

Aliatir Silveira Filho

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA AVALIAÇÃO  
DA TOXICIDADE AGUDA DE EFLUENTES  
GASOSOS**

Florianópolis/ SC

2010

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Centro Tecnológico – CTC  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA AVALIAÇÃO  
DA TOXICIDADE AGUDA DE EFLUENTES  
GASOSOS**

**Aliatir Silveira Filho**

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Cátia R. Silva de Carvalho Pinto.

Florianópolis - SC  
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
SANITÁRIA E AMBIENTAL

**“PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA AVALIAÇÃO  
DA TOXICIDADE AGUDA DE EFLUENTES  
GASOSOS”**

ALIATIR SILVEIRA FILHO

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos  
requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental–TCC II

BANCA EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
*Prof.ª Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto.*

  
\_\_\_\_\_  
*Dra. Sílvia Pedroso Melegari*

  
\_\_\_\_\_  
*Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto*

FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL  
MARÇO/2010

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço pela atenção da professora Cátia de Carvalho Pinto e pelo tempo despendido para a execução deste trabalho.

Ao professor Carlos Pinto pela oportunidade de trabalho no Laboratório de Transmissores de Hematozoários do Departamento de Microbiologia e Parasitologia do Centro de Ciências Biológicas da UFSC.

À minha família pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha graduação.

À todos os meus amigos e colegas que fizeram parte da construção da minha vida acadêmica.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. OBJETIVOS .....	10
2.1. OBJETIVO CENTRAL: .....	10
2.2. OBJETIVOS COMPLEMENTARES: .....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
3.1 Ecotoxicologia.....	11
3.1.1. <i>Conceitos gerais</i> .....	11
3.1.2. <i>Bioindicadores</i> .....	14
3.1.2.1 <i>Culicídeo (Aedes albopictus skuse, 1894)...</i>	15
3.2 A atmosfera terrestre .....	16
3.2.1 <i>A qualidade do ar atmosférico</i> .....	17
3.2.2 <i>Padrões de qualidade do ar</i> .....	20
3.2.3 <i>Efeitos genéricos da poluição do ar</i> .....	21
3.3 Toxicidade aguda.....	22
3.4 Os compostos orgânicos voláteis.....	23
3.4.1 <i>Definições</i> .....	23
3.4.1.1 <i>Definição segundo suas propriedades físico-químicas</i> .....	24
3.4.1.2 <i>Definição segundo sua reatividade</i> .....	25
3.4.2 <i>Natureza e toxicologia dos COV</i> .....	25
3.4.2.1 <i>Fontes e natureza dos COV</i> .....	25
3.4.3 <i>Impactos dos COV</i> .....	26

3.4.3.1	<i>Efeitos diretos</i> .....	27
3.4.3.2	<i>Efeitos indiretos</i> .....	28
3.5	Efeitos toxicológicos dos COV's no homem .....	29
3.5.1	<i>Vias de absorção</i> .....	30
4.	METODOLOGIA.....	31
4.1.	Definição do organismo-teste.....	31
4.2.	Metodologia de cultivo.....	31
4.3	Metodologia do procedimento laboratorial .....	33
4.4	Descrição da estrutura física do experimento.....	35
4.5	Ato experimental .....	36
5.	RESULTADOS .....	38
6.	CONCLUSÕES E DISCUSSÕES.....	46
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

## RESUMO

Devido ao aumento de fontes poluidoras e uso crescente de agentes químicos cada vez mais perigosos, a poluição atmosférica tem se tornado cada vez mais desafiadora para o homem. O presente estudo tem como objetivo propor e avaliar uma metodologia de análise do caráter tóxico de efluentes gasosos. A metodologia consiste no uso de organismos marcadores, ou bioindicadores, como por exemplo o *Stegomyia albopictus*. Atualmente não existe um padrão formalizado para a avaliação da qualidade de efluentes gasosos como existe para os efluentes líquidos descritos na ABNT, portanto é de extrema importância que se estude a toxicologia dos gases, bem como as respostas de forma padronizada que cada agente, poluidor ou não, causa nos organismos teste. Após baterias de experimentos laboratoriais, percebeu-se uma sensibilidade importante dos insetos utilizados para caracterizar os efluentes quanto sua toxicidade.

**Palavras-chave:** qualidade do ar, toxicidade aguda, Compostos orgânicos voláteis.

## 1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento das cidades brasileiras se baseia na industrialização, que tem como característica principal uma estreita relação das questões ambientais com o desenvolvimento de suas atividades. No passado, o modo de tratamento de efluente utilizado não se adaptava as exigências dos órgãos fiscalizadores causando assim, uma série de impactos. Os problemas eram agravados principalmente pela falta de fiscalização dos gases que eram lançados na atmosfera. Atualmente, a população atua também como fiscalizadora das empresas que poluem e muitas vezes ela própria faz a denúncia aos órgãos fiscalizadores.

Os testes ecotoxicológicos são usados para analisar a qualidade dos efluentes que serão lançados nos recursos hídricos após tratamento, porém para os gases não contamos com a qualificação completa desses testes.

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar atmosférico. Ocorre poluição do ar quando resíduos gasosos modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto o meio é considerado contaminado quando existir a mínima ameaça à saúde humana, plantas e animais. A poluição do ar é provocada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas no ar ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera. Estas substâncias poluentes podem ter maior ou menor impacto na qualidade do ar, consoante a sua composição química, concentração na massa de ar e condições meteorológicas. Assim, por exemplo, a existência de ventos fortes ou chuvas poderão dispersar os poluentes, ao passo que a presença de luz solar



poderá acentuar os seus efeitos negativos (ÁLVARES Jr., 2002).

Compostos Orgânicos Voláteis (COVs ou VOCs) constituem uma classe de poluentes do ar que são predominantemente emitidos na atmosfera pela frota veicular (combustão de combustíveis fósseis e perdas evaporativas) e por processos industriais, mas que podem ser também gerados por processos metabólicos de alguns vegetais (Derwent, 1995). A definição utilizada por Derwent (1995), considerada também neste estudo, trata o termo COV como todo composto que contém carbono e reage fotoquimicamente na atmosfera, excluindo carbono elementar, monóxido e dióxido de carbono. Alguns COVs são prejudiciais ao meio ambiente direta e indiretamente. Dentre os problemas causados diretamente, destacam-se os efeitos tóxicos, como irritação da mucosa e problemas hematológicos, hepáticos, renais e neurológicos (Crump, 1995).

Fazendo uso das definições estudadas, este trabalho visa analisar a toxicidade aguda de efluentes gasosos provenientes da evaporação de gasolina comum e também de um solvente orgânico para tintas. O trabalho apresenta ainda como objetivo específico caracterizar a reação do organismo-teste supostamente mais indicado para a avaliação toxicológica de efluentes gasosos e padronizar a reação deste bioindicador quando submetido a um agente químico dissolvido no ar.

## **2. OBJETIVOS**

**2.1. OBJETIVO CENTRAL:** O Objetivo central do trabalho é propor e analisar um método que avalie a toxicidade aguda dos gases.

**2.2. OBJETIVOS COMPLEMENTARES:** Tem como objetivos complementares averiguar a adequação do bioindicador utilizado para os testes toxicológicos, bem como realizar uma breve comparação com os bioensaios realizados com *Daphnia magna* e outros bioindicadores para o mesmo fim.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antes de tudo, é imprescindível abordar de maneira prévia alguns conceitos relacionados ao ambiente no qual os compostos estudados estão inseridos. Em tópicos subdivididos em importância e gênero, serão apresentados os constituintes naturais, seus poluentes e efeitos; assim como se fará uma breve explanação da espécie escolhida como bioindicador nos testes toxicológicos.

#### 3.1 Ecotoxicologia

##### 3.1.1. *Conceitos gerais*

Os três modos de ação tóxica de agentes químicos compreendem a exposição, a toxicocinética e a toxicodinâmica. A primeira está associada com o período de tempo em que o organismo está no meio que contém o agente tóxico e a disponibilidade deste último para o organismo. A fase toxicocinética é a que compreende o ingresso xenobiótico, a sua distribuição, metabolismo e excreção. É nesta fase que ocorre o acúmulo do agente nos tecidos. A fase toxicodinâmica envolve a resposta biológica resultante da chegada do agente aos sítios de ação e sua interação para produzir efeito (Rand & Petrocelli, 1985).

Estas respostas que se manifestam nos organismos podem ser de caráter letal, ou subletais. Estas últimas não levam à morte, mas acarretam alterações no comportamento (locomoção, alimentação, predação), na fisiologia (crescimento, reprodução), na bioquímica (atividade enzimática, hormonal, níveis de íons) e na estrutura (alterações histopatológicas). Deve-se observar que alguns destes efeitos subletais podem levar

indiretamente à letalidade. Assim por exemplo, determinados efeitos comportamentais, como a perda de equilíbrio, podem diminuir a capacidade de procura de alimento, o que pode levar a sua mortalidade.

A medida das respostas biológicas pode ser realizada por meio de testes de toxicidade. Estes se baseiam em avaliações das concentrações de um agente químico, e na duração de exposição requerida para a produção de um determinado efeito. São utilizados, portanto, para detectar e avaliar o potencial de agentes químicos para organismos aquáticos.

Os testes toxicológicos representam procedimentos padronizados baseados no estudo da relação dose-resposta de organismos aquáticos a um agente tóxico, ou a uma mistura destes. Esses protocolos têm sido designados para a geração e interpretação de dados na avaliação de risco, impacto e monitoramento de contaminantes nos corpos de água. Isto, desde que esses dados reúnam propriedades toxicológicas e estatísticas que lhe confirmem validade (Murty, 1986).

Uma variedade de protocolos de testes tem sido desenvolvida pela American Public Health Association (APHA), U.S. Environmental Protection Agency (USEPA, 1991), American Society Testing and Material (ASTM) e Organization for the Economic Cooperation and Development (OECD). No Brasil, o protocolo do IBAMA (SEMA, 1988) e as normas técnicas L5.018, L.019, L5.020, L.022 da CETESB (CETESB, 1986) têm sido desenvolvidas para o registro de agentes químicos e monitoramento de efluentes. Estes protocolos têm sido elaborados com base em protocolos internacionais, sendo que alguns detalhes no procedimento foram adaptados às condições do país.

As características que os teste de avaliação da toxicidade em organismos aquáticos devem reunir são:

- Aceitação pela comunidade científica;
- Possuir base estatística;
- Promover efeitos dentro de uma faixa de concentrações e períodos de exposição que representem a realidade;
- Predição para organismos similares;
- Uso na avaliação de risco;
- Ser econômico e de fácil condução;
- Sensibilidade.

Os testes em laboratório seguem normalmente na série de etapas que progridem de um simples teste em curto prazo, para testes em longo prazo, mais sofisticados. Embora os detalhes metodológicos descritos nos protocolos difiram para cada teste, o delineamento experimental é similar e requer controle de condições ambientais como pH, temperatura, oxigênio dissolvido e fotoperíodo. O delineamento experimental exige que os organismos sejam expostos em recipientes-teste de material que não absorva o agente tóxico a várias concentrações em solução aquosa. A caracterização do efeito (por exemplo: mortalidade, crescimento, reprodução) o qual foi definido antes da realização do ensaio, é feita comparando-se com um grupo de organismos não tratados (grupo controle). Assim sendo, todos os testes devem incluir paralelamente um grupo controle, de modo a garantir que os efeitos observados sejam atribuíveis à exposição ao material-teste. O controle negativo com água não tratada consiste em um grupo de organismos na mesma água de diluição (sem material a ser testado), na mesmas condições e sob os mesmos procedimentos que os tratamentos.

### 3.1.2. Bioindicadores

O conceito de bioindicador pode ser definido como qualquer resposta mensurável em níveis mais superiores de organização biológica (indivíduos, populações, ecossistemas) que pode ser associado ao impacto de um contaminante. Quando esta resposta é medida em níveis inferiores de organização biológica, como por exemplo, a alteração da atividade de uma enzima, o termo mais apropriado é “biomarcador” (Stegeman *et al.* 1992).

Corpos de água podem ser contaminados por agentes químicos por meio do escoamento superficial, processos de descarga, deposição atmosférica e percolação através do solo. Este potencial de contaminação é afetado pela mobilidade do agente químico, tipo de aplicação e persistência no solo e água.

Durante a exposição a vários tipos de contaminantes, como inseticidas, fungicidas, herbicidas, bifenilas policloradas (PCBs), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs), dioxinas e metais pesados, a incorporação destes agentes em organismos aquáticos pode ocorrer tanto pela água e sedimento, como por meio da cadeia alimentar.

O conceito básico que sustenta a utilização de bioindicadores de poluição ambiental se baseia no fato de que os distúrbios causados por xenobióticos no meio ambiente levam inicialmente a uma perturbação comportamental, fisiológica, bioquímica ou estrutural em um determinado organismo. Se estas alterações forem observadas com uma certa antecedência, pode ser possível identificar problemas ambientais antes que o ecossistema aquático seja afetado como um todo.

### 3.1.2.1 Culicídeo (*Stegomyia albopictus*)

O *Stegomyia albopictus* é um díptero da família Culicidae, pertencente à subfamília Culicinae que na sua forma adulta apresenta tórax enegrecido, freqüentemente ornamentado com manchas, faixas ou desenhos de escamas claras, geralmente branco-prateadas. De hábito diurno, o *Stegomyia albopictus* é muito eclético quanto ao hospedeiro, sendo o homem e as aves os mais freqüentes. Pode ser encontrado no interior do domicílio, porém é mais comum no peridomicílio.

Assim como o *Aedes aegypti*, o *Stegomyia albopictus* pode ser encontrado tanto em criadouros naturais (internódios de bambu, buracos em árvores, casca de frutas) quanto em criadouros artificiais. Os criadouros artificiais, por sua vez, podem ser tanto aqueles abandonados pelo homem a céu aberto quanto os de uso doméstico para armazenamento de água. Como exemplos de criadouros artificiais pode-se citar: pneus, latas, caixas d'água, piscinas. Nesses criadouros, as fêmeas depositam seus ovos, isoladamente, em um substrato úmido, próximo à água ou em local inundável.

Em países de climas temperados, os ovos de *Ae. albopictus* podem sobreviver por vários meses durante o inverno. Esta capacidade deve-se a um fenômeno denominado diapausa que é caracterizado pela suspensão de função e desenvolvimento desses ovos. Nos culicídeos, este fenômeno ocorre quando a larva de primeiro estágio já está formada sendo presente nas populações de clima temperado e ausente nas populações de clima tropical. Os ovos com desenvolvimento completo, quando colocados em contato com a água, desencadeiam o processo de eclosão das larvas dando início ao ciclo de desenvolvimento (HAWLEY *et al.*, 1989).

O ciclo de desenvolvimento do *Stegomyia albopictus* compreende quatro estágios: ovo, larva (4 estágios: L1, L2, L3 e L4), pupa e inseto adulto. O crescimento e o desenvolvimento das larvas variam com a temperatura da água, disponibilidade de alimento e densidade populacional no criadouro. Este ciclo geralmente se desenvolve em um curto espaço de tempo, podendo variar entre 10 e 15 dias, contribuindo para o aumento da densidade populacional desta espécie.

### 3.2 A atmosfera terrestre

O planeta está envolto por uma camada composta de uma mistura de gases, dos quais o nitrogênio é o mais abundante (Tabela 1). A atmosfera se estende por centenas de quilômetros de altura acima da superfície do globo terrestre e pode ser dividida pelas variações verticais de temperatura em: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera. A troposfera é a camada mais próxima da superfície concentrando cerca de 80% da massa da atmosfera e, possivelmente, todo vapor d'água, nuvens e precipitações. Pouco se sabe sobre a atmosfera exterior, mas estima-se que existam concentrações elevadas de poluentes, principalmente os óxidos de nitrogênio produzidos em parte pela combustão proveniente do tráfego aéreo. Os estudos referentes à poluição atmosférica concentram-se apenas nos primeiros quilômetros da troposfera. A mistura de gases que compõe a atmosfera é relativamente estável ao longo da existência do planeta (ÁLVARES Jr., 2002). De forma resumida, os principais gases que compõem a atmosfera estão apresentados na Tabela 1.



<b>Elemento</b>	<b>% em Volume</b>	<b>% em Peso (seco)</b>
N <sub>2</sub>	78,09	75,81
O <sub>2</sub>	20,94	23,15
Ar	0,93	1,28
CO <sub>2</sub>	0,032	0,046
Outros	0,004	0,014

Fonte: Adaptado de ALVARES Jr. (2002)

*Tabela 1 - Composição da atmosfera terrestre*

A quantidade de vapor d'água é altamente variável, atingindo valores que vão de 0,02% em zonas áridas até 4% em zonas equatoriais úmidas. O vapor d'água 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.

### *3.2.1 A qualidade do ar atmosférico*

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar atmosférico. Ocorre poluição do ar quando resíduos gasosos modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto o meio é considerado contaminado quando existir a mínima ameaça à saúde humana, plantas e animais. A poluição do ar é provocada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas no ar ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera. Estas substâncias poluentes podem ter maior ou menor impacto na qualidade do ar, consoante a sua composição química, concentração na massa de ar e condições meteorológicas. Assim, por exemplo, a existência de ventos fortes ou chuvas poderão dispersar os poluentes, ao passo que a presença de luz solar

poderá acentuar os seus efeitos negativos (ÁLVARES Jr., 2002).

As fontes emissoras dos poluentes atmosféricos são numerosas e variáveis, podendo ser antropogênicas ou naturais. As *fontes antropogênicas* são as que resultam das atividades humanas, como a atividade industrial ou o tráfego de automóvel, enquanto as *fontes naturais* englobam fenômenos da natureza, tais como emissões provenientes de erupções vulcânicas ou fogos florestais de origem natural (LYRA, 2001).

O nível de poluição do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes nele encontradas. Considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que pela concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. O transporte, dispersão e deposição destes poluentes são fortemente influenciados pelas condições meteorológicas. Determinar as concentrações dessas substâncias é medir o grau de exposição dos receptores como o homem, as plantas e os materiais. Os poluentes incluem qualquer elemento ou composto químico natural ou artificial, capaz de permanecer em suspensão ou ser arrastado pelo vento. Essas substâncias podem existir na forma de gases, no estado líquido, em formas de gotas ou partículas sólidas (ÁLVARES Jr., 2002).

A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores. A determinação sistemática da qualidade do ar deve ser, por problemas de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De uma forma geral, tal escolha recai sobre um grupo de poluentes que servem

como indicadores de qualidade do ar, consagrados universalmente, sendo que a razão da escolha destes parâmetros como indicadores está ligada à sua maior frequência e aos efeitos adversos ao meio ambiente; estes poluentes são (ÁLVARES Jr., 2002; LYRA, 2001):

- partículas totais em suspensão (PTS);
- monóxido de carbono (CO);
- dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>);
- oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio (O<sub>3</sub>);
- compostos orgânicos voláteis (COV);
- dióxidos de nitrogênio (NO<sub>2</sub>).

Cada um destes componentes contribui em maior ou menor grau para a poluição do ar. Seus efeitos também são diferenciados entre si. Materiais particulados, por exemplo, estão relacionados à visibilidade do meio, corrosão em materiais e problemas de irritação das vias respiratórias no homem. O dióxido de carbono é um gás altamente relacionado às alterações climáticas ao passo que o monóxido de carbono à redução da absorção de oxigênio pelo sangue, podendo, dependendo das concentrações, levar à morte. O ozônio (O<sub>3</sub>) é considerado o maior poluente fitotóxico atmosférico existente, onde provoca redução na colheita e no crescimento de árvores, porque inibe a fotossíntese. No homem, provoca irritação nas vias respiratórias, dor de cabeça, tontura, cansaço e tosse. O ozônio é considerado o principal componente do “smog”. O “smog” fotoquímico é resultado da mistura de ozônio, nitrato de peroxiacetila, aldeídos e outros produtos da oxidação de hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, aerossóis etc., formados em atmosferas urbanas altamente poluídas. O “smog” afeta a visibilidade, além dos danos à

saúde, causados pelo ozônio, que são inúmeros: ressecamento das membranas mucosas da boca, nariz e garganta; dores de cabeça; alterações na visão; ardor nos olhos; mudanças funcionais no pulmão; e edema. Seus efeitos podem ser agudos (imediatos) ou crônicos (a longo prazo). Os óxidos de nitrogênio (NOx) também são um dos principais componentes na formação do ozônio, além de contribuir para a formação da chuva ácida. Os poluentes orgânicos, dentre os quais incluem-se os compostos orgânicos voláteis (COV), são provenientes de um grande número de fontes, tanto naturais quanto antropogênicas. Enquanto as fontes naturais ocorrem, por exemplo, através de processo de fermentação, as emissões antropogênicas são, de modo geral, provenientes de áreas industrializadas. Além de seu papel como um dos precursores na formação de ozônio atmosférico e outros produtos de reações fotoquímicas, os poluentes orgânicos específicos também são de grande interesse devido aos efeitos diretos associados à sua exposição, são eles: depressão do sistema nervoso central (SNC), cefaléia, tontura, fraqueza, espasmos musculares, vômitos, dermatites, fibrilação ventricular, convulsões, coma e até a morte quando existe exposição prolongada. A exposição a tais compostos pode ainda estar associada ao incômodo olfativo (no caso dos odorantes) (ÁLVARES Jr., 2002).

### *3.2.2 Padrões de qualidade do ar*

Um padrão de qualidade do ar define legalmente um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada. São

estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar, primários e secundários.

*a) Padrões Primários da qualidade do ar:* são definidos como as concentrações de poluentes que, se ultrapassados, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

*b) Padrões Secundários de qualidade do ar:* compreendem as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em metas de longo prazo. O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para a política de prevenção e degradação da qualidade do ar (LYRA, 2001).

No Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) estabeleceu, pela Portaria Normativa nº348 de 14/03/90, os padrões nacionais de qualidade do ar. Estes padrões foram submetidos ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 28/06/90, resultando na Resolução Conama nº 03/90.

### *3.2.3 Efeitos genéricos da poluição do ar*

A poluição do ar tem vindo a ser a causa de um conjunto de problemas, nomeadamente:

- degradação da qualidade do ar;
- exposição humana e dos ecossistemas a substâncias tóxicas;

- danos na saúde humana;
- danos nos ecossistemas e patrimônio construído;
- deterioração da camada de ozônio estratosférico;
- aquecimento global/alterações climáticas

Dentre os efeitos à saúde humana e materiais em geral, destacam-se aqueles citados no item 3.2.1. Os efeitos dos poluentes atmosféricos variam em função do tempo e das suas concentrações. Este fato faz com que, normalmente, se fale em efeitos crônicos e agudos da poluição atmosférica. Os efeitos agudos traduzem as altas concentrações de um dado poluente que, ao serem atingidas, podem ter logo repercussões nos receptores. Os efeitos crônicos estão relacionados com uma exposição muito mais prolongada no tempo e a níveis de concentração mais baixos. Embora este nível seja mais baixo, a exposição dá-se por um período prolongado, o que faz com que possam aparecer efeitos que derivam da exposição acumulada a esses teores poluentes.

As emissões atmosféricas geram problemas a diferentes escalas, desde uma escala local (p. ex., as concentrações de monóxido de carbono - CO - provenientes do tráfego junto a estradas congestionadas) à escala global (cujo melhor exemplo são as alterações climáticas que se traduzem, dentre outros efeitos, pelo aquecimento global do planeta (ÁLVARES Jr., 2002; LYRA, 2001).

### 3.3 Toxicidade aguda

Toxicidade aguda é definida como os efeitos adversos que ocorrem dentro de um período curto após a

administração de uma dose única ou doses múltiplas, dentro de 24 horas. A dose única é utilizada para determinar a potência da droga em casos de ingestão ou envenenamento acidental e as doses múltiplas são usadas para avaliarem se os efeitos são cumulativos.

Larini (1997), cita que a toxicidade aguda de um composto química é expressa pela quantidade necessária, em mg/Kg, de peso corpóreo, para provocar a morte de 50% de um lote de animais submetidos à experiência. É representada pela sigla DL (Dose Letal) 50%. Para alguns autores, a DL 50% não é um parâmetro toxicológico – representa apenas um parâmetro estatístico.

No caso da toxicidade aguda pela via respiratória (contaminantes do ambiente), a mesma é avaliada através da concentração letal média (CL<sub>50</sub>), que representa a concentração de uma substância química na atmosfera capaz de provocar a morte de 50% dos animais após a exposição, única ou repetida, ao agente tóxico.

### 3.4 Os compostos orgânicos voláteis

#### 3.4.1 Definições

Os compostos orgânicos voláteis (COV) incluem a maioria dos solventes, lubrificantes e combustíveis em geral, sendo comumente emitidos por indústrias químicas e petroquímicas. De modo geral, são definidos como compostos orgânicos de elevada pressão de vapor e são facilmente vaporizados às condições de temperatura e pressão ambientes. A maioria dos hidrocarbonetos, incluindo orgânicos nitrogenados, clorados e sulfurados são designados como COV. Estes compostos são geralmente encontrados em indústrias de manufatura com

operação de solventes orgânicos causando, sobretudo, prejuízos à saúde humana, ambiente e materiais em geral (CHU et al, 2001).

As definições de compostos orgânicos voláteis são abordadas de acordo com suas características físicas e/ou reatividades químicas. A seguir são apresentadas algumas definições de acordo com estes critérios.

#### *3.4.1.1 Definição segundo suas propriedades físico-químicas*

Considera-se COV todo composto que, à exceção do metano, contém carbono e hidrogênio, os quais possivelmente podem ser substituídos por outros átomos como halogênios, oxigênio, enxofre, nitrogênio ou fósforo, excluindo-se óxidos de carbono e carbonatos. Estes compostos encontram-se em estado gasoso ou de vapor dentro das condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Acrescenta-se ainda que todo produto orgânico tendo pressão de vapor superior a 10 Pa nas CNTP, ou 0 °C e 105 Pa (1 atm) é considerado um composto orgânico volátil. Nos Estados Unidos, COV são definidos como compostos orgânicos com pressão de vapor superior a 13,3 Pa a 25 °C, de acordo com o método D3960-90 da ASTM. Pela União Européia, COV são compostos orgânicos com pressão de vapor superior a 10 Pa e 20 °C (European VOC Solvents Directive 1999/13/EC). O “Australian National Pollutant Inventory” define COV como um composto químico com pressão de vapor superior a 2 mmHg (0,27 kPa) a 25 °C, excluindo o metano (LE CLOIREC, 1998; ZYSMAN, 2001). Os COV foram ainda definidos como compostos orgânicos com pontos de ebulição numa faixa de 50 a 260 °C (WHO, 1989). Este intervalo foi escolhido por razões de capacidade de amostragem e de análise, mais



do que do ponto de vista dos efeitos à saúde (DEWULF e WITTMANN, 2002).

#### *3.4.1.2 Definição segundo sua reatividade*

Moretti e Mukhopadhyay (1993 apud LE CLOIREC, 1998) propuseram um critério baseado na longevidade dos COV no meio natural. Autores anglo-saxônicos classificaram os COV em função do comportamento do radical livre OH•. A Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA) definiu COV como toda substância carbonada (exceto monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácidos carbônicos, carbonetos, carbonatos metálicos e carbonatos de amônia) que participam de reações fotoquímicas da atmosfera (todavia, alguns destes compostos voláteis têm reatividade química negligenciável) (LE CLOIREC, 1998).

#### *3.4.2 Natureza e toxicologia dos COV*

##### *3.4.2.1 Fontes e natureza dos COV*

As concentrações de COV na troposfera são influenciadas pela emissão, dispersão, deposição e reações fotoquímicas. Tanto fontes biogênicas quanto antropogênicas contribuem para a concentração de COV na troposfera. Nas áreas rurais predominam as emissões de origem biogênica ao passo que nas industriais predominam as emissões de origem antropogênica, oriundas da queima de combustíveis fósseis, indústrias químicas/petroquímicas, etc. (HANSEN e PALMGREN, 1996). Dentre as fontes antropogênicas, o principal problema está relacionado à emissão de solventes

orgânicos (CUNNINGHAM, 1996). Os solventes orgânicos são usados em um grande número de aplicações industriais. Devido a sua volatilidade, em muitos destes processos eles podem ser emitidos direta [do processo de manufatura, nos tanques de estocagem ou ainda processos de tratamento (lagoas, etc.)] ou indiretamente na atmosfera, geralmente na forma de compostos orgânicos, após ter sofrido transformações físicas e/ou químicas (LIEBSCHER, 2000). Estes solventes podem ser divididos nas seguintes classes: (i) clorados, (ii) aromáticos, (iii) mono e poliálcoois, (iv) cetonas, alcanos e outros (como ácido acético e dimetilformamida), sendo que os clorados e os aromáticos cobrem aproximadamente 50% destas emissões (CUNNINGHAM, 1996).

As indústrias, principalmente as de processamento de petróleo, são as principais fontes fixas emissoras de gases para a atmosfera. Neste caso, os poluentes mais comuns compreendem COV (principalmente hidrocarbonetos saturados e aromáticos), compostos sulfurados, nitrogenados e material particulado (KALABOCAS et al, 2001). A emissão das fontes fixas mais fontes móveis (veículos) representam cerca de 80% do total de COV lançados no ar.

### *3.4.3 Impactos dos COV*

Do ponto de vista ambiental, torna-se imprescindível o controle da emissão de vapores poluentes na atmosfera, pois mesmo sendo lançados no ar, são capazes de alterar todo o ecossistema de maneira global (ZAMBON, MORITA e SOUZA, 2003). De acordo com estudos já realizados sobre o impacto de COV no ar, o lançamento de clorofluormetanos e demais compostos clorados na atmosfera, por exemplo, pode aumentar a absorção e emissão de radiação infravermelha. Assim, retardando-se a perda de calor da terra, clima e

temperatura do planeta são afetados. Ainda, quando em combinação com NOx, em presença de luz, sofrem oxidação fotoquímica, produzindo o “smog” fotoquímico (KHAN e GHOSHAL, 2000). A maioria destes compostos são perigosos devido aos seus efeitos carcinogênicos e/ou mutagênicos (certas classes de hidrocarbonetos estão associadas a alguns tipos de câncer pela sua exposição à fuligem e alcatrão), mesmo a baixas concentrações (CHUNG et al, 1998). A poluição devido à emissão de COV tem basicamente dois efeitos sobre o homem e o meio ambiente receptor: os *diretos* e os *indiretos*.

#### 3.4.3.1 Efeitos diretos

A emissão de COV tem um impacto direto e importante sobre o homem. O risco toxicológico principal dos COV é ocasionado pela inalação. Os vapores do solvente penetram nas vias respiratórias até os alvéolos pulmonares, onde eles se dissolvem no sangue (ÁLVARES Jr., 2002). No caso dos solventes, a ação sentida no homem passa pelo relaxamento da atenção, diminuição dos reflexos, náuseas, dores de cabeça ou vertigens; o contato freqüente e prolongado pode produzir problemas mais graves tais como eczemas, irritação das mucosas oculares e nasais, doenças pulmonares e do fígado, rins e sangue. A altas concentrações, muitos COV constituem narcóticos em potencial, podendo atacar o sistema nervoso central (GONZALEZ, 1990).

Os COV também têm um importante papel nos processos físico-químicos da troposfera, contribuindo para a formação de ozônio e outros oxidantes fotoquímicos (FINLAYSON-PITTS e PITTS, 1986). Compostos orgânicos derivados do petróleo constituem um dos maiores problemas de poluição do ar. Dentre eles, encontram-se os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) que são constituintes do petróleo. O petróleo é uma

mistura complexa de inúmeros compostos orgânicos, com predominância de hidrocarbonetos; sua composição varia de acordo com sua procedência. Os BTEX, por sua vez, são hidrocarbonetos de cadeia fechada, de difícil degradação. Estes contaminantes são considerados perigosos por serem potenciais causadores de depressão e também de leucemia. O tolueno é o composto aromático mais abundantemente emitido por atividades antropogênicas sendo o benzeno o mais tóxico dos BTEX, pelo fato de ser o maior carcinogênico e também o mais solúvel em água (BENETTI, 1999; LE CLOIREC, 1998).

#### *3.4.3.2 Efeitos indiretos*

A transferência dos COV presentes no ar para o meio aquático também ocasiona uma série de problemas. A água potável, por exemplo, é alterada devido à presença destes contaminantes, seja em lençóis subterrâneos ou mesmo de superfície. Os COV podem ainda ser adsorvidos em diferentes superfícies sólidas (argila, lama, etc.) sendo desorvidos em outros meios naturais.

Os COV e NO<sub>x</sub> reagem na atmosfera, principalmente quando ativados pela radiação solar, formando um conjunto de gases agressivos, os “oxidantes fotoquímicos”. Dos oxidantes fotoquímicos presentes na atmosfera, o ozônio é o que está em maior quantidade (70 a 80%). Neste caso, A USEPA recomenda uma concentração padrão de ozônio no ar inferior a 50 ppb (30,5 µg/m<sup>3</sup>) durante 8 horas. Uma liminar da Comunidade Européia estabelece uma concentração de 180 ppb (110 µg/m<sup>3</sup>) para uma exposição de 8 horas sem a necessidade de proteção (LE CLOIREC, 1998). Também são foto-oxidantes o peroxiacetilnitrato (PAN), peroxibenzolnitrato (PBN), acroleína, benzopireno, aldeídos, cetonas, etc. (ÁLVARES Jr, 2002).

Os efeitos sobre os materiais também devem ser considerados. O ozônio é também um gás do efeito estufa e, portanto, pode induzir a um aumento da temperatura global do planeta (ÁLVARES Jr., 2002; LE CLOIREC, 1998).

### 3.5 Efeitos toxicológicos dos COV's no homem

A interação de um agente tóxico, como os compostos orgânicos voláteis, com o organismo provoca diversos sinais ou sintomas específicos e é denominada intoxicação.

Existem três tipos de intoxicação: aguda, subcrônica e crônica. Na intoxicação aguda, os sintomas surgem rapidamente, no máximo algumas horas após um curto período de exposição aos produtos tóxicos. Pode ocorrer de forma leve, moderada ou grave, dependendo da quantidade de substância absorvida e da sensibilidade do organismo. A intoxicação subcrônica ocorre por exposição moderada ou pequena a produtos altamente tóxicos ou medianamente tóxicos e tem aparecimento mais lento. Os sintomas são subjetivos e vagos, tais como dor de cabeça, fraqueza, mal-estar, dor de estômago, sonolência, entre outros. A intoxicação crônica caracteriza-se por surgimento tardio, após meses ou anos, por exposição pequena ou moderada a um ou múltiplos produtos tóxicos, acarretando danos irreversíveis, do tipo paralisias e câncer, entre outros.

A intoxicação não é reflexa de uma relação simples entre o produto e a pessoa exposta. Vários fatores participam de sua determinação, como:

- as características químicas e toxicológicas do produto;

- a concentração ambiental e/ou a dose de exposição do agente químico (principal fator de toxicidade em toda exposição profissional ou acidental);
- vias de absorção;
- grau de exposição (depende da quantidade de partículas de produto que ficam suspensas no ar e entram em contato com o trabalhador);
- tempo de exposição;
- frequência da exposição;
- suscetibilidade individual (condição intrínseca de o organismo reagir frente a uma agressão por um agente químico);
- exposição a um único produto ou a vários deles.

### *3.5.1 Vias de absorção*

Do ponto de vista toxicológico, um agente poderá apresentar-se fisicamente como um líquido, sólido ou gasoso (névoas e vapores). Os gases oferecem elevado perigo pelo fato de serem inalados rapidamente para os pulmões. Agentes químicos, sob a forma de partículas sólidas ou gotículas, oferecem também risco à saúde por inalação, ingestão e contato com a pele. As principais vias de absorção responsáveis pelas intoxicações originadas pelo manuseio e/ou uso inadequado de agentes tóxicos são via dérmica, respiratória, nefrológica e etc.

## 4. METODOLOGIA

Neste t3pico ser3o apresentadas as metodologias de cultivo do culic3deo *Stegomyia albopictus*, bem como os procedimentos experimentais da an3lise laboratorial.

### 4.1. Defini3o do organismo-teste

O *Stegomyia albopictus* foi detectado pela primeira vez no Brasil em 1986 e 3 considerado um componente vetor da febre amarela e da dengue. A presen3a do mosquito na 3rea urbana demonstra sua facilidade de dispers3o e de boa adapta3o aos v3rios tipos de criadouros artificiais, compartilhando os locais de procria3o do *Aedes aegypti*. A maior incid3ncia do mosquito 3 registrada em terrenos baldios e fundos de quintais domiciliares, caracterizando seu aspecto predominantemente silvestre. Em laborat3rio sua cria3o tamb3m 3 simples e por n3o possuir padr3es de respostas a toxicidade de efluente, este organismo foi selecionado para a compara3o com os resultados da *Daphnia magna* e outros bioindicadores.

### 4.2. Metodologia de cultivo

A cria3o de *Stegomyia albopictus* foi realizada no Inset3rio do Laborat3rio de Transmissores de Hematozo3rios do Departamento de Microbiologia e Parasitologia do Centro de Ci3ncias Biol3gicas da UFSC, onde os adultos machos e f3meas foram mantidos em gaiola c3bica de vidro e tela.

Os adultos foram alimentados com solução de açúcar a 10%, e uma vez por semana, as fêmeas se alimentaram de sangue de camundongo, mantido por cerca de uma hora dentro da gaiola.

Os ovos colocados pelas fêmeas foram retirados da gaiola e mantidos em câmaras úmidas por no mínimo 24 horas e posteriormente transferidos para bandejas de plástico com água desclorada para eclosão.

A alimentação das larvas foi realizada com o alimento para peixes Alcon Basic<sup>®</sup>. As pupas foram transferidas para pequenos copos plásticos que foram, posteriormente, colocados dentro da gaiola dos adultos para emergência.



*Figura 1 –Larvas de Stegomyia albopictus criadas no Insetário do Laboratório de Transmissores de Hematozoários do Departamento de Microbiologia e Parasitologia do Centro de Ciências Biológicas da UFSC*



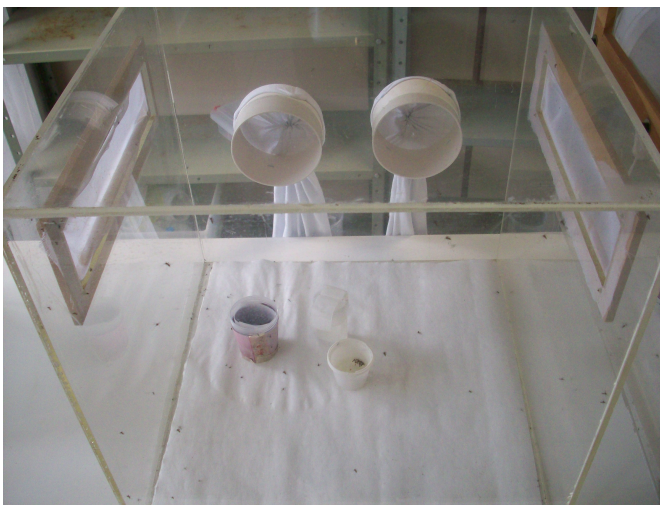


Figura 2 – Gaiola de cultivo da espécie adulta escolhida como bioindicador neste estudo, capacidade para 2mil unidades.

#### 4.3 Metodologia do procedimento laboratorial

- Descrição dos compostos orgânicos utilizados:  
Os compostos que foram postos em ebulição para efetuar a dispersão do agente tóxico na câmara experimental é a gasolina comum e o solvente para tintas Anjo.

A gasolina é um combustível constituído basicamente por hidrocarbonetos e, em menor quantidade, por produtos oxigenados. Esses hidrocarbonetos são, em geral, mais "leves" do que aqueles que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menor cadeia carbônica (normalmente de 4 a 12 átomos de carbono). Além dos hidrocarbonetos e dos oxigenados, a gasolina também pode conter compostos de enxofre e compostos de nitrogênio. A faixa de destilação da gasolina automotiva varia de 30 a 220 °C. A gasolina básica (sem oxigenados)

possui uma composição complexa. A sua formulação pode demandar a utilização de diversas correntes nobres oriundas do processamento do petróleo como nafta DD (produto obtido a partir da destilação direta do petróleo), nafta craqueada que é obtida a partir da quebra de moléculas de hidrocarbonetos mais pesados (gasóleos), nafta reformada (obtida de um processo que aumenta a quantidade de substâncias aromáticas) e nafta de coque, obtida através do processo de coqueamento, nafta alquilada (de um processo que produz iso-parafinas de alta octanagem a partir de iso-butanos e olefinas), etc. Quanto maior a octanagem (número de moléculas com octanos) da gasolina maior será a sua resistência à detonação espontânea.

Os solventes orgânicos são facilmente encontrados nas lojas de material para pintura e centros comerciais que vendem todo tipo de produtos para a chapeação de automóveis. É muito difícil controlar a venda destes produtos por eles serem utilizados em inúmeras atividades domésticas e comerciais. Trata-se, portanto de uma venda livre, com exceção de algumas substâncias submetidas a um controle legal específico como o clorofórmio, éter e outros anestésicos e que hoje praticamente já não são utilizados. A maioria destes produtos são inflamáveis ou mesmo explosivos: as suas propriedades explicam acidentes muitas vezes graves, do tipo queimaduras, descritos pelos usuários que aquecem os solventes para facilitar a sua volatilização (evaporação). Neste experimento foi utilizada a Solvents Line Anjo, que apresenta em sua composição química: solventes aromáticos, glicóis, cetonas, ésteres, álcool, e é isento de benzeno e solventes clorados. Os solventes orgânicos perturbam a transmissão nervosa atuando diretamente sobre a membrana das células. Isto explica a sua ação psíquica e neurológica. É uma ação pouco específica. Perturbam de maneira variável conforme a sua natureza.

#### 4.4 Descrição da estrutura física do experimento

Os ensaios toxicológicos foram realizados no LIMA- Laboratório Integrado do Meio Ambiente. Numa câmara acrílica cúbica de 10cmx10cm, acrílico com espessura de 4mm, resistente à situação de vácuo aonde foram colocados os organismos-teste. Os compostos foram postos em ebulição num erlenmeyer de 250ml e conduzidos à câmara acrílica (“gaiola dos mosquitos”) por um conduto de borracha hospitalar.

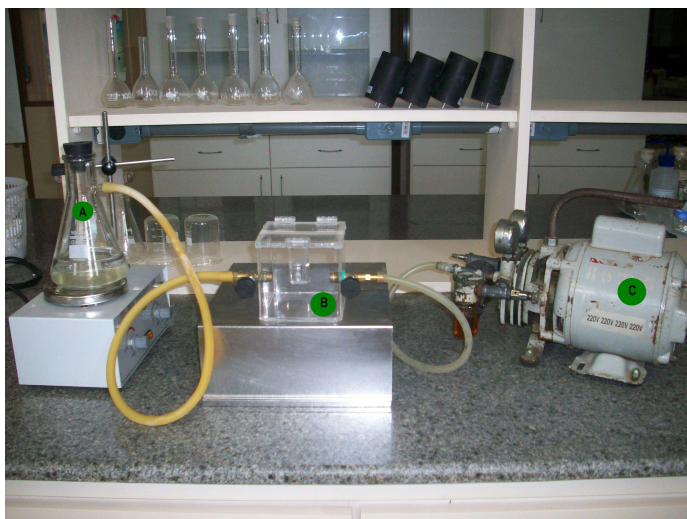


Figura 3 – estrutura física do experimento, onde: A: Erlenmeyer contendo um dos compostos analisados (gasolina comum ou solvente orgânico Anjo); B: câmara acrílica de vácuo construída para o experimento; C: bomba de vácuo utilizada (bomba de vácuo e compressores rotativos – Indústria Mecânica Primar LTDA; modelo 141, tipo 2VC, nº 4019, RPM 1720, Fase 1, deslocamento de ar – LTS MIN 37).

#### 4.5 Ato experimental

Em ambiente com temperatura e umidade controlada os ensaios toxicológicos foram realizados com duração de 8 horas cada um. A análise da toxicidade aguda se baseia na observação da situação dos organismos-teste no final da operação (não-mobilidade). Em cada câmara acrílica foram colocadas 10 unidades do mosquito *Stegomyia albopictus*, que por seguinte foram colocados em contato com os agentes químicos citados acima em ponto de ebulição.

Dentro do erlenmeyer de volume 250ml foram colocados 100ml de gasolina ou 100ml do solvente orgânico utilizado. Quanto em ponto de ebulição, a temperatura era mantida constante para não superaquecer a câmara de vácuo. Os gases ebulidos circulavam pelo conduto de borracha até preencher por completo o volume da câmara de acrílico, onde se encontravam as 10(dez) unidades do bioindicador mosquito *Stegomyia albopictus*. A análise comportamental dos mosquitos era avaliada a cada 2 horas, bem como a mortalidade dos insetos inseridos na câmara. Para controlar os ensaios, foram utilizadas duas caixas controle: positivo e negativo. O controle positivo se constituía numa câmara com 10 unidades da mesma espécie de mosquito que eram colocados em contato com inseticida caseiro Baygon Multi Plus a base de água contra mosquitos. O controle negativo se constituía numa câmara com 10 unidades da mesma espécie de mosquito que eram colocados em contato com o ar atmosférico.

No controle positivo (caixa número 1 na figura abaixo) todos os insetos morreram ou apresentaram imobilidade após as 8h de contato, já no controle negativo

(caixa número 2 na figura abaixo) nenhum dos mosquitos foi afetado, pois a toxicologia do ar atmosférico é praticamente nula.



Figura 4 – câmaras de acrílico utilizadas nos ensaios ecotoxicológicos, onde: 1= câmara de controle positivo; 2= câmara de controle negativo e 3= câmara de contato com os compostos orgânicos analisados.

## 5. RESULTADOS

Os ensaios laboratoriais foram realizados em 12 baterias, datados conforme tabela abaixo. Os números expressos na tabela significam a quantidade de organismos (mosquitos *Stegomyia albopictus*) mortos por “gaiola experimental”:

	Gasolina Comum	Solvente Orgânico	Data do Exp.
Exp. 1	4	7	1/12/2009
Exp 2	3	6	3/12/2009
Exp. 3	4	7	8/12/2009
Exp. 4	5	5	10/12/2009
Exp. 5	5	8	5/1/2010
Exp. 6	2	8	7/1/2010
Exp. 7	1	9	12/1/2010
Exp. 8	3	7	14/1/2010
Exp. 9	2	8	19/1/2010
Exp. 10	5	9	21/1/2010
Exp. 11	2	7	26/1/2010
Exp. 12	2	8	28/1/2010

Tabela 2: número de organismos mortos em contatos com os agentes químicos utilizados nos ensaios toxicológicos

Abaixo estão dispostos os gráficos correspondentes a cada experimento, os números de organismos imóveis foram avaliados a cada 2 horas durante o ensaio de duração total de 8 horas. Para entender o desenvolvimento dos bioensaios é importante avaliar a imobilização gradual dos mosquitos causada pelo caráter tóxico dos efluentes estudados.

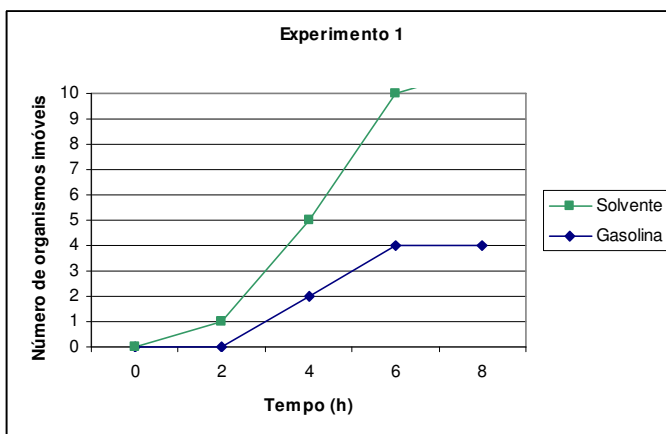


Gráfico 1: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

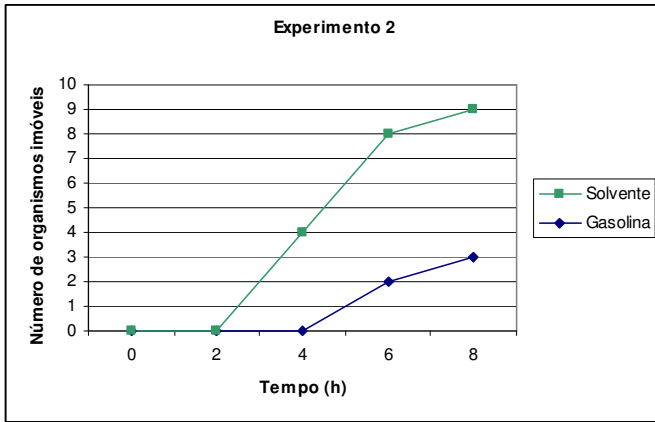


Gráfico 2: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

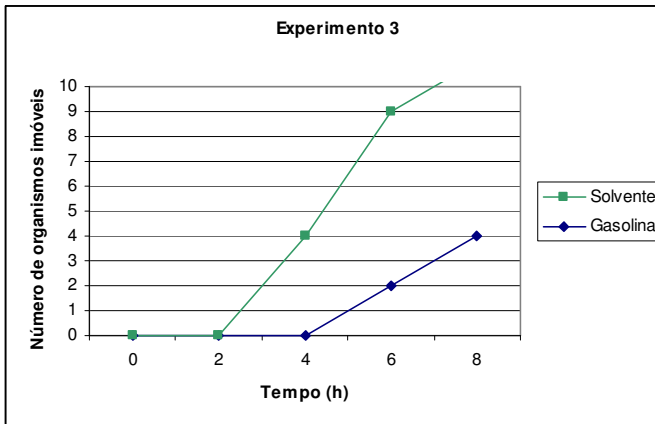


Gráfico 3: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.



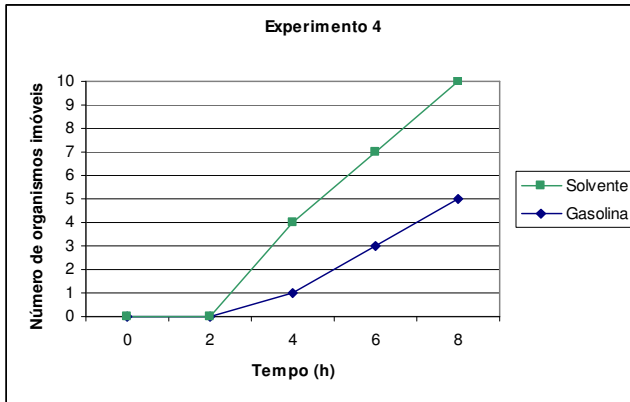


Gráfico 4: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

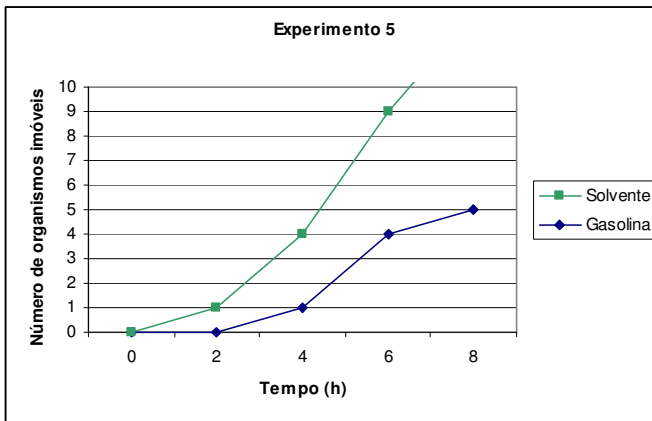


Gráfico 5: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

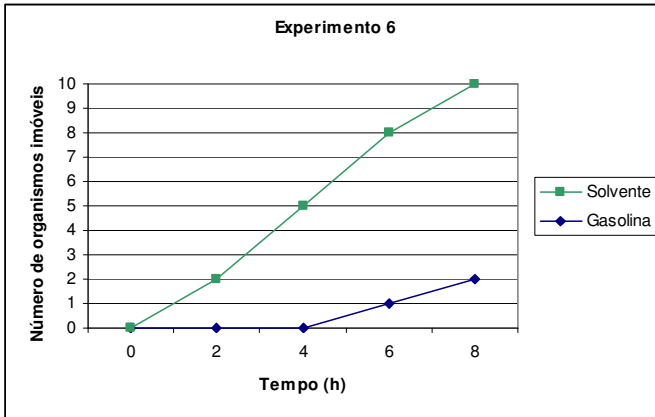


Gráfico 6: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

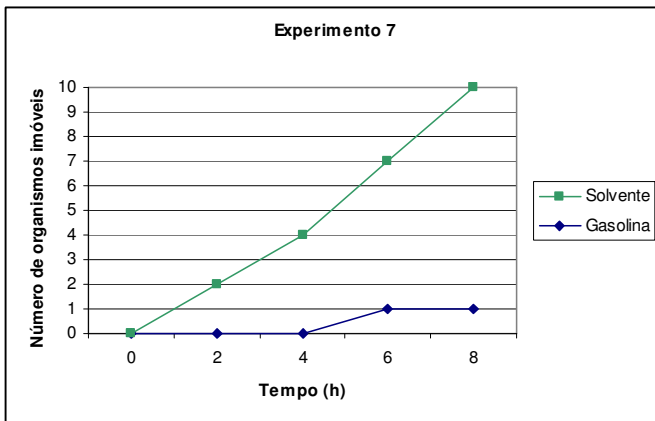


Gráfico 7: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

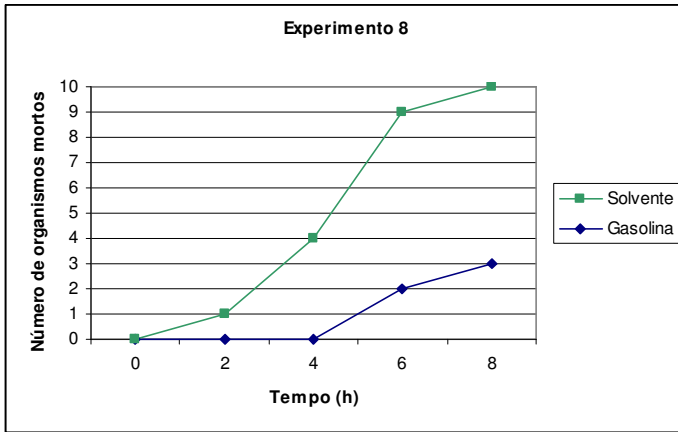


Gráfico 8: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

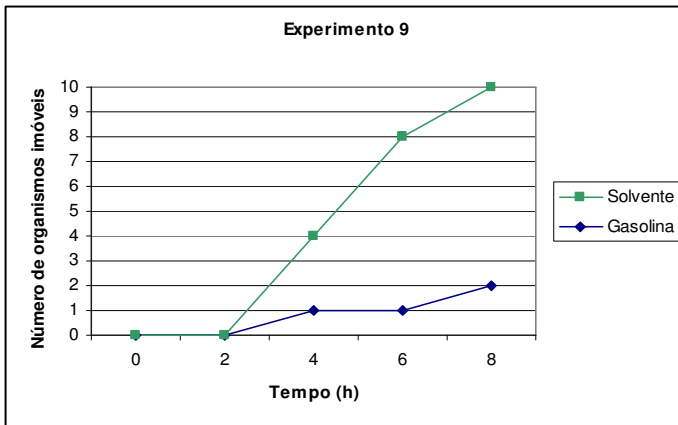


Gráfico 9: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

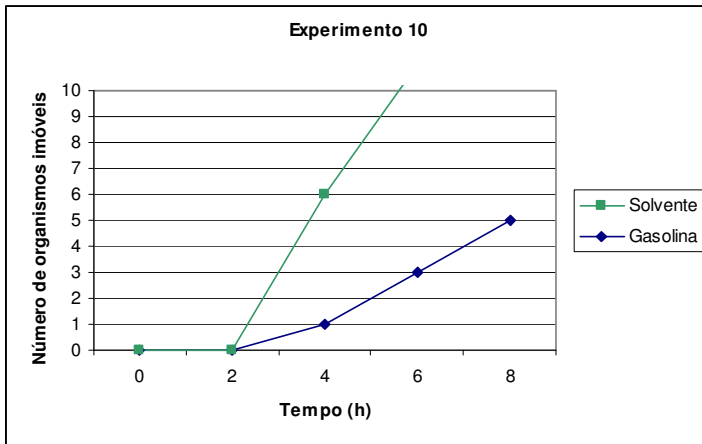


Gráfico 10: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

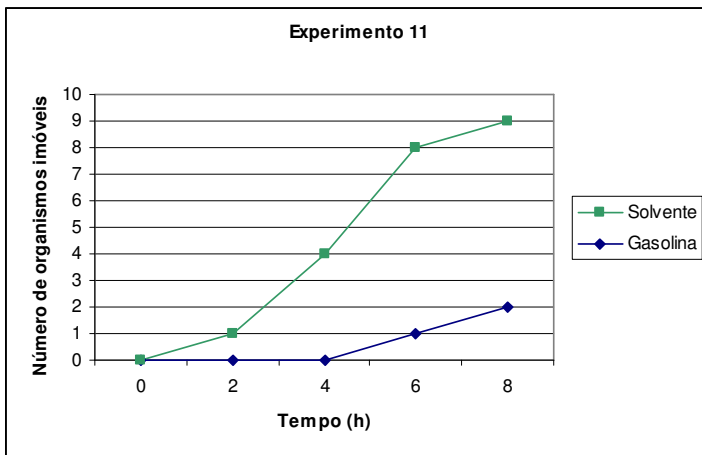


Gráfico 11: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

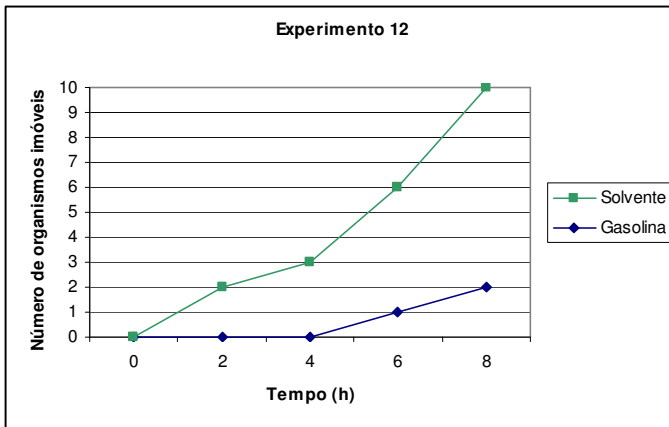


Gráfico 12: Comparação entre número de organismos mortos ou imóveis ao fim de 8 horas de ensaio toxicológico com gasolina comum e solvente.

## 6. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

O nível de poluição do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes neste ar. Considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. Quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, está-se medindo o grau de exposição dos receptores (ser humano, outros animais, plantas, materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera por suas fontes de emissão e suas interações na atmosfera, do ponto de vista físico e químico.

A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores, que podem ser o homem ou não. A determinação sistemática da qualidade do ar deve ser, por problemas de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis, por isso se faz cada dia mais importante o estudo profundo a respeito desses poluentes e seus respectivos efeitos à saúde. Uma maneira de se obter resultados seguros quanto à periculosidade dos efluentes de estudo, é a realização de testes de toxicidade aguda.

Neste estudo, os resultados obtidos demonstram que o método de análise possui sensibilidade para caracterizar efluentes de acordo com seu grau de toxicidade. Em breve comparação com os procedimentos laboratoriais realizados com *daphnia magna*, organismo teste utilizado para analisar a toxicidade de efluentes

líquidos, os insetos escolhidos responderam de maneira uniforme e padronizada aos ensaios que foram submetidos, possuindo um desvio padrão aceitável em toxicologia. É de fácil percepção que a toxicidade do solvente orgânico é maior do que a toxicidade da gasolina comum, quando mais de 30% dos organismos teste morreram em contato com a gasolina comum e em média mais de 70% contraíram óbito em contato com os gases ebulidos do solvente orgânico.

Em relação ao desenvolvimento da metodologia de teste de toxicidade aguda com *Aedes Albopictus*, considera-se que um bom resultado depende da adequação dos parâmetros de validade do teste às peculiaridades de cada cultivo. O teste apresenta, além de todas as vantagens do uso de testes de toxicidade, a vantagem de ser um teste de fácil manipulação em função do tamanho dos mosquitos, com baixo custo e que fornece resultados objetivos, mensuráveis e passíveis de serem comparados. Entretanto, pode-se apontar como desvantagem a necessidade de espaços consideráveis para realização do teste. Um único teste é composto por 3 câmaras de acrílico, bomba de sucção, mesa de aquecimento ou bico de bunsen e erlenmeyer de 250ml.

Para definir ainda mais a validade do método desenvolvido neste estudo, conclui-se que tanto a gasolina comum e o solvente orgânico Anjo apresentaram toxicidade aguda com relação à compostos orgânicos semelhante avaliados com outras espécies bioindicadoras como será discutido.

Compostos orgânicos voláteis são produtos dificilmente biodegradáveis, pelo que poderá ter repercussões ecológicas, embora não seja previsível qualquer fenômeno de bioacumulação. O fato destas substâncias flutuarem à superfície da água, devido à sua

menor densidade relativa, aponta para a necessidade de cuidados extra ao nível de seus usos.

Os parâmetros de ecotoxicidade apresentados pela gasolina comum em estudos anteriores para efluentes líquidos são os seguintes, para as seguintes espécies: Para o *Pimephales promelas*, a concentração apresentada é a concentração letal para 50% dos peixes; no caso da *Daphnia magna*, a concentração corresponde àquela inibe o movimento de 50% dos seres e relativamente às bactérias *Photobacterium phosphoreum*, a concentração referida corresponderá à concentração que induz uma diminuição de 50% da luminescência promovida por estes microorganismos, mediante determinada técnica. Os valores são: CE50= 165mg/l/24h para *Daphnia magna*, CL50= 260mg/l/96h para *Pnepholes promelas* e CE50= 5600mg/l/15min (test microtox) para *Photobacterium phosphoreum*.

Após a explanação dos resultados e breve discussão, acredita-se que o método desenvolvido neste estudo poderá ser aplicado em análises laboratoriais da toxicidade aguda, pois apresenta sensibilidade, resultado global padronizado, fácil comparação com outras espécies avaliadas e simples manipulação.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVARES Jr., O. M.; LACAVAL, C. I. V.; FERNANDES, P. S. **Tecnologias e gestão ambiental – Emissões atmosféricas.** Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

(SENAI), 2002. 373p.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater.** 19a ed. Washington DC, 1995.

ATLAS, Manuais de Legislação. **Segurança e medicina do trabalho, Lei No 6.514, de 22 de dezembro de 1977.** 36a ed. São Paulo: Ed. Atlas. 1997.

BASSOI, L. J.; NIETO, R.; TREMAROLI, D. **Implementação de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos.** São Paulo: CETESB, 1990.

BECHER, R.; HONGSLO, J. K.; JANTUNEN, M. J.; DYBING, E. Environmental chemicals relevant for respiratory hypersensitivity: the indoor environment. **Toxicology Letters**, v.86, 1996.

BENETTI, L. B. **Avaliação do potencial de atenuação natural de HC monoaromáticos de petróleo em presença de etanol.** 1999. 70f. Dissertação (Mestrado em Eng<sup>a</sup> Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CHASIN, A. A. da M.; AZEVEDO, F. A. Intoxicação e avaliação da toxicidade. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. da M. (Org.) **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RIMA, 2003.

CHU, H.; CHIOU, Y- Y.; HORNG, K-H.; TSENG, T-K. Catalytic incineration of C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>SH and its mixture with CH<sub>3</sub>SH over a Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst. **Journal of Environmental Engineering**, v. 127, n. 05, p.438-447, may 2001.

CUNNINGHAM, D. Estimation of VOC's emissions. **J. Cleaner Prod.**, v.03, n.04, , 1996.

DEWULF, H. V. L.; WITTMANN, G. Analysis of VOC using gas chromatography. **Trends in Analytical Chemistry**, v.21, n.9-10, , 2002.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia 2ª ed.* Interciência. Rio de Janeiro. 602p. 1998.

FATMA. PORTARIA NO 017/02: **Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens**. Santa Catarina, 2002. Disponível em: [http://www.fatma.sc.gov.br/download/legislacao/tema3/POR\\_TARIA\\_17\\_2002.d oc](http://www.fatma.sc.gov.br/download/legislacao/tema3/POR_TARIA_17_2002.doc). Acesso em: 25/10/2009.

HANSEN, A. B.; PALMGREN, F. VOC air pollutants in Copenhagen. **The Science of Total Environment**, v. 189/190, 1996.

KALABOCAS, P. D.; HATZIANESTIS, J.; BARTIZIS, J. G.; PAPAGIANNAKOPOULOS, P. Atmospheric concentrations of saturated and aromatic hydrocarbons around a Greek oil refinery. *Atmospheric Environment*, v.35, 2001.

KHAN, F. I.; GHOSHAL, A. K. Removal of volatile organic compounds from polluted air. **Journal of loss prevention in the process industries**, v. 13.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004. 289 p.

LE CLOIREC, P.; FANLO, J. L.; DEGORGE-DUMAS, J. R.. **Odeurs et desodorisation industrielles**. Alès: Ecole des Mines D'Alès, 1991.266p.

LE COIREC, P. **Les composés organiques volatils dans l'environnement**. Nantes: Ecole de Mines de Nantes, 1998. 734p.

LYRA, D. G. P. **Caracterização e simulação das emissões atmosféricas de uma estação de tratamento de efluentes**. 2001. 239f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal das Bahia, Salvador.

LYRA, D. G. P; NEVES, N. M.; ASSUNÇÃO, R. S. Uso de modelos matemáticos para estimativa das emissões

atmosféricas e sua dispersão de uma estação de tratamento de efluentes líquidos de um grande pólo petroquímico. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE QUALIDADE DO AR, 3º, 2003, Canoas (RS), **Anais...** Canoas: ABES, 2003.

MACHADO, Rogério A. Avaliação de compostos orgânicos voláteis em ambientes interiores climatizados. Tese de doutorado da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, SP, 2003

MENDONÇA, M. C. G.. *Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos em Aerossóis Atmosféricos - Quantificação de Baixas Concentrações por Cromatografia a Líquido de Alto Desempenho*. São Paulo, 1991. 95p.. Tese (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

*PESQUERO, C. R. Avaliação ambiental de compostos orgânicos aromáticos presentes em atmosferas industriais, Tese de doutorado do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, SP, 2001.*

PICELI, P. C. Quantificação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos no ar de ambientes ocupacionais, Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2005.

**PROKOP, W. Air Pollution Engineering Manual.** EUA: Air & Waste Management Association, 1986.

SOUSA, K. R. P. **Estudo sobre compostos orgânicos voláteis presentes no ar do município de Paulínia**. 2002. 203f. Dissertação (Mestrado em Eng<sup>a</sup> Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TESSERAUX, I. Risk factors of jet fuel combustion products. *Toxicology Letters* 149: 295-300, 2004.

TOXICOLOGIA DOS ÉTERES, estudo sobre a história, farmacologia, toxicologia e detecção desses compostos. Acessado em: 28 de novembro de 2009.

**[http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0506/eter/ETER\\_ficheiros/page0004.htm](http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0506/eter/ETER_ficheiros/page0004.htm)**

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Technology transfer network clearinghouse for inventories and emission factors – Locating and Estimating documents. 1997a (EPA-454/R-93-048). Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/chief/le.pdf> Acessado em: 18/11/2009.

ZARROK, S .M.; SHAIKH, A. A.; ANSAR, Z.; BALTSIS, B. C. Biofiltration of VOC mixtures under transient conditions. **Chemical Engineering Science**, v.52, n.21/22, p.4135- 4142, 1997.

ZAMBON, R. C.; MORITA, D. M.; SOUZA, P. A. Modelo matemático de remoção de compostos orgânicos voláteis em unidades de arraste com ar difuso. **Revista Eng. Sanitária e Ambiental**, v.08, n.01, jan/fev 2003.

