houve certa dificuldade na conciliação entre as datas da produção das resinas em estudo e disponibilidade de visita do júri para realização do teste olfatométrico.

A partir dos resultados obtidos com análises de FISPQ, balanço de massa e teste olfatométrico, verificou-se que os tratamentos de adsorção, absorção e biofiltração mais se adéquam as características da produção de resinas. Porém para propor formas de tratamentos para emissões atmosféricas são necessárias avaliações mais críticas e precisas dos tipos de poluentes gerados no processo produtivo.

Perante a isso, sugere-se para trabalhos futuros a identificação destes poluentes a fim de avaliar a melhor forma de tratamento para as emissões, bem como dimensioná-las e analisar sua viabilidade econômica perante a realidade da área estudada. Sugere-se também a quantificação através de balanço de massa das emissões provenientes do processo produtivo da resina alquídica média penta e o monitoramento das emissões atmosféricas lançadas diretamente pela fonte, bem como a avaliação da dispersão destes poluentes através da aplicação de modelagem matemática.

REFERÊNCIAS

- ANAM - ANÁLISIS AMBIENTALES. **Utilização do olfatômetro**. 2016. Disponível em: <<https://www.anam.cl/soluciones/gestion-calidad-del-aire>>. Acesso em: 09. set. 2016.
- ARKEMA QUÍMICA LTDA. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**: trigonox. 2015.
- BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p. Tradução de: Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera.
- BASF. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**: acrilato de butila. 2016. Disponível em: <<https://industries.basf.com/bin/bws/documentDownload.pt.8801993566677>>. Acesso em: 29. out. 2016.
- BAYER CROPSCIENCE. **Safety data sheet**: benzoquinone. 2006.
- BELLI FILHO, Paulo; MARTIN, Guy. Avaliação de maus odores de emissões gasosas provenientes da suinocultura. **Biotemas**, Florianópolis, v.11, n. 02, p. 85-96, 1998. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/viewFile/21915/19881>>. Acesso em: 09. set. 2016.
- BERNSTEIN, Jonathan A. et al. The health effects of nonindustrial indoor air pollution. **Journal of allergy and clinical immunology**, [S.l.], v. 121, n. 3, p. 585-591, mar. 2008. Disponível em: <[http://www.jacionline.org/article/S0091-6749\(07\)02209-9/pdf](http://www.jacionline.org/article/S0091-6749(07)02209-9/pdf)>. Acesso em: 08. set. 2016.
- BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice hall, 2002. 305 p.
- BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 10. ago. 2016.
- _____. **Resolução CONAMA nº 03**, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 10. ago. 2016.
- _____. **Resolução CONAMA nº 382**, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf>>. Acesso em: 23. ago. 2016.

_____. **Resolução CONAMA nº 436**, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43611.pdf>>. Acesso em: 08. set. 2016.

BRISCO DO BRASIL. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**: monômero de estireno. 2011. Disponível em: <<http://www.brisco.com.br/fispq/estireno.pdf>>. Acesso em 01. nov. 2016.

CASTRO, Alessandro J. **Resina poliéster**: caracterização e estudo das condições de cura e propriedades mecânicas. 2003. 39 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em química) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Poluentes**. [S.d.]. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>>. Acesso em: 26. ago. 2016.

_____. **Tecnologia de controle da poluição do ar para material particulado, gases, vapores e odores e verificação de sistemas**. São Paulo: CETESB, 2010. 102 p.

_____. **Estimativa de emissões de poluentes atmosféricos**. São Paulo: CETESB, 2009. 292 p.

_____. **Termo de referência para elaboração do plano de monitoramento de emissões atmosféricas**. [S.d.]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/BC1C2A2A/PMEA.pdf>>. Acesso em: 16. set. 2016.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**: acetato de butila. s.d. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=ACETATO%20DE%20n-BUTILA>. Acesso em: 28. out. 2016.

CLEZAR, Carlos A.; NOGUEIRA, Antonio C. R. **Ventilação industrial**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. 298 p.

CPCB - CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD. **Guidelines on odour pollution & its control**. Ministry of environment & forests, Govt. of India, Delhi, 2008. Disponível em: <http://www.cpcb.nic.in/divisionsofheadoffice/pci2/package_odourreport_2.12.08.pdf>. Acesso em: 22. ago. 2016.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição atmosférica**. 3. ed. São Paulo: Signus editora, 2007. 192 p.

DONADIO, Paulo A. **Manual básico sobre tintas**. [Ponta grossa]: Água química, 2011. 15 p. Disponível em: <http://www.aguiaquimica.com/upload/tiny_mce/manual/manual_basico_sobre_tintas.pdf>. Acesso em: 13. set. 2016.

ELEKEIROZ S.A. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: anidrido ftálico**. 2014.

EPAGRI / CIRAM - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA / CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA. **Previsão do tempo por município**. 2016. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=141>. Acesso em: 01. nov. 2016.

EUROFINS. **What does VOC mean?**. 2016. Disponível em: <<http://www.eurofins.com/voc.aspx>>. Acesso em: 02. set. 2016.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 1044 p.

FOUST, Alan S. et al. **Princípios das operações unitárias**. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 670p. Tradução de: Horácio Macedo.

GERHARDT, Tatiana E (Org.); SILVEIRA, Denise T (Org.). **Métodos de pesquisa**. 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 11. ago. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Indicadores de qualidade do ar**. [S.d.]. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-59.html>>. Acesso em: 25. ago. 2016.

_____. **Fontes de poluição atmosférica**. [S.d.]. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1415>>. Acesso em: 01. set. 2016.

IPAT - INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS. **Plano de saneamento básico do município de Forquilha – Santa Catarina: caracterização física do município**. Forquilha: UNESC. 2010. 129 p.

KALIUM CHEMICAL. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: trietanolamina**. s.d. Disponível em: <<http://kaliumchemical.com.br/adm/upload/0750867001403287051.pdf>>. Acesso em: 29. out. 2016.

LACEY, Marina E. Q.; SCHIRMER, Waldir N.; LISBOA, Henrique M. A olfatométrica como ferramenta na verificação da eficácia de neutralizador de odor industrial. **Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n. 3, p. 367-328, set./dez. 2008.

LISBOA, Henrique de Melo. **Controle da poluição atmosférica**. 2. ed. Florianópolis: Montreal, 2014.

_____ et al. Utilização da olfatométrica dinâmica na verificação da eficácia de neutralizador de odor industrial. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, 2006, Punta del Este. **Artigo**. Punta del Este: AIDIS, 2006. p. 1 - 8.

_____ (Coord.) et al. **Metodologias olfatométricas para avaliação do impacto odorante**. Florianópolis: UFSC, 2010.

LORA, Electo Eduardo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. Brasília: ANEEL, 2000. 503 p.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Introdução a química ambiental: química & meio ambiente & sociedade**. Juiz de Fora: Jorge Macêdo, 2002. 487 p.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação industrial e controle da poluição**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014, 403 p.

M.CASSAB COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: propilenoglicol**. 2013a.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: ácido benzóico**. 2013b.

MCGINLEY, Charles M.; MCGINLEY, Michael A. Odor testing biosolids for decision making. In: WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION SPECIALITY CONFERENCE: RESIDUALS AND BIOSOLIDS MANAGEMENT CONFERENCE, 2002, Austin, TX. **Anais eletrônicos...** Austin: Five senses, 2002. Disponível em: <<http://www.fivesenses.com/Documents/Library/37%20Odor%20Testing%20Biosolid%20for%20Decision%20Making.pdf>>. Acesso em: 05. set. 2016.

MELLO, V. M.; SUAREZ, P. A. Z. As Formulações de Tintas Expressivas Através da História. **Revista virtual de química**, [S.l.], v. 04, n. 11, p. 02-12, jan./fev. 2012. Disponível em: <<http://www.lasallesaocarlos.com.br/quimica/218.pdf>>. Acesso em: 13. set. 2016.

MENDELL, M. J. Indoor residential chemical emissions as risk factors for respiratory and allergic effects in children: a review. **Indoor air**, Berkeley, CA, v. 17, n. 04, p. 259-277, ago. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0668.2007.00478.x/epdf>>. Acesso em: 08. set. 2016.

METEORÓPOLE. **Camadas da atmosfera**. 2011. Disponível em: <<http://meteoropole.com.br/2011/09/a-atmosfera/>>. Acesso em: 12. ago. 2016.

MIRACEMA-NUODEX INDÚSTRIA QUÍMICA LTDA. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** liosec HC cobalto 6%. 2015a.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** liosec DMR HC cobre 8%. 2015b.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fontes fixas.** [S.d.]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas>>. Acesso em: 29. ago. 2016.

NORMA REGULAMENTAR OA. **NR-15 atividades e operações insalubres.** 1978. Disponível em: <<http://cipa.iqsc.usp.br/files/2009/05/nr15.pdf>>. Acesso em: 22. set. 2016.

OXITENO S.A INDUSTRIA E COMERCIO. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** dietilenoglicol. 2013.

PARANÁ. **Resolução SEMA nº016.** 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/RES_SEMA_016_2014%20qualidade%20do%20ar%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/RES_SEMA_016_2014%20qualidade%20do%20ar%20(2).pdf)>. Acesso em: 21. set. 2016.

PETROBRÁS DISTRIBUIDORA S.A. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** aguarrás. 2016a. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/6682e28043a7ac8e88658fecc2d0136c/fispq-quim-sol-alif-aguarras-mineral.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 28. out. 2016.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** amônia. 2015. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/ae308d8041f5a0d98d58ffdc77f5b0c/fispq-quim-amonia-industrial.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 28. out. 2016.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** tolueno. 2016b. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/9a30d180499e2fdd9932bd539a289f1e/fispq-quim-sol-arom-tolueno-.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 29. out. 2016.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** xileno. 2016c. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/3506f60043a7a096bedbbfecc2d0136c/fispq-quim-sol-arom-xileno.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 01. nov. 2016.

QUÍMICA ANASTACIO. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico:** anidrido maleico. 2013.

RHODIA OPÉRATIONS. **Safety data sheet:** tercio-butil-catechol. 2014.

ROCHA, Julio C.; ROSA, André H.; CARDOSO, Arnaldo A. **Introdução à química ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2004. 154 p.

SAGE METERING. **Incinerador tipo “flare”**. 2013. Disponível em: <<https://sagemetering.com/flare-gas-meter/natural-gas-flaring-on-offshore-platforms-and-in-oil-extraction/>>. Acesso em: 20. set. 2016.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675**, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: <[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/lei_estadual_14675_2009_%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/lei_estadual_14675_2009_%20(2).pdf)>. Acesso em: 19. set. 2016.

SÃO PAULO. **Lei nº 997**, de 31 de maio de 1976a. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1976_Lei_Est_997.pdf>. Acesso em: 21. set. 2016.

_____. **Decreto nº 8.468**, de 8 de setembro de 1976b. Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em: 21. set. 2016.

_____. **Decreto nº 59.113**, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/qualidade-ar/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/decreto-59113de230413.pdf>>. Acesso em: 23. set. 2016.

SCHIRMER, Waldir Nagel. **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis e odorantes na estação de tratamento de efluentes de uma refinaria de petróleo**. 2004. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, João Pedro dos Santos Franco. **Optimização das condições de produção de resinas de poliéster insaturado**: caracterização da situação actual optimização à escala industrial das condições existentes. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Condensador de contato direto**. [S.d.]. Disponível em: <http://www.solucoesindustriais.com.br/images/produtos/imagens_10071/p_lavadores-de-gases-8.jpg>. Acesso em: 15. set. 2016.

UFRN - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **Torre de enchimento**. [S.d.]. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAbpsAJ/capitulo3-meios-porosos>>. Acesso em: 24. set. 2016.

UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2004/42/CE do parlamento europeu e do conselho**, de 21 de abril de 2004. Relativa à limitação das emissões de compostos orgânicos voláteis resultantes da utilização de solventes orgânicos em determinadas tintas e vernizes e em produtos de retoque de veículos e que altera a Directiva 1999/13/CE. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0042&from=EN>>. Acesso em: 02. set. 2016.

UNIOESTE. **Biofiltro**. [S.d]. Disponível em: <<http://www.unioeste.br/cursos/cascavel/biotecnologia/aulas/2008/biofiltra%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 24. set. 2016.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Group IV Polymers and resins: National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP)**. 2016. Disponível em: <<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/group-iv-polymers-and-resins-national-emission-standards-hazardous>>. Acesso em: 22. ago. 2016a.

_____. **An introduction to indoor air quality**. 2016. Disponível em: <<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>>. Acesso em: 08. set. 2016b.

_____. **Emissions factor and AP 42, compilation of air pollutant emission factors**. 2016. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/>>. Acesso em: 14. set. 2016c.

VANLOON, Gary W; DUFFY, Stephen J. **Environmental chemistry: a global perspective**. New York: Oxford, 2000. 492 p.

VERONA, Cenira C. **Estudo do impacto da variabilidade de resinas alquídicas nas propriedades de tintas**. 2004. 124f. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4753/000459536.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13. set. 2016.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Cenage Learning, 2011. 438 p. Tradução de: All tasks, Revisão técnica de: Carlos Alberto de Moya Figueira Netto e Lineu Belico dos Reis.

VETTA QUÍMICA. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: ácido acrílico**. 2013a. Disponível em: <<http://www.vettaquimica.com.br/wp-content/uploads/2013/06/%C3%81CIDO-ACR%C3%8DLICO.pdf>>. Acesso em: 29. out. 2016.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: acrilato de butila**. 2013b. Disponível em: <<http://www.vettaquimica.com.br/wp-content/uploads/2013/06/ACRILATO-DE-BUTILA.pdf>>. Acesso em: 29. out. 2016.

_____. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: rongalite (vettalit)**. 2014. Disponível em: < <http://www.vettaquimica.com.br/wp-content/uploads/2010/06/VETTALIT-10002.pdf>>. Acesso em: 29. out. 2016.

VIEIRA, Magnun Maciel. **Abordagem de procedimentos legais para o Controle de incômodos olfativos**. 2013. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A – TREINAMENTO DE JÚRI DE TESTE OLFATOMÉTRICO



Resinas

- Componente da tinta;
- Matérias-primas:
 - Ácidos;
 - Solventes;
 - Óleos;
- Geram um filme protetor de superfície.



Odores

- Percepção do aroma;
- Agradáveis ou desagradáveis;
- Causam danos à saúde:
 - Problemas respiratórios;
 - Insônia;
 - Náuseas;
 - Desconforto.



Teste olfatométrico

- Seleção de júri de no mínimo 10 pessoas;
- Preenchimento de questionário diretamente no local estudado;
- Possibilita medir as características do odor, como:
 - Intensidade ou concentração: Forte, médio ou fraco;
 - Hedonicidade: Desagradável, neutro ou agradável;
 - Caráter (categoria): Vegetal, floral, terroso, medicinal, químico...;



Teste olfatométrico: Algumas normas

- Fumantes não podem fazer parte do júri;
- A partir de 30 minutos antes, e durante a medida olfatométrica, os membros do júri **não devem**:
 - Comer;
 - Beber (exceto água);
 - Mastigar goma de mascar;
 - Chupar balas.



Teste olfatométrico: Algumas normas

- Os membros do júri **devem** tomar cuidado em não provocar interferência em sua percepção, como:
 - Utilização de perfumes, desodorante, ou outros produtos de beleza;
 - Pela falta de higiene pessoal.



Teste olfatométrico: Algumas normas

- Os membros do júri que estejam **sofrendo de alguma infecção** devem ser excluídos imediatamente da medida:
 - Gripe;
 - Crises de alergia;
 - Sinusite.
- Começando as medidas os membros do júri não devem mais se comunicar entre si sobre os resultados de suas escolhas.



Normas da empresa

- Ao visitar o ponto localizado no pátio da empresa deve-se utilizar:
 - Calça;
 - Sapato fechado.

Resumindo...

No dia do feste **devemos:**

- Comer e beber até 30 minutos antes;
- Cuidar com a higiene pessoal;
- Não abusar no uso de perfume e desodorante;
- Não comparecer em caso de doenças, porém, deve-se informar a ausência;
- Vestir calça e sapato fechado.



Questionário

Jurado: _____ Ponto: _____
 Data: _____ Horário: _____ Direção dos ventos: _____
 Condição do tempo: Nublado Ensolarado Chuvoso

1. Você sente algum odor que te incomoda?
 Sim Não

2. Que tipos de incômodos este odor provoca em você? (assinalar diversas)
 Intranquilidade Náusea Irritação na garganta
 Irritação nos olhos Dor de cabeça Não sei
 Dificuldade respiratória
 Outros: _____

3. Como você descreve este odor? (assinalar diversas)
 Ovo estragado Esgoto Óleo queimado
 Amônia Gasolina Químico
 Poeira Solvente Tinta
 Outro:
 Não sei

Questionário

4. O odor que você percebe é: (assinalar apenas uma opção)
 Fraco Médio Forte

5. Quanto desagradável é o odor que você percebe? (assinalar apenas uma opção)
 Desagradável Neutro Agradável

6. Caso você morasse nesta região, o odor te afetaria?
 Sim Não Não sei

Observações:

TREINAMENTO DE JURADOS TESTE OLFATOMÉTRICO

OBRIGADA!

Acadêmica: Maria Eduarda Mezzari Cunderlick
 Orientadora: Paula Tramontim Pavet
 Trabalho de Conclusão de Curso
 Engenharia Ambiental – UNESC

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE TESTE OLFATOMÉTRICO DE JÚRI MÓVEL

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
UNIDADE ACADÊMICA DAS CIÊNCIAS, ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ESTE QUESTIONÁRIO PERTENCE À REALIZAÇÃO DO TESTE OLFATOMÉTRICO DE JÚRI MÓVEL, DO QUAL OBJETIVA COLETAR DADOS PARA UM TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO RELACIONADO A EMISSÕES ATMOSFÉRICAS /ODORÍFERAS.

Jurado: _____ Ponto: _____

Data: _____ Horário: _____ Direção dos ventos: _____

Condição do tempo: () Nublado () Ensolarado () Chuvoso

1. Você sente algum odor que te incomoda?

() Sim () Não

2. Que tipos de incômodos este odor provoca em você? (assinalar diversas)

() Intranquilidade () Náusea () Irritação na garganta

() Irritação nos olhos () Dor de cabeça () Não sei

() Dificuldade respiratória

() Outros: _____

3. Como você descreve este odor? (assinalar diversas)

() Ovo estragado () Esgoto () Óleo queimado

() Amônia () Gasolina () Químico

() Podre () Solvente () Tinta

() Outro: _____

() Não sei

4. O odor que você percebe é: (assinalar apenas uma opção)

() Fraco () Médio () Forte

5. Quanto desagradável é o odor que você percebe? (assinalar apenas uma opção)

() Desagradável () Neutro () Agradável

6. Caso você morasse nesta região, o odor te afetaria?

() Sim () Não () Não sei

Observações:

ANEXO(S)

ANEXO A – CÓDIGO DE CONDUTA DE JURADOS PARA ANÁLISES OLFATOMÉTRICAS

Conforme a norma EN-13725

1. Os membros do júri devem ter idade mínima de 16 anos, ser voluntários e capazes de seguir as instruções;
2. Fumantes não podem fazer parte do júri;
3. Os membros do júri devem estar motivados para efetuar o trabalho conscientemente;
4. Estar disponível para uma sessão de medida completa e de preferência uma sessão que dure o suficiente para elaborar e controlar um histórico de medida;
5. A partir de 30 minutos antes, e durante a medida olfatométrica, os membros do júri não devem ser autorizados a fumar, comer, beber (exceto água) ou mastigar goma de mascar ou chupar balas;
6. Os membros do júri devem tomar cuidado em não provocar interferência em sua própria percepção ou mesmo dos outros nas salas de odores por falta de higiene pessoal ou por utilização de perfumes, desodorante, loção corporal ou produtos de beleza;
7. Os membros do júri que estejam sofrendo de gripe ou de outra infecção afetando a sua percepção de odor (por exemplo, crises de alergia, sinusite) devem ser excluídos imediatamente da medida;
8. Os membros do júri devem estar presentes na sala de medida de odores 15 minutos antes do início das medidas a fim de se adaptar ao verdadeiro ambiente de odores da sala de medida;
9. Começando as medidas os membros do júri não devem mais se comunicar entre si sobre os resultados de suas escolhas.