UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A SOLVENTES
E A MATERIAL PARTICULADO EM PROCEDIMENTOS DE
REPINTURA AUTOMOTIVA**

**Tese apresentada à Faculdade de Saúde Pública
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Saúde Pública, Área de
Concentração: Saúde Ambiental**

JOSÉ SALVADOR LEPERA

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Colacioppo

SÃO PAULO

1996

*Trabalho realizado no laboratório das Disciplinas de
Toxicologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas do
Campus de Araraquara – UNESP*

Dedico

A memória de meu pai Serafim e de meus irmãos Tide e Ilo;

A minha mãe Anna, e a meus irmãos, com carinho;

e com todo amor,

A Bete, ao Felipe e ao Henrique,

com quem me foi dado compartilhar a vida.

*Agradeço especialmente ao
Prof. Dr. Sérgio Colacioppo, pela orientação do
presente trabalho e pela generosidade em repartir
conosco sua vasta experiência profissional*

Ào Prof. Dr. Paulo Eduardo de Toledo Salgado,
responsável pela minha iniciação científica e na carreira
acadêmica, meu reconhecimento pela constante orientação
e incentivo

Agradecimentos

Ao PDCD-CAPEB na UNESP, pela Bolsa de Estudos que permitiu frequentar o Curso de Pós-Graduação;

A Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara - UNESP, por nos ter propiciado o afastamento de nossas atividades funcionais para a frequência ao Curso de Pós-Graduação;

A Prof. Dra. Vera Lúcia Lanchote, da FCF-Ribeirão Preto-USP que, sempre solícita, contribuiu para realização deste trabalho com as análises dos ácidos hipúricos.

A Senhora Natalina Lambini, diretora técnica da biblioteca da FCF-UNESP, pela normalização das referências bibliográficas;

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação, com quem compartilhamos mais esta etapa de nossa formação;

Ao Albino Dall'Acqua Filho e família, pela participação na minha formação;

Ao Osvaldo, à Sueli e à Maria Luiza pelo fraterno incentivo;

Aos colegas das Disciplinas de Toxicologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Profs. Drs. Lourival Larini, Georgino Honorato de Oliveira e Cléopatra da Silva Planeta, pelo apoio e interesse;

Aos pintores das Oficinas de Funilaria e Pintura de Araraquara, cuja colaboração permitiu o desenvolvimento deste trabalho;

SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	2
ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	3
1. INTRODUÇÃO	4
1.1. COMPOSIÇÃO DAS TINTAS.....	5
1.1.1. Veículos.....	5
1.1.2. Solventes	6
1.1.3. Pigmentos	7
1.1.4. Aditivos	7
1.2. COMPOSIÇÃO DOS TÍNERES	7
1.3. O TRABALHO DO PINTOR	8
1.3.1. Preparação da superfície.....	8
1.1.2. Pintura	9
1.1.2.1. Revólver de pintura	10
1.3.2.2. Preparação do revólver.....	10
1.3.2.3. Aplicação da tinta.....	10
1.4. TOXICIDADE DOS SOLVENTES	11
1.4.1. Efeitos da exposição aguda aos solventes	14
1.4.2. Efeitos da exposição crônica aos solventes	15
1.4.3. Neuropatias provocadas por solventes.....	20
1.5. ASPECTOS TOXICOLÓGICOS DE ALGUNS SOLVENTES ENCONTRADOS EM TINTAS PARA REPINTURA E SEUS TÍNERES.....	20
1.5.1. ÁLCOOIS.....	20
1.5.1.1. Etanol	20

1.5.1.2. Isobutanol	21
1.5.1.3. n-Butanol	21
1.5.2. CETONAS	22
1.5.2.1. Diacetona-álcool	22
1.5.2.2. Metiletilcetona	23
1.5.2.3. Metilisobutilcetona	23
1.5.3. ÉSTERES ALIFÁTICOS.....	24
1.5.3.1. Acetato de n-butila	25
1.5.3.2. Acetato de etila	26
1.5.3.3. Acetato de isobutila.....	26
1.5.3.4. Acetato de amila	26
1.5.4. ÉTERES DE GLICÓIS.....	27
1.5.4.1. Éter etílico do etilenoglicol.....	27
1.5.4.2. Éter butílico do etilenoglicol.....	28
1.5.4.3. Acetato do éter etílico do etilenoglicol.....	29
1.5.4.4. Éter isopropílico do etilenoglicol	29
1.5.4.5. Éter metílico do etilenoglicol.....	30
1.5.4.6. Éter metílico do propilenoglicol.....	31
1.5.4.7. Acetato do éter metílico do propilenoglicol	32
1.5.5. HIDROCARBONETOS	32
1.5.5.1. Etilbenzeno	33
1.5.5.2. Xilenos.....	34
1.5.5.3. Tolueno	35
1.5.5.4. Benzeno	36
1.5.5.5. Hexano	37
 1.6. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AOS SOLVENTES.....	 38
1.6.1. AVALIAÇÃO AMBIENTAL	39
1.6.1.1. Reconhecimento das oficinas	39
1.6.1.2. Medição	39
1.6.1.3. Comparação	42
1.6.2. AVALIAÇÃO BIOLÓGICA.....	42
1.6.2.1. Avaliação da dose interna	42

1.6.2.2- Avaliação de efeitos	44
1.7- EXPOSIÇÃO DOS PINTORES A SOLVENTES E MATERIAL PARTICULADO	44
2- OBJETIVOS	47
3- MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1- POPULAÇÃO ESTUDADA	48
3.1.1. Grupo Exposto:- Pintores.....	48
3.1.1.1. Visita prévia	48
3.1.2. Grupo Controle.....	52
3.2. PADRONIZAÇÃO DA SEPARAÇÃO CROMATOGRÁFICA DOS SOLVENTES.....	52
3.2.1. Materiais e Equipamentos	52
3.2.2. Métodos.....	53
3.3. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DESSORÇÃO PARA OS SOLVENTES EM ESTUDO.....	53
3.3.1. Material e Equipamentos.....	53
3.3.2. Métodos.....	55
3.3.2.1. Preparação dos padrões.....	55
3.3.2.2. Silanização dos tubos e da lã de vidro.....	55
3.3.2.3. Procedimento de adsorção e dessorção.....	55
3.3.2.4. Preparação da curva de calibração	56
3.3.2.5. Análise	57
3.4. AVALIAÇÃO AMBIENTAL	57
3.4.1. Solventes	57
3.4.1.1. Estratégia de amostragem.....	57
3.4.1.2. Coleta	58

3.4.1.3. Dessorção e análise	58
3.4.2. Material Particulado Total	59
3.4.2.1. Material	59
3.4.2.2. Preparação do meio de coleta	59
3.4.2.3. Coleta e pesagem	59
 3.5. AVALIAÇÃO BIOLÓGICA: DETERMINAÇÃO DOS ÁCIDOS HIPÚRICO E METIL HIPÚRICO NA URINA	 60
 3.6.- QUESTIONÁRIO	 60
 3.7. TRATAMENTO DOS DADOS	 60
3.7.1- Curvas de calibração para determinação dos solventes no ar	60
3.7.2- Avaliação da exposição a solvente.....	61
3.7.2.1- Cálculo da massa de solvente coletada	61
3.7.2.2- Cálculo do volume de ar coletado	61
3.7.2.3- Cálculo da concentração dos solventes.....	62
3.7.2.4- Cálculo da concentração média ponderada pelo tempo	62
3.7.2.5- Interpretação dos resultados para solventes no ar	62
3.7.3. Análise de material particulado total no ar	64
3.7.4- Análise dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico urinários.....	64
 4- RESULTADOS.....	 65
4.1- Separação dos solventes por cromatografia gasosa.....	65
4.2- Padronização da análise quantitativa dos solventes	66
4.3- Resultados da avaliação ambiental da exposição a solventes	67
4.4. Resultados da avaliação ambiental da exposição a material particulado total	77
4.5. Resultados da determinação dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico na urina	78
4.6. Resultados da aplicação do questionário.....	80
 5- DISCUSSÃO.....	 82

6. CONCLUSÕES	101
7. SUGESTÕES	103
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
9. ANEXOS	A-1
9.1. CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA OS SOLVENTES.....	A-1
9.2. RESULTADOS DOS TESTES DE DESSORÇÃO.....	A-9
9.3. RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLVENTE NO AR	A-15
9.4. QUESTIONÁRIO	A-24
9.5. FICHA DE COLETA	A-26

RESUMO

Foi avaliada a exposição profissional a solventes e a material particulado, através de amostragem pessoal, de 26 pintores ocupados em oficinas de repintura automotiva. Simultaneamente, foram coletadas amostras de urina pré e pós-exposição dos pintores, para determinação das concentrações de creatinina e dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico (Grupo Exposto), bem como de um grupo de indivíduos não expostos a solventes (Grupo Controle), pareados por idade.

O objetivo foi verificar a quais solventes os pintores estavam expostos, a magnitude da exposição a solventes e a material particulado, e as correlações entre a concentração dos produtos de biotransformação na urina com a concentração dos precursores e do conjunto de solventes no ar.

Os solventes identificados e quantificados foram hidrocarbonetos, álcoois, cetonas, ésteres alifáticos e éteres de glicol, em misturas e concentrações variáveis com a tinta utilizada e com as condições de ventilação do local de trabalho. As concentrações dos solventes em 12 repinturas excederam ao Limite de Exposição Ocupacional (LEO) para exposições de curta duração e, em 3 delas, também ao Limite de Exposição Ocupacional para a jornada de trabalho, utilizando a fórmula da adição e os LEO propostos pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

A exposição a material particulado excedeu ao LEO para poeiras inertes, para exposições de curta duração, em 14 repinturas considerando o valor proposto pela ACGIH (TLV-STEL), e em 22 repinturas, considerando a Legislação Brasileira (Valor Máximo). Em 5 avaliações foi excedido o LEO para a jornada de trabalho, tanto os propostos pela ACGIH (TLV-TWA), quanto o adotado na Legislação Brasileira (Limite de Tolerância).

A excreção do ácido hipúrico, determinado após a exposição, mostrou correlação significativa com as concentrações médias ponderadas pelo tempo do tolueno ($r=0,5722$, $p=0,0023$) e do conjunto de solventes no ar ($r=0,4132$, $p=0,0359$). A excreção do ácido metil-hipúrico, determinado após a exposição, mostrou correlação significativa com as concentrações médias ponderadas pelo tempo do xileno ($r=0,5908$, $p=0,0015$) e do conjunto de solventes no ar ($r=0,6497$, $p=0,0003$). As concentrações do ácido hipúrico observadas no Grupo Exposto (média=0,78 g/g creatinina; mediana=0,51 g/g creatinina) mostraram-se mais elevadas em relação ao Grupo Controle (média=0,19 g/g creatinina; mediana 0,15 g/g creatinina). O Teste t de Student para diferença das médias resultou $t=3,997$, $p=0,0002$ e o Teste de Mann-Whitney para diferença das medianas resultou $U=102,5$, $p<0,0001$.

SUMMARY

Spray painters engaged in automotive body repair shops were evaluated for solvents and total aerosol occupational exposure, by personal active sampling. At the time of environmental sampling, pre and post shift urine samples of 26 male painters (Exposed Group) and non-exposed individuals paired by age and sex (Control Group) were collected to determine creatinine, hippuric and methyl-hippuric acid concentrations.

The objective was to investigate exposures intensity, the composition of solvent mixtures at the workplace, and the metabolites correlation's with the toluene, xylene and whole solvents exposure.

The quantified solvents were hydrocarbons, alcohols, ketones, aliphatic esters, and glycol ethers, in mixtures and concentrations variable with paint been used and workplace ventilation conditions. The solvents concentrations of 12 paint sessions were above the Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit (TLV-STEL) and, in three, above the TLV-Time Weighted Average (TLV-TWA), utilizing the additive formula and TLV values proposed by American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

The painters exposure to aerosol exceed the ACGIH TLV-STEL for nuisance dust in 14 paint sessions and, in 4 of them, also the TLV-TWA. Concerning the Brazilian Regulamentation, the "Limite de Tolerância" is exceeded similarly, but the "Valor Máximo" was exceed in 22 paint sessions.

The urinary post exposure hippuric acid shows statistically significant correlation with Time Weighted Average toluene air concentrations ($r=0,5722$, $p=0,0023$) and also with the solvent mixtures at the workplace ($r=0,4132$, $p=0,0359$). The urinary post exposure methyl-hippuric acid shows statistically significant correlation with Time Weighted Average xylene air concentrations ($r=0,5908$, $p=0,0015$) and also with the solvent mixtures at the workplace ($r=0,6497$, $p=0,0003$).

The urinary post exposure hippuric acid observed in Exposed Group (mean=0,78 g/g creatinine; median=0,51 g/g creatinine) was higher than the Control Group (mean=0,19 g/g creatinine; median=0,15 g/g creatinine). The Student t Test for mean difference result $t=3,997$, $p=0,0002$ and the Mann-Whitney median test result $U=102,5$; $p<0,0001$.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists

AEEEG - Acetato do éter etílico do etilenoglicol

AEMPG - Acetato do éter metílico do propilenoglicol

AIHA - American Industrial Hygiene Association

CAS - Chemical Abstracts Registry Number

CL50 - Concentração Letal 50.

DAA - Diacetona álcool (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona)

DL50 - Dose Letal 50.

EBEG - Éter butílico do etilenoglicol

EEEG - Éter etílico do etilenoglicol

EIEG - Éter isopropílico do etilenoglicol

EMEG - Éter metílico do etilenoglicol

EMPG - Éter metílico do propilenoglicol

IBMP - Índice Biológico Máximo Permitido

IE - Índice de Exposição

LEO- Limite de Exposição Ambiental

LT-VM - Limite de Tolerância - Valor Máximo.

MEC - Metiletilcetona

MIC - Metilisobutilcetona

NA - Nível de Ação

OSHA - Occupational Safety and Health Administration

PEL-TWA - Permissible Exposure Limit - Time Wheighted Average

REL - Recommended Exposure Limit

TLV-STEL - Threshold Limit Value - Short Term Exposure Limit

TLV-TWA - Threshold Limit Value - Time Weighted Average

VRT-MPT- Valor de Referência Tecnológico - Média Ponderada pelo Tempo

WEEL - Workplace Environmental Exposure Limit

1. INTRODUÇÃO

A pintura a revólver é uma operação desenvolvida por trabalhadores ocupados em diversos segmentos produtivos. Na construção civil, sua atividade volta-se à aplicação de anticorrosivos e pintura de esquadrias e ferragens. Na indústria, dedicam-se ao acabamento final de produtos que vão de pequenos objetos a grandes equipamentos, como aqueles para os setores de transporte e de geração de energia.

Entre os muitos processos de produção que incorporam a pintura estão as oficinas de reparo e repintura automotiva. Nas concessionárias, invariavelmente, a funilaria e pintura estão entre os serviços oferecidos aos consumidores, além de serem bastante comuns as oficinas autônomas, exclusivamente nesta atividade ou associadas a oficinas mecânicas.

O termo repintura é utilizado para designar a pintura de manutenção de veículos, podendo ser geral (quando todo o veículo é repintado), de painel (quando peças inteiras são repintadas) ou retoque (repintura de pequenas áreas). A repintura é um processo que se inicia na preparação da superfície e culmina na aplicação da tinta de acabamento final.

O processo de pintura a revólver consiste na nebulização da tinta por ação de ar comprimido, através de um dispositivo denominado revólver ou pistola de pintura, e a aplicação do jato resultante sobre a superfície a ser pintada.

São variáveis ajustáveis pelo pintor, a viscosidade da tinta, a pressão do ar comprimido que alimenta o revólver, o fluxo de tinta e a abertura do "leque" formado pela neblina resultante, que indica o tamanho das gotículas de tinta e da área coberta pelo jato. A viscosidade da tinta é ajustada por diluição com uma mistura solvente adequada a cada tipo de tinta e o leque é controlado por válvulas reguláveis no próprio revólver.

A composição das tintas têm variado significativamente através dos anos, causando uma mudança no risco de intoxicação para as pessoas que com elas trabalham. Por volta de 1960, as tintas de base oleosa foram amplamente substituídas por aquelas contendo resinas alquídicas que, embora dotadas de menor toxicidade, requerem uma composição relativa em solventes muito mais alta (acima de 50%) ⁴³.

Embora a utilização de tintas aquosas (baseadas em PVA - acetato de polivinila) tenha aumentado significativamente nos últimos 20 anos, as tintas com base em solventes ainda são amplamente usadas.

1.1. COMPOSIÇÃO DAS TINTAS ¹³⁸

As tintas, genericamente, são constituídas por quatro componentes: veículos, solventes, pigmentos e aditivos.

1.1.1. VEÍCULOS

O veículo é a parte da tinta que lhe confere continuidade de filme e também promove sua adesão ao substrato ou superfície que é pintada. Trata-se de uma combinação de resinas, plastificantes e óleos secativos que carrega para o substrato os ingredientes que permanecerão na superfície quando a tinta tenha secado.

Os processos pelos quais os veículos formam filmes e como esses filmes secam ou “curam” são vários. As tintas utilizadas em repintura podem, deste ponto de vista, ser agrupadas em:

- a) tintas que formam o filme por evaporação do solvente,
- b) tintas que formam o filme por oxidação pelo oxigênio do ar,
- c) tintas em que o filme é formado por catálise à temperatura ambiente.

No grupo das que formam o filme por evaporação do solvente estão as lacas nitrocelulose, acrílica e a base poliéster.

Na descrição deste processo, a explicação usual é que o solvente evapora e o filme se forma. Embora o processo de secagem não seja tão simples, a explicação é adequada. Essas formulações incluem uma ou mais resinas para conferir adesividade e um ou mais plastificantes para dar flexibilidade.

É utilizada uma mistura complexa de solventes com uma taxa de evaporação determinada, tornando possível que todos os componentes permaneçam em solução, todo o tempo, até que a evaporação se complete.

As tintas cujos filmes são formados por oxidação, são baseadas em óleos secativos que reagem com o oxigênio do ar, interligando as moléculas para formar um gel sólido, através de pontes de oxigênio. São baseadas em óleos (linhaça, pinho, soja, peixes, e outros), vernizes ou resinas alquídicas.

Os vernizes são veículos feitos pelo cozimento de óleos secativos com resinas (fenólica, malêica, epóxi, e outras). As propriedades dependem do óleo, da resina, das proporções usadas e do processo.

As resinas alquídicas são óleos secativos sintéticos em que parte da molécula de óleo é substituída por uma molécula sintética. O resultado é uma molécula nova, com propriedades superiores. Por esta razão, os alquídicos são chamados sintéticos desde a sua introdução.

As tintas cujos filmes são formados por catálise ou reação à temperatura ambiente são o

esmalte sintético catalisado ou poliuretano e o verniz bi-componente. No primeiro caso o sistema reagente é alquídico/isocianato e, no segundo, acrílico/isocianato.

O processo de formação do filme difere da oxidação porque a ponte de oxigênio não é parte importante da ligação. Ao invés disso, os chamados catalisadores causam diferentes tipos de ligação química direta. Alguns agem em pequenas quantidades e sem integrarem-se significativamente ao filme após a cura; outros, usados em grande quantidade, tornam-se significativa porção do filme curado.

A cura produz um novo polímero em que as moléculas reagentes originais são parte integrante e não podem mais ser identificadas. Essa ligação direta, sem pontes de oxigênio, possui resistência superior e enfrenta melhor o envelhecimento.

1.1.2. SOLVENTES

Os solventes são líquidos voláteis de baixa viscosidade usados para melhorar as propriedades de aplicação das tintas, desempenhando duas ou três das seguintes funções:

- dissolução do formador do filme, nas tintas em solução,
- controle da velocidade de formação do filme, por sua própria taxa de evaporação, afetando a secagem final, acelerando-a ou retardando-a.
- controle da evaporação para produzir boas propriedades de aplicação, fazendo com que o último solvente a evaporar mantenha o formador de filme em solução. Isso é necessário para manter a boa formação e a continuidade.

Os solventes que dissolvem o formador de filme sem adjuvantes são chamados verdadeiros. Os que dissolvem o filme quando enriquecidos com solventes verdadeiros são chamados latentes. Os solventes compatíveis com a solução de formador de filme, após sua dissolução em solvente verdadeiro ou latente, são chamados diluentes.

Os diluentes são adicionados para reduzir o custo da mistura solvente, agem como extensores da porção solvente da tinta e devem, geralmente, evaporar-se rapidamente, antes dos solventes verdadeiros. De outra maneira a resina poderia instabilizar-se na solução, prejudicando a formação do filme.

Os solventes utilizados nas tintas são geralmente classificados como hidrocarbonetos e oxigenados. São utilizados hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, em misturas com diversas velocidades de evaporação. Os oxigenados mais comumente utilizados são os álcoois, cetonas, ésteres alifáticos e glicóis.

A seleção da mistura solvente é feita de forma apropriada para cada tipo de tinta, posto que qualquer solvente adicionado deve manter as propriedades da mistura.

1.1.3. PIGMENTOS

Os pigmentos dão aos revestimentos propriedades que não podem ser obtidas somente com o veículo. Contribuem para a obtenção de propriedades desejáveis, da seguinte maneira:

- quando para função decorativa, contribuem para a opacidade, a cor e o controle do brilho;
- quando para função protetora, atendem a necessidades específicas, como dureza, resistência à corrosão, ao descoramento por ação de agentes atmosféricos, à abrasão e melhora da adesão.

Servem ainda para funções especiais como facilitar o lixamento, retardar a combustão e permitir a condutividade elétrica. Os pigmentos também são usados para preencher espaços em películas de tinta, quando são chamados de carga, extensores ou inertes

1.1.4. ADITIVOS

Os aditivos são ingredientes formulados na tinta para modificar propriedades do veículo, dos pigmentos ou de ambos. Eles dão à tinta líquida ou à película já seca, propriedades não presentes no veículo e nos pigmentos. Também melhoram propriedades do veículo (como velocidade de secagem), do pigmento (como a resistência ao desbotamento), ou da tinta como um todo (como a facilidade de aplicação).

1.2. COMPOSIÇÃO DOS TÍNERES

A palavra tiner provém do inglês “thinner” e significa “solvente que se mistura a uma tinta com o intuito de torná-la menos viscosa” ⁴².

Embora com esta definição, os tineres, na verdade, são misturas de solventes formuladas para atender várias necessidades: adequação ao armazenamento e aplicação, regulação da velocidade de formação do filme, melhorar a aderência, o brilho, o odor, e redução da toxicidade ¹²³.

A partir dos rótulos das embalagens de tinta de diversos fabricantes, encontradas no mercado brasileiro, foram reunidas informações sobre a composição em solventes. Há ligeiras variações nesta composição entre as marcas. Em alguns casos, a indicação dos solventes é feita de forma absolutamente genérica, como, por exemplo: “Contém solventes alifáticos, aromáticos e oxigenados”. A expressão “não contém benzeno” é comum.

O uso de descritores inespecíficos para designar os constituintes das misturas solventes e a variabilidade da composição constituem um problema. A variação na composição implica variação concomitante do risco associado à exposição ocupacional ¹³⁹. A composição é descrita a seguir.

Esmaltes sintéticos: butanol, tolueno, xilenos, aromáticos pesados e nafta VMP^a.

Laca nitrocelulose: tolueno, xilenos, aromáticos pesados, etanol, acetatos de etila e de amila, e acetato dos éteres etílico e metílico do etilenoglicol.

^a as naftas são misturas complexas de hidrocarbonetos, com proporção variável de aromáticos, de acordo com o intervalo de destilação do petróleo de que originam

Laca acrílica e poliéster: tolueno, xilenos, butanol, diacetona-álcool (4-hidróxi-4-metil-2-pentanona), acetatos de etila, de amila e de butila, acetatos dos éteres metílico do etilenoglicol e do propilenoglicol, éter metílico do propilenoglicol e metilisobutilcetona.

Verniz bicomponente: xilenos, acetato do éter metílico do etilenoglicol e acetato de butila e, para o catalisador, acetato de etila, xilenos e acetatos.

Verniz monocomponente : apenas xilenos e acetatos.

Os tineres indicados para diluição das tintas têm composição similar ao produto para o qual é indicado. Em dias muito quentes, é recomendada a adição de um retardador da secagem, na proporção de 10% da tinta já diluída, para evitar um defeito de pintura chamado “véu”. O defeito ocorre porque a evaporação rápida do solvente promove um resfriamento da superfície capaz de condensar a umidade do ar, prejudicando a formação do filme.

De acordo com os rótulos, o retardador para laca nitrocelulose contém éter butílico do etilenoglicol, metilisobutilcetona, tolueno e etanol. O retardador para laca acrílica contém éter metílico do etilenoglicol, metilisobutilcetona, xilenos e aromáticos pesados.

1.3. O TRABALHO DO PINTOR

1.3.1. PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

Cada pintor executa o trabalho com algum grau de subjetividade.

Para cada etapa do processo há recomendações técnicas descritas em manuais de repintura automotiva, editados por fabricantes de tinta^{1,123}. Tais etapas são freqüentemente modificadas de acordo com a experiência de cada profissional, para adaptá-las às condições de trabalho de que dispõe, visando a obtenção do melhor resultado possível.

Em geral, o melhor resultado é aquele em que as diferenças entre a pintura original e a área repintada não podem ser facilmente percebidas. Em outras palavras, quanto melhor o artista, menos evidente será a sua obra.

O trabalho do pintor inicia-se na inspeção da área a ser pintada, correção dos defeitos e aplicação de uma tinta de fundo, também denominada “primer”.

A preparação da superfície a ser repintada utiliza produtos complementares, cuja composição varia em função do sistema de repintura, ou seja, do tipo de tinta a ser aplicado no acabamento.

Em repintura de painel, as peças substituídas ou recuperadas pelo funileiro são inspecionadas visualmente e pelo tato, para verificação dos procedimentos necessários.

O estado da pintura original e/ou da superfície pode tornar necessária a remoção completa da pintura velha e início da preparação a partir da chapa.

Sobre o metal é sempre aplicada uma tinta de fundo, cujas funções principais são a prote-

ção anticorrosiva e a adesão do acabamento. Além dessas funções, facilitará a visualização e, em alguns casos, corrigirá defeitos muito pequenos ou discretos. Na expressão dos pintores, o fundo “puxa” os defeitos da superfície tornando-os detectáveis.

Quando houver imperfeições a corrigir na superfície, são usadas massas que preenchem os defeitos preexistentes da pintura, como marcas de batida de pedras e riscos profundos, ou os resultantes da recuperação da peça, como marcas de martelo, de solda e outras.

As massas são produtos formulados com alto teor de pigmento (carga), capazes de preencher os defeitos. Uma vez curadas (endurecidas), essas massas são lixadas permitindo conferir a regularidade necessária ao acabamento.

A etapa final de preparação é o lixamento sob água, com lixa de grana fina, de toda a área a ser pintada. No caso de retoques, o lixamento deverá ser alargado para facilitar a emenda da repintura.

Esse lixamento tornará a camada de fundo, massa ou pintura velha adequados a receberem a nova tinta.

Estando a superfície preparada, todo o restante da carroceria que não será repintada, ou os componentes não pintados (vidros, borrachas, plásticos) são cobertos com papel e fita adesiva. Esse procedimento é chamado de “empapelar” e visa evitar que a névoa de tinta seja depositada em local indevido.

1.3.2. PINTURA

A tinta a ser aplicada é escolhida de acordo com a marca, modelo e ano de fabricação do veículo, por comparação com um catálogo de cores fornecido pelos fabricantes de tintas.

É freqüente, nas lojas especializadas, encontrar-se máquinas que preparam tintas na cor adequada. Com base na solicitação do pintor e utilizando-se de instruções pré-programadas, as máquinas misturam cores básicas para obter a tonalidade solicitada.

Dadas as diferenças de processo entre a pintura industrial do veículo e a repintura ou pelo envelhecimento, é freqüente que haja necessidade de pequenos ajustes para igualar perfeitamente uma repintura de painel ou de retoque com a original. Esse trabalho é feito por um técnico da loja fornecedora ou, na maioria das vezes, pelo próprio pintor, adicionando pequenas quantidades de cores básicas ou de pigmento. O teste, é feito pela aplicação da tinta em um pedaço de chapa ou em uma pequena peça do próprio carro (como a cobertura da tampa do tanque de combustível) e comparação com uma área da pintura original, sendo repetido sucessivamente até que não haja diferença perceptível.

1.3.2.1. REVÓLVER DE PINTURA ¹²³

O revólver utilizado em repintura é do tipo com válvula de ar e alimentação por sucção. O ar comprimido passa rapidamente por um tubo perpendicular ao cano de sucção, produzindo vácuo, que faz com que a tinta seja aspirada para o fluxo de ar. Na saída do fluxo, um dispositivo chamado capa de ar, promove a pulverização, formando um jato denominado leque.

O revólver possui um gatilho em dois estágios. No primeiro, apenas a passagem de ar é aberta, com metade do curso e, no segundo, é aberta a passagem de tinta.

Duas válvulas reguláveis permitem o controle de vazão da tinta e o ajuste da configuração de pulverização. O ajuste dessas válvulas, da pressão do ar comprimido que alimenta o revólver e da viscosidade da tinta, possibilitam a obtenção de condições ideais para aplicação das diversas tintas.

1.3.2.2. PREPARAÇÃO DO REVÓLVER

O reservatório de tinta do revólver, a caneca, pode conter até um litro de tinta diluída. Antes de ser abastecido, o revólver é inspecionado quanto à limpeza.

A caneca é lavada com tiner por três a quatro vezes, sendo que nas últimas, o pintor aciona o gatilho e obstrui sucessivamente com o dedo a saída do jato. Com isso, é forçado um turbilhonamento dentro da caneca e facilitada a remoção de sujidades presentes nas peças internas do revólver.

Estando o revólver limpo, começa a preparação da tinta, fazendo-se a diluição ou adicionando-se catalisador, conforme o caso.

1.3.2.3. APLICAÇÃO DA TINTA

A aplicação de tintas e vernizes é feita em demãos cruzadas, isto é, o sentido do movimento do revólver é modificado de forma a cruzar com o da demão anterior, visando a obtenção de cobertura mais uniforme.

As tintas de acabamento metálico contém, entre os pigmentos, o alumínio metálico. Para manter a distribuição deste pigmento homogênea, durante a aplicação, são colocadas esferas de vidro dentro da caneca do revólver.

As embalagens de tinta trazem instrução quanto à diluição adequada, diluente a ser utilizado e a pressão de aplicação para o produto. A Tabela 1 mostra a diluição recomendada para as tintas, a viscosidade ideal de aplicação e o número de demãos a serem aplicadas em repintura.

Quanto ao leque, a configuração aberta ou larga é usada em repintura geral ou de áreas extensas e a configuração fechada, em áreas internas de difícil acesso. O fluxo de tinta mais alto é usado com os esmaltes sintéticos, produzindo demãos carregadas, e o mais baixo e com maiores

pressões de ar, é usado para produzir a chamada “demão empoeirada”, usada por exemplo como primeira demão de poliéster.

Tabela 1: Recomendações de diluição, viscosidade, número de demãos para as tintas, e acabamento obtido na repintura.

TINTA	DILUIÇÃO	VISC.^A	DEMÃOS	ACABAMENTO
esmalte sintético	20-25%	19-21	2-3	cor sólida
laca nitrocelulose	100-125%	18-20	3-4	cor sólida
base poliéster^B	-	13-15	2-3	sólida, metálico ou perolado
verniz rápido	-	14-16	2-3	
verniz bi-componente	-	15	2-3	
laca acrílica^C	100-130%	10-11	3-4, dupla camada 4-6, monocamada	sólida, metálico ou perolado
esmalte sintético catalisado	10%	18-22	2	cor sólida

A= viscosidade em segundos, em copo Ford nº4; B= em dupla camada (tinta + verniz); C= pode ser aplicada em dupla camada; - = comercializados pronto para uso (não é necessária a adição de diluentes)

FONTE: Referências 1 e 123.

A distância do revólver à superfície normalmente é mantida constante, entre 20 e 30 centímetros. No entanto pode aumentar, como no caso da abertura de retoques para obter emendas imperceptíveis entre pintura original e repintura, em um efeito chamado pelos pintores de “chapéu”.

Alguns acabamentos, como os metálicos e perolados, são aplicados em dupla camada. Sobre a base pigmentada (poliéster ou acrílica) é aplicado um verniz mono (pronto para uso) ou bi-componente (misturado com o catalisador no momento do uso).

1.4. TOXICIDADE DOS SOLVENTES

Vários autores têm mostrado a preocupação atual quanto à exposição ocupacional aos solventes orgânicos, particularmente com relação aos seus efeitos neurotóxicos^{12,13,14,15,31,40,49,51,79,85,96,100,118,129,131,132,137}.

O preceito fundamental da Toxicologia, isto é, a relação dose-resposta, requer que haja a exposição e o efeito tóxico. Todavia, o potencial para interação aumenta com a intensificação da exposição. A exposição à misturas possibilita imprevisíveis efeitos aditivos, sinérgicos e de potenciação⁵.

A longo prazo, devemos buscar compreender os efeitos da interação dos solventes, dado que a exposição das populações humanas no ambiente não ocorrem, usualmente, a um único agente químico.

Os estudos de interação com solventes mostram três deficiências¹²⁰:

1- virtualmente não existem estudos abordando mais do que dois solventes,
2- as concentrações utilizadas nos estudos não são as importantes para a exposição ocupacional,

3- poucos estudos enfocam a exposição crônica em humanos

Os solventes são compostos de pequeno tamanho molecular, líquidos à temperatura ambiente, mas com pressão de vapor suficientemente alta para produzir concentrações em níveis capazes de produzir intoxicação por inalação.

Posto que podem ser solúveis em lipídeos e em água, ou em ambos, e que lipídeos e água são os principais componentes do corpo humano, os solventes são solúveis no sangue e nos tecidos ⁴⁵.

As bases da teoria de absorção e eliminação de compostos voláteis pela via pulmonar foram estabelecidas no final do século XIX. As transferências recíprocas de gases e vapores entre sangue, ar alveolar e tecidos foram explicadas com os princípios da Lei de Henry, utilizando-se coeficientes de partição ar/sangue e sangue/tecidos para descrever os equilíbrios ⁴⁵.

A velocidade em que o equilíbrio é atingido depende do débito cardíaco, da ventilação pulmonar, da solubilidade do agente e nos tecidos, da difusão do solvente através da membrana alvéolo-capilar e da circulação sanguínea pelos pulmões e outros órgãos ⁸.

Muitas substâncias mostram níveis biológicos crescentes durante a exposição, a despeito das concentrações no ambiente permanecerem constantes. A absorção pulmonar depende, em geral, de quatro parâmetros: ventilação, concentração no ar, índice de retenção e tempo de exposição. Dependendo do comportamento da retenção durante a exposição (se constante ou variável), os solventes podem ser classificados em dois grupos ¹⁰⁷:

1- solventes ventilação dependentes, e

2- solventes ventilação-retenção dependentes

A penetração e absorção cutânea, na forma líquida, também pode ser significativa, e sua magnitude está relacionada a aspectos estruturais da pele no local exposto, às características de solubilidade do solvente, ao tamanho da área exposta e do tempo e forma do contato ^{46,112}.

Os estudos de absorção cutânea são divergentes devido à variação regional da permeabilidade e por efeitos variados da forma como a substância é aplicada, ou seja, se pura ou em misturas. ^{45,63}

A absorção cutânea depende do tipo de pele, da área exposta e do tempo de contato ¹¹⁷. A pele da face, do abdome e dos braços têm diferentes permeabilidades ⁹⁷. Ainda, a pele com características alteradas de permeabilidade pode absorver mais solvente do que a pele intacta ¹¹².

A barreira para penetração pela pele é formada pelo estrato córneo que, fisico-quimicamente, é composto por uma rede lipídica com regiões polares. Todavia, quando hidratado, ele tem afinidade tanto por compostos lipossolúveis como por polares ³². A pele intacta também

pode absorver os vapores de solvente, como ocorre com os éteres de glicol ^{73, 35, 133}.

Outro aspecto toxicocinético importante para a toxicidade, em particular dos solventes, é a biotransformação, fenômeno que é mediado pelo Sistema Microsomal de Oxidases Mistas (SMOM). Este sistema de oxidases de função mista catalisa a oxidação ou redução de uma ampla variedade de estruturas químicas. Está localizado no retículo endoplasmático liso do fígado e da maioria dos tecidos, e diversos aspectos de suas funções são importantes para a toxicidade dos solventes ⁵.

Um destes aspectos, a salientar, é a interação. Como o sistema enzimático é inespecífico, pode ocorrer competição entre os solventes por sítios catalíticos disponíveis.

A competição dos componentes de uma mistura por enzimas, resulta em redução da biotransformação. A inibição competitiva, que é a mais comum das interações entre agentes químicos, tem relevante significado toxicocinético: durante a coexposição a biotransformação é reduzida, causando elevação mais rápida dos níveis biológicos do agente e mais lenta dos níveis biológicos dos produtos de biotransformação, que quando da exposição a um composto isolado. Consequentemente, a retenção pulmonar dos compostos voláteis pode ser ligeiramente reduzida e as concentrações máximas dos produtos de biotransformação nos fluidos biológicos podem ser retardadas ³⁷.

Assim, o tolueno inibe competitivamente a biotransformação do benzeno a fenol e quinol. Por sua vez, o benzeno reduz a biotransformação do tolueno a cresol e ácido hipúrico ⁶². A metilacetona e o etilbenzeno inibem a biotransformação dos xilenos, reduzindo o ácido metilhipúrico excretado ⁷⁶. A presença de álcool no organismo inibe a biotransformação do tolueno ^{10, 60}, reduzindo tanto a oxidação aromática (formação de cresol) quanto da cadeia lateral (formação do ácido benzóico) ⁹⁸. Na exposição ao tolueno, os consumidores de álcool apresentam redução da inclinação da reta de correlação entre cresol urinário e tolueno no ar ⁶¹.

Na coexposição a tolueno e xilenos, em concentrações superiores ao limite de exposição ajustado para a mistura, diminui a concentração de ambos no sangue e aumenta a concentração de xilenos no ar exalado. Por sua vez, aumenta o tempo para a excreção do ácido hipúrico, bem como sua concentração na urina ¹²¹.

De outro lado, o SMOM é passível de indução, isto é, a pré-exposição a um agente indutor condiciona aumento de sua biotransformação e de outras substâncias. Isto se deve à elevação dos níveis de um grupo de isoenzimas chamadas citocromos P450, que têm especificidade variável ⁵.

Deste modo o benzeno aumenta sua própria biotransformação e de uma ampla variedade de agentes. O consumo de álcool também induz o sistema enzimático podendo aumentar a biotransformação, por exemplo dos xilenos, nas exposições elevadas ⁶⁶.

Ainda, o sistema enzimático é passível de saturação, ou seja, a exposição a quantidades massivas de solvente pode conduzir à saturação do processo de biotransformação, fato que ocorre por exemplo, com o n-hexano e percloroetileno, entre outros ⁵. Tal saturação pode ocorrer também na etapa de conjugação, como demonstrado em exposições a tolueno e/ou xilenos associada a doses elevadas de ácido benzóico¹¹¹.

Os solventes são dotados de uma toxicidade geral, que é comum a todos, e de uma toxicidade específica para cada agente. O efeito observado dependerá de diversos fatores, que incluem a estrutura química, o nível e frequência da exposição, da exposição simultânea a outros agentes e da susceptibilidade individual ⁵.

1.4.1. EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AGUDA AOS SOLVENTES

Entre todas as membranas biológicas, a mielina é a que contém mais lipídeos (75% de lipídeos, 20% de proteínas e 5% de carboidrato). Por este motivo não surpreende o fato de que a absorção de substâncias altamente lipofílicas, como os solventes orgânicos, possa produzir dano severo ao sistema nervoso ⁸².

A característica comum aos solventes, na exposição aguda, é a capacidade de provocar distúrbios no sistema nervoso central, caracterizados por euforia, desorientação e vertigem. A elevação suficiente da dose e/ou tempo de exposição produz inconsciência, paralisia, convulsão e morte por parada cardíaco-respiratória ⁵.

A potência da atividade depressora do sistema nervoso central é variável entre os solventes. Aproximadamente, em ordem decrescente da ação depressora, temos a seguinte escala ⁶⁴:

halogenados> éteres> ésteres> ácidos orgânicos> álcoois> alcenos> alcanos.

Um outro efeito associado à exposição a solventes em alta concentração é a irritação das mucosas.

A ativação dos nervos trigêmeos dá lugar a uma sensação de desconforto nos olhos e nariz que pode agravar-se com sensação dolorosa e de queimação, denominada irritação sensorial⁵⁸.

A irritação é frequentemente observada em relação às exposições ocupacionais e se constitui em uma das muitas ações biológicas consideradas no estabelecimento dos limites de exposição ocupacional. Cerca de um terço dos TLV-TWAs da ACGIH são estabelecidos com base nesta irritação ⁵⁸.

Também para o efeito irritação, é possível estabelecer uma escala aproximada do potencial dos solventes. Em ordem decrescente, temos ⁶⁴:

aminas>ácidos orgânicos>aldeídos>cetonas>álcoois>alcanos.

Devido à similaridade da narcose produzida por solventes de estruturas químicas diversas, sugere-se que ela se deva a uma interação física dos mesmos com as células do sistema nervoso.

Ainda, a rapidez com que as manifestações da narcose aparecem, indica que tais efeitos se devam aos solventes em si e não a produtos de biotransformação ⁵.

O uso abusivo dos solventes está vinculado aos efeitos centrais e é um fenômeno antigo, que precedeu ao uso do éter e do clorofórmio em anestesia, no século XIX ⁸².

A toxicidade crônica devida ao abuso é difícil de avaliar dada a diversidade de produtos utilizados. Entretanto, já foi demonstrado que alguns usuários crônicos sofrem de dano permanente do sistema nervoso central, coração, fígado e rins ^{110, 84}. Existem evidências razoáveis de que ocorre disfunção neuropsicológica em usuários habituais de solventes, com anormalidades neurológicas definidas ²⁸.

Exposições ocupacionais excessivas, ainda que episódicas, podem deixar seqüelas. Ao pintar um caminhão em local confinado, um homem expôs-se aos solventes da tinta por um total de 24 horas de trabalho, distribuídas por cinco dias. Apresentou náusea, cefaléia, tontura e disfunção respiratória. Nos dias seguintes apresentou dificuldades de concentração, perda da memória e sinais cerebelares, como tremor, ataxia e disartria, além de apresentar coleção de fluido na área parietal direita. Dois anos e meio após o episódio, permaneceram disfunções cognitivas, motoras e comportamentais ¹³⁴.

1.4.2. EFEITOS DA EXPOSIÇÃO CRÔNICA AOS SOLVENTES.

Evidências experimentais sugerem que, nas exposições crônicas, os solventes interagem modificando membranas, alterando o equilíbrio entre neurotransmissores, interferindo com a respiração celular e com o metabolismo protéico ^{12, 69}.

Nas exposições crônicas, os efeitos dos solventes sobre o sistema nervoso incluem manifestações persistentes como fadiga, distúrbios do sono, disfunção na visão de cores, irritabilidade, dificuldades de concentração, problemas de memória recente, disfunções psicomotoras, cefaléias e, algumas vezes, alterações da libido e da potência sexual ^{7,51,78,86,130}. Muitos dos efeitos neurotóxicos dos solventes devidos à exposição ocupacional são sutis ou atribuídas a outras condições, como a demência pré-senil ³¹.

Estas manifestações tem sido designadas sob diversas terminologias, como "encefalopatia tóxica crônica", "síndrome psicoorgânica", "polineuropatia tóxica" e mesmo síndrome dos pintores ¹³⁰.

A avaliação neuropsicológica de trabalhadores expostos tem sido extensivamente estudada e mostra resultados diversos, mas com uma tendência em apontar pior desempenho em relação aos não expostos ¹⁰⁴.

Hanninen e cols. ⁵⁷ realizaram avaliação psicológica de 43 trabalhadores gráficos ocupados em rotogravura por tempo médio de 22 anos, expostos a misturas de solventes. O nível de expo-

sição excedia ao limite Finlandês para a mistura em 1,1 a 5 vezes. Foi observado que os expostos tinham pior desempenho que os controles na avaliação das habilidades visuais cognitivas.

Lindstron⁷⁹ também observou redução de performance visual e motora em 56 trabalhadores expostos a solvente, com diagnóstico de doença ocupacional baseada no histórico da exposição.

Vliet e cols.¹³², em estudo de “caso-controle” com 252 pintores não puderam confirmar ou excluir a possibilidade de incapacidade prematura atribuível à exposição à solvente.

Baker e cols.¹⁵ obtiveram resultados que confirmam a hipótese de que os solventes presentes nas tintas estão associados com efeitos no sistema nervoso central. No estudo foram avaliados 254 pintores, nos quais foi observado aumento do número de sintomas e resultados piores na avaliação emocional e em alguns testes psicomotores.

O’Flinn e cols.¹⁰⁰ estudaram 557 atestados de óbito, de um período de 10 anos, com causa de morte associada à demência pré-senil ou doença de Alzheimer. Não foi observado excesso de casos associado com exposição à solvente, caracterizada a partir da profissão.

Triebig e cols.¹²⁶ não detectaram neurotoxicidade em estudo com 105 pintores imobiliários alemães. No entanto, é relatado que indivíduos com histórico de sintomas pré-narcóticos repetidos, no ambiente de trabalho, mostraram diferenças em testes de avaliação neurocomportamental, com alterações da personalidade e da memória recente. Os autores recomendam que, embora não tivessem encontrado efeito dose-relacionado, a pintura em ambiente confinado exige medidas efetivas de proteção, evitando-se os efeitos pré-narcóticos.

Vliet e cols.¹³¹ compararam o diagnóstico, os sintomas e outros dados médicos de 239 holandeses que recebiam pensão por incapacidade de ordem psiquiátrica, sendo 98 pintores e 141 não expostos a solvente. Não foi observado um complexo de sintomas típicos associados à exposição. O número de sintomas não se correlacionou com a duração da exposição.

Triebig e cols.^{124,125} estudaram 105 pintores, entre os quais 48 pintores de automóvel, utilizando-se de avaliação ambiental, biológica e neuropsicológica. Observaram que o padrão de sintomas não é característico e que a frequência dos sintomas tem melhor correlação com a idade do que com a exposição crônica. As queixas de depressão, perda de interesse e de concentração são mais frequentes nos pintores. Em análise dirigida, observou-se que este fato estava relacionado a exposições de mais de 30 anos e com episódios repetidos de efeito agudo durante a exposição. Houve relações entre sintomas subjetivos e exposição, porém não foi possível eliminar completamente o efeito da idade. A tomografia mostrou aumento do volume de líquido dentro do cérebro, entre os expostos.

Orbaek e cols.¹⁰⁴ avaliaram 50 expostos a solventes em fábrica de tintas da Suécia. Observaram redução do fluxo sanguíneo regional no cérebro de 4% dos expostos, além de alterações

eletroencefalográficas. Os expostos apresentavam sintomatologia mais frequente e com relação dose-efeito. Os testes neuropsicológicos apresentaram indicação definida de disfunção cerebral em 14% dos expostos contra nenhum entre os controles. Não houve diferenças nas avaliações bioquímica e do sistema nervoso periférico.

Spurgeon e cols.¹¹⁸ avaliaram a performance cognitiva e a saúde mental de 105 expostos a solventes, abaixo do limite de exposição ocupacional, em fabricação de tintas. Para os autores, os resultados obtidos indicaram que a exposição a longo prazo, no limite de exposição ou abaixo, não resultam em dano ao sistema nervoso central.

Nelson e cols.⁹⁶ estudaram 1243 aposentados por incapacidade médica, de oito fábricas de automóveis, com exposição a solvente menor que 50% do limite de exposição ajustado para a mistura. Foram considerados “caso” todos os que haviam se aposentado por doença neurológica ou psiquiátrica, no período de 1980-88, num total de 299. Os “controles” eram trabalhadores aposentados por causas diversas. Observou-se que a maioria dos casos de doença psiquiátrica (273) tivera exposição menor que a dos controles. Foram detectados 18 casos de doenças neurológicas e 20 de esclerose múltipla relacionados à exposição.

Ukai e cols.¹²⁹ estudaram 303 expostos a mistura solvente contendo tolueno, metiletilcetona, isopropanol, acetato de etila, xilenos e etilbenzeno, em níveis compreendidos entre 0,31 e 8,4 vezes o limite ajustado para a mistura. Os sintomas pesquisados incluíam manifestações durante o trabalho (irritação ocular e nasal, cheiro e gosto estranhos, dor de garganta, sensação de flutuar e de embriaguez.) e fora do trabalho, incluindo os últimos 3 meses “(tontura, vertigem, confusão mental, tontura ao levantar-se rapidamente, melancolia, dormência nas extremidades, perda de peso, redução na sensação olfativa e pele áspera). O grupo exposto apresentava mais queixas de todos os sintomas durante o trabalho, com diferenças significativas entre os subgrupos expostos a <0,2; de 0,2 a 0,5 e mais que 1 vez o limite de exposição ajustado. Fora do trabalho, o número de queixas também mostrou-se maior no grupo exposto.

Lindelof e cols.⁷⁸, ao estudarem 112 pintores de Estocolmo, observaram maior prevalência de insônia e maior consumo de hipnóticos, relacionados à exposição a solventes.

White e cols.¹³⁷ estudaram 30 trabalhadores gráficos com exposição a uma mistura de solventes constituída principalmente por tolueno e metiletilcetona, em níveis de 0,04 a 0,74 do limite de exposição ajustado, classificando-os em dois grupos: exposição elevada, com 14, e exposição baixa, com 16. Os trabalhadores categorizados como em exposição elevada mostraram significativa redução da performance nas tarefas envolvendo memória visual recente na velocidade e destreza manual. Para os autores, a mistura de solventes usada na indústria gráfica desencadeia efeitos sobre o funcionamento do sistema nervoso central, mesmo antes do aparecimento de uma neuropatia declarada.

Escalona e cols.⁴⁰ estudaram 53 homens e 29 mulheres expostos a misturas contendo tolueno, xilenos, pentano, hexanos e benzeno, em níveis de 0,66 a 1,66 vezes o limite de exposição ajustado, em fábrica de fitas adesivas, papel gomado e esponja doméstica da Venezuela. Foi observada maior prevalência de sintomas de fadiga, disfunções de memória, confusão, parestesias de extremidade e distúrbios do sono entre os expostos. Nos testes psicométricos, que incluíram 13 subtestes, os expostos mostram pior desempenho em testes de tensão-ansiedade, depressão, hostilidade, fadiga, confusão, além de redução de 14% no tempo de reação. Os testes de destreza manual e de memória também apontaram pior desempenho dos expostos.

Lundberg e cols.⁸³ estudaram 206 expostos a solvente, sendo 135 pintores imobiliários e 71 colocadores de carpete. Observaram que sintomas compatíveis com encefalopatia tóxica crônica eram mais comuns entre os pintores, e que a prevalência aumentava com a exposição cumulativa aos solventes. Testes psicométricos e de coordenação não apontaram diferenças entre os grupos de profissionais, porém, entre os pintores, aqueles com exposição mais prolongada mostraram pior desempenho que aqueles com exposição leve, em relação aos aplicadores de carpete.

Fidler e cols.⁴⁴ estudaram 101 pintores da construção civil, em Boston, Estados Unidos, expostos a misturas de solventes. A magnitude da exposição foi obtida a partir de dados de um questionário especialmente desenvolvido⁴³, que considera a quantidade de tinta utilizada, o modo de aplicação, as condições de ventilação, o uso de equipamento de proteção à exposição, e o tempo de exposição, para compor um índice de exposição. Observaram uma associação positiva e consistente entre as medidas de exposição e a ocorrência de sintomas neurotóxicos, notadamente fraqueza, fadiga e náusea. A avaliação neurocomportamental mostrou associação da exposição a piores desempenhos em alguns testes sem, no entanto, mostrar padrão consistente.

Chen e cols.²⁹ realizaram avaliação neurocomportamental de 233 trabalhadores chineses expostos a tolueno e xilenos. Observaram maior prevalência de sintomas subjetivos entre os expostos, considerando as queixas durante o trabalho ou nos últimos três meses.

A falta de uniformidade dos diagnósticos tem sido apontada como causa das discordâncias entre os achados dos estudos relacionados à neurotoxicidade dos solventes¹³⁶.

Desde 1985 a Organização Mundial da Saúde, visando essa uniformidade, propôs um esquema de categorização das síndromes do sistema nervoso central causadas pela exposição a agentes tóxicos no ambiente de trabalho, incluindo solventes, metais e praguicidas¹³. O esquema, que categoriza as síndromes em agudas e crônicas, é transcrito a seguir:

I- SÍNDROMES AGUDAS

A- Intoxicações agudas

- fisiopatologia: efeito farmacológico

- duração: minutos ou horas, sem seqüelas
- manifestações clínicas: depressão aguda do sistema nervoso central, comprometimento psicomotor

B- Encefalopatia tóxica aguda

- não é perfeitamente caracterizada com solventes
- fisiopatologia: edema cerebral, dano capilar no sistema nervoso central
- duração: horas ou dias, pode causar deficiências permanentes
- manifestações clínicas: coma, convulsões

II- DISTÚRBIOS MENTAIS ORGÂNICOS CRÔNICOS

A- Síndrome orgânica afetiva

- fisiopatologia: não clara
- duração: dias ou semanas, sem seqüelas
- manifestações clínicas: depressão, irritabilidade, desinteresse por atividades cotidianas

B- Encefalopatia tóxica crônica moderada

- fisiopatologia: não clara
- duração: curso insidioso, com duração de semanas ou meses, reversibilidade variável
- manifestações clínicas: fadiga, distúrbios do humor, queixas da memória e atenção
- funções centrais reduzidas: psicomotoras (velocidade, atenção, destreza) e memória recente

C- Encefalopatia tóxica crônica severa

- fisiopatologia: não clara, geralmente associada com dano estrutural do sistema nervoso central
- duração: curso insidioso, duração indefinida, geralmente reversível
- manifestações clínicas:
 - perda de habilidades intelectuais de severidade suficiente para interferir com as funções sociais ou ocupacionais
 - disfunções da memória
 - outras: redução do pensamento abstrato
redução do julgamento
mudança de personalidade
 - redução das funções do sistema nervoso central:
 - anormalidades similares à da encefalopatia tóxica moderada
 - deficiências funcionais mais pronunciadas e mais amplas
 - alguns testes neuropsicológicos e neurorradiológicos anormais

1.4.3. NEUROPATIAS PROVOCADAS POR SOLVENTES

As polineuropatias foram associadas à exposição ocupacional a solventes por volta de 1964 e, a partir dos primeiros estudos, foi se confirmando o envolvimento dos hexacarbonos na sua etiologia ⁷.

Tem sido demonstrado experimentalmente e em humanos que a presença do hexano, metilacetona e metil-n-butilcetona em misturas de uso industrial está associada à redução da velocidade de condução nervosa ^{119,127} e com dano a neurônios ¹⁰⁴. Recentemente, a exposição ao estireno também foi associada a ocorrência de neuropatia periférica ⁵².

A exposição crônica a solventes pode afetar também os nervos cranianos, alterando o sentido da visão ^{11, 24, 86, 52}, da audição, do olfato e o equilíbrio postural ³¹.

1.5. ASPECTOS TOXICOLÓGICOS DE ALGUNS SOLVENTES ENCONTRADOS EM TINTAS PARA REPINTURA E SEUS TÍNERES

1.5.1. ÁLCOOIS

Os álcoois são derivados hidroxilados de hidrocarbonetos de cadeia reta ou ramificada. Os mais comuns possuem até 3 hidroxilas, com no máximo uma por átomo de carbono ⁵³.

Os álcoois são irritantes e depressores mais potentes do sistema nervoso central do que os hidrocarbonetos correspondentes, sem grupos funcionais ⁶⁴.

A tabela 2 mostra as características físico-químicas e a toxicidade aguda do etanol, n-butanol e isobutanol.

TABELA 2: Características físico-químicas e toxicidade aguda de álcoois

ÁLCOOL	P.Molec.(g)	D (g/mL)	P.vapor	Limiar odor	DL50/CL50
etanol	46,07	0,789 ^A	43 torr ^a	158,0 mg/m ³	24,5g/m ³ , 22 h, rato
isobutanol	74,12	0,806 ^B	9 torr ^c	4,5 mg/m ³	3,7 g/Kg, oral, coelho
n-butanol	74,12	0,810 ^C	7 torr ^c	3,0 mg/m ³	-

A = a 25°C B = a 15°C C = a 20°C

FONTES: Referências 2 e 75.

O etanol é usado em sínteses e está presente nas bebidas alcoólicas, o isobutanol é solvente usado em lacas e removedores e o n-butanol é usado como solvente de resinas, ceras, gomas, vernizes, e na produção de outros compostos butílicos ^{2, 72}.

1.5.1.1. Etanol (CAS 64-17-5)

O etanol possui baixa toxicidade aguda e as manifestações da intoxicação são as decorrentes da depressão central, com ataxia, incoordenação e sonolência ^{2, 72}.

Para o homem, concentrações de 470 a 2.000 mg/m³ são consideradas seguras para uma jornada de trabalho. No entanto, mesmo em baixas concentrações, os vapores são irritantes para

os olhos e trato respiratório superior. Este fato, mais que os efeitos do etanol absorvido, são considerados importantes no estabelecimento dos limites de exposição ocupacional ².

A ACGIH ² recomenda 1,88 g/m³ como TLV-TWA, dado que não é descrita irritação ocular abaixo de 9,4 g/m³, e com base no conhecimento de higiene industrial com expostos ao etanol.

A OSHA estabelece como PEL-TWA, o valor de 1,88 g/m³ e considera que esse valor protege os trabalhadores contra riscos significativos de irritação ocular e do trato respiratório superior ².

O etanol não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira ⁹¹.

1.5.1.2. Isobutanol (2-metil-1-propanol, CAS 78-83-1)

O isobutanol é irritante da pele e dos olhos, quando por contato direto. Não foram observadas evidências de irritação ocular em exposições repetidas de 8 horas a 300 mg/m³. O contato direto com os olhos, todavia, provoca irritação similar à do n-butanol ².

A ACGIH recomenda 152 mg/m³ como TLV-TWA dado não haver descrição de ações do isobutanol no nervo auditivo ou dano vestibular, embora sua toxicidade aguda seja pouco superior a do n-butanol ².

A Legislação Brasileira ⁹¹ adota o valor de 115 mg/m³ como Limite de Tolerância para o isobutanol.

1.5.1.3. n-Butanol (CAS 71-36-3)

Em estudo que acompanhou trabalhadores expostos a n-butanol por 10 anos foi observado que a exposição a 600 mg/m³ ou mais provoca irritação da córnea. Os sintomas incluíam sensação de queimação, visão turva, lacrimejamento e fotofobia, que se mostravam mais intensos ao final da semana de trabalho ². O n-butanol promove a vacuolização das camadas superficiais da córnea ⁷².

Estudo experimental com humanos ² apontou irritação ocular a 72 mg/m³ e cefaléias a 150 mg/m³.

Há descrição de efeitos do álcool n-butilico no nervo auditivo e nas funções vestibulares na França e no México. De 11 trabalhadores expostos ao n-butanol na concentração de 240 mg/m³ e sem proteção contra ruído, durante 3 a 11 anos, 9 mostraram hipoacusia em relação direta com o tempo de exposição. A idade dos trabalhadores afetados variava entre 20 e 39 anos ²³.

A ACGIH ² recomenda 152 mg/m³ como TLV-Ceiling, com a notação “pele”, em vista do

potencial aparente do n-butanol promover perda auditiva em trabalhadores jovens e disfunções vestibulares em concentrações abaixo de 333 mg/m³.

A OSHA estabelece 152 mg/m³ como PEL-Ceiling para o n-butanol e entende que essa concentração poderia proteger os trabalhadores de risco significativo de disfunção vestibular e do nervo auditivo, bem como de cefaléia e irritação ².

A Legislação Brasileira ⁹¹ adota o valor de 115 mg/m³ como Limite de Tolerância - Valor Teto para o n-butanol, assinalando absorção cutânea.

1.5.2. CETONAS

As cetonas são depressoras do sistema nervoso central, porém as concentrações suficientes para sedação severa são irritantes para os olhos e trato respiratório. Concentrações menores podem ser absorvidas em quantidade suficiente para produzir depressão.

Em geral, a toxicidade aumenta com o aumento do peso molecular e os compostos insaturados são mais tóxicos do que os saturados ⁶⁴.

A tabela 3 mostra características físico-químicas e a toxicidade aguda da 4-hidróxi,4-metil,2-pentanona (ou diacetona álcool), da metiletilcetona e metilisobutilcetona

TABELA 3: Características físico-químicas e toxicidade aguda de cetonas

CETONA	P.Molec.	D (g/mL)	P.vapor	Limiar odor	DL50
diacetona-álcool	116,16	0,940 ^A	1,2 torr ^B	1,3 mg/m ³	4,0 g/Kg, oral,rato
metiletilcetona	72,10	0,805 ^A	77,5 torr ^A	16,0 mg/m ³	6,9 mL/Kg,oral,rato
metilisobutilcetona	100,16	0,802 ^A	15,0 torr ^B	1,3 mg/m ³	4,5 g/Kg,oral, rato

A = a 20°C B= a 25°C
FONTE: Referências 2 e 75.

1.5.2.1. Diacetona-álcool (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona, CAS 123-42-2)

A diacetona-álcool é miscível com água, álcoois, ésteres e hidrocarbonetos aromáticos e halogenados. Seus principais usos incluem a dissolução de nitrocelulose e acetato de celulose, pigmentos, ceras, óleos e gorduras. É também usada em misturas anticongelantes e em fluidos hidráulicos para freios ².

A diacetona-álcool é primariamente um narcótico e anticonvulsivante. Em ratos, tem ação hemolítica persistente após administração intragástrica de 2 mL/Kg. As manifestações da narcose em animais são a queda rápida da pressão arterial, diminuição da frequência respiratória, relaxamento muscular e ausência de reflexos da conjuntiva ².

Em humanos, a exposição a 475 mg/m³ por 15 minutos produz irritação dos olhos, nariz e garganta e queixas de odor e gosto desagradável ².

A ACGIH recomenda 237 mg/m³ como TLV-TWA, considerando a irritação aparente a 475 mg/m³, valor idêntico ao adotado pela OSHA como PEL-TWA ².

A diacetona-álcool não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira ⁹¹.

1.5.2.2. Metiletilcetona (2-butanona, CAS 78-93-3)

A metiletilcetona ou 2-butanona é solúvel em água e nos solventes industriais comuns. É utilizada como solvente na fabricação de produtos de revestimento, óleos desengraxantes, lubrificantes e na fabricação de resinas incolores, lacas, vernizes, colas e do couro e borrachas sintéticas².

Experimento associando a metiletilcetona ao n-hexano, 2,5-hexanodiona e n-butilcetona mostraram aumento da severidade e aceleração do desenvolvimento da neuropatia por esses agentes ¹¹⁹.

Em ratas, a exposição a 2,9 e 8,8 g/m³ no 6º e 15º dias de gestação provoca o aparecimento de fetos com costelas duplas e com retardo de ossificação ².

A metiletilcetona é absorvida rapidamente pela via respiratória humana, distribuída a todos os tecidos e excretada pelo ar exalado e pela urina, inalterada ou como 3-hidroxi-2-butanona. A T/2 no sangue venoso é de 40 a 80 minutos ². A absorção pulmonar é bastante influenciada pelo exercício físico, e a excreção pelo ar exalado representa 3% da quantidade absorvida ⁷⁷.

É absorvida pela pele, sendo detectada no ar exalado poucos minutos após aplicação à pele do braço ². A menor concentração irritante para os olhos e nariz, em exposições de 3 a 5 minutos, é de 590 mg/m³ ⁽²³⁾.

Em exposições industriais combinadas de metiletilcetona com outros solventes, foram descritos efeitos no sistema nervoso central e neuropatia periférica. Entre os solventes figurava o n-hexano e as concentrações da cetona variavam amplamente de 440 a 1320 mg/m³ ⁽²⁾.

A ACGIH recomenda 590 mg/m³ como TLV-TWA e 885 mg/m³ como TLV-STEL para a metiletilcetona. Considera que este nível de exposição previne efeitos adversos sistêmicos e minimiza objeções ao odor e irritação ².

A OSHA estabelece como PEL-TWA o valor de 590 mg/m³ e STEL 885 mg/m³, níveis considerados por aquela agência como suficientes para prevenção de irritação e narcose, associadas com as exposições mais elevadas ao solvente ².

A Legislação Brasileira ⁹¹ adota o valor de 460 mg/m³ como Limite de Tolerância para a metiletilcetona, assinalando absorção pela pele.

1.5.2.3. Metilisobutilcetona (4-metil-2-pentanona, CAS 108-10-1)

A MIC ou 4-metil-2-pentanona é pouco solúvel na água (1,9 g/100 mL) e miscível com a

maioria dos solventes orgânicos. Seus principais usos como solvente é nas tintas resinosas e sintéticas, lacas e vernizes. É usada ainda em adesivos e como extrator para produtos de fissão do urânio ².

Experimentos com inalação continuada de 410 mg/m³, por 90 dias, utilizando macacos, cães e ratos, não apontaram alterações significativas em parâmetros clínicos ou hematológicos. Nos ratos houve aumento do peso dos rins e fígado, com degeneração hialina dos túbulos proximais e necrose tubular focal em alguns casos. Esses danos tubulares foram considerados transitórios e reversíveis ²³.

Concentrações de 12,3 g/m³ por 6 horas, nos dias 6 e 15 da gestação mostraram-se fetotóxicas para ratos e camundongos. As ratas tiveram redução do peso e de consumo de alimentos e aumento do peso dos rins. Os fetos tiveram redução do peso e da ossificação ².

Em uma operação de centrifugação, 3 de 19 trabalhadores tiveram eczema das mãos e braços e 2/3 queixaram-se de irritação ocular, nasal e na garganta. As concentrações eram de 2,05 g/m³ próximo à centrífuga e de 328 mg/m³ na sala, durante a operação, que durava de 25 a 30 minutos por jornada de 8 horas ².

Cinco anos mais tarde um estudo observacional detectou 410 a 430 mg/m³ na centrífuga e 205 mg/m³ nas vizinhanças. Dos 19 expostos originais permaneciam 14 e apenas um queixava-se de irritação ocular. Mais da metade sentia perda de apetite, cefaléia, náusea, vômito, insônia, sonolência e alguns queixavam-se de dor intestinal, 4 queixavam-se de hepatomegalia e 6 de colite inespecífica. Os parâmetros bioquímicos estavam dentro da normalidade. Após outros 5 anos, poucos trabalhadores mantinham as queixas intestinais e do sistema nervoso central. A hepatomegalia continuava para 2 trabalhadores e os demais sintomas haviam desaparecido ².

A ACGIH propõe um TLV-TWA de 205 mg/m³ com STEL de 307 mg/m³, e entende que esses níveis de exposição protegem adequadamente os trabalhadores dos efeitos irritantes, dos sintomas neurastênicos e efeitos sistêmicos da MIC ².

A OSHA adota 205 mg/m³ como PEL-TWA e 307 mg/m³ como STEL. Considera que esses valores protegem contra irritação, náusea, cefaléia e da potencial toxicidade hepática e renal da MIC ².

A metilisobutilcetona não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira ⁹¹.

1.5.3. ÉSTERES ALIFÁTICOS

Os ésteres alifáticos são depressores do sistema nervoso central mais potentes que os álcoois, aldeídos e cetonas, porém, menos potentes que os éteres e halogenados ⁶⁴.

Os ésteres são irritantes para os olhos, trato respiratório e pele, ação esta que é exacerbada pela presença de duplas ligações na molécula ^{64,72}.

A tabela 4 mostra características físico-químicas e a toxicidade aguda dos acetatos de etila, butila, isobutila e amila.

TABELA 4: Características físico-químicas e toxicidade aguda dos acetatos de butila, etila, isobutila e amila.

ACETATO	P.Molec.(g)	D (g/mL)	P.vapor	Limiar odor	DL50/CL50
butila	116,16	0,880 ^a	10 torr ^A	33 mg/m ³	760 mg/m ³ , 4 h, rato
etila	88,10	0,902 ^a	76 torr ^A	14 mg/m ³	57 g/m ³ , 6 h, rato
isobutila	116,16	0,871 ^a	13 torr ^A	-	4,8 g/Kg, oral, coelho
amila	130,18	0,879 ^b	4 torr ^B	-	-

A = a 20°C B= a 25°C
FONTE: Referências 2 e 75.

1.5.3.1. Acetato de n-butila (CAS 123-86-4)

O acetato de n-butila pouco solúvel na água , sendo miscível com álcool, éter e hidrocarbonetos. Pode reagir explosivamente em contato com ácidos e bases fortes, nitratos ou oxidantes enérgicos. Seus principais usos estão na manufatura de lacas, couros artificiais, filmes fotográficos e plásticos ².

O acetato de n-butila é narcótico, irritante ocular e das vias aéreas superiores. Em humanos, há descrição de irritação da garganta a 950 mg/m³, que se torna severa a 1425 mg/m³. A maioria dos expostos queixou-se também de irritação ocular e nasal ².

A ACGIH recomenda o TLV-TWA de 713 mg/m³ para prevenção da irritação ocular e respiratória. Recomenda ainda o TLV-STEL de 950 mg/m³ e está revisando esses valores em função de informações mais recentes quanto à CL50 para ratos e a efeitos teratogênicos para ratos e coelhos ².

O novo valor constante da lista de mudanças pretendidas é de 95 mg/m³ com a notação A4, que significa evidências insuficientes para classificação como carcinogênico para humanos ou animais ³.

A OSHA estabelece 475 mg/m³ como PEL-TWA e 713 mg/m³ como STEL, considerando que esses valores poderiam proteger os trabalhadores de risco significativo de irritação da pele, olhos e do trato respiratório, bem como de efeitos narcóticos ².

O acetato de n-butila não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira ⁹¹.

1.5.3.2. Acetato de etila (CAS 141-78-6)

O acetato de etila é miscível com álcool, éter e clorofórmio e ligeiramente solúvel na água. É utilizado como solvente para vernizes, lacas, essências e na fabricação de seda e couros artificiais, perfumes e filmes fotográficos ².

O acetato de etila tem a reputação de ser um dos solventes voláteis menos tóxicos, sendo amplamente utilizado em lacas ².

Trabalhadores expostos consideram o odor forte a 720 mg/m³ e apresentam leve irritação ocular e das vias aéreas superiores a 1440 mg/m³. A observação de trabalhadores expostos a concentrações entre 1350 mg/m³ e 5400 mg/m³ por vários meses, não apontou sinais e sintomas atribuíveis à exposição ².

A ACGIH recomenda o TLV-TWA de 1440 mg/m³ para o acetato de etila e observa que, nestas concentrações, em trabalhadores não adaptados, pode aparecer irritação leve. Esse valor é o mesmo adotado pela OSHA como PEL-TWA ².

A Legislação Brasileira ⁹¹ adota o valor de 1090 mg/m³ como Limite de Tolerância para o acetato de etila.

1.5.3.3. Acetato de isobutila (CAS 110-19-0)

O acetato de isobutila ou acetato de 2-metilpropila é muito solúvel em água e miscível com a maioria dos solventes orgânicos. É usado principalmente como solvente de lacas, em perfumes e como aromatizante. É considerado menos irritante que o acetato de n-butila, com base em estudo comparativo, nas exposições a baixas concentrações ².

O TLV-TWA proposto pela ACGIH é de 713 mg/m³, bem como o PEL-TWA adotado pela OSHA, e visam minimizar o risco de irritação ocular e do trato respiratório superior ².

O acetato de isobutila não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira ⁹¹.

1.5.3.4. Acetato de amila (CAS 628-63-7)

O acetato de amila é pouco solúvel em água e é miscível em álcool e éter. É usado como solvente em tintas e para o fósforo na indústria de lâmpadas fluorescentes, na produção de couro artificial, de filmes fotográficos e de agentes flavorizantes. Os principais efeitos dos ésteres alifáticos simples são a narcose e irritação, produzindo anestesia em altas concentrações ².

Embora não sejam conhecidos estudos comparativos de isômeros, os efeitos subjetivos do acetato de isoamila e de n-amila são similares ².

O TLV-TWA proposto pela ACGIH é de 532 mg/m³, recomendado para prevenir a irrita-

ção ocular e das vias respiratórias ².

O acetato de amila não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira ⁹¹.

1.5.4. ÉTERES DE GLICÓIS

Os éteres glicóis são duas séries de compostos derivados do óxido de etileno (etilenoglicóis) e de propileno (propilenoglicóis).

São substâncias dotadas de grande poder solvente graças à reunião em uma única molécula, de uma porção álcool, que dissolve substancias hidrossolúveis, e de uma porção éter, que dissolve aquelas lipossolúveis ³⁵.

Além disso, são dotados da capacidade de acoplamento, isto é, de tornar compatíveis sistemas multifásicos orgânico-aquosos. Ainda, a velocidade de evaporação varia com o composto ou mistura considerada ³⁵.

A tabela 5 mostra características físico-químicas e a toxicidade aguda do éter butílico do etilenoglicol (EBEG), éter etílico do etilenoglicol (EEEG), acetato do éter etílico do etilenoglicol (AEEEG), éter isopropílico do etilenoglicol (EIEG), éter metílico do etilenoglicol (EMEG) e do éter metílico do propilenoglicol (EMPG).

TABELA 5: Características físico-químicas e toxicidade aguda de éteres de glicol

ÉTER	P.Molec.(g)	D (g/mL) ^A	P.vapor ^A	Limiar odor	DL50
EBEG	118,17	0,900	0,76 torr	-	1,48 g/Kg, oral, rato
EEEG	90,12	0,930	3,80 torr	700 mg/m ³	5,5 g/Kg, oral, rato
AEEEG	132,16	0,975	1,20 torr	27 mg/m ³	10,3 g/Kg, dérmica, coelho
EIEG	104,15	0,910	2,60 torr	-	-
EMEG	76,09	0,960	6,20 torr	7 mg/m ³	2,5 g/Kg, oral, rato
EMPG	90,12	0,919	11,8 torr ^B	37 mg/m ³	6,6 g/Kg, oral, rato

A = a 20°C B= a 25°C

FONTE: Referências 2, 35 e 75.

1.5.4.1. Éter etílico do etilenoglicol (2-etoxietanol, CAS 110-80-5)

Os sinônimos mais freqüentes do éter etílico do etilenoglicol são 2-etoxietanol, EGEE e Celossolve®. É um líquido incolor e quase inodoro, miscível com água em qualquer proporção e miscível com etanol, éter, acetona e ésteres. É solvente de muitos óleos, resinas e ceras. Seus principais usos são como solvente de nitrocelulose, resinas naturais e sintéticas e na formulação de óleos solúveis. É utilizado em lacas, no tingimento e estampa de tecidos, removedores de verniz, produtos para o tratamento do couro e como anticongelante em combustível de aviação ².

Em altas concentrações os vapores são irritantes e desagradáveis. A exposição aguda

provoca alterações hematológicas, notadamente o aumento da fragilidade osmótica dos eritrócitos no rato. Para esta ação, o nível de não-efeito é descrito como 228 mg/m³ por 4 horas ².

O EEG em concentrações de 745 mg/m³ aumenta a incidência de embriomortalidade, retardo de crescimento fetal e teratogênese em ratos. Exposições de coelhos a 590 mg/m³ permitiram a observação destes efeitos⁴¹.

Doses de 1 a 2 g/Kg por via oral em ratos provocaram redução do peso dos testículos e leucopenia. Em trabalhadores expostos a concentrações de até 88 mg/m³ foi observada redução da contagem de espermatozoides em relação a controles, sem alteração de outras características do sêmen ou tamanho testicular ².

A ACGIH recomenda o TLV-TWA de 18 mg/m³, com notação “pele”, embora a dose de nenhum efeito para o agente não esteja estabelecida. A OSHA estabelece 74 mg/m³ como PEL-TWA ².

A Legislação Brasileira adota o valor de 290 mg/m³ como Limite de Tolerância para éter etílico do etilenoglicol, assinalando absorção pela pele⁹¹.

1.5.4.2. Éter butílico do etilenoglicol (2-butoxietanol, CAS 111-76-2)

O éter butílico do etilenoglicol (EBEG) tem como sinônimos freqüentes 2-butoxietanol e Butilcellosolve®. É um líquido incolor, com odor etéreo, miscível com água e com todos os solventes industriais de uso comum. É utilizado como agente de acoplamento entre líquidos imiscíveis, com excelente poder solvente para as resinas utilizadas na produção de tintas ².

Os sinais mais comuns de intoxicação aguda são a hemoglobinúria severa, dispnéia e alterações dos pulmões, rins e fígado. Estudos de toxicidade subcrônica utilizando ratos apontam que a primeira manifestação tóxica dos éteres de glicol é o aumento da fragilidade osmótica dos eritrócitos, o que explicaria a hemoglobinúria nas exposições a altas concentrações⁴¹.

Em humanos, exposições únicas a 483 ou 966 mg/m³ por 8 horas, não provocam o aparecimento de sinais objetivos de intoxicação. Subjetivamente, os expostos consideraram essas concentrações desconfortáveis e queixaram-se de irritação leve nos olhos, nariz e garganta. O 2-butóxietanol pode ser absorvido pela pele e a exposição excessiva por esta via pode produzir manifestações tóxicas ².

A ACGIH recomenda 121 mg/m³ como TLV-TWA, com a notação “pele” para o solvente. A OSHA adota o mesmo valor como PEL-TWA, também com a notação pele. De acordo com a OSHA esse limite poderia reduzir riscos de irritação e efeitos hematológicos observados em animais e humanos expostos a concentrações superiores ².

A Legislação Brasileira⁹¹ adota o valor de 190 mg/m³ como Limite de Tolerância para o éter butílico de etilenoglicol, assinalando absorção pela pele.

1.5.4.3. Acetato do éter etílico do etilenoglicol (1-acetoxi-2-etoxietano, CAS 111-15-9)

Os sinônimos mais comuns do acetato do éter etílico do etilenoglicol são acetato de 2-etóxi-1-etanol, Acetato de Cellosolve®, acetato de etilglicol e acetato do éter monoetílico do etilenoglicol. É um líquido incolor de odor etéreo leve, miscível em água (23g%) e completamente miscível com hidrocarbonetos aromáticos. É utilizado como solvente de lacas nitrocelulose, resinas e óleos, em removedores para mordentes de madeira e vernizes, e em produtos para tratamento de couro ².

Experimentos com ratos indicam que o acetato de 2-etoxietanol tem potência similar, em base equimolar, ao 2-etóxi-1-etanol em produzir atrofia testicular e leucopenia. O acetato é hidrolisado na biotransformação, liberando o éter, considerado responsável pela toxicidade ⁴¹.

Não há registro de efeito adverso em trabalhadores. Esse fato é atribuído ao de que a inalação dos vapores torna-se desconfortável nas concentrações necessárias para provocar efeito adverso. A ACGIH recomenda 27 mg/m³ como TLV-TWA, baseada em analogia ao 2-etoxietanol, e também com a notação pele. A OSHA adota o mesmo valor como PEL-TWA.

A Legislação Brasileira adota o valor de 420 mg/m³ como Limite de Tolerância para o acetato do éter etílico do etilenoglicol, assinalando absorção pela pele⁹¹.

1.5.4.4. Éter isopropílico do etilenoglicol (2-isopropoxietanol, CAS 109-59-1)

Os sinônimos mais freqüentes do éter isopropílico do etilenoglicol são isopropóxi-1-etanol, isopropilglicol e Isopropilcellosolve®. É um líquido incolor e com odor característico, miscível com água em qualquer proporção e possui, como os demais éteres de glicol, propriedades solventes não usuais, tornando-o utilizável em tintas diversas, inclusive de base aquosa. É solvente de resinas, corantes têxteis, adjuvante de coalescência e solvente acoplador ².

A exposição de ratas a 272 mg/m³ por 4 horas promove aumento da fragilidade osmótica eritrocitária, efeito este não aparente a 136 mg/m³ ⁽⁴¹⁾.

Ratos expostos por 16 vezes a 4,3 g/m³, durante 6 horas, apresentaram hemoglobinúria e congestão pulmonar. A 1,3 g/m³ observou-se redução transitória da hemoglobina corpuscular média e evidências de congestão pulmonar. Na exposição a 426 mg/m³ não foram observados efeitos adversos ².

A ACGIH recomenda 106 mg/m³ como TLV-TWA, por analogia ao 2-butóxi-1-etanol, com notação pele. A OSHA adota o mesmo valor como PEL-TWA, valor considerado suficiente para prevenir efeito hemolítico. A NIOSH contesta o valor do PEL por considerar que 106 mg/m³ é a menor concentração que produz efeito hemolítico no rato. A OSHA observa que o efeito hemolítico só é marcante no rato, em concentração oito vezes maior (852 mg/m³) ².

Por sua vez, a ACGIH concorda com o efeito mínimo no rato, mas chama a atenção para

o fato de que o rato é mais susceptível que outras espécies animais e do que o homem.

O éter isopropílico do etilenoglicol não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira⁹¹.

1.5.4.5. Éter metílico do etilenoglicol (2-metoxietanol, CAS 109-86-4)

Os sinônimos mais comuns são éter metílico do etilenoglicol, e as marcas Metilcellosolve® e Dowanol EM®. É um líquido incolor de cheiro suave miscível com água e solventes orgânicos. É usado como solvente para ésteres de celulose, corantes, resinas, lacas e vernizes, como fixador de perfumes e anticongelante em combustível para aviões².

A degeneração do epitélio espermato gênico foi demonstrada em 1938, em coelhos tratados com 2-metoxietanol por apenas 3 dias².

Doses orais de 100 e 500 mg/Kg/dia produzem neutropenia, hemorragia na medula óssea e atrofia aguda dos testículos em ratos⁴¹.

A inalação de 934 mg/m³ por 6 horas ao dia, por 10 dias, provoca redução do peso corpóreo, do timo e dos testículos, e reduções da hemoglobina, das contagens de eritrócitos e leucócitos, além de atrofia do epitélio seminífero. Doses de 311 mg/m³ nas mesmas condições não mostraram efeitos⁴¹.

No homem, a retenção pulmonar do 2-metoxietanol é de 76% a 16 mg/m³ e 85% da dose absorvida aparece na urina como ácido 2-metoxiacético, cuja meia vida de eliminação é de 66 a 89 horas⁵⁴.

Em 1930 há relato² ligando a exposição industrial à ocorrência de encefalopatia, leucopenia e anemia, em concentrações estimadas em 78 a 233 mg/m³.

Trabalhadores expostos a concentrações de 16 a 31 mg/m³ não mostraram alterações na contagem de espermatozoides, proporção de gametas anormais ou dimensões dos testículos. Em pintores que utilizavam tintas contendo 2-etoxietanol, aplicando-as a pincel ou revólver, foi observada prevalência aumentada de oligo e azospermia, além de correlação entre aumento da exposição e redução do hematócrito e contagem de leucócitos. Os níveis de exposição eram de 17 a 65 mg/m³ de 2-metoxietanol².

A exposição ocupacional a concentrações relativamente altas (156 a 311 mg/m³) tem sido associada à pancitopenia, cefaléia, letargia, fraqueza, tontura, hiperreflexia, desorientação, distúrbios visuais e auditivos. De particular importância é a depressão da medula óssea, granulocitopenia e anemia macrocítica com leucocitose².

Há considerações de que a avaliação ambiental, do ar atmosférico, subestima a exposição porque o contato de uma das mãos com o solvente puro pode resultar em absorção de 400 mg²,

ou seja, mais que a absorção resultante da exposição por oito horas a 31 mg/m^3 .

Várias evidências apontam que a toxicidade do composto se deve ao produto de biotransformação (ácido 2-metoxiacético) e vários autores tem proposto métodos para sua quantificação na urina ^{41,55,72,88}.

A ACGIH recomenda 16 mg/m^3 como TLV-TWA e considera que esse valor protege os trabalhadores de efeitos adversos, desde que seja excluída a absorção cutânea. A OSHA estabelece 78 mg/m^3 como PEL-TWA. O NIOSH, a partir de 1983, propôs que se deve buscar a menor concentração possível para a exposição. Em 1991, sugeriu o REL de $0,3 \text{ mg/m}^3$ para até 10h/dia e 40h/semana, baseada no nível de nenhum efeito observado para roedores ².

A Legislação Brasileira ⁹¹ adota o valor de 60 mg/m^3 como Limite de Tolerância para o éter metílico do etilenoglicol, assinalando absorção pela pele.

1.5.4.6. Éter metílico do propilenoglicol (1-metoxi-2-propanol, CAS 107-98-2)

Os sinônimos mais comuns do éter metílico do propilenoglicol são 1-metoxi-2-propanol e Dowanol PM®. É um líquido incolor de odor etéreo-doce, solúvel em água, acetona, benzeno e éter ².

O solvente em grau técnico tem 95 a 99% do isômero alfa (1-metoxi,2-propanol) e de 1 a 5 % do isômero beta (2-metoxi-1-propanol) ³⁵.

A baixa pressão de vapor do éter metílico do propilenoglicol torna-o valioso para a produção de tintas diversas e na selagem do celofane. Em relação aos congêneres derivados do etileno tem menor poder de acoplamento e propriedades solventes menos abrangentes. No entanto, devido à toxicidade dos éteres do etilenoglicol, o uso dos derivados do propileno tendem a crescer ².

Ratos sob administração repetida de 1g/Kg ou menos, por via oral, por 35 dias, não apresentaram efeitos adversos e doses três vezes maiores produziram alterações leves do fígado e dos rins. Por via dérmica, em ratos, 7 a 10 mL/kg/dia provocaram morte por anestesia e 2 a 4 mL , nas mesmas condições por 90 dias, produziram apenas leve narcose ².

Exposições de $2,9 \text{ g/m}^3$ não indicaram efeito adverso em macacos e coelhos durante 186 dias, tendo sido observado o comportamento, a aparência, o crescimento, peso dos órgãos e exame histopatológico e hematológico ⁴¹. Não foram observados efeitos teratogênicos para ratos e coelhos cm exposições de até 3000 ppm ⁵⁶.

Experimentos com ratos mostraram retenção pulmonar de 94%. Nos animais, 48 horas após a exposição, 63% da dose é biotransformada a CO_2 e 10 a 20% aparece inalterado na urina. Doses maiores não aumentaram proporcionalmente esses valores ⁹⁰.

O isômero alfa do composto pode sofrer O-desmetilação a 1,2-propanodiol

(propilenoglicol) e ser, posteriormente, oxidado a ácido láctico e pirúvico pelas álcool e aldeído desidrogenases⁹⁰.

O isômero beta, em ratos, é oxidado a ácido 2-metoxipropiônico e sua eliminação reflete saturação cinética em doses orais maiores que 90 mg/Kg. Cerca de 70 a 80%, podendo chegar a até 93%, aparece na urina como ácido 2-metoxipropiônico e 3 a 4% como glicuronídeo do isômero beta, e cerca de 10% é oxidado completamente a CO₂⁹⁰.

A exposição experimental de humanos indica que o odor é desagradável a 370 mg/m³ e que concentrações superiores não são suportáveis devido ao odor e lacrimejamento. Sinais de anestesia só são notados a 3,7 g/m³ (2).

Com base nestes estudos a ACGIH propõe o TLV-TWA de 369 mg/m³ e 563 mg/m³ como STEL, visando minimizar queixas de odor e o potencial de irritação ocular. Esses valores também são adotados pela OSHA, respectivamente, para o PEL-TWA e STEL².

O éter metílico do propilenoglicol não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira⁹¹.

1.5.4.7. Acetato do éter metílico do propilenoglicol (2-metoxipropil-acetato, CAS 108-65-6)

O acetato do éter metílico do propilenoglicol mostra biotransformação praticamente idêntica à do éter, em ratos, denotando que ocorre extensiva hidrólise “in vivo”. Em relação à toxicidade, a exposição de ratos e camundongos a vapores do éster mostra, como única diferença em relação ao éter, irritação do epitélio olfativo. Essa irritação foi atribuída ao ácido acético liberado na hidrólise⁸⁹.

O acetato do éter metílico do propilenoglicol não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira⁹¹ e não tem TLV proposto pela ACGIH². A AIHA⁴ propõe 540 mg/m³ como WEEL para o composto.

1.5.5. HIDROCARBONETOS.

Os hidrocarbonetos aromáticos são amplamente utilizados em misturas solventes para aplicações em tintas. Particularmente o tolueno e os xilenos são os solventes mais freqüentemente encontrados nestas formulações.

A tabela 6 mostra características físico-químicas e a toxicidade aguda do etilbenzeno, xilenos, tolueno, benzeno e hexano.

TABELA 6: Características físico-químicas e toxicidade aguda de hidrocarbonetos

HIDROCARBONETO	P.Molec.	D (g/mL)	P.vapor (torr)	Limiar odor	DL50 ^C
etilbenzeno	106,16	0,863 ^A	7,1 ^B	2 mg/m ³	3,5
xilenos	106,16	0,808 ^B -orto	6,8 ^A - orto		3,5 a 8,6
		0,864 ^B -meta	8,3 ^A - meta		
		0,861 ^B -para	8,9 ^A -para		
tolueno	92,13	0,867 ^B	21,9 ^B	9,4 mg/m ³	2,6 a 7,5
benzeno	78,11	0,880 ^B	75,0 ^B	3,8 mg/m ³	3,3
hexano	86,1	0,660 ^B	124 ^B	460 mg/m ³	2,9

A = a 25°C B= a 20°C C= em g/Kg. oral, ratos.
FONTE: Referências 2 e 75.

1.5.5.1. Etilbenzeno (CAS 100-41-4)

O etilbenzeno ou etilbenzol é um líquido incolor, com odor aromático, pouco solúvel na água (14 mg% a 15°C) e miscível com álcool e éter. É empregado como solvente na indústria de borracha e plástico e é intermediário na síntese do estireno. Está presente no xileno de uso industrial, representando cerca de 20%. Os vapores têm densidade 3,7 vezes maior que o ar². A exposição ao etilbenzeno isolado é pouco comum, dado que freqüentemente está presente com outros solventes ².

A aplicação repetida por duas a quatro semanas, 10 a 20 aplicações no periodo, na orelha e abdome depilados de coelhos, provoca eritema, edema e narcose superficial. A despeito da similaridade química com o benzeno, os estudos de toxicidade a médio e longo prazo não apontaram qualquer sinal de toxicidade na hematopoiese ².

Em humanos o etilbenzeno é biotransformado a ácido mandélico (64%), fenilgloxílico (25%) e 1-feniletanol. Apenas traços de etilbenzeno é eliminado pelo ar exalado ^{2, 23}.

A exposição humana a 868 mg/m³ produz irritação ocular transitória. À 4,34 g/m³ a irritação produz profuso lacrimejamento, mas desenvolve-se tolerância rapidamente. À 8,68 g/m³ a irritação ocular é severa, acompanhada por moderada irritação nasal, constrição do peito e vertigem ^{2, 23}.

Em estudo com 12 trabalhadores expostos ao máximo de 61 mg/m³ foram apontadas queixas de cefaléia, irritabilidade, rápida fadiga e distúrbios funcionais do sistema nervoso central, nos expostos por mais de 7 anos ².

A ACGIH recomenda 434 mg/m³ como TLV-TWA e 543 mg/m³ como STEL, para a prevenção de irritação das mucosas e da pele. Considera que o etilbenzeno não é tóxico ao sistema hematopoiético e que não poderiam ser esperados efeitos sistêmicos nas concentrações que produzem irritação. A OSHA estabelece 434 mg/m³ como PEL-TWA e considera que exposições

acima deste limite, mesmo que breves, estão associadas a risco significativo de irritação ².

A Legislação Brasileira adota o valor de 340 mg/m³ como Limite de Tolerância para o etilbenzeno⁹¹.

1.5.5.2. Xilenos (1,2-dimetilbenzeno, CAS 95-47-6; 1,3-dimetilbenzeno, CAS 108-38-3 e 1,4-dimetilbenzeno, CAS 106-42-3)

Os sinônimos mais freqüentes dos xilenos são xilol (produto comercial, no Brasil), metil-tolueno, e dimetilbenzeno e são geralmente encontrados como mistura dos isômeros orto, meta e para. A mistura é um líquido incolor de odor característico de hidrocarboneto aromático, insolúvel na água e miscível com os solventes orgânicos, inclusive com álcool e éter. Os xilenos estão presentes na gasolina e são extensivamente usados como solvente em tintas e colas, além de serem matéria-prima em síntese orgânica, empregados como isômeros puros ².

É importante reconhecer que os primeiros trabalhos científicos foram produzidos com os xilenos em grau técnico que podia conter quantidades apreciáveis de benzeno. Esse fato deve ser o responsável pela toxicidade para a hematopoiese, historicamente descrita em animais e humanos. A experiência em higiene industrial confirma que os xilenos não são mielotóxicos e em muitos casos de doença do sangue associada ao xilenos, a presença do benzeno como impureza é fator de confusão ².

Em humanos, há descrição de exposição excessiva com óbito provocado por congestão, edema, hemorragia alveolar e focal nos pulmões. Nas exposições ocupacionais as queixas descritas são de cefaléia, fadiga, apatia, irritabilidade e distúrbios gastrintestinais (como, náusea, flatulência e anorexia) ²³.

Os xilenos deprimem o sistema nervoso central, reduzem a vigilância e o equilíbrio corpóreo. Experimentos em humanos mostram que os efeitos decorrentes da depressão desaparecem ao longo de 5 dias de exposição e são novamente discerníveis no início da nova semana de trabalho, sugerindo o desenvolvimento de tolerância ¹¹³.

Estudo com pintores de automóveis, operários da fabricação de tintas e da produção de xilenos, sugere que podem haver efeitos adversos crônicos para o sistema nervoso central ¹¹³.

Exposição experimental a 304 mg/m³, por 4 horas, não provoca alterações do desempenho em testes de tempo de reação e memória recente. A 434 mg/m³ por 5 a 6 horas ocorrem alterações na coordenação manual, no tempo de reação e ligeira ataxia ². Exposição a 868 mg/m³ é irritante para os olhos e trato respiratório superior²³.

Os xilenos absorvidos pelo homem são excretados inalterados em quantidades negligíveis pela urina e, pelo ar exalado, a excreção é de 4 a 5% da dose ⁹. A maior parte é oxidada a metilbenzil-álcoois e, a seguir, a ácidos metilbenzóicos que são conjugados com a glicina para formar

os ácidos metil-hipúricos, via que pode representar 99% do absorvido (caso do m-xileno). A hidroxilação aromática, formando xilenóis ou dimetilfenóis, pode representar 2% (forma meta). A excreção urinária de ácido metil-benzóico, livre ou conjugado com sulfato ou glicuronídeo, também representa parcela ínfima (máximo de 1%) dos produtos de biotransformação ².

A ACGIH recomenda o TLV-TWA de 434 mg/m³ e STEL de 651 mg/m³ e considera que, a esses níveis de exposição, os efeitos irritantes seriam mínimos e que não deve ocorrer narcose ou danos crônicos devidos à exposição ocupacional. A OSHA adota os mesmos valores para o PEL, considerando-os suficientes para proteção à narcose e irritação ².

A Legislação Brasileira adota o valor de 340 mg/m³ como Limite de Tolerância para os xilenos, assinalando absorção pela pele⁹¹.

1.5.5.3. Tolueno (CAS 108-88-3)

Os sinônimos freqüentes do tolueno são toluol (produto comercial, no Brasil) e metilbenzeno. É um líquido incolor, inflamável, com odor característico dos aromáticos, miscível com os solventes orgânicos comuns e pouco solúvel em água (0,8 g/100 mL a 20°C). É usado principalmente como solvente em tintas e em formulações de adesivos, borrachas, óleos, resinas, e corantes. Como matéria prima é usado para produção do 2,4,6-trinitrotolueno, ácido benzóico, tolueno-diisocianato, etc. Está presente em grande número de produtos de uso domiciliar, como produtos de limpeza, aerossóis e inibidores de ferrugem, que podem conter até 12% de tolueno ².

Por contato direto é irritante ocular. A exposição de ratos a concentrações de 5,3 a 7,5 g/m³ por 8 horas/dia, durante 3 dias, provoca perda reversível de audição nas altas freqüências. Por injeção subcutânea de 1,5 a 1,7 g/Kg/dia, ocorre perda de células ciliadas da cóclea em roedores ².

Doses orais de 0,3 a 1,0 mL/Kg a camundongas prenhes, nos dias 6 a 15 de gestação, provoca mortes embrionárias e redução de peso fetal. Em ratas, por via respiratória, a concentração de 1500 mg/m³, 24 horas/dia, do 1º ao 8º dia de gestação, provoca redução de peso fetal e retardo de ossificação do esqueleto, e são letais para alguns animais ².

O tolueno é rapidamente absorvido por via respiratória, sendo detectado no sangue 10 segundos após a exposição ⁷. É biotransformado por oxidação a ácido benzóico e posterior conjugação com a glicina, produzindo ácido hipúrico, que representa 62 a 72% do tolueno absorvido. Pequenas quantidades de o-cresol (0,12 a 0,43%) e p-cresol são eliminados na urina como derivados glicurônicos ou sulfatos, representando 1,1 a 1,5% e 1,7 a 2,8%, respectivamente, do total dos produtos de biotransformação. ^{2,6,10,140}.

O uso abusivo ou exposições a altas concentrações estão claramente associados com encefalopatia, cefaléia, depressão, disfunção da coordenação motora, perda transitória da memória e

alterações do tempo de reação ⁷.

Estudo epidemiológico com 181 trabalhadores expostos a tolueno, em gráficas, concluiu que o solvente não intensifica a ação do álcool sobre as enzimas alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase e gama-glutamilttransferase ¹⁷.

A exposição crônica ao tolueno não causa os danos característicos do benzeno à medula óssea. A exposição crônica ao tolueno também não pode ser considerada causa de neuropatia periférica humana, mas a degeneração do sistema nervoso central é bem documentada em níveis sanguíneos superiores a 2,2 mg/100 mL ².

Concentrações de 377 a 754 mg/m³ têm sido associadas a cefaléia, irritação leve e transitória do trato respiratório superior ²³. Em exposições a 1,5 g/m³ ocorre irritação leve dos olhos, hilaridade e náusea, e a 3,0 g/m³ é rapidamente irritante para os olhos e trato respiratório, com coriza, ataxia, sonolência e fraqueza ².

A dependência ao tolueno pode decorrer de uso abusivo ou da exposição ocupacional. O abuso está associado com atrofia cerebelar e cortical, convulsões, atrofia ocular bilateral com redução da percepção de cores e do campo visual e mesmo cegueira, nistagmo, perda auditiva progressiva e demência ². Trabalhadores expostos a tolueno têm desempenho deficiente em testes das habilidades cognitivas e visuais ^{7, 57}.

A ACGIH recomenda 188 mg/m³ como TLV-TWA, com notação pele, para o tolueno. A revisão de 1992 considerou os relatos de alteração de performance do sistema nervoso central para exposições de 151 mg/m³ ou maiores, embora conflitantes, e os estudos controlados que apontam que exposições a 88, 283 ou 377 mg/m³ de tolueno, por 4 a 6 horas, estão relacionadas com irritação e cefaléia. É enfatizado que a proteção desse valor TLV para usuários de álcool é desconhecida. A OSHA adota o PEL-TWA de 377 e 565 mg/m³ como STEL, para proteção contra a hepatotoxicidade e efeitos no sistema nervoso central e comportamentais ².

A Legislação Brasileira adota o valor de 290 mg/m³ como Limite de Tolerância para o tolueno, assinalando absorção pela pele⁹¹.

1.5.5.4. Benzeno (CAS 71-43-2)

Embora o benzeno já tenha sido um solvente importante para a fabricação de tintas e removedores, hoje não é mais usado com esta finalidade. O benzeno produzido na destilação do petróleo e do carvão mineral (produção do coque siderúrgico), é utilizado principalmente como matéria-prima na indústria de síntese orgânica e de plásticos. Pode ser encontrado na gasolina em quantidades desde traços até 30% em alguns países ².

A exposição ao benzeno em altas concentrações produz narcose. A inalação de 64 g/m³ é fatal para humanos em poucos minutos ⁷⁰.

Além de depressor do sistema nervoso central o benzeno é uma substância mielotóxica, conhecido por inibir a proliferação celular na medula óssea e induzir distúrbios hematológicos em humanos e animais. Os sinais da anemia aplástica induzida pelo benzeno incluem leucopenia, anemia, trombocitopenia (pancitopenia) ⁵.

A associação do benzeno à mielotoxicidade é antiga, com mais de 140 mortes descritas até 1959. Porém, a associação da atividade carcinogênica a concentrações relativamente baixas no ambiente de trabalho só foi reconhecida na década de 80 ².

A avaliação de risco utilizada pela ACGIH para proposição do TLV-TWA é baseada em dados humanos que, segundo a instituição, apontam que a exposição a 32 mg/m³ estaria associada a risco de leucemia semelhante ao de trabalhadores não expostos a benzeno ². O valor TLV-TWA, 32 mg/m³- A2 está sendo revisado pela ACGIH e consta da lista de mudanças pretendidas o valor 0,96 mg/m³, com classificação A1 (substância com ação carcinogênica confirmada no homem)³.

Na Legislação Brasileira o benzeno figura entre as substâncias cancerígenas, para as quais não deve ser permitida nenhuma exposição ou contato, por qualquer via. Ainda, a partir de 1º de janeiro de 1997, estará proibido o uso do benzeno, exceto nas indústrias e laboratórios que o produzem, utilizem-no em processos de síntese ou análise em que não possa ser substituído, na produção de álcool anidro, ou o empreguem em combustíveis derivados do petróleo ⁹³.

A monitorização ambiental das exposições deve utilizar o Valor de Referência Tecnológico - Média Ponderada pelo Tempo (VRT-MPT), que se refere à concentração média de benzeno no ar ponderada pelo tempo, para jornada de 8 horas, considerada tecnicamente exequível em negociação tripartite, e não está relacionada à saúde.

O VRT é proposto como referência para os programas de melhoria das condições ambientais de trabalho e deve ser obrigatoriamente cumprido. A norma estabelece dois valores:

- 3,19 mg/m³ para todas as empresas, exceto as que deverão substituir o benzeno a partir de 1/1/97 e as produtoras de álcool anidro;

-7,98 mg/m³ para as empresas siderúrgicas.

1.5.5.5. Hexano (n-hexano, CAS 110-54-3)

O hexano comercial contém de 20 a 80% de n-hexano e pequenas quantidades de ciclo-pentano, ciclohexano, pentano e heptano. É usado como solvente de óleos, tintas e adesivos ².

A exposição ocupacional ao n-hexano em concentrações superiores a 1,7 g/m³ está associada a ocorrência de polineuropatias sensório-motoras. Os sinais clínicos incluem parestesia distal, fraqueza muscular, visão turva, cefaléia e fadiga ²³.

O desenvolvimento da neuropatia está associado à produção endógena de 2,5-

hexanodiona, principal produto da biotransformação do n-hexano pelo homem ⁵.

A ACGIH recomenda 176 mg/m³ como TLV-TWA para o n-hexano, assinalando que a coexposição a agentes indutores da biotransformação hepática oxidativa pode abreviar o desenvolvimento da neuropatia. O mesmo valor é adotado pela OSHA como PEL-TWA, que considera que essa concentração reduz o risco potencial de ocorrência de neuropatias associadas à exposição ².

O n-hexano não está entre os agentes listados no quadro nº 1 - anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15, que trata dos Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, na Legislação Brasileira ⁹¹.

1.6. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AOS SOLVENTES

A avaliação, idealmente, é uma atividade que deve ser repetida no tempo, constituindo o que se chama monitorização. A seguir são apresentadas as definições de monitorização em Saúde Ocupacional, apontadas no seminário "Assessment of Toxic Agents at the Workplace", organizado pela Comissão of European Communities (CEC), National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) e Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ¹⁶.

"Monitorização pode ser definida como atividade sistemática, contínua ou repetitiva, relacionada à saúde, com propósito de conduzir, se necessário, a ações corretivas. Três tipos de monitorização podem ser definidos: Ambiental, Biológica e Vigilância em Saúde.

Monitorização Ambiental é a medição e avaliação de agentes no ambiente, para estimar exposição ambiental e o risco à saúde, por comparação com referências apropriadas.

Monitorização Biológica é a medição e avaliação dos agentes químicos ou seus produtos de biotransformação em tecidos, secreções, ar exalado ou qualquer combinação destes para estimar exposição e risco à saúde, por comparação com uma referência apropriada.

Vigilância em Saúde é o exame médico-fisiológico periódico dos trabalhadores expostos, com o objetivo de proteger a saúde e prevenir doenças ocupacionais. A detecção da doença instalada está fora do escopo desta definição."

As definições de monitorização biológica e de vigilância em Saúde constituem componentes distintos de um contínuo, que pode variar da medida da concentração do agente no organismo até os efeitos adversos reversíveis.

A monitorização está prevista na Legislação Brasileira, inclusive para verificação das medidas de controle da exposição⁹²: "Para o monitoramento da exposição dos trabalhadores e das medidas de controle, deve ser realizada uma avaliação sistemática e repetitiva da exposição a um dado risco, visando a introdução ou modificação das medidas de controle sempre que necessário".

1.6.1. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A avaliação ambiental têm como requisito a medição do agente no ambiente. Por sua vez, a medição requer uma estratégia de amostragem que depende de uma fase preliminar de reconhecimento³⁰.

1.6.1.1. RECONHECIMENTO DAS OFICINAS

O ambiente das oficinas de funilaria e pintura é bastante diversificado fisicamente, variando de simples coberturas abertas em todas as faces até "cabinas" com sistema de ventilação forçada.

O tempo de pintura, em que o pintor efetivamente está aplicando tinta, é também muito variado, tanto em duração quanto em frequência, diferindo portanto de uma linha de produção industrial. Em uma oficina é comum que, além de pintar, o mesmo profissional se envolva em diversas etapas de preparação, como funilaria, lixamento, aplicação de "fundos" e massas de reparação.

Um dos fatores fundamentais para a qualidade do acabamento em pintura de automóveis é a condição climática, particularmente a temperatura e a umidade, que influenciam o resultado final. A utilização de estufas com painéis de lâmpadas de alta potência, como fonte de calor, vem ao encontro dessa necessidade, e é fator diferencial entre oficinas.

Em algumas destas estufas, o cuidado com a remoção dos vapores de solvente não é proporcional àquele com o acabamento da pintura, podendo ser um fator agravante para a absorção de solventes.

Idealmente deve-se ter uma cabina de pintura com exaustão adequada e estufa de secagem também com ventilação adequada.

O uso de máscaras como proteção respiratória durante o trabalho é pouco frequente e, nas poucas oficinas onde é notado constitui-se, na maioria das vezes, em equipamento inadequado.

1.6.1.2. MEDIÇÃO

A coleta e análise de solventes no ar ambiente necessita de técnicas e equipamentos específicos. O meio de coleta mais amplamente difundido é o carvão de casca de coco, adequadamente tamizado, tratado e acondicionado em dois tipos fundamentais de suporte: para coleta passiva e para coleta ativa ou bombeada.

A coleta passiva é feita através de uma camada de carvão ativo, que é exposta ao ambiente através de seu posicionamento na zona respiratória do trabalhador, durante um dado período. Após a exposição, o material é dessorvido em laboratório e analisado, sendo as concentrações resultantes associadas ao ar ambiente por equações que consideram parâmetros como a cinética de adsorção e dessorção, superfície e profundidade do amostrador, características de movimento do

ar ambiente, entre outras ⁹⁴.

Esses fatores são reunidos em um número, a taxa de amostragem ("sampling rate"). Esse valor, associado ao tempo de exposição do amostrador e à massa coletada, permite o cálculo da concentração, de acordo com a seguinte equação ¹⁰⁶.

$$\text{CONCENTRAÇÃO} = \text{massa coletada} / (\text{taxa de amostragem} \times \text{tempo})$$

Para a coleta ativa, são construídos tubos de coleta em vidro, contendo geralmente duas porções de carvão analogamente preparadas e separadas entre si e das extremidades por oclusores permeáveis de espuma de poliuretano e/ou de lã de vidro silanizada. O primeiro segmento de carvão, maior, recebe um fluxo controlado de ar ambiente, propiciado por uma pequena bomba aspirante, e retém os vapores por adsorção. O segundo, com menor massa, funciona como indicador de saturação do primeiro e portanto de necessidade de nova amostragem ⁹⁷.

Após a amostragem, o tubo é levado ao laboratório para análise, que é feita por cromatografia em fase gasosa, com detecção por ionização de chama, em uma alíquota do líquido de desorção. Os resultados são expressos em função do volume de ar amostrado.

O procedimento foi proposto por Otterson & Guy, em 1964 ¹³⁵, e o tubo de carvão com 100/50 mg (camada analítica/camada posterior), para controle de saturação, foi proposto por Kuppel & White, em 1971 ¹¹⁶. Desde então, tem sido extensivamente aplicado e recomendado ^{39, 128}.

Para a quantificação dos solventes no ar é necessário determinar a eficiência de dessorção, definida como "uma medida do quanto uma substância pode ser recuperada de um tubo de coleta e será determinada a 0,5; 1 e 1,5 vezes a concentração alvo, baseada no volume recomendado para coleta de ar, sendo expressa como porcentagem da substância adicionada ao tubo" ¹²⁸.

A determinação do coeficiente de dessorção é um procedimento laboratorial em que o solvente é introduzido na camada analítica do carvão contido no amostrador, que é analisado através do mesmo procedimento a ser utilizado para as amostras.

O coeficiente de dessorção é influenciado por diversos fatores que lhe condicionam a variabilidade, entre eles:

- a massa de vapor coletada (carga), que não é linear e afeta principalmente os solventes polares ^{103,108,116}.

- o volume do líquido de dessorção, que condiciona recuperação inversamente proporcional à massa coletada para os solventes apolares ^{108,116}.

- a composição da mistura solvente coletada ^{95,108,115}.

As misturas multicomponentes influenciam de duas maneiras ¹¹⁵.

- na coleta, um solvente com mais afinidade para com o carvão pode deslocar vapores

com menos afinidade e, dependendo da quantidade coletada, pode haver perda da amostra.

- na dessorção, a recuperação de compostos individuais é aumentada na presença de misturas de solventes que podem competir pelo mesmo sítio de adsorção.

Em uma mistura, os componentes majoritários não são influenciados pelos minoritários. No caso contrário, a recuperação é grandemente influenciada e podem ocorrer grandes desvios se a avaliação for baseada nos dados de dessorção dos componentes isolados. Portanto, o uso de modelos multicomponentes melhora significativamente a precisão dos resultados ¹¹⁵.

As variações nos métodos propostos para determinação do coeficiente de dessorção ocorrem quanto à forma de introduzir o solvente para ser adsorvido. Entre eles, mencionamos:

a. Atmosfera dinâmica ⁶⁸

Em uma câmara dotada de “portas” para a amostragem, é insuflado o vapor em estudo e um fluxo contínuo de ar limpo, controlados e pré-misturados, de forma a produzir uma concentração constante no interior do continente, que é continuamente monitorizada. O dimensionamento destes fluxos permite a obtenção da concentração desejada. É também possível a simulação de uma determinada umidade relativa do ar, fazendo com que o fluxo de diluição, no todo ou em parte, passe através de uma pré-câmara de saturação.

A adsorção é feita coletando-se volumes desta atmosfera através de orifícios críticos ou de bombas de coleta com controle de fluxo.

b. Injeção direta ⁸¹

Trata-se de injeção, com microseringa, de volumes determinados do solvente, diretamente sobre o carvão contido no tubo. Após um período de 12 horas em temperatura ambiente, considera-se que o solvente tenha sido adsorvido.

c. Injeção de soluções dos solventes ⁶⁸

Trata-se de uma variante do procedimento de injeção direta em que a injeção de soluções do solvente visa reduzir erros de injeção de pequenos volumes.

d. Equilíbrio de fases ³⁴

Baseia-se na tese de que o equilíbrio das concentrações do solvente presente no líquido de dessorção e no adsorvente seja o mesmo, tanto quando primeiro se adsorve para depois dessorve-lo, como quando se coloca o adsorvente na solução do solvente em teste.

Na técnica, o solvente é diluído no líquido de dessorção e a solução resultante é resfriada, adicionando-se então o adsorvente. Após determinado tempo à temperatura ambiente, considera-se que o equilíbrio entre as fases tenha sido estabelecido.

e. Variantes da injeção direta

Trata-se da injeção do solvente em um “dispositivo” de onde ele é espontaneamente evaporado. Tal dispositivo é conectado ao meio de coleta montado em uma bomba amostradora, de

forma que o conjunto fique em posição vertical.

Em 1977, Lowel White ¹¹⁶ propôs a utilização de um tubo vertical contendo o carvão e, abaixo deste, uma porção de lã de vidro onde se depositava o solvente. A técnica foi sugerida como forma de promover a adsorção do estado de vapor, como ocorre na amostragem.

Recentemente, Thomas & Cohen ¹²² propuseram um método simplificado para determinação do coeficiente de dessorção em tubos de carvão ativo. No processo proposto, o vapor é gerado injetando-se o solvente em uma membrana de filtro de fibra de vidro, montada sobre suporte em um cassete de face fechada, acoplado ao tubo de coleta. O conjunto é conectado à uma bomba em funcionamento que aspira os vapores para o adsorvente. São dessorvidas as porções analítica e de controle do carvão, a membrana de filtro e o suporte.

1.6.1.3. COMPARAÇÃO

A referência para comparação das medições ambientais é o Limite de Tolerância para Exposição a Agentes Químicos na Legislação Brasileira ⁹¹ ou os "Valores Limiares Limites" (Threshold Limit Values) da "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" ³, com a devida consideração aos seus critérios de aplicação.

1.6.2. AVALIAÇÃO BIOLÓGICA

A avaliação biológica é realizada em duas abordagens: através dos indicadores de dose interna e dos indicadores de efeito.

Esses parâmetros, nos indivíduos expostos, terão um limite máximo acima do qual a exposição é considerada excessiva, e um limite inferior ou valor de referência, acima do qual considera-se que a exposição é superior à condicionada pelo ambiente em que vive a população de que provém os expostos.

Os limites superiores são estabelecidos com base na ligação entre o nível biológico e o efeito à saúde resultante da exposição ocupacional a um agente químico, e na relação entre o nível biológico e a concentração permitida no local de trabalho ³⁷.

Os valores de referência, idealmente, devem ser obtidos em estudo epidemiológico descritivo da população de que provém o trabalhador, não exposta diretamente ao agente por razões de trabalho ²⁷.

1.6.2.1. AVALIAÇÃO DA DOSE INTERNA

Para os solventes, genericamente, a dose interna pode ser avaliada pela determinação de suas concentrações no sangue, no ar exalado, na urina, ou ainda, através dos produtos de biotransformação urinários ^{39,46,50,67,71}. O ar exalado, como amostra para biomonitorização, apresenta as vantagens de não ser invasivo, utilizar um método geral aplicável a vários compostos, e

de ser uma amostra menos complexa do que o sangue ou a urina. Apesar de toda pesquisa sobre o tema, o uso é pouco freqüente, exceto para o etanol. Isso se deve a dois fatores ³⁶:

1- Falta base de dados para interpretação. Embora a cinética de vários compostos seja conhecida, as relações entre concentração e exposição não é clara, especialmente em ambientes com flutuações das concentrações, como o ocupacional. Além disso, a magnitude, origem e significado das variações individuais tem sido estudada apenas raramente.

2- Falta de metodologia. As medições no ar exalado em voluntários, no laboratório, é bem compreendida e controlada. Métodos de campo simples e exeqüíveis são raros, especialmente para rotina.

As determinações de hexano, benzeno, tolueno e etilbenzeno no ar exalado têm sido indicadas para biomonitorização das respectivas exposições ocupacionais ^{19, 20, 21, 22}, porém com a advertência para as dificuldades de interpretação quantitativa ^{3, 73}.

A determinação de solventes no sangue também requer rigorosa consideração para com a toxicocinética da substância, na avaliação biológica da exposição.

Há indicação do uso do sangue como amostra para determinação de hexano, benzeno, tolueno e xilenos ^{19, 20, 21, 22, 73, 99}. A ACGIH indica a biomonitorização da exposição ao tolueno através de sua determinação no sangue, assinalando entretanto, seu caráter semi-quantitativo ².

É também proposta determinação de solventes na urina. Há indicação de que a concentração urinária de solventes, após 4 horas de exposição, têm correlação satisfatória com a média ponderada pelo tempo das concentrações no ambiente ⁵⁰

A determinação da metilisobutilcetona e da metiletilcetona inalteradas, na urina, é recomendada para a monitorização das respectivas exposições ocupacionais ^{3, 73}.

Devido às baixas concentrações dos solventes nos fluidos biológicos, a instrumentação necessária à sua quantificação é pouco acessível devido ao alto custo de implantação e operacional. Trata-se da cromatografia em fase gasosa acoplada a detector de massa e com sistema de injeção conhecido por "head space" (espaço de cabeça).

Em algumas situações pode ser utilizada a detecção por ionização de chama. A análise é realizada através de um dispositivo de pré-concentração do solvente presente na amostra, em um processo automatizado denominado "purge and trap". Nesse sistema, o solvente é "eluído" do espaço aéreo de um recipiente fechado, que contém a amostra, e adsorvido em um tubo de pré-concentração, geralmente com carvão ativado. Após a concentração em condições devidamente padronizadas, o tubo é dessorvido térmicamente sob a corrente de gás de arraste e o conteúdo é levado à análise cromatográfica.

A avaliação através dos produtos de biotransformação é possível com instrumentação mais simples e disponível para alguns dos solventes de nosso interesse, como o tolueno (ácido

hipúrico urinário) e xilenos (ácido metil-hipúrico urinário).

Os indicadores biológicos de exposição a solventes são caracterizados por alta variabilidade, que pode ser devida tanto a flutuações da exposição quanto a diferenças individuais entre os trabalhadores, como a de carga de trabalho, de massa corpórea e das funções hepática e renal ³⁸.

1.6.2.2. AVALIAÇÃO DE EFEITOS

A avaliação de efeitos tem uma abordagem mais complexa. A neurotoxicidade produzida pelas misturas solventes tem sido avaliada por exames clínico-neurológicos, psicométricos, eletrofisiológicos e por técnicas de diagnóstico por imagem ^{7, 124}.

Portanto, uma avaliação quantitativa e completa de efeitos só poderia ser realizada por um grupo multidisciplinar e dotado de razoável infra-estrutura material.

Em 1980 Hogstedt e cols.⁵⁹ propuseram uma avaliação qualitativa destes efeitos que têm sido utilizada até o presente ^{118, 124}.

Tal avaliação utiliza um questionário padronizado, denominado Q16, que aborda em 16 questões fechadas, sintomas agrupados em duas categorias: psicológicos (10 questões) e neurovegetativos (6 questões). Os autores propõem a sua utilização na triagem de desordens psico-orgânicas, com base no número de sintomas do percentil 90 de um grupo de referência, e sugerem que homens com idade inferior a 28 anos com mais de quatro sintomas e mais velhos com mais de 6 sintomas devem ser clinicamente avaliados.

1.7. EXPOSIÇÃO DE PINTORES A SOLVENTES E MATERIAL PARTICULADO

Cerca de 40% do total de solventes produzidos nos Estados Unidos da América, como na Europa, são destinados à fabricação dos chamados produtos para revestimento, onde se incluem as diversas tintas ¹⁰⁵.

Embora entre nós essa proporção possa ser diferente, dados da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI) apontam que, no Brasil, em 1995, foram produzidos 40 milhões de litros de tinta destinada à repintura, superando os 28 milhões de litros produzidos para as montadoras de veículos. Para 1996, a expectativa dos fabricantes é de alcançar 43 milhões de litros destinados às repinturas ⁴⁸.

Cabe salientar que, de acordo com os pintores, para cada litro de tinta utilizada em repintura é consumido, em média, um litro de tiner em operações de limpeza e para diluições.

Há uma tendência ao uso de materiais mais seguros, ou "não solventes". Apesar disto, o consumo não deverá ser muito alterado nos próximos anos, dado que sua substituição é um processo difícil e complexo, portanto, com uma velocidade correspondentemente lenta ¹⁰⁵.

A exposição ocupacional excessiva a solventes tende a ocorrer mais frequentemente entre os usuários finais de produtos que os contenham, como nas operações de pintura a revólver.

A repintura é um trabalho essencialmente artesanal em que praticamente todo o solvente usado, tanto nas tintas e sua diluição como nas etapas de preparação da pintura, tem seu destino final na atmosfera.

Como se observa, a repintura detém potencial para expor o trabalhador a uma variedade de agentes químicos prejudiciais à saúde, entre os quais os solventes orgânicos têm papel qualitativo e quantitativamente importante. Embora o tempo de pintura represente apenas parte da jornada de trabalho do pintor ocupado em repintura automotiva, a diversidade dos solventes e dos ambientes em que a operação é executada justificam a hipótese de que a exposição ocupacional possa ser excessiva.

Além disso, o processo gera razoável quantidade de material particulado. Em um processo de pintura automotiva estudado por Brosseau e cols.¹⁸, foi observado que as partículas geradas na aplicação da tinta têm tamanho aerodinâmico com média geométrica entre 20 e 40 μm (desvio padrão geométrico entre 2 e 3). A aplicação de verniz gera partículas ainda maiores, com média geométrica acima de 50 μm , e com maior dispersão de tamanho (desvio padrão geométrico >3).

O tamanho aerodinâmico médio das partículas para as lacas e esmaltes foi descrito como sendo de 5,7 e 6,4 μm , respectivamente, e com um desvio padrão de 3,4⁶⁵.

De acordo com os estudos de Lippman e cols.⁸⁰, a distribuição dos locais de deposição de partículas inaladas no trato respiratório é fortemente dependente do tamanho aerodinâmico das mesmas.

A ACGIH³ estuda adotar PSS-TLVs (Particle Size-Selective TLVs) para o material particulado, diferenciados em função do tamanho aerodinâmico das partículas, o que já é feito para a sílica cristalina. Estes estudos visam definir qual a fração de tamanho mais estreitamente associada com o efeito à saúde, para cada substância, e qual a massa, dentro desta fração de tamanho, que poderia representar o TLV. As categorias propostas são 3:

- Inhalable Particle Mass TLVs (IPM-TLVs), para aqueles materiais que são perigosos quando depositados em qualquer local no trato respiratório;
- Thoracic Particle Mass TLVs (TPM-TLVs), para aqueles materiais perigosos quando depositados em qualquer local dentro das vias aéreas pulmonares e região de trocas gasosas;
- Repirable Particulate Mass TLVs (RPM-TLVs), para aqueles materiais perigosos quando depositados na região de trocas gasosas.

As relações entre os diversos tamanhos de partículas e cada uma das frações de massa são apresentadas na tabela 7.

TABELA 7: Diâmetro aerodinâmico de materiais particulados e respectivas porcentagens de massa inalável, torácica e respirável

DIÂMETRO AERO-DINÂMICO (μm)	PORCENTAGEM DE MASSA DO PARTICULADO		
	% INALÁVEL	% TORÁCICA	% RESPIRÁVEL
100	50		
50	52,5		
40	54,5		
30	58,0		
25		2,0	
20	65,0	6,0	
18		9,5	
16		15,0	
14		23,0	
12		35,0	
10	77,0	50,0	1,0
8		67,0	5,0
7			9,0
6		80,5	17,0
5	87,0		30,0
4		89,0	50,0
3			74,0
2	94,0	94,0	91,0
1	97,0		97,0
0	100,0	100,0	100,0

Fonte: ACGIH³

Na literatura científica nacional a que tivemos acesso, não foi possível identificar estudos de exposição a solvente e/ou material particulado em oficinas de repintura. Na literatura internacional, tais estudos são também escassos.

O número de profissionais expostos, nesta atividade, não pode ser facilmente determinado uma vez que, em muitos casos, a profissão é exercida informalmente, conforme pudemos constatar na cidade de Araraquara-S.P. A oferta do serviço, bastante comum, e o volume de tintas produzido para essa finalidade parecem boas indicações de que esse número pode ser importante.

2. OBJETIVOS

Tendo em vista a importância da repintura como atividade potencialmente causadora de desgaste à saúde do trabalhador, foi elaborada a presente tese com os seguintes objetivos:

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a exposição ocupacional a solventes e a material particulado em operações de repintura de veículos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Padronizar um método de avaliação ambiental para estimar a exposição profissional a solventes, nas condições de exposição determinadas pela repintura de veículos;
- b) Identificar os solventes aos quais os pintores estão expostos
- c) Estimar a magnitude da exposição a solventes
- d) Avaliar a utilização da determinação dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico na urina como Indicadores Biológicos de Exposição aos solventes;
- e) Avaliar a exposição profissional ao material particulado gerado pela aplicação da tinta com o revólver de pintura;
- f) Identificar possíveis evidências de neurotoxicidade, e outros danos à saúde, através de questionário abordando queixas relacionadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. POPULAÇÃO ESTUDADA

3.1.1. Grupo Exposto:- Pintores

Através do setor tributário da Prefeitura Municipal de Araraquara, foram identificadas as oficinas registradas naquele órgão com menção da atividade de pintura de veículos, para composição do grupo de pintores. À medida em que se iniciaram os contatos com as oficinas registradas, outras foram agregadas à lista inicial, totalizando 43 oficinas.

3.1.1.1. Visita prévia

Todas as oficinas foram visitadas e formulado o convite para participação no projeto, sendo explicada a proposta de trabalho diretamente a cada pintor ou dirigente da empresa. Vários dirigentes de empresa não concordaram, em alguns casos sequer aceitando falar sobre o assunto; outros concordaram, porém não agendaram a coleta. Quanto aos pintores, apenas um recusou-se a participar.

Em todos os casos, além dos procedimentos de coleta de amostra e objetivos da pesquisa foi explicitado que:

- não haveria custos para a empresa, por se tratar de estudo patrocinado pela Universidade
- os resultados individuais obtidos seriam entregues à empresa e aos trabalhadores amostrados e a interpretação dos mesmos teria toda colaboração técnica ao alcance.
- a publicação dos resultados não identificaria as pessoas ou empresas participantes.

Cada oficina foi observada “in loco”, colhendo-se as informações para planejamento da amostragem:

- elaboração de croqui da área da oficina com locação da atividade de pintura, quando em local determinado
- anotação das características da área: se confinada, aberta, ventilação forçada, natural e volume quando em espaço confinado.
- número de pintores em atividade no local, nome, tempo de profissão, vínculo com a empresa e frequência de pintura
- forma de contato para agendamento da coleta

Das 43 oficinas visitadas 6 eram de propriedade de concessionárias autorizadas de montadoras de automóveis e/ou caminhões e 3 pertenciam a empresas de ônibus. Das 34 restantes, 12 eram estabelecimentos pequenos, geralmente instalados precariamente nos fundos da residência do proprietário ou em barracões modestos na periferia da cidade.

Das oficinas visitadas, excetuando-se as concessionárias, apenas uma operava com plena capacidade, por atender a veículos sinistrados e cobertos por seguro de diversas companhias seguradoras.

Em todas as demais, sempre foi ouvida a queixa de grande queda na demanda por serviço e, em geral, tal queda foi atribuída ao aumento da proporção do preço dos serviços e materiais utilizados na repintura em relação ao valor dos veículos. Como exemplo, era mencionado que uma repintura geral, com alguns reparos de funilaria, poderia ultrapassar 30% do valor comercial de um veículo com tempo de uso suficiente para necessitar de tal serviço.

Foi composto um grupo contendo 72 pintores com um espectro de frequência de exposição variando desde esporádica, em que o profissional executa também atividades de mecânico e funileiro, até muito frequente, onde a única atividade é a pintura e, havendo trabalho, a exposição é diária. As condições ambientais para o desempenho da atividade também mostraram grande variação, encontrando-se desde espaços confinados e com ventilação aparentemente inadequada, até simples coberturas com ventilação natural possível em qualquer direção. Foram amostrados 26 pintores, cujas características são apresentadas na Tabela 8.

TABELA 8: Uso de equipamento de proteção individual (EPI), idade, anos de profissão, horas/dia de trabalho declaradas, escolaridade e vínculo dos pintores com as oficinas em que trabalham.

PINTOR	EPI	IDADE	ANOS/PROF	ESCOLARIDADE	VÍNCULO	h/DIA
1		50	25	4ª série	autônomo	10
2		36	10	5ª série	autônomo	10
3		30	15	2º colegial	autônomo	8
4	+	26	12	8ª série	empregado	8
5	+	47	28	3ª série	autônomo	12
6		34	16	5ª série	autônomo	8
7	+	26	6	8ª série	empregado	10
8		25	7	8ª série	empregado	10
9		22	5	8ª série	autônomo	11
10		39	18	8ª série	proprietário	12
11		28	12	5ª série	empregado	8
12	+	34	18	8ª série	autônomo	8
13		55	29	5ª série	autônomo	9
14	+	44	19	3º colegial	proprietário	8
15		25	10	3º colegial	proprietário	10
16	+	33	15	8ª série	proprietário	8
17		32	6	6ª série	autônomo	12
18		35	20	8ª série	autônomo	10
19		28	10	5ª série	empregado	8
20		24	10	5ª série	autônomo	8
21	+	30	15	8ª série	empregado	8
22	+	30	15	8ª série	empregado	8
23	+	40	25	3º colegial	autônomo	10
24	+	30	10	4ª série	empregado	8
25	+	36	15	7ª série	empregado	8
26	+	30	9	7ª série	empregado	8

O EPI utilizado pelos pintores, assinalados na Tabela 7, corresponde a máscara ou respirador facial dotados de um ou dois elementos filtrantes. Nenhum dos pintores mantinha controle sobre o tempo de uso dos filtros.

Os pintores encontravam-se assim distribuídos pelas oficinas visitadas:-

- 10 pintores empregados em oficinas de empresas de ônibus, dos quais foi possível amostrar 4, que trabalhavam em uma mesma empresa. O local de trabalho dos pintores amostrados (números 22, 24, 25 e 26) constava de 2 barracões de 20X10 metros, cobertos com chapas onduladas sobre estrutura metálica, com pé direito de 6 a 8 metros (inclinado na menor extensão), abertos na face mais longa e com as demais dispostas de paredes até cerca de 4 metros de altura.
- 15 pintores trabalhando em concessionárias de carros e caminhões, dos quais não obtivemos nenhuma amostra
- 47 pintores ocupados em 34 oficinas diversas espalhadas pela cidade, entre os quais foram obtidas 22 amostras. O ambiente de trabalho para estes pintores é descrito a seguir.
- pintores 1 e 9: barracão com 3 faces fechadas, medindo 10X12 metros, com ventilação proporcionada por duas portas de acesso de 4X3 metros e pelo telhado, construído com telhas francesas, com pé direito de cerca de 5 metros. A pintura pode ser realizada em qualquer ponto do barracão, sendo utilizado, sempre que possível, o espaço próximo às portas.
- pintor 2: barracão com 3 faces fechadas, medindo 8X12 metros. Ventilação natural pela face aberta, na maior extensão, e pelo telhado, construído com telhas francesas com pé direito de cerca de 5 metros. O espaço preferencial para pintura é próximo ao ar livre, junto à face aberta.
- pintor 3: barracão aberto em todas as faces, medindo 8x12 metros
- pintor 4: barracão medindo 14x8 metros, fechado em 3 lados por alvenaria, com vão entre telhado e parede de cerca de 0,5 m.. Ventilação pela face aberta, de 12 metros, e pelo telhado.
- pintores 5,6,7 e 23: área de pintura confinada em cabine de alvenaria, de 5x8x3,5 metros, dotada de porta de entrada com telame permeável ao ar, de 3x2,5 metros, e de 2 exaustores de capacidade desconhecida, opostos à porta, a uma altura de 2 metros do piso da cabine. Na parede lateral direita, há uma porta comum de comunicação com o barracão, numa área onde localizam-se prateleiras com tintas e utensílios de pintura. Durante as coletas apenas um exaustor estava em funcionamento.

- pintor 8: barracão rudimentar, de 5x10 metros, aberto em 3 faces, sendo a fechada, de menor extensão, de frente para a rua. Telhado de fibrocimento sobre estrutura de madeira.
- pintor 10: barracão nos fundos de uma residência, a cerca de 6 metros desta, medindo 12 metros de frente, aberta, por 6 metros da frente ao fundo, fechado no fundo e nas laterais com alvenaria até 4 metros de altura, mais 0,5 metro de parede de elementos cerâmicos vazados.
- pintor 11: barracão fechado de 8x15 metros, com porta de entrada de 4x3 metros, na frente e à esquerda, e porta comum nos fundos, à direita, para uma área contígua. Dispõe de 8 janelas basculantes de 1,5x1 m, com vidros, na parede esquerda, colocadas a uma altura de cerca de 3 metros do piso . Cobertura de fibrocimento sobre estrutura metálica, com pé direito de cerca de 5 metros.
- pintor 12: área de pintura confinada em cabine de alvenaria, com 6x10x4 metros. A porta de acesso à cabine tem 6x4 metros e nos fundos, na parede esquerda, há uma porta comum para comunicação com o barracão. Na parede oposta à entrada principal localizam-se dois exaustores de capacidade desconhecida, colocados a 1,8 metros do piso da cabine. O ar é renovado a partir de 6 janelas laterais de 0,5x1,0 , dotadas de telame permeável ao ar.
- pintor 13: barracão de alvenaria fechado, sem janelas, irregular, medindo 8 metros de frente, 6 metros da frente ao fundo na lateral esquerda e 5 metros na direita. A frente dispõe de uma porta de cerca de 4 metros, a esquerda da qual localiza-se um exaustor de capacidade desconhecida, colocado a 1 metro do solo e com o fluxo dirigido para a rua. A parede direita tem uma porta comum para comunicação com outro barracão, onde executa-se o trabalho de funilaria. A pintura é realizada o mais próximo possível da porta para aproveitar a ventilação natural.
- pintor 14: barracão nos fundos de uma residência, com teto de zinco ondulado sobre estrutura metálica, medindo 9x5 metros, fechado em duas faces. A face dos fundos, com nove metros tem um vão de cerca de 30 centímetros com elementos cerâmicos vazados rentes ao teto.
- pintor 15: área de pintura semi-confinada, medindo 4x6x4 metros, em alvenaria e laje de concreto, com porta de acesso de 4x3 metros. A lateral direita tem duas janelas basculantes de 1,5x1, colocadas a 1,5 metro do piso, e mais adiante, um exaustor de capacidade desconhecida. A pintura é realizada com a porta de entrada aberta.
- pintor 16: área de pintura confinada, com teto de madeira, medindo 5 metros na

entrada e 3 nos fundos, dado que a parede esquerda faz ângulo menor de 90 graus com a entrada. O comprimento é de 6 metros e não há entradas de ar. Durante a pintura é colocado diante da porta aberta, um exaustor de capacidade ignorada, apoiado sobre um tambor metálico cilíndrico de 200 litros, com o fluxo dirigido para o barracão da oficina.

- pintor 17: barracão simples medindo 8 metros de frente por da frente aos fundos, com ventilação natural pela frente, pela lateral direita e pelo teto, feito de telhas francesas.

- pintor 18: barracão simples, com cobertura de fibrocimento sobre estrutura metálica, medindo 10x6 metros, fechado apenas no fundo.

- pintor 19: barracão simples de 8x5 metros, telhado de fibrocimento sobre estrutura metálica, com pé direito de 5 metros. Fundo fechado com alvenaria até o telhado e laterais até 3 metros de altura.

- pintor 20: área de pintura fechada em 3 faces, medindo 4x6x3 metros, com a face aberta em ângulo reto com a entrada da oficina e justaposta à esta. O teto da área de pintura é de madeira e não há ventilação artificial.

- pintor 21: barracão simples, nos fundos de uma residência, com 10 metros de frente e 5 de frente ao fundo, fechado apenas nos fundos.

3.1.2. Grupo Controle

Como referência, para comparação dos indicadores biológicos de exposição, foi constituído um GRUPO CONTROLE com idade pareada aos expostos e sem história de exposição a solventes. Os indivíduos que cederam amostra para referência foram selecionados entre oficiais de manutenção do Campus da UNESP de Araraquara e comerciários, num total de 26 pessoas.

3.2. PADRONIZAÇÃO DA SEPARAÇÃO CROMATOGRÁFICA DOS SOLVENTES

3.2.1. Materiais e Equipamentos

- cromatógrafo à gás da Instrumentos Científicos CG, modelo CG500A, com injetor capilar dotado de divisor de amostra e detector de ionização de chama

- integrador Hewlett Packard, modelo HP 3396, série 2

Foram testadas as seguintes colunas:

1. coluna de aço inox, 3m, 1/8", 20% SP2100 + 0,1% Carbowax 1500 sobre Supelcoport 100/120, Intecrom Ltda

2. coluna de aço inox, 3m, 1/8", 10% SP1000 sobre Supelcoport 80/100, Intecrom Ltda

3. coluna capilar de sílica fundida, 0,25mm, 50m, CG-FN-210, Instrumentos Científicos CG Ltda.
4. coluna capilar de sílica fundida, 0,25mm, 50m, CG-FI-53, Instrumentos Científicos CG Ltda.
5. associação em série das colunas CG-FN-210 + CG-FI-53, totalizando 100m
6. coluna capilar de sílica fundida, 0,25mm, 100m, Supelco, Petrocol DH

3.2.2. Métodos

Os testes de separação consistiram na injeção da mistura dos solventes estudados, em partes iguais, diluída em uma mistura de dissulfeto de carbono/dimetilformamida 99:1, na proporção de 5µL por mL.

As condições de fluxo e/ou pressão de gás de arraste, bem como as condições de temperatura foram variadas visando a melhor separação possível com cada coluna. A identificação dos picos eluídos foi obtida por injeção de cada solvente isoladamente, em solução a 1µl/mL no mesmo diluente.

3.3. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DESSORÇÃO PARA OS SOLVENTES EM ESTUDO

3.3.1. Material e Equipamentos

- tubos de carvão ativo 100/50mg, SKC, código 226-01, lote 120
- tubos de vidro Santa Marina, 6mm externo, 4mm interno
- lã de vidro Quimibras no.1
- conexões de borracha de silicone
- tampas plásticas 6mm para tubos, SKC, código 226-03-050
- frascos de dessorção 3,8ml, com tampa vazada e septo de borracha com face teflonada, SKC, código 226-02-A
- microseringas: Hamilton 701-U e SGE DC10-AFG
- dissulfeto de carbono Omnislov, baixo teor de benzeno, código CX 0397-3
- dimetil-diclorosilano, Sigma, código D3879
- tolueno, Merck Uvasol, código 8331
- o-xileno, Merck, código 808697
- m-xileno, Merck, código 8688
- N,N-dimetilformamida, Riedel de Haen, código 15440
- p-xileno, Merck, código 808691
- etanol, Merck, código 983
- n-butanol, Merck, código 1990

- isobutanol, Merck, código 984
- acetato de etila, Merck, código 9623
- acetato de butila, Merck, código 9652
- acetato de amila, Merck, código 1230
- metiletilcetona, Merck, código 820820
- metilisobutilcetona, Merck, código 9708
- 4-hidroxi-4-metil-2- pentanona, Merck, código 804512
- éter etílico do etilenoglicol, Merck, código 800857
- acetato do éter etílico do etilenoglicol, Merck, código 800157
- éter butílico do etilenoglicol, Merck, código 801554
- benzeno, Merck, código 1783
- n-hexano, Merck, código 4371
- etilbenzeno, Riedel de Haen, código 62040
- acetato do éter metílico do propilenoglicol, Dowanol PMA, DOW Produtos Químicos Ltda.
- éter metílico do propilenoglicol, Dowanol PM, DOW Produtos Químicos Ltda.
- éter metílico do etilenoglicol, Merck, código 859
- cumeno, Merck, código 802681
- éter isopropílico do etilenoglicol, Merck, código 807480
- acetato de isobutila, Merck, código 820557
- gases para cromatografia:
 - ar sintético, grau N47-U ($N_2 + O_2 > 99,997\%$), Oxigênio do Brasil
 - hidrogênio, grau N47-U (99,995%), Oxigênio do Brasil
 - nitrogênio, grau N47-U (99,997%), Oxigênio do Brasil
- bombas amostradoras pessoais SKC Aircheck Sampler 224-PC-XR7 com porta tubos
- bombas amostradoras pessoais MSA Flow Lite Pro, com acessórios para coleta em baixa vazão e porta tubos
- carregadores de bateria SKC Battery Master, código 223-426 e MSA Battery Charger, código 456059
- fluxímetro digital primário, SKC Accuflow, calibração certificada até 01/97
- cromatógrafo à gás da Instrumentos Científicos CG, modelo CG500A, com injetor capilar dotado de divisor de amostra e detector de ionização de chama
- integrador Hewlett Packard, modelo HP 3396, série 2
- coluna capilar Supelco, 0,25mm de diâmetro interno, filme de 0,5 μ m, Petrocol

3.3.2. Métodos

3.3.2.1. Preparação dos padrões

A tabela 9 mostra a mistura de solventes utilizada como padrão e a massa de cada sol-
vente em 1 µL dessa mistura

TABELA 9: Mistura padrão de solventes e massa de cada um em 1 µL da mistura

SOLVENTE	µg em 1µL	SOLVENTE	µg em 1µL
tolueno	115,9	4-hidróxi-4-metil-2-pentanona	24,6
xilenos	91,5	éter etílico do etilenoglicol	26,1
etanol	52,6	acetato do éter metílico do etilenoglicol	64,7
n-butanol	21,4	éter butílico do etilenoglicol	64,0
isobutanol	21,1	benzeno	11,7
acetato de etila	23,9	hexano	8,4
acetato de butila	23,3	etilbenzeno	23,3
acetato de isobutila	22,9	acetato do éter metílico do propilenoglicol	50,9
acetato de amila	22,9	éter metílico do propilenoglicol	48,4
metiletilcetona	21,2	éter metílico do etilenoglicol	25,7
metilisobutilcetona	21,1	éter isopropílico do etilenoglicol	23,6

3.3.2.2. Silanização dos tubos de vidro e da lã de vidro

Em recipientes de polietilenocontendo solução de dimetil-diclorosilano a 20% em tolue-
no, foram mergulhados, separadamente, cerca de 50g de lã de vidro e 40 pedaços de 5cm de tubo
de vidro. Após 12 horas de contato, a solução silanizante foi esgotada por decantação e os mate-
riais silanizados foram lavados por 3 vezes consecutivas com metanol e secos em estufa. Após a
secagem uma porção de cerca de 50mg de lã de vidro foi introduzida em cada tubo.

3.3.2.3. Procedimento de adsorção e dessorção

a. Montagem do conjunto para adsorção dos padrões

As bombas foram conectadas aos tubos adsorventes de carvão ativo, conveniente-
mente abertos e estes conectados aos tubos de vidro silanizados, conforme figura 1.

FIGURA 1: Representação da montagem do conjunto para adsorção dos solventes. No detalhe, o coletor conectado ao tubo com lã de vidro.

b. Adsorção

As bombas amostradoras foram calibradas de acordo com os respectivos manuais, para operarem com vazão de 200mL/minuto.

Com a bomba em funcionamento, foram injetados com microseringa volumes de 1, 2, 4 e 8 uL de mistura de padrão na lã de vidro contida no tubo adaptado ao meio de coleta. O procedimento foi repetido 6 vezes com cada volume da mistura padrão.

Após 2 horas de funcionamento das bombas, os tubos de carvão e com a lã de vidro foram desconectados e selados com tampas plásticas adequadas e mantidos à temperatura ambiente por 12 horas antes da análise.

c. Dessorção

As porções de carvão ativo contidas em cada tubo de coleta (100 e 50mg) e a lã de vidro que recebeu o padrão para adsorção foram dessorvidas em separado.

Cada material foi colocado em um frasco de dessorção e adicionado de 1ml da mistura dissulfeto de carbono e dimetilformamida, na proporção 99:1, contendo cumeno a 1ul/ml da mistura como padrão interno. O frasco foi fechado e dessorvido durante 30 minutos, no mínimo, com agitação ocasional.

3.3.2.4. Preparação da curva de calibração

Em frascos de dessorção contendo 1ml da mistura dissulfeto de carbono e dimetilformamida 99:1 e cumeno na proporção 1ul/ml da mistura, foram adicionados volumes idênticos aos

injetados para dessorção (com a mesma microseringa), em triplicata para cada volume da mistura padrão. A calibração contém um ponto extra, menor, representado por 1 µL da mistura padrão diluído em 2 mL da mistura de dessorção.

3.3.2.5. Análise

Foi injetado 1 uL do líquido de dessorção ou da solução padrão, de cada um dos frascos de dessorção, em coluna Petrocol DH, capilar, 100 m, nas seguintes condições cromatográficas:

-temperaturas:

- injetor: 230 °C

- detector: 250 °C

- coluna (programação linear de temperaturas):

-1ª isoterma: 70°C por 11 minutos

-1ª rampa: 15°C por minuto (2 minutos)

-2ª isoterma: 100°C, por 5 minutos

-2ª rampa: 10°C por minuto (12 minutos)

-3ª isoterma: 220°C por 3 minutos

- condições do injetor :

-pressão no topo da coluna: 25 libras/polegada quadrada

-razão da divisão: 100:1

-fluxo de divisão: 70 mL/minuto

-purga de septo: 10 mL/minuto

-gases do detector:-ar sintético, 300 mL/minuto

-hidrogênio, 30 mL/minuto

-gás de complementação:nitrogênio,30 mL/minuto

-parâmetros de operação do integrador:

-largura do pico: 0,04 min

-atenuação: 0

-limiar de detecção: 0

-rejeição de área: 0

-velocidade do papel: 0,5 cm/minuto

3.4. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

3.4.1. Solventes

3.4.1.1. Estratégia de amostragem

As operações de repintura automobilística são muito variáveis quanto ao ambiente em que são realizadas. Algumas oficinas dispõem de ambiente exclusivo para pintura, um local confi-

nado e geralmente dotado de exaustores. A maioria delas, entretanto, não dispõe de espaço exclusivo. A pintura é realizada em local ao alcance da mangueira do compressor que alimenta a pistola de pintura. Nestes casos, os demais veículos presentes na área são removidos, ou quando impossível a remoção, são encapados com papel para evitar a possível deposição da tinta nebulizada no ambiente.

Quanto à duração da operação de pintura, os fatores determinantes são o tipo de tinta aplicada, a subjetividade do pintor quanto à técnica de aplicação, a área a ser pintada, a acessibilidade à área e o número de demãos de tinta aplicadas.

Do ponto de vista da sensibilidade do procedimento analítico, as informações obtidas na determinação dos coeficientes de dessorção dos solventes, permitiram considerar que a coleta de 5 litros de ar propiciaria a detecção dos solventes em concentrações inferiores ao LEO.

Optamos, então, por amostragens com fluxo de 180 mL por minuto, com duração de 30 minutos por amostra, ou menos quando em espaço confinado. O número de amostras para cada pintor ficou condicionado à duração da operação e ao local em que foi realizada. No nosso entendimento, essa estratégia permitiria representar adequadamente o processo e as flutuações da exposição por ele condicionadas.

3.4.1.2. Coleta

As amostras de ar foram coletadas na zona respiratória do pintor. Para tanto, a bomba foi posicionada de acordo com a configuração do suporte para o tubo coletor:

- o porta tubos da bomba marca MSA determina fluxo em linha reta através da conexão com o tubo. Neste caso, a bomba foi colocada nas costas do trabalhador, presa ao cinto, e a mangueira de conexão foi presa com fita adesiva à vestimenta, de modo a subir pelas costas, contornar o ombro e alcançar o ponto de fixação do coletor, logo abaixo do colarinho, região frontal do colo.

- o porta tubos da bomba marca SKC tem a conexão com o meio de coleta e com a mangueira do mesmo lado, determinando que o fluxo atravessasse o meio de coleta e faça uma curva de 180 graus para entrar na mangueira de conexão com a bomba. Neste caso a bomba foi presa ao cinto do trabalhador, em posição lateral ao corpo, com a mangueira indo diretamente ao ponto de fixação do coletor.

Para cada pintor foi realizada uma análise de “branco”, representada por um tubo de coleta submetido à calibração de vazão e transportado fechado aos locais de amostragem.

Todas as informações relativas à coleta foram individualmente anotadas em fichas conforme modelo em anexo.

3.4.1.3. Dessorção e análise

As porções frontal (100 mg) e posterior (50 mg) de carvão contidas no tubo de coleta

foram dessorvidas em 1 mL de mistura de dissulfeto de carbono/dimetilformamida 99:1, durante um mínimo de 30 minutos, com agitação ocasional. A análise foi conduzida de acordo com o descrito no item 3.3.2.5.

3.4.2. Material Particulado Total³⁹

3.4.2.1. Material

- cassete porta filtros, 37 mm de diâmetro, SKC, código 225-2
- filtro de PVC, porosidade de 5 µm, 37 mm de diâmetro, MSA, código 625413, lote 1021608
- suporte para filtro, 37 mm, plástico poroso, SKC, código 225-2902
- fita autoencolhível para selagem do cassete, 1 polegada de largura, SKC, código 225-25
- suporte móvel para sustentação da bomba e cassete coletor
- bomba amostradora portátil, MSA, modelo Flow-Lite Pro
- carregador de bateria, MSA, battery charger, código 456059
- fluxímetro digital primário, SKC-Accuflow, calibração certificada até 01/97
- balança analítica Mettler, modelo H10T, sensibilidade 0,1 mg
- termoigrômetro Incoterm

3.4.2.2. Preparação do meio de coleta

Em cada cassete foi introduzido um suporte plástico para filtro e, sobre ele um filtro de PVC previamente pesado. Os filtros foram pesados sempre no período vespertino, em sala livre de corrente de ar, anotando-se a umidade relativa do ar.

Os cassetes foram fechados por pressão mecânica, tampados com tampas apropriadas, selados com fita autoencolhível e numerados.

3.4.2.3. Coleta e pesagem

A coleta foi realizada posicionando-se o suporte atrás do pintor, acompanhando sua movimentação durante o trabalho, e mantendo-se o meio coletor na altura da zona respiratória e o mais próximo possível do rosto. Após a coleta o porta filtros foi conservado fechado e selado até o dia da pesagem.

A pesagem final foi realizada também no período da tarde, com a umidade relativa do ar variando no máximo em 1% em relação à anotada no dia da primeira pesagem. Os porta filtros foram abertos no mínimo uma hora antes da pesagem.

3.5. AVALIAÇÃO BIOLÓGICA: DETERMINAÇÃO DOS ÁCIDOS HIPÚRICO E METIL-HIPÚRICO NA URINA

De cada um dos pintores estudados, foram colhidas duas amostras de urina, sendo a primeira antes da execução da pintura e a segunda, ao final da jornada de trabalho.

As análises para determinação dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico foram realizadas nos laboratórios da Disciplina de Toxicologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo. Os procedimentos utilizados para as determinações foram padronizados naquele laboratório e utilizam a esterificação dos ácidos com metanol, seguida de cromatografia em fase gasosa²⁶.

3.6. QUESTIONÁRIO

Através de questionário (anexo A-24) buscamos obter as seguintes informações:

- dados pessoais
- informações sobre a atividade profissional
- hábitos pessoais e dieta
- sintomas relacionáveis à exposição, inclusive o questionário Q16⁵⁹.

3.7. TRATAMENTO DE DADOS

Os dados obtidos foram processados em microcomputador utilizando o programa Microsoft Excel, versão 5.0a (Microsoft Corporation). As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o programa SAS, versão 6.08 (Soft Consultoria em Processamento de Dados Ltda).

3.7.1. Curvas de calibração para determinação dos solventes no ar

As equações de regressão foram determinadas pelo método dos mínimos quadrados, calculando-se os coeficientes angular, linear, coeficiente de correlação de Pearson e o intervalo de confiança para a reta (95%).

A determinação dos limites de detecção foi feita considerando-se como tal a massa de cada solvente que, diluída em 1 mL da mistura de dessorção, produziu um sinal igual ou superior a 5 vezes o sinal da linha de base¹²⁸. Para determinar o valor do sinal da linha de base, foi injetado mistura de dessorção e o integrador foi ajustado com sensibilidade e limiar de detecção suficientes para interpretar a oscilação do detector, nas condições de amplificação usadas nas análises, como picos, cuja média das áreas foi considerada como ruído de fundo.

Foi também calculado, para cada solvente, o coeficiente de variação médio da curva de calibração, da curva de dessorção e o coeficiente de variação total.

Para as curvas de calibração e de dessorção, o coeficiente de variação foi calculado de acordo com a equação 1¹²⁸.

$$\overline{cv} = \left(\frac{\sum_{i=1}^4 f_i (cv_i)^2}{\sum_{i=1}^4 f_i} \right)^{1/2}, \text{ onde}$$

$\overline{cv}$ = coeficiente de variação para a curva;

i = índice para as 4 concentrações usadas na calibração e dessorção ;

f_i = graus de liberdade (número de injeções menos 1, para cada concentraç

cv_i = coeficiente de variação observado para a concentração i

O coeficiente de variação total é dado pela equação 2:

$$cv_t = \sqrt{(cv_c)^2 + (cv_d)^2}, \text{ onde,}$$

cv_t = coeficiente de variação total

cv_c = coeficiente de variação da calibração

cv_d = coeficiente de variação da dessorção

3.7.2. Avaliação da exposição à solvente.

3.7.2.1. Cálculo da massa de solvente coletada ³⁹.

Cada tubo dessorvido teve as massas dos solventes identificados calculada de acordo com as equações de regressão, obtidas em paralelo a cada lote de amostras, conforme 3.3.2.4. Cada valor apurado foi corrigido pelo coeficiente de dessorção do respectivo solvente, de acordo com a equação 3:

$$m = \frac{m_a}{CD}, \text{ onde}$$

m_a = massa de solvente apurada na análise;

CD = coeficiente de dessorção (forma decimal)

3.7.2.2. Cálculo do volume de ar coletado

O volume de ar coletado foi calculado por multiplicação do valor médio das vazões da bomba amostradora, obtidos antes e após a coleta, pelo tempo de coleta. Os resultados foram corrigidos para 25°C por um fator de correção para diferenças de temperatura observada entre os momentos de calibração e coleta da amostra.

O fator de correção de temperatura foi calculado de acordo com as equações 4 e 5, deduzidas das tabelas de correção citadas por Ness ⁹⁷.

Equação 4: temperaturas mais elevadas na coleta, em relação à calibração

$$F = 0,0018x + 1$$

Equação 5: temperaturas mais baixas na coleta, em relação à calibração

$$F = -0,001754x + 1,002, \text{ onde,}$$

x = diferença de temperatura em graus centígrados

O cálculo do volume de ar coletado será, então: (equação 6)

$$V = \frac{(Q_i - Q_f)}{2} \times F, \text{ onde:}$$

V = volume coletado
Q_i = vazão inicial da bomba
Q_f = vazão final da bomba
F = fator de correção

3.7.2.3. Cálculo da concentração dos solventes

As concentrações dos solventes quantificados foram expressas em miligrama de solvente por metro cúbico de ar (mg/M³).

3.7.2.4. Cálculo da concentração média ponderada pelo tempo

A concentração média ponderada pelo tempo (MPT) para cada solvente foi calculada para a duração da operação amostrada e para uma jornada de trabalho de 8 horas, de acordo com a equação 7³.

$$MPT = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + c_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \text{ onde,}$$

MPT = média ponderada pelo tempo
c = concentração do solvente em mg / m³
t = duração da coleta em horas (8 para a jornada de trabalho)

3.7.2.5. Interpretação dos resultados para solventes no ar

a. Médias Ponderadas pelo Tempo:

As concentrações médias ponderadas pelo tempo foram padronizadas pelo Limite para Exposição Ocupacional (MPT/LEO), para cada solvente. Foram obtidas, então, as frações do LEO com que cada solvente contribui para a exposição ao conjunto de solventes, quantificados durante a exposição amostrada, e o significado da exposição para uma jornada de trabalho.

Os limites de exposição utilizados são os propostos pela ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists³, ou seja, os TLV-TWA (Threshold Limit Values-Time Wheigted Average) ou Valores Limiares Limite - Média Ponderada pelo Tempo.

Para o acetato do éter metílico do propilenoglicol, cujo valor TLV-TWA não é proposto pela ACGIH, foi utilizado o WEEL (Workplace Environmental Exposure Level) proposto pela American Industrial Hygienists Association⁴, com os mesmos critérios de interpretação.

b. Valores de pico de concentração durante a amostragem

Entre as amostras obtidas para cada pintor amostrado, foi identificada aquela que apresentou as maiores concentrações dos solventes. Esses valores foram comparados aos valores máximos de concentração, propostos pela ACGIH³, para exposições de curta duração (TLV-STEL= Threshold Limit Values-Short Term Exposure Limits) assinalando-se aqueles em que essa

concentração é valor teto (Ceiling).

Os solventes para os quais não há proposição de concentração máxima para exposições de curta duração, tiveram considerados, como valor limite, aqueles calculados à partir do LEO, de acordo com os critérios propostos pela ACGIH³ - Excursion Limits: "Os níveis de exposição do trabalhador podem exceder 3 vezes o valor TLV-TWA por não mais do que 30 minutos durante o dia de trabalho e, em nenhuma circunstância ele deverá exceder a 5 vezes o TLV-TWA, desde que o TLV-TWA não seja excedido".

A Tabela 10 apresenta os valores de limite de exposição ocupacional utilizados.

Tabela 10: Limites de Exposição Ocupacional para solventes

<i>SOLVENTE</i>	<i>LIMITES DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL (mg/m³)</i>		
	<i>TLV-TWA</i>	<i>TLV-STEEL</i>	<i>3x TLV-TWA</i>
tolueno	188		564
xilenos	434	651	
etanol	1880		5640
n-butanol		152 ^C	
isobutanol	152		456
acetato de etila	1440		4320
acetato de butila	713	950	
acetato de amila	532		1596
metiletilcetona	590	885	
metilisobutilcetona	205	307	
DAA	238		714
EEEG	18		54
AEEEG	27		81
EBEG	121		363
benzeno	32		96
hexano	176		528
etilbenzeno	434	543	
AEMPG	540		1620
EMPG	369	553	
EMEG	16		48
EIEG	106		318
acetato de isobutila	713		2139

C= TLV-STEEL, Ceiling

Fontes:- ACGIH³ e AIHA⁴

No presente trabalho não foram utilizados os Limites de Tolerância para exposição aos agentes químicos, constantes da Norma Regulamentadora nº 15, da Legislação Brasileira⁹¹, como referência para comparação, fundamentalmente, porque vários solventes presentes no ambiente das repinturas não constam da Norma. Por outro lado a NR-9, que trata do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais⁹², no caso de inexistência de LEO na NR-15, recomenda o uso dos LEOs propostos pela ACGIH, ou os que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva, desde que mais rigorosos.

Considerando ainda que os Limites de Exposição Ocupacional recomendados pela

ACGIH foram utilizados como base da nossa Legislação³³ e que os mesmos são revistos e editados anualmente, são tecnicamente mais apropriados à avaliação pretendida.

3.7.3. Análise de material particulado total no ar

Os resultados para material particulado, expressos como mg de material por metro cúbico de ar, foram ponderados para uma jornada de 8 horas de trabalho.

A média ponderada para a jornada foi comparada com o Limite de Tolerância⁹¹ (LT), de 8 mg/m³ de ar, e com o TLV-TWA³ para poeiras inertes, de 10 mg/m³.

A concentração observada em cada amostra foi comparada com o valor limite para exposições de curta duração, de acordo com o preconizado pela Norma Brasileira⁹¹ (Valor Máximo= 16 mg/m³) e com o recomendado pela ACGIH (30 mg/m³).

3.7.4. Análise dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico na urina

As concentrações dos produtos de biotransformação do tolueno e xileno para o GRUPO EXPOSTO foram avaliadas em relação ao GRUPO CONTROLE, por comparação de médias, e em relação à exposição ao respectivo precursor, por estimativa das seguintes correlações:

- concentração de ácido hipúrico excretada após a exposição, e diferença de concentrações após a exposição e antes da exposição, versus exposição ao tolueno
- concentração de ácido metil-hipúrico excretada após exposição, e diferença de concentrações após exposição e antes da exposição, versus exposição ao xileno.

Para o cálculo dos coeficientes de correlação foi utilizado, como valor numérico para a exposição, o produto da concentração média ponderada pelo tempo pelo número de horas de duração da exposição. Deste modo, uma exposição de uma hora a 50 mg/m³ equivale a uma exposição de meia hora a 100 mg/m³ nos cálculos da correlação entre exposição a tolueno e xileno e seus respectivos produtos de biotransformação.

4. RESULTADOS

4.1. Separação dos solventes por cromatografia gasosa

A Tabela 11 mostra as limitações observadas com as colunas testadas, e que não puderam ser superadas com os recursos disponíveis de programação de temperatura.

TABELA 11: Picos não resolvidos e observações sobre as colunas testadas

COLUNA	PICOS NÃO RESOLVIDOS/OBSERVAÇÕES
FI-53, 50m, capilar	ac. etila/n-butanol e ac. amila/xilenos
FN210, 50m, capilar	benzeno/n-butanol e metiletilcetona/ac. etila
associação FI53+FN210	metiletilcetona/ac. etila e benzeno/EME*
	alargamento dos picos do n-butanol e do EME
SP1000, aço, 3,5m	xilenos/EME
	alargamento dos picos do ac. etila e MIC**
SP2100, aço, 3,5m	n-butanol/benzeno e ac. etila/hexano

*=éter metílico do etilenoglicol **=metilisobutilcetona

A Figura 2 mostra a separação dos solventes, obtida com a coluna Petrocol DH

FIGURA 2 : Cromatograma da mistura padrão de solventes. As condições da análise estão descritas em 3.3.2.5 e a identificação dos picos está relacionada na Tabela 12.

TABELA 12: Identificação e tempos de retenção dos picos do cromatograma da Figura 2.

PICO	IDENTIFICAÇÃO	R (min)	CV%	RR	CV%
A	etanol	7,954	0,286	0,3343	0,186
B	dissulfeto de carbono	8,990	0,357	0,3779	0,255
C	metiletilcetona	9,831	0,257	0,4132	0,155
D	acetato de etila	10,306	0,252	0,4334	0,223
E	n-hexano	10,409	0,144	0,4376	0,138
F	isobutanol	10,703	0,236	0,4499	0,136
G	EMEG	10,885	0,200	0,4575	0,120
H	n-butanol	11,750	0,157	0,4939	0,061
I	benzeno	12,030	0,210	0,5057	0,104
J	EMPG	12,183	0,159	0,5121	0,092
K	EEEG	13,418	0,140	0,5640	0,098
L	metilisobutilcetona	14,555	0,172	0,6118	0,086
M	dimetilformamida	15,613	0,177	0,6563	0,074
N	acetato de isobutila	16,199	0,186	0,6809	0,070
O	tolueno	16,333	0,200	0,6865	0,085
P	acetato de butila	18,330	0,147	0,7705	0,038
Q	DAA	19,409	0,093	0,8158	0,077
R	AEMPG	20,615	0,111	0,8665	0,028
S	EIEG	20,746	0,099	0,8720	0,046
T	etilbenzeno	21,084	0,136	0,8862	0,019
U	acetato de amila	21,318	0,117	0,8961	0,014
V	m-xileno	21,447	0,132	0,9015	0,016
X	p-xileno	21,491	0,149	0,9033	0,033
Z	AEEEG	22,146	0,100	0,9309	0,024
AA	o-xileno	22,469	0,128	0,9444	0,022
AB	EBEG	22,643	0,087	0,9518	0,047
AC	isopropilbenzeno	23,790	0,119		

R=retenção; RR=retenção relativa; CV=coeficiente de variação

4.2. PADRONIZAÇÃO DA ANÁLISE QUANTITATIVA DOS SOLVENTES

A Tabela 13 mostra os coeficientes de variação e limites de detecção e de determinação para cada um dos solventes. No cálculo do limite de detecção foi considerado como área dos “picos” da linha de base, produzida pelo integrador, o valor $20,8 \pm 10,2$.

A representação das curvas de calibração e de desorção, para cada solvente estudado, está incluída nos anexos (A1 a A14).

TABELA 13: Limites de detecção, de determinação e coeficientes de variação obtidos na padronização, para cada solvente.

SOLVENTE	L.DETEC (µg)	L.DETERM (LEO)	COEFICIENTE VARIAÇÃO %		
			CALIBRAÇÃO	DESSORÇÃO	TOTAL
etanol	1,40	0,0005	4,7	7,9	9,2
metiletilcetona	0,93	0,0004	2,9	4,2	5,1
acetato de etila	1,67	0,0002	2,2	4,3	4,8
n-hexano	0,58	0,0006	1,9	4,7	5,1
isobutanol	1,10	0,0023	3,7	4,4	5,7
EMEG	1,41	-	6,3	-	-
n-butanol	1,21	0,0023	2,0	5,6	5,9
benzeno	0,52	0,0034	3,6	7,7	8,5
EMPG	0,16	0,0002	4,8	6,1	7,8
EEEG	2,01	0,0933	4,2	5,8	7,2
metilisobutilcetona	0,87	0,0009	3,0	6,2	6,9
acetato de isobutila	1,14	0,0004	2,6	4,6	5,3
tolueno	0,56	0,0006	4,1	2,3	4,7
acetato de butila	1,06	0,0003	3,9	5,7	6,9
DAA	1,18	0,0029	3,8	7,5	8,4
AEMPG	1,37	0,0005	5,9	4,8	7,6
EIEG	0,12	0,0006	5,3	9,8	11,1
etilbenzeno	0,56	0,0003	6,5	5,0	8,2
acetato de amila	1,22	0,0005	1,9	9,9	10,1
AEEEG	1,42	0,0120	3,9	6,7	7,8
xilenos	0,56	0,0003	0,9	4,9	5,0
EBEG	1,40	0,0060	3,7	6,8	7,7

L.DETEC=limite de detecção; L.DETERM=limite de determinação; LEO=limite de exposição ocupacional.

4.3. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES

A Tabela 14 apresenta as condições ambientais em que foram obtidas as amostras para análise de solventes no ar, para cada pintor, bem como o número de amostras coletadas, a duração das coletas e o volume de ar coletado. Os solventes identificados em cada operação amostrada, bem como os resultados da quantificação, são apresentados nos anexos.

As Tabelas 15 a 40 apresentam os resultados da padronização das concentrações de solvente no ar pelos LEO, para cada pintor avaliado. O Índice de Exposição (Somatório) é apresentado em **negrito** quando superior a 1 ou, no caso da jornada, superior a 0,5 (Nível de Ação).

Em cada tabela é apresentada, para cada solvente quantificado:

- a média ponderada pelo tempo de jornada de trabalho (JORNADA), pelo LEO;
- a média ponderada pelo tempo da operação amostrada (PINTURA), pelo LEO
- a padronização da amostra de maior concentração pelo LEO para exposições de curta duração (STEL).

TABELA 14 : Número de amostras, volume de ar coletado, duração total das coletas, umidade relativa do ar e temperatura para cada pintor amostrado.

PINTOR	NÚMERO DE AMOSTRAS	VOLUME (L) ⁽¹⁾	TEMPO (MINUTOS)	UR(%) ⁽²⁾	TEMPERATURA (°C)
1	2	6,051	33	75	22
2	3	16,545	90	69	24
3	2	6,949	36	32	29
4	3	11,638	55	38	30,5
5	3	12,719	73	37	33
6	2	10,446	64	60	27
7	3	7,965	82	40	32
8	2	7,372	51	60	26
9	3	14,837	95	70	23
10	2	5,916	33	40	32
11	2	9,244	52	70	26
12	2	5,06	30	60	30
13	2	6,566	27	61	24
14	3	16,100	85	35	33
15	2	4,436	24	55	26
16	3	8,630	56	54	28
17	3	5,81	34	64	28
18	3	9,768	68	64	27
19	3	17,4	100	52	33
20	2	7,33	44	79	27
21	2	6,22	33	60	32
22	2	5,651	36	70	29
23	1	15,651	83	58	31
24	2	5,453	32	52	31
25	2	9,544	52	78	25
26	2	8,347	46	76	28

⁽¹⁾= volume em litros, corrigido para 25°C. ⁽²⁾= umidade relativa do ar.

TABELA 15: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº 1

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0	0,004	0,002
TOLUENO	0,021	0,306	0,036
EIEG	0,005	0,069	0,036
ACETATO DE AMILA	0,005	0,073	0,023
XILENOS	0,005	0,070	0,046
SOMATÓRIOS	0,036	0,522	0,194

TABELA 16: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº 2

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,002	0,010	0,003
ACETATO DE ATILA	0	0,001	0,001
ISOBUTANOL	0,001	0,006	0,009
n-BUTANOL	0,003	0,014	0,029
METILISOBUTILCETONA	0,001	0,005	0,011
TOLUENO	0,026	0,140	0,011
ACETATO DE BUTILA	0,013	0,068	0,036
DAA	0	0,002	0
AEMPG	0,006	0,034	0,017
ETILBENZENO	0,006	0,034	0,045
ACETATO DE AMILA	0,002	0,013	0,009
XILENOS	0,008	0,041	0,041
SOMATÓRIOS	0,069	0,367	0,261

TABELA 17: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº3

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,003	0,046	0,023
METILETILCETONA	0	0,002	0,003
ACETATO DE ETILA	0	0,003	0,003
ISOBUTANOL	0,003	0,036	0,033
EMPG	0,001	0,020	0,036
METILISOBUTILCETONA	0,002	0,027	0,050
ACETATO DE ISOBUTILA	0	0,005	0,005
TOLUENO	0,054	0,713	0,472
ACETATO DE BUTILA	0,002	0,022	0,004
DAA	0	0,006	0,005
AEMPG	0,001	0,007	0,007
EIEG	0,002	0,020	0,001
ETILBENZENO	0,009	0,117	0,193
ACETATO DE AMILA	0,001	0,009	0,006
XILENOS	0,010	0,128	0,170
SOMATÓRIOS	0,087	1,162	1,012

TABELA 18: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº4

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,005	0,041	0,024
METILETILCETONA	0	0,004	0,011
ACETATO DE ETILA	0	0,003	0
XEXANO	0	0,002	0
ISOBUTANOL	0,001	0,007	0
EMPG	0,003	0,026	0,013
METILISOBUTILCETONA	0,002	0,015	0,015
ACETATO DE ISOBUTILA	0	0,004	0,002
TOLUENO	0,062	0,544	0,323
ACETATO DE BUTILA	0,011	0,097	0,059
DAA	0,001	0,006	0
AEMPG	0,002	0,021	0
ETILBENZENO	0,017	0,152	0,112
ACETATO DE AMILA	0,003	0,024	0,010
XILENOS	0,016	0,144	0,105
EBEG	0,003	0,024	0,030
SOMATÓRIOS	0,128	1,113	0,703

TABELA 19: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº5

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,012	0,077	0,039
ACETATO DE ETILA	0,005	0,034	0,015
ISOBUTANOL	0,028	0,172	0,078
n-BUTANOL	0,008	0,055	0,091
EMPG	0,078	0,515	0,565
EEEG	0,023	0,154	0
METILISOBUTILCETONA	0,035	0,229	0,185
ACETATO DE ISOBUTILA	0,003	0,018	0
TOLUENO	0,174	1,141	0,468
ACETATO DE BUTILA	0,241	1,583	1,929
DAA	0,050	0,327	0,180
AEMPG	0,084	0,555	0,290
ETILBENZENO	0,127	0,833	0,960
ACETATO DE AMILA	0,050	0,329	0,169
AEEEG	0,003	0,017	0
XILENOS	0,092	0,606	0,578
EBEG	0,004	0,029	0
SOMATÓRIOS	1,015	6,674	5,547

TABELA 20: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº6

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,005	0,035	0,010
METILETILCETONA	0,004	0,032	0,040
ACETATO DE ETILA	0,003	0,022	0,007
ISOBUTANOL	0,008	0,058	0,030
n BUTANOL	0,004	0,032	0,014
EEEG	0,073	0,546	0,206
METILISOBUTILCETONA	0,018	0,138	0,110
ACETATO DE ISOBUTILA	0,002	0,019	0,007
TOLUENO	0,230	1,727	0,380
ACETATO DE BUTILA	0,102	0,765	0,899
DAA	0,001	0,010	0,004
AEMPG	0,006	0,047	0,028
ETILBENZENO	0,089	0,669	0,965
ACETATO DE AMILA	0,015	0,116	0
AEEEG	0,356	2,671	1,157
XILENOS	0,085	0,638	0,751
SOMATÓRIOS	1,003	7,526	4,608

TABELA 21: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº7

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,006	0,035	0,012
ACETATO DE ETILA	0,002	0,014	0,005
ISOBUTANOL	0,001	0,003	0
n BUTANOL	0,026	0,150	0,030
METILISOBUTILCETONA	0,028	0,163	0,258
ACETATO DE ISOBUTILA	0,001	0,009	0
TOLUENO	0,368	2,154	1,288
ACETATO DE BUTILA	0,178	1,041	0,724
DAA	0,001	0,003	0
AEMPG	0,001	0,005	0
ETILBENZENO	0,099	0,581	0,092
ACETATO DE AMILA	0,074	0,434	0,349
AEEEG	0,704	4,121	2,273
XILENOS	0,093	0,542	0,178
SOMATÓRIOS	1,581	9,256	5,208

TABELA 22: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº8

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,003	0,031	0,015
METILETILCETONA	0	0,004	0
ISOBUTANOL	0,02	0,015	0,003
EMPG	0,02	0,022	0,012
TOLUENO	0,019	0,181	0,069
ETILBENZENO	0,006	0,055	0,047
XILENOS	0,010	0,096	0,077
SOMATÓRIOS	0,043	0,405	0,223

TABELA 23: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº9

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,016	0,083	0,033
ACETATO DE ETILA	0,003	0,016	0,007
ISOBUTANOL	0,018	0,090	0,037
n BUTANOL	0,016	0,082	0,135
EMPG	0,009	0,043	0,037
METILISOBUTILCETONA	0,024	0,121	0,112
ACETATO DE ISOBUTILA	0,001	0,004	0,002
TOLUENO	0,379	1,916	0,857
ACETATO DE BUTILA	0,003	0,016	0,016
ETILBENZENO	0,038	0,190	0,219
ACETATO DE AMILA	0,008	0,039	0,020
XILENOS	0,051	0,257	0,263
EBEG	0,059	0,296	0,168
SOMATÓRIOS	0,624	3,153	1,905

TABELA 24: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº10

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,002	0,024	0,005
ISOBUTANOL	0,001	0,009	0,006
EMPG	0,001	0,008	0,011
METILISOBUTILCETONA	0	0,006	0,008
ACETATO DE ISOBUTILA	0	0,003	0
TOLUENO	0,010	0,140	0,021
ACETATO DE BUTILA	0,003	0,041	0,063
AEMPG	0,001	0,015	0,007
ETILBENZENO	0,003	0,039	0,021
ACETATO DE AMILA	0,002	0,022	0,007
AEEEG	0,013	0,186	0
XILENOS	0,005	0,068	0,039
SOMATÓRIOS	0,039	0,560	0,188

TABELA 25: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº11

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,003	0,024	0,008
METILETILCETONA	0,001	0,011	0,005
n BUTANOL	0,008	0,072	0,069
EEEG	0,040	0,373	0,294
METILISOBUTILCETONA	0,001	0,012	0,019
TOLUENO	0,092	0,846	0,231
AEMPG	0,002	0,015	0,005
ETILBENZENO	0,011	0,097	0,070
ACETATO DE AMILA	0,002	0,015	0,006
XILENOS	0,019	0,180	0,100
EBEG	0,004	0,037	0,030
SOMATÓRIOS	0,182	1,683	0,836

TABELA 26: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº12

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,002	0,029	0,016
METILETILCETONA	0,000	0,004	0
ACETATO DE ETILA	0,001	0,009	0,003
ISOBUTANOL	0,006	0,101	0,059
n BUTANOL	0,004	0,062	0,062
EMPG	0,007	0,106	0,127
METILISOBUTILCETONA	0,005	0,077	0,077
ACETATO DE ISOBUTILA	0,001	0,016	0
TOLUENO	0,012	0,190	0,082
ACETATO DE BUTILA	0,039	0,629	0,681
DAA	0,006	0,092	0,092
AEMPG	0	0,007	0
ETILBENZENO	0,013	0,212	0,257
ACETATO DE AMILA	0,008	0,130	0,060
AEEEG	0,047	0,753	0
XILENOS	0,016	0,256	0,206
SOMATÓRIOS	0,167	2,672	1,722

TABELA 27: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº13

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,002	0,033	0,011
METILETILCETONA	0	0,007	0,006
ACETATO DE ETILA	0	0,007	0,003
HEXANO	0	0,005	0
ISOBUTANOL	0,003	0,056	0,024
nBUTANOL	0,005	0,081	0,078
EMPG	0,007	0,119	0,068
METILISOBUTILCETONA	0,004	0,063	0,040
TOLUENO	0,018	0,321	0,120
ACETATO DE BUTILA	0,025	0,442	0,331
4-HIDROXI-4-METIL-2-PENTANONA	0,003	0,053	0
AEMPG	0,001	0,022	0,010
ETILBENZENO	0,011	0,190	0,154
ACETATO DE AMILA	0,006	0,101	0,033
XILENOS	0,014	0,250	0,168
SOMATÓRIOS	0,098	1,750	1,046

TABELA 28: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº14

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,011	0,063	0,036
ACETATO DE ETILA	0,001	0,006	0,002
ISOBUTANOL	0,010	0,056	0,007
nBUTANOL	0,035	0,195	0,176
EMPG	0,013	0,075	0,016
METILISOBUTILCETONA	0,008	0,046	0,028
ACETATO DE ISOBUTILA	0,001	0,003	0
TOLUENO	0,164	0,929	0,665
ACETATO DE BUTILA	0,057	0,319	0,192
4-HIDROXI-4-METIL-2-PENTANONA	0,018	0,099	0,013
ETILBENZENO	0,023	0,129	0,110
ACETATO DE AMILA	0,008	0,047	0,004
AEEEG	0,008	0,046	0,036
XILENOS	0,032	0,180	0,129
EBEG	0,004	0,022	0
SOMATÓRIOS	0,392	2,214	1,416

TABELA 29: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº15

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,001	0,012	0,008
METILETILCETONA	0	0,005	0,007
ACETATO DE ETILA	0	0,002	0,001
TOLUENO	0,007	0,149	0,091
ACETATO DE BUTILA	0,009	0,186	0,093
AEMPG	0	0,004	0,003
ETILBENZENO	0,006	0,128	0,093
AEEEG	0,049	0,971	0,218
XILENOS	0,008	0,152	0,110
SOMATÓRIOS	0,080	1,609	0,624

TABELA 30: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº16

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,005	0,042	0,024
ACETATO DE ETILA	0,001	0,011	0,008
ISOBUTANOL	0,010	0,088	0,052
nBUTANOL	0,013	0,111	0,366
EMPG	0,013	0,108	0,101
METILISOBUTILCETONA	0,006	0,051	0,047
ACETATO DE ISOBUTILA	0,006	0,049	0,004
TOLUENO	0,023	0,196	0,110
ACETATO DE BUTILA	0,079	0,674	0,715
DAA	0,007	0,064	0
AEMPG	0,002	0,015	0
ETILBENZENO	0,024	0,204	0,238
ACETATO DE AMILA	0,013	0,113	0,028
AEEEG	0,157	1,342	0,320
XILENOS	0,044	0,374	0,433
EBEG	0,007	0,061	0
SOMATÓRIOS	0,409	3,503	2,446

TABELA 31: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº17

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,002	0,035	0,003
ACETATO DE ETILA	0	0,004	0,002
ISOBUTANOL	0,002	0,035	0,021
nBUTANOL	0,010	0,143	0,269
METILISOBUTILCETONA	0,027	0,387	0,461
TOLUENO	0,037	0,528	0,001
ACETATO DE BUTILA	0,047	0,663	0,778
AEMPG	0,001	0,011	0
ETILBENZENO	0,044	0,618	0,713
ACETATO DE AMILA	0,012	0,172	0,056
AEEEG	0,018	0,256	0,139
XILENOS	0,044	0,620	0,599
SOMATÓRIOS	0,246	3,471	3,038

TABELA 32: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº18

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,004	0,026	0,018
METILETILCETONA	0,004	0,026	0
ACETATO DE ETILA	0,001	0,005	0
HEXANO	0	0	0
nBUTANOL	0,001	0,004	0,009
EEEG	0,016	0,114	0,081
METILISOBUTILCETONA	0,010	0,068	0,050
TOLUENO	0,150	1,062	0,361
ACETATO DE BUTILA	0,002	0,011	0,010
4-HIDROXI-4-METIL-2-PENTANONA	0,001	0,006	0
ETILBENZENO	0,007	0,048	0,047
ACETATO DE AMILA	0,002	0,015	0
AEEEG	0,012	0,087	0,062
XILENOS	0,008	0,055	0,040
SOMATÓRIOS	0,216	1,528	0,678

TABELA 33: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº19

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,001	0,006	0,001
ACETATO DE ETILA	0	0,001	0
HEXANO	0	0,001	0,002
nBUTANOL	0,009	0,043	0,057
METILISOBUTILCETONA	0,023	0,111	0,116
TOLUENO	0,017	0,079	0,013
ACETATO DE BUTILA	0,045	0,215	0,194
AEMPG	0,001	0,004	0
ETILBENZENO	0,036	0,171	0,191
ACETATO DE AMILA	0,006	0,028	0,013
AEEEG	0,004	0,021	0
XILENOS	0,035	0,169	0,155
EBEG	0,001	0,007	0
SOMATÓRIOS	0,178	0,855	0,741

TABELA 34: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº20

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,001	0,008	0,004
ISOBUTANOL	0,001	0,007	0
nBUTANOL	0,001	0,008	0
ACETATO DE ISOBUTILA	0,002	0,025	0,021
TOLUENO	0,006	0,060	0,023
ACETATO DE BUTILA	0,017	0,180	0,292
AEMPG	0,001	0,011	0,010
ETILBENZENO	0,005	0,056	0,084
ACETATO DE AMILA	0,004	0,040	0,035
AEEEG	0,129	1,403	1,263
XILENOS	0,011	0,122	0,215
SOMATÓRIOS	0,176	1,921	1,947

TABELA 35: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº21

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,001	0,009	0,002
ACETATO DE ETILA	0	0,001	0,001
ISOBUTANOL	0,001	0,014	0,007
nBUTANOL	0,001	0,010	0,015
EMPG	0,001	0,019	0,019
METILISOBUTILCETONA	0,001	0,011	0,011
ACETATO DE ISOBUTILA	0	0,003	0
TOLUENO	0,006	0,080	0,021
ACETATO DE BUTILA	0,007	0,101	0,087
DAA	0,001	0,010	0,005
AEMPG	0	0,002	0
ETILBENZENO	0,003	0,037	0,035
ACETATO DE AMILA	0,002	0,028	0,009
AEEEG	0,017	0,253	0
XILENOS	0,005	0,067	0,049
SOMATÓRIOS	0,044	0,645	0,262

TABELA 36: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº22

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0	0,002	0,001
ACETATO DE ETILA	0,004	0,060	0,025
TOLUENO	0,020	0,265	0,098
AEMPG	0	0,002	0
ETILBENZENO	0,007	0,088	0,086
ACETATO DE AMILA	0,002	0,027	0,011
AEEEG	0,093	1,243	0,501
XILENOS	0,007	0,099	0,092
SOMATÓRIOS	0,134	1,785	0,814

TABELA 37: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº23

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,001	0,005	0,002
METILETILCETONA	0,005	0,027	0,018
ACETATO DE ETILA	0	0,002	0,001
ISOBUTANOL	0,006	0,034	0,011
n BUTANOL	0,003	0,019	0,019
EEEG	0,037	0,212	0,071
METILISOBUTILCETONA	0,001	0,008	0,005
ACETATO DE ISOBUTILA	0	0,002	0,001
TOLUENO	0,022	0,129	0,043
ACETATO DE BUTILA	0,109	0,629	0,472
ETILBENZENO	0,059	0,340	0,272
ACETATO DE AMILA	0	0,002	0,001
AEEEG	0,350	2,023	0,674
XILENOS	0,076	0,437	0,291
EBEG	0,003	0,019	0,006
SOMATÓRIOS	0,672	3,887	1,887

TABELA 38: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº24

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,001	0,012	0,005
ACETATO DE ETILA	0	0,002	0,001
TOLUENO	0,014	0,207	0,083
ETILBENZENO	0,002	0,024	0,021
XILENOS	0,002	0,031	0,023
SOMATÓRIOS	0,018	0,276	0,133

TABELA 39: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº25

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0	0,004	0,001
ACETATO DE ETILA	0	0,001	0
TOLUENO	0,012	0,110	0,042
ETILBENZENO	0,001	0,012	0,010
XILENOS	0,002	0,016	0,013
SOMATÓRIOS	0,016	0,143	0,066

TABELA 40: Resultados da padronização das concentrações dos solventes para o pintor nº26

SOLVENTE	PADRONIZAÇÃO PELO L.E.O.		
	JORNADA	PINTURA	STEL
ETANOL	0,003	0,036	0,014
METILETILCETONA	0,001	0,009	0,009
ACETATO DE ETILA	0	0,001	0
ISOBUTANOL	0	0,004	0,002
TOLUENO	0,034	0,357	0,168
ACETATO DE BUTILA	0	0,001	0,002
ETILBENZENO	0,004	0,041	0,047
XILENOS	0,005	0,050	0,048
EBEG	0,003	0,028	0,17
SOMATÓRIOS	0,051	0,527	0,306

4.4. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA EXPOSIÇÃO A MATERIAL PARTICULADO TOTAL

A Tabela 41 apresenta os resultados da avaliação de particulado total no ar, para cada um dos pintores.

TABELA 41: Concentrações de material particulado total no ar (CONC.mg/m³), concentrações médias ponderadas pelo tempo (MPT) e Índices de Exposição para a média ponderada pelo tempo e para as concentrações observadas

PINTOR	CONC.(mg/m ³)	MPT (mg/m ³)	ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO			
			L.T. ⁽¹⁾	TLV-TWA ⁽²⁾	V.M. ⁽³⁾	TLV-STEL ⁽⁴⁾
1	13,2	0,908	0,114	0,091	0,825	0,440
2	9,8	1,838	0,230	0,184	0,613	0,327
3	11,7	0,804	0,101	0,080	0,731	0,390
4	13,2	1,518	0,190	0,152	0,825	0,440
5	110,4	16,836	2,105	1,684	6,900	3,680
6	35,8	4,788	0,599	0,479	2,238	1,193
7	162,3	27,794	3,474	2,779	10,144	5,410
8	25,7	2,731	0,341	0,273	1,606	0,857
9	35,4	6,992	0,874	0,699	2,213	1,180
10	21,5	1,478	0,185	0,148	1,344	0,717
11	73,2	7,961	0,995	0,796	4,575	2,440
12	68,9	4,306	0,538	0,431	4,306	2,297
13	53,1	2,987	0,373	0,299	3,319	1,770
14	19	3,373	0,422	0,337	1,188	0,633
15	16,6	0,872	0,109	0,087	1,038	0,553
16	60,5	7,033	0,879	0,703	3,781	2,017
17	177,9	12,675	1,584	1,268	11,119	5,930
18	33,6	3,360	0,420	0,336	2,100	1,120
19	21,8	4,551	0,569	0,455	1,363	0,727
20	50,2	4,581	0,573	0,458	3,138	1,673
21	20,7	1,423	0,178	0,142	1,294	0,690
22	26,1	1,958	0,245	0,196	1,631	0,870
23	93,2	16,077	2,010	1,608	5,825	3,107
24	40,5	2,683	0,335	0,268	2,531	1,350
25	35,5	3,861	0,483	0,386	2,219	1,183
26	25,8	2,483	0,310	0,248	1,613	0,860

⁽¹⁾= MPT/Limite de Tolerância

⁽²⁾= MPT/Threshold Limit Value-Time Wheighted Average

⁽³⁾= Concentração (mg/m³)/Valor Máximo

⁽⁴⁾= Concentração (mg/m³)/Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit

4.5. RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DOS ÁCIDOS HIPÚRICO E METIL-HIPÚRICO NA URINA

A Tabela 42 mostra os resultados da determinação de ácido hipúrico nas amostras de urina e os parâmetros da exposição ao tolueno, para cada um dos pintores.

TABELA 42: Exposição ao tolueno e concentrações de ácido hipúrico na urina, para cada pintor.

PINTOR	EXPOSIÇÃO AO TOLUENO			ÁCIDO HIPÚRICO (g/g creatinina)		
	MPT (mg/m ³)	T (h)	EXPOSIÇÃO*	PRÉ-EXPOSIÇÃO	PÓS-EXPOSIÇÃO	DIFERENÇA
1	57,5	0,55	31,6	0,58	1,11	0,53
2	26,2	1,50	39,3	0,19	0,30	0,11
3	134,1	0,55	73,8	0,71	0,91	0,20
4	102,3	0,92	94,1	3,01	1,22	-1,79
5	214,5	1,22	261,7	1,40	2,68	1,28
6	324,7	1,07	347,4	0,42	1,94	1,52
7	405,0	1,37	554,9	0,29	0,24	-0,05
8	34,0	0,85	28,9	0,55	0,45	-0,10
9	360,2	1,58	569,1	0,35	2,52	2,17
10	26,4	0,55	14,5	0,18	1,12	0,94
11	159,1	0,87	138,4	1,52	1,53	0,01
12	35,8	0,50	17,9	0,60	0,64	0,04
13	60,3	0,45	27,1	0,33	0,67	0,34
14	174,6	1,42	247,9	0,27	0,89	0,62
15	28,0	0,42	11,8	0,32	0,35	0,03
16	36,9	0,93	34,3	0,27	0,14	-0,13
17	99,3	0,57	56,6	0,10	0,30	0,20
18	199,6	0,80	159,7	0,18	0,57	0,39
19	14,9	1,67	24,9	0,14	0,15	0,01
20	11,3	0,73	8,3	0,47	0,28	-0,19
21	15,1	0,55	8,3	0,23	0,30	0,07
22	49,7	0,60	29,8	0,23	0,23	0
23	24,2	1,38	33,4	0,28	0,93	0,65
24	38,9	0,53	20,6	0,43	0,17	-0,26
25	20,7	0,87	18,0	ND**	0,31	0,21
26	67,2	0,77	51,7	0,33	0,33	0

*= produto da MPT pela duração da exposição (vide 3.6.4) **= não detectado em conc. maior que 0,1g/L

Os resultados acima apresentaram os seguintes coeficientes de correlação (Pearson):-

- exposição* X ácido hipúrico pós-exposição: $r = 0,5639$, $p = 0,0027$

- exposição* X diferença das concentrações de ácido hipúrico: $r = 0,5111$, $p = 0,0076$

Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre as concentrações de ácido hipúrico excretadas após a exposição e:

- Somatório das concentrações médias dos solventes ponderadas para a jornada de trabalho (8 horas) e padronizadas pelo LEO, resultando $r = 0,4132$, $p = 0,0359$;

- Somatório das concentrações médias dos solventes ponderadas para a duração da repintura amostrada e padronizadas pelo LEO, resultando $r = 0,3858$, $p = 0,0516$;

- Somatório das maiores concentrações de solvente observadas em cada repintura amostrada, padronizadas pelo LEO para exposições de curta duração, resultando $r=0,415$, $p=0,035$.

A Tabela 43 mostra os resultados da determinação de ácido metil-hipúrico nas amostras de urina e os parâmetros da exposição ao xileno, para cada um dos pintores.

TABELA 43: Exposição ao xileno e concentrações de ácido metil-hipúrico na urina, para cada pintor.

PINTOR	EXPOSIÇÃO AO XILENO		ÁCIDO METIL-HIPÚRICO (g/g creatinina)			
	MPT (mg/m ³)	T (h)	EXPOSIÇÃO*	PRÉ-EXPOSIÇÃO	PÓS-EXPOSIÇÃO	DIFERENÇA
1	30,2	0,55	16,6	ND**	ND**	ND**
2	17,7	1,50	26,6	ND**	ND**	ND**
3	55,6	0,55	30,6	ND**	ND**	ND**
4	62,4	0,92	57,4	ND**	ND**	ND**
5	263,2	1,22	321,1	0,38	0,96	0,58
6	277,0	1,07	296,4	ND**	0,18	0,18
7	235,2	1,37	322,2	ND**	ND**	0
8	41,7	0,85	35,4	ND**	0,07	0,07
9	111,7	1,58	176,5	ND**	0,41	0,41
10	29,6	0,55	16,3	ND**	0,05	0,05
11	78,1	0,87	67,9	ND**	0,36	0,36
12	111,2	0,50	55,6	ND**	ND**	0
13	108,4	0,45	48,8	0,06	0,12	0,06
14	78,0	1,42	110,8	ND**	0,06	0,06
15	66,0	0,42	27,7	0,03	0,03	0
16	162,5	0,93	151,1	ND**	0,17	0,17
17	269,2	0,57	153,4	ND**	0,26	0,26
18	23,9	0,80	19,1	ND**	ND**	0
19	72,4	1,67	120,9	ND**	0,32	0,32
20	52,9	0,73	38,6	ND**	0,41	0,41
21	28,9	0,55	15,9	ND**	0,06	0,06
22	42,8	0,60	25,7	ND**	ND**	0
23	189,5	1,38	261,5	ND**	0,36	0,36
24	13,7	0,53	7,3	ND**	ND**	0
25	6,9	0,87	6,0	ND**	ND**	0
26	21,5	0,77	16,6	ND**	ND**	0

*= produto da MPT pela duração da exposição (vide 3.6.4) **=não detectado em conc.maior que 0,05g/L

Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre as concentrações de ácido metil-hipúrico excretadas após a exposição e:

- exposição ao xileno, resultando $r=0,5912$, $p=0,0015$
- Somatório das concentrações médias dos solventes ponderadas para a jornada de trabalho (8 horas) e padronizadas pelo LEO, resultando $r=0,6497$, $p=0,0003$;
- Somatório das concentrações médias dos solventes ponderadas para a duração da repintura amostrada e padronizadas pelo LEO, resultando $r=0,4200$, $p=0,0327$;
- Somatório das maiores concentrações de solvente, em cada repintura amostrada, padronizadas pelo LEO para exposições de curta duração, resultando $r=0,5436$, $p=0,0041$.

A Tabela 44 mostra os resultados da determinação dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico nas amostras de urina obtidas do GRUPO CONTROLE.

TABELA 44: Concentrações dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico na urina, para o GRUPO CONTROLE.

CONTROLE	AC. HIPÚRICO (g/g creat)	ÁC. METIL-HIPÚRICO (g/g creat.)
1	0,16	ND**
2	0,76	ND**
3	ND*	ND**
4	ND*	ND**
5	ND*	ND**
6	ND*	ND**
7	0,08	ND**
8	0,25	ND**
9	0,34	ND**
10	0,18	ND**
11	ND*	ND**
12	ND*	ND**
13	0,25	ND**
14	ND*	ND**
15	0,32	ND**
16	ND*	ND**
17	0,17	ND**
18	0,14	ND**
19	0,52	ND**
20	ND*	ND**
21	0,14	0,05
22	ND*	ND**
23	0,84	ND**
24	0,56	ND**
25	0,19	ND**
26	0,16	ND**

ND* = não detectado em concentrações maiores que 0,2 g/L de urina

ND**= não detectado em concentrações maiores que 0,05 g/L de urina

comparação EXPOSTO x CONTROLE para ácido hipúrico:

Teste t de Student para as médias:- $t=3,997$, $p=0,0002$

Teste para diferença entre os desvios-padrão:- $F= 8,821$, $p<0,0001$

Teste de Mann - Whitney para as medianas: $U=102,50$, $p<0,0001$.

4.6. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

A Tabela 45 mostra as respostas obtidas para as questões relativas ao questionário Q-16.

Para cada pintor, é apresentada a idade, o tempo de profissão em anos e o total de queixas, sendo assinalada com asterisco cada queixa referida.

TABELA 45: Idade (I), tempo de profissão em anos (TP), sintomas relatados (*) e total de sintomas por pintor

PINTOR			SINTOMAS																TOTAL
Nº	I	TP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	SINTOMAS
1	50	25	*	*	*	*								*					5
2	36	10																	0
3	30	15	*		*	*										*			4
4	26	12																	0
5	47	28											*	*					2
6	34	16																	0
7	26	6																	0
8	25	7									*								1
9	22	5									*				*	*			3
10	39	18	*	*	*	*													4
11	28	12								*	*			*	*	*	*		6
12	34	18	*	*		*			*	*	*								6
13	55	29	*	*	*							*							4
14	44	19	*	*	*	*			*	*									6
15	25	10									*								1
16	33	15					*	*	*								*		4
17	32	6																	0
18	35	20							*						*	*			3
19	28	10							*					*					2
20	24	10															*		1
21	30	15																	0
22	30	15							*	*	*			*			*		5
23	40	25							*										1
24	30	10																	0
25	36	15									*						*		2
26	30	9	*	*	*					*	*		*	*			*		8

LEGENDA PARA OS SINTOMAS

A	Você tem dificuldade para lembrar-se das coisas
B	Alguém da família já disse que você tem a memória curta
C	Você costuma escrever as coisas que deve lembrar
D	Você costuma voltar para conferir coisas que fez, como trancar portas,...
E	Você tem dificuldades para entender o que lê
F	Você tem dificuldades para se concentrar
G	Você fica nervoso sem motivo
H	Você fica triste ou deprimido sem motivo
I	Você se cansa mais do que acha normal
J	Você está menos interessado em sexo do que acha normal
K	Você tem batadeira do coração sem fazer esforço
L	Você, as vezes, sente o peito sufocado
M	Você transpira sem motivo
N	Você tem dor de cabeça ao menos uma vez por semana
O	Você costuma ter formigamento em alguma parte do corpo
P	Você tem dificuldade para abotoar e desabotoar a roupa

As correlações calculadas são:

Nº de sintomas X Tempo de profissão: $r=0,2828$; $p=0,1615$

Nº de sintomas X exposição a solventes MPT (JORNADA): $r=-0,2485$, $p=0,2208$

Nº de sintomas X exposição a solventes MPT (PINTURA): $r=-0,2611$, $p=0,1975$

5. DISCUSSÃO

O método utilizado no presente trabalho para a avaliação ambiental da exposição a solventes está baseado na amostragem bombeada e análise gás-cromatográfica, utilizando o carvão ativo como meio de coleta.

A condição peculiar da avaliação é a identificação e quantificação de uma mistura relativamente complexa de solventes. Tal complexidade é expressa, senão pelo número de solventes, pela diversidade de comportamento dos mesmos nas várias etapas do processo, o que gera dificuldades para a Higiene Ocupacional desde a década de 50 ¹³⁵.

A composição da mistura de solventes pesquisada foi elaborada considerando-se várias informações, provenientes da composição em solventes indicada nos rótulos das várias marcas de tintas e tineres, da consulta a profissionais ligados à produção de tintas e matérias primas, de catálogos técnicos de fabricantes de tintas e matérias primas e da bibliografia disponível.

O conjunto de informações destas fontes resultou em um perfil aproximado da composição da mistura que seria provavelmente encontrada, considerando-se as diversas tintas usadas em repintura. A composição inicial continha 15 solventes, assim agrupados:

- aromáticos: tolueno e xilenos
- álcoois: etanol, n-butanol e isobutanol
- ésteres alifáticos: acetatos de etila, butila e amila
- cetonas: metilisobutilcetona, metiletilcetona e DAA
- éteres de glicol: éteres butílico e metílico do etilenoglicol, e metílico do propilenoglicol
- acetatos de éteres de glicol: acetatos dos éteres etílico do etilenoglicol e metílico do propilenoglicol.

Considerou-se oportuno, também, verificar as presenças do benzeno e do hexano no ambiente das repinturas, pela relevância da toxicidade e pela possibilidade de suas ocorrências. Os éteres etílico e isopropílico do etilenoglicol, o etilbenzeno e o acetato de isobutila foram acrescentados à partir de sua identificação nas primeiras amostras coletadas.

Passou-se então à padronização da identificação cromatográfica dos solventes. Com este propósito, várias colunas foram testadas, incluindo as sugeridas pela OSHA ¹²⁸ (SP1000, 10% sobre Supelcoport 80-100 mesh e SP2100, 20%+Carbowax 1500, 0,1%, sobre Supelcoport 100-120 mesh, ambas em aço inox, 1/8" e 3 metros de extensão). Os resultados finais dos testes de separação, com cada coluna testada, estão resumidos na Tabela 11.

Foram obtidas condições aceitáveis de separação com a coluna capilar Petrocol DH, 100 metros, que está ilustrada no cromatograma obtido, mostrado na Figura 2.

A Tabela 12 mostra a identificação dos picos e seus respectivos tempos de retenção, ab-

solutos e relativos ao padrão interno, bem como os seus coeficientes de variação. A tabela inclui o dissulfeto de carbono e a dimetilformamida, usados como solventes de dessorção, e o isopropilbenzeno, usado como padrão interno.

Estabelecidas as condições de separação, passou-se à padronização da determinação quantitativa dos solventes, através da determinação das curvas de calibração e dos coeficientes de dessorção.

As curvas de calibração (anexos A1 a A8) foram obtidas a partir de uma mistura de solventes. As proporções foram estabelecidas a partir da informação de que os aromáticos somam 30 a 40%, os álcoois de 10 a 30%, os éteres e cetonas de 10 a 15% e os derivados de glicol completam 100% da mistura utilizada nas tintas. As variações dentro destas faixas ocorrem em função da tinta e, para uma mesma tinta, entre fabricantes.

Para o presente trabalho, não houve possibilidade de desenvolver a geração de atmosfera dinâmica para a determinação dos coeficientes de dessorção, tida como procedimento de referência por simular mais adequadamente a situação de campo.

A construção da câmara não seria, aparentemente, de grande dificuldade, excetuando-se os custos. Porém, a instrumentação necessária para monitorizar em tempo real a umidade e a concentração de cada um dos solventes, ou mesmo o total de hidrocarbonetos, não é acessível.

Um caminho possível seria o desenvolvimento do modelo para um solvente e, progressivamente, aumentar a complexidade da mistura até que fosse atingido um nível de otimização que permitisse sua aplicação à mistura de interesse. Entretanto, o tempo necessário e os custos materiais inviabilizaram tal rota.

Diante das condições laboratoriais disponíveis e do fato de que as concentrações dos solventes a amostrar poderiam ter grandes flutuações, passou-se a considerar as alternativas ao método de referência e à injeção direta.

Embora não se tenha conseguido acesso à proposta detalhada da utilização da lâ de vidro em tubo¹¹⁶ entendeu-se que sua utilização poderia ser vantajosa, nos moldes do modelo proposto por Thomas & Cohen¹²², em substituição ao cassete com filtro de fibra de vidro. Isto porquê, o dispositivo montado pelas autoras apresentou retenção significativa de éter metílico de etilenoglicol na membrana de filtro, embora ela pudesse ser descontada nos cálculos da massa dessorvida.

Considerando que a lâ de vidro silanizada é amplamente utilizada para ocluir tubos de coleta de solvente e também em cromatografia em fase gasosa (para fechamento de colunas, nos "inserts" de injetores capilares), e é tida como não interferente com vapores de solvente, propôs-se sua utilização como suporte para a geração dos vapores nos testes de dessorção.

Para tanto, introduziu-se porções relativamente uniformes de lâ de vidro silanizada em tubos de vidro igualmente tratados, que foram conectados aos meios de coleta. Acoplando-se

uma bomba amostradora em funcionamento aos tubos coletores, posicionados verticalmente e com fluxo ascendente, a mistura padrão adicionada sobre a lâ de vidro evapora-se no fluxo de ar, passando ao coletor contíguo, onde é adsorvida.

Essa forma de promover a adsorção dos solventes considera as variáveis mais importantes que influenciam o processo^{95,103,108,115,116}, pois utiliza a mistura na proporção aproximada em que será objeto da avaliação, adsorve os vapores, a umidade do ar e a temperatura são as do ambiente, e a velocidade com que o ar passa através do adsorvente é similar à que será utilizada nas coletas. Ainda, como ocorre na pintura, a ordem de evolução dos vapores dependerá da volatilidade de cada solvente e das influências recíprocas na mistura, implicando que a competição por sítios de adsorção dar-se-á de forma similar à que ocorrerá nas coletas.

Os testes de recuperação foram iniciados utilizando o dissulfeto de carbono, isoladamente, como solvente de dessorção. Os resultados obtidos com esses testes mostraram recuperação muito deficiente para os álcoois e derivados de glicol, especialmente para as menores massas dos solventes, indicando a necessidade de coletas múltiplas para a análise de todos os componentes da mistura a ser estudada, cada qual com uma dessorção dirigida.

Dada a indisponibilidade de adaptadores com controle de fluxo para coleta múltipla com a mesma bomba e a rejeição dos trabalhadores a portar dois equipamentos de coleta, procurou-se uma alternativa para a dessorção, que ao menos, melhorasse a recuperação dos compostos mais polares.

Para alguns dos solventes com essa característica, há recomendações de misturas de dessorção como dissulfeto de carbono/dimetilformamida 99:1, cloreto de metileno/metanol 99:5¹²⁸, dissulfeto de carbono/2-propanol 95:5 e dissulfeto de carbono/2-butanol 99:1³⁹.

Considerando a necessidade de elevar a recuperação dos solventes mais polares sem redução significativa da mesma para os menos polares, optou-se pela mistura dissulfeto de carbono/dimetilformamida 99:1.

As análises, após os procedimentos descritos em 3.3.2 revelaram que não houve retenção de nenhum dos componentes da mistura de solventes na lâ de vidro, em nenhuma das quantidades testadas. Também não houve saturação da camada analítica, posto que, em nenhuma das análises das porções posteriores de carvão contidas nos tubos (50 mg), foi detectado qualquer dos solventes da mistura.

Os coeficientes de dessorção obtidos para cada solvente, representados graficamente, estão incluídos nos anexos (A-9 a A-14). Os xilenos são representados em um único gráfico porque não houve diferenças de comportamento entre os isômeros que justificasse tratamento em separado.

Para o éter metílico do etilenoglicol houve recuperação de apenas 20% da maior massa

adsorvida, de 407,2 µg, correspondente à sua proporção em 8 µL de mistura padrão.

A linearização dos coeficientes em função da massa adsorvida é possível através de tratamentos matemáticos. Porém, ela só é útil quando o único fator interferente no coeficiente for a carga¹⁰⁹, redução que foi considerada não aplicável ao caso.

A determinação dos coeficientes de dessorção foi conduzida em temperatura de 25° C e com 83 % de umidade relativa do ar, durante a adsorção dos solventes. As dessorções foram conduzidas em sala climatizada com temperatura de 22°C, com variações de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ provocada pelos ciclos de temperatura do cromatógrafo e de variações circadianas da temperatura ambiente externa, que não puderam ser controladas de forma mais satisfatória pelo equipamento disponível.

Obtidas as curvas de calibração e os coeficientes de dessorção passou-se aos cálculos dos coeficientes de variação, conforme o indicado em 3.7.1, e cujos resultados estão consignados na Tabela 13. Na Tabela 46 são apresentados os coeficientes de variação total e os coeficientes de dessorção obtidos no presente trabalho, ao lado daqueles obtidos pelos comitês de avaliação de métodos do NIOSH³⁹, para os mesmos solventes.

TABELA 46: Solventes, coeficiente de variação total, dessorção e respectivas massas utilizadas nas determinações, no presente trabalho e no Manual de Métodos Analíticos do NIOSH³⁹

SOLVENTE	C.V.T. (%)		DESSORÇÃO (%)		MASSA ²	
	A	B	A	B ¹	A (mg)	B (µg)
etanol	6,5	9,2	79	27-46	1,00-4,00	52,6-420,8
MEC ³	6,9	5,1	-	62-87	0,15-5,00	21,2-169,6
ac. etila	5,8	4,8	varia*	78-110	4,20-17,7	23,9-191,2
n-hexano	6,2	5,1	varia*	88-110	3,50-14,7	8,40- 67,2
isobutanol	7,3	5,7	85	53-89	1,50-6,00	21,1-168,8
EMEG	6,8	-	98	0-20	2,00-8,00	25,7-205,6
n-butanol	6,5	5,9	89	58-87	1,50-6,00	21,4-171,2
benzeno	5,9	8,5	varia*	80-103	0,08-0,33	11,7-93,6
EMPG	-	7,8	-	32-62	-	48,4-387,2
EEEG	5,9	7,2	102	20-71	2,00-7,00	26,1-208,8
MIC	6,4	6,9	91	81+98	2,10-8,30	21,1-168,8
ac. isobutila	6,5	5,3	94	73-106	3,50-14,0	22,9-183,2
tolueno	5,2	4,7	varia*	90-98	1,00-4,40	116-928
ac. butila	6,9	6,9	94	75-105	3,50-14,0	23,3-186,4
DAA	10,4	8,4	78	29-56	1,10-4,70	24,6-196,8
AEMPG	-	7,6	-	78-102	-	64,7-517,6
EIEG	-	11,1	-	33-77	-	50,9-407,2
etilbenzeno	8,9	8,2	varia*	85-100	2,20-8,80	23,3-186,4
ac. amila	5,1	10,1	87	77-102	2,60-10,0	22,9-183,2
AEEEG	6,2	7,8	79	73-98	2,50-11,0	64,7-517,6
xilenos	6,0	5,0	varia*	76-100	2,60-10,4	91,5- 732
EBEG	6,0	7,7	99	32-69	1,00-5,00	64,0-512

A= NIOSH; B= presente trabalho; C.V.T=coeficiente de variação total; varia*= há variação com a massa para o intervalo testado; ¹= intervalo obtido; ²= maior e menor massa utilizada para determinação; ³= o NIOSH recomenda a adsorção em Amborsorb XE347®.

Cabe solicitar a atenção para dois aspectos relevantes na consideração dos dados da Tabela 46:

- Os procedimentos utilizados pelo NIOSH são dirigidos a um solvente ou, no máximo, um grupo de solventes com características muito similares, visando o melhor desempenho possível. Por exemplo, para os álcoois são propostos três misturas de dessorção, dependendo de como são agrupados (métodos 1400, 1401 e 1402);

- As massas individuais dos solventes utilizadas no presente trabalho são, em alguns casos, dezenas de vezes menores que as utilizadas nas monografias do NIOSH.

Uma vez considerada a preparação do método de amostragem e análise, tratar-se-á brevemente dos outros aspectos relativos à estratégia de amostragem para a avaliação da exposição aos solventes e a material particulado: onde e quando foi amostrado, a duração das coletas e o número de amostras ³².

O espaço ideal para amostragem visando verificação de conformidade da exposição pessoal com os limites de exposição ocupacional é a zona respiratória. Tal zona é definida como o espaço delimitado por uma circunferência que abarca os ombros, a parte superior do peito e o topo da cabeça ⁹⁷, tem cerca de 30,5 cm de raio (1 pé), e não constitui espaço homogêneo em relação aos contaminantes nela presentes ³².

Na repintura, os contaminantes presentes na zona respiratória são provenientes das emissões da superfície que está sendo pintada, os gerados na nebulização da tinta e os que retornam pelo turbilhonamento produzido pelo jato do revólver e seu impacto na superfície. O ângulo de incidência do jato varia constantemente, pelo movimento do revólver e pelas variações de contorno da superfície que está sendo pintada.

Portanto, a hipótese de que a zona respiratória do pintor tem distribuição relativamente uniforme da contaminação ao longo do tempo parece razoável, embora ela possa ter gradientes momentâneos de concentração.

Essa hipótese orientou para que se posicionasse o tubo coletor na frente do pintor, assegurando-se de que a abertura de entrada, em posição vertical e com o sentido do fluxo ascendente, estivesse dentro da zona respiratória.

A repintura é uma operação que, em geral, não ultrapassa uma hora e meia de duração contínua. Com este limite de tempo, procurou-se fazer com que a amostragem representasse a flutuação na exposição sem deixar de atender às limitações da sensibilidade analítica, dado que a amostra poderia ser coletada a 200 mL/min, no máximo ^{39, 128}.

A amostragem de solventes em baixa vazão é vantajosa ao menos por dois aspectos ¹¹⁶:

- aumenta o volume de amostra que seria capaz de saturar o coletor ("breakthrough volume"), porque aumenta o tempo para que se estabeleça o equilíbrio entre o vapor e toda a super-

ficie do adsorvente, e

- permite estratégia de amostragem mais econômica, dado que seria possível obter a média ponderada pelo tempo de uma jornada diária com número menor de amostras.

A flutuação na concentração dos solventes é influenciada principalmente pela duração da aplicação das demãos de tinta, pelo intervalo entre as demãos e pela tinta aplicada, já que há pinturas em que o acabamento final é feito com aplicação de vernizes.

Foi estimado que se as coletas tivessem duração de trinta minutos, ou menos quando em espaço confinado, poderia ser equacionada a representatividade da flutuação com os limites de determinação satisfatoriamente.

A Tabela 14 mostra as condições de temperatura e umidade relativa do ar em que foram coletadas as amostras dos pintores. Considerando que a maior umidade relativa do ar observada durante as coletas foi de 79%, portanto inferior àquela em que foram determinados os coeficientes de dessorção, julgou-se poder considerar que não houve influência negativa deste fator durante as amostragens realizadas.

Dada a impossibilidade de obter condições de limpeza com ausência de solventes no ambiente das oficinas, as calibrações de fluxo das bombas foram realizadas em laboratório.

Os brancos foram transportados fechados aos locais de coleta, e assim permaneceram até o momento da análise, exceto nos momentos de calibração de vazão, realizada como para as amostras.

As diferenças de temperatura em relação à temperatura do momento de calibração foram compensadas e corrigidas para 25°C, de acordo com o descrito em 3.6.2.2. As maiores correções realizadas foram de 1,0% para duas amostras e de 0,8% para 4 amostras. Todas as demais tiveram correção de 0,5% ou menor, sendo nula para 21 amostras.

As correções por diferença de altitude não foram realizadas, dadas as dificuldades para obtenção de dados hipsométricos para todos os pontos de coleta. Ademais, as correções são significativas para grandes desníveis (acima de 152 metros ou 500 pés)⁹⁷, diferença esta pouco provável entre a altitude em que se localiza o laboratório (Campus Universitário da UNESP-Araraquara) e os pontos de coleta, dado que Araraquara é uma cidade relativamente plana.

As amostras e brancos foram conservadas fechadas após a determinação das vazões finais de coleta, com tampas apropriadas, em sacos plásticos fechados, mantidas a -22°C (vinte e dois graus Celsius negativos), por período não superior a 5 dias. A temperatura utilizada para a conservação das amostras é considerada suficiente para eliminar problemas de migração dos componentes com maior pressão de vapor, da porção analítica de carvão para a porção de controle¹¹⁶.

Nenhuma das porções de controle das amostras apresentou quaisquer dos solventes coletados em quantidade detectável. Portanto, os volumes coletados não superaram ao de saturação,

para as concentrações amostradas, e não houve migração evidenciável de solventes durante o armazenamento das amostras.

Os resultados obtidos na determinação dos solventes para cada pintor e, também, a tinta utilizada durante as operações amostradas estão incluídas nos anexos (A-15 a A-23).

Das 26 operações amostradas, 17 correspondem a pinturas com poliéster (65,4%), 7 correspondem a pinturas com esmalte sintético (26,9%) e duas correspondem a pinturas com laca nitrocelulose (7,7%).

Das repinturas com poliéster, 3 receberam verniz monocomponente no acabamento final e todas as demais foram envernizadas com verniz bicomponente.

A freqüência com que os solventes foram detectados nas operações amostradas encontra-se ilustrada na Figura 3. As repinturas com esmalte sintético e com laca nitrocelulose foram agrupadas sob a denominação de “outras”.

FIGURA 3: Histograma da freqüência de detecção de cada solvente nas repinturas amostradas (EMPG= éter metílico do propilenoglicol; EEG= éter etílico do etilenoglicol; MIC= metilisobutilcetona; DAA= 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona; AEMPG= acetato do éter metílico do propilenoglicol; EIEG= éter isopropílico do etilenoglicol; AEEEG= acetato do éter etílico do etilenoglicol; EBEG= éter butílico do etilenoglicol)

O etanol, o tolueno e os xilenos foram detectados em 100% das amostragens.

Nas pinturas com poliéster, o acetato de butila e o etilbenzeno aparecem em 100% das amostragens e, em ordem decrescente, aparecem o acetato de amila (94,1%), a MIC e o acetato de etila (88,2%), o isobutanol, os acetatos dos éteres metílico do propilenoglicol e etílico do etilenoglicol (82,4%), o n-butanol (76,5%), o acetato de isobutila e a 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona (64,7%), o éter metílico do propilenoglicol (47,1%), a MEC (41,2%), o éter butílico do etileno-

glicol (35,3%), o éter etílico do etilenoglicol (23,5%) e o n-hexano (17,6%).

Das 9 repinturas com esmalte sintético ou laca nitrocelulose, o etilbenzeno foi detectado em 8 amostragens, o acetato de etila em 6, o acetato de amila em 5, a metiletilcetona e o isobutanol em 4, o acetato de butila, os éteres butílico e etílico do etilenoglicol e o metílico do propilenoglicol, o acetato do éter metílico do propilenoglicol e a metilisobutilcetona em 3, o éter isopropílico do etilenoglicol e o acetato de isobutila em 2, e a 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona, o n-butanol o acetato do éter etílico do etilenoglicol em 1 amostragem.

Portanto, qualitativamente, os solventes predominantes na atmosfera das repinturas são os chamados diluentes⁸⁵: tolueno, xilenos, etilbenzeno e etanol.

O éter metílico do etilenoglicol e o benzeno não foram detectados em nenhuma das operações amostradas. Em algumas amostras, os cromatogramas mostraram eluição de alguns picos após o padrão interno, conforme é mostrado na Figura 4.

FIGURA 4: Cromatograma mostrando os picos que não foram identificados (NI)

As tentativas de identificação permitiram excluir os seguintes compostos: éteres fenílico e hexílico do etilenoglicol, éteres metílico, etílico e butílico do dietilenoglicol, acetato do éter butílico do dietilenoglicol e éter metílico do dipropilenoglicol.

Embora não se tenha conseguido identificar os picos, os seus tempos de retenção sugerem tratar-se de compostos pesados, provavelmente componentes das naftas aromáticas. Visto

que os picos não identificados representavam área minoritária proporcionalmente aos solventes identificados, que esta ocorrência foi esporádica e que o LEO³ para as naftas é de 1.370 mg/m³, julgou-se que a contribuição dos mesmos para a avaliação da exposição poderia ser relevada.

Pode-se observar durante as amostragens que os rótulos de algumas tintas utilizadas mencionavam a presença do éter metílico do etilenoglicol, solvente de elevada toxicidade (TLV-TWA = 16 mg/m³), porém de volatilidade restrita (pressão de vapor = 6,2 torr a 20°C). A sua não detecção pode ser atribuída, dadas as pequenas concentrações na zona respiratória dos pintores, ao método utilizado. O coeficiente de dessorção para o solvente é, provavelmente, a principal causa da deficiência, dado que o limite de detecção obtido para o mesmo foi de 1,4 µg.

Os solventes identificados podem ser provenientes das tintas e/ou dos thinneres utilizados para diluição. De todo modo, a diversidade dos solventes presentes na zona respiratória dos pintores causa preocupação.

As múltiplas combinações observadas significam grande dificuldade em precisar o significado toxicológico da exposição, exceto para efeito depressor do sistema nervoso central, considerado aditivo. A toxicocinética e a toxicodinâmica de um solvente pode ser afetada quando ele está presente em misturas, não só porque variam os componentes, mas também as proporções.

O número de solventes presentes nas tintas automotivas e seus thinneres poderiam ser reduzidos, bem como poderia ser eliminada a presença de solventes de toxicidade elevada (como os derivados do etilenoglicol, o hexano e o n-butanol), sem prejuízo para a finalidade para a qual estes produtos são usados. Para isso, o desenvolvimento tecnológico dos mesmos deve incorporar a responsabilidade para com os riscos à saúde dos usuários com a devida prioridade, incorporando-a efetivamente ao conceito de qualidade.

As Tabelas 15 a 40 apresentam a padronização das médias pelo Limite de Exposição Ocupacional (LEO) para cada pintor. Em cada Tabela é apresentada a concentração média de cada solvente, ponderada pelo tempo, considerando, separadamente, a jornada de trabalho (8 horas), a pintura (duração da operação amostrada) e o limite para exposição de curta duração- STEL- (amostra de maior concentração). Para facilitar a visualização dos resultados, os dados das tabelas foram reunidos em três histogramas.

Na Figura 5 é apresentado o histograma construído com o somatório das concentrações médias dos solventes, ponderadas para a jornada de trabalho, e padronizadas pelo LEO.

FIGURA 5: Histograma das concentrações dos solventes, padronizadas pelo LEO, para a jornada de trabalho

Pode ser observado que os pintores 5,6,e 7 tiveram exposição excessiva a solventes, para uma jornada de trabalho, embora as durações das respectivas exposições tenham sido de apenas 1,2; 1,1 e 1,4 horas, ou seja, na maior parte do tempo a exposição tendesse à zero.

Há que se considerar, ainda, que as exposições apresentam variações entre os dias, que são expressas pelo desvio padrão geométrico (DPG) da verdadeira média ponderada pelo tempo (MPT) ¹. Em função dessa variação haverá uma determinada probabilidade, associada à fração do Limite de Exposição Ocupacional em um dia amostrado, de que em uma porcentagem dos dias não amostrados a verdadeira MPT exceda o LEO ⁷⁴.

Na repintura, a duração da operação e a tinta utilizada variam freqüentemente, e podem ser preponderantes em determinar a magnitude da exposição, levando a supor que o DPG seria elevado ou, ao menos, maior que 1,2, considerado associado a pouquíssimos processos ⁷⁴. De forma conservadora, portanto, tomando o DPG de 1,2 para representar a variabilidade da exposição a solventes na repintura e considerando um Coeficiente de Variação Total para o método de 10%, teríamos que o Nível de Ação (NA) é representado pelo Índice de Exposição ($\Sigma\text{MPT}/\text{LEO}$) de 0,5. A exposição ocupacional existe à partir do NA ³³, portanto, a exposição dos pintores 9 e 23 recomenda que sejam monitorizados ambiental e biologicamente.

¹ A verdadeira MPT seria obtida calculando-se a média geométrica das médias ponderadas pelo tempo em cada dia, para todos os dias de exposição.

Na Figura 6 mostramos o histograma representando a somatória das concentrações dos solventes, ponderadas agora pela duração da operação amostrada, padronizadas pelo LEO.

FIGURA 6: Histograma das concentrações (MPT) dos solventes durante a repintura, padronizadas pelo LEO, para cada operação amostrada

Deste ponto de vista, apenas os pintores 1, 2, 8, 10, 19, 21, 24, 25 e 26 tiveram exposição aceitável aos solventes, durante a operação amostrada. Para os demais, a exposição superou o Índice de Exposição ajustado para a mistura, sendo que os pintores 5, 6, 7, 9, 16, 17 e 23 tiveram exposição mais de 3 vezes superior ao LEO, caracterizando uma situação de risco grave e iminente. Portanto, o número de concentrações que atingiu o Limite de Exposição Ocupacional, quando ponderadas para 8 horas de trabalho (Figura 5), não foi maior dada a curta duração das operações.

Entre as amostras obtidas para cada pintor, aquelas que apresentaram as maiores concentrações dos solventes detectados foram padronizadas pelo Limite de Exposição para Exposições de Curta Duração da ACGIH (STEL). Os resultados obtidos foram reunidos em um histograma, mostrado na Figura 7.

Pode ser observado que 12 pintores (46,15%) tiveram exposição acima do TLV-STEL ajustado para a mistura de solventes quantificada.

A ACGIH recomenda que o TLV-STEL não seja considerado como limite de exposição, isoladamente. Observa também, que “os valores TLV-STEL propostos visam proteger da ocorrência de irritação, dano tissular irreversível ou crônico, ou narcose de intensidade suficiente para

aumentar a probabilidade de acidente, impedir o autossalvamento ou reduzir a eficiência do trabalho, e desde que o TLV-TWA diário não seja excedido”³.

FIGURA 7: Histograma das concentrações dos solventes, padronizadas pelo LEO para exposições de curta duração

Isto posto, os pintores 5, 6, 7 e 17 expuseram-se excessivamente a solventes durante a operação amostrada, inclusive em situação de risco grave e iminente, pelas concentrações dos solventes terem ultrapassado o TLV-STEL em mais de três vezes.

Os pintores 3, 9, 12, 13, 14, 16, 20 e 23 expuseram-se a solventes em concentrações que excedem os limites para exposições de curta duração.

Com relação aos níveis de exposição detectados, cabem algumas considerações quanto ao ambiente em que foram realizadas as repinturas.

Os pintores 5, 6, 7 e 23 executaram o trabalho na mesma cabina, dotada de um exaustor. O fato da exposição do pintor 23 mostrar-se inferior à dos demais pode ser explicado pelo tipo de repintura executada, que consistiu em pequenos retoques em poliéster dupla camada. A repintura de retoque expõe o trabalhador por curtos períodos (de pintura) com grandes intervalos (entre demãos). Por este motivo, também, foi coletada apenas uma amostra da referida operação.

Os pintores 12 e 16 também trabalharam em espaços confinados, porém com exaustão aparentemente mais eficiente, além de diferenças no volume das cabinas. A área de trabalho do pintor 17, embora sem possibilidade de renovação com ar externo, conta com possibilidade de diluição.

Os pintores 1, 9, 11 e 20 trabalharam em áreas semi-confinadas (abertas apenas em uma face) porém o volume de diluição dos contaminantes, para os três primeiros, é bastante expressi-

vo (cerca de 600 m³). Todos os demais trabalharam em condições de boa ventilação natural.

A comparação de nossos achados com os descritos na literatura encontra dificuldades quanto à relativa escassez de estudos de avaliação ambiental em oficinas semelhantes. Outro aspecto é quanto a fatores que influenciam a exposição e que não são relatados, como a descrição dos ambientes e do processo de trabalho.

De todo modo, são apresentados a seguir as conclusões de alguns estudos sobre o tema, aos quais tivemos acesso.

Em estudo epidemiológico conduzido na Suécia¹⁰², em diversas atividades que utilizavam solventes, as pinturas a revólver mostraram exposição menor que 0,25 do IE para a mistura ($\Sigma \text{conc.}/\text{TLV}$) em 38% das amostragens, entre 0,5 e 1,0 em 29% e maiores que 1,0 em 33% das amostragens.

Estudo conduzido na Espanha⁸⁵ detectou exposição em níveis superiores ao limite para exposição de curta duração, ajustado para a mistura de solventes quantificada, em 3 de onze oficinas de reparo de automóveis avaliadas. As demais tiveram resultados variando entre 0,06 e 0,94 da razão $\Sigma \text{conc.}/\text{TLV-STEEL}$.

Na Alemanha foram avaliados diversos ambientes ocupacionais com pintura a revólver¹²⁴, entre os quais, 3 oficinas de repintura automotiva. As operações industriais, executadas em cabinas com sistema de ventilação, mostraram exposição excessiva a solventes, o que não foi constatado nas oficinas.

Um estudo conduzido nos Estados Unidos da América⁶⁵ avaliou os diversos riscos de agravo à saúde nas oficinas de reparo de automóveis. Em relação à exposição a solventes nas operações de pintura, foi constatado que a mesma é bastante elevada e de curta duração, frequentemente excedendo ao TLV-STEEL, porém, raramente excedendo ao TLV-TWA.

As Tabelas 42 e 43 mostram os resultados da determinação dos ácidos hipúrico e metil-hipúrico na urina e a exposição a tolueno e xileno, para cada pintor, e a Tabela 44 mostra os resultados para o grupo controle. Nenhum dos pintores ou membros do grupo controle respondeu afirmativamente ao ser perguntado sobre o consumo de alimentos mais comuns contendo ácido benzóico.

Foram calculados vários coeficientes de correlação entre os parâmetros biológicos quantificados, as concentrações dos respectivos precursores no ar e a magnitude da exposição dos pintores a todos os solventes. Os resultados são apresentados a seguir, na Tabela 47.

De modo geral, os coeficientes de correlação entre nossos resultados apontaram que o ácido hipúrico e metil-hipúrico, determinados na urina coletada após a jornada de trabalho e corrigidos pela concentração de creatinina, demonstram a magnitude da exposição ao tolueno e xileno, respectivamente.

TABELA 47: Coeficientes de correlação observados entre as concentrações dos ácidos hipúricos na urina e as concentrações de seus precursores e de todos os solventes detectados em cada exposição.

EXPOSIÇÃO CONSIDERADA	PÓS-EXPOSIÇÃO (mg/g.creat.)		DIFERENÇA ^A (mg/g.creat.)	
	ÁC.HIPÚRICO	ÁC.m-HIPÚRICO	AC.HIPÚRICO	ÁC.m-HIPÚRICO
EXPOSIÇÃO^B				
TOLUENO	r=0,5639,p=0,0027		r=0,5111,p=0,0076	
XILENO		r=0,5912,p=0,0015		r=0,5684,p=0,0024
MPT/JORNADA				
TOLUENO	r=0,5722,p= 0,0023		r=0,5181,p=0,0067	
XILENO		r=0,5908,p=0,0015		r=0,5675,p=0,0025
MPT/PINTURA				
TOLUENO	r=0,5912 ,p=0,0015		r=0,4755,p=0,0141	
XILENO		r=0,5392,p=0,0045		r=0,5128,p=0,0074
SOLVENTES (todos)				
ΣMPT(8h)/LEO	r=0,4132,p=0,0359	r=0,6497,p=0,0003	r=0,3953,p=0,0456	r=0,3830,p=0,0534
ΣMPT(PINTURA)/LEO	r=0,3858,p=0,0516	r=0,4200,p=0,0327	r=0,1478,p=0,4713	r=0,3749,p=0,0592

A= diferença entre a concentração pós e pré-exposição; B= produto da concentração média ponderada pelo tempo, observada durante a operação, pela duração da repintura.

Os coeficientes de correlação para com a exposição a todos os solventes (ΣMPT/LEO) são menores, exceto entre o ácido metil-hipúrico pós-exposição e a ΣMPT(8h)/LEO.

Na literatura há restrições ao uso do ácido hipúrico, isoladamente, como indicador biológico de exposição ao tolueno em baixas concentrações ²⁵ e mesmo a concentrações elevadas, como 200 mg/m³ ⁽⁹⁸⁾. Essas restrições geralmente estão apoiadas na variabilidade da excreção, na influência de componentes da dieta e do consumo de álcool.

Entretanto, diversos pesquisadores e revisores do assunto^{2, 47, 60, 61, 62, 87, 101, 129, 114} têm apontado que as correlações entre a exposição ao tolueno e a excreção do ácido hipúrico justificam o seu uso, mostrando valores geralmente acima de 0,8.

O fato dos coeficientes de correlação observados no presente trabalho serem menores que os apresentados na literatura poderia ser explicado pelo menos por três motivos:

1- O tolueno e o xileno não são, em regra, os solventes com concentração majoritária na atmosfera das repinturas, embora freqüentemente presentes;

2- As exposições nas repinturas são de curta duração, tendendo a zero durante a maior parte da jornada de trabalho. Portanto, diferem de uma exposição durante toda a jornada, ainda que com concentrações flutuantes;

3- O uso de máscaras com filtros faz variar a quantidade de solvente que penetra pela via respiratória.

Considerando em separado os 12 pintores que utilizaram máscaras durante a operação de repintura, os coeficientes de correlação apresentam valores diferentes daqueles obtidos para o

conjunto de todos os pintores. Para a correlação entre exposição a tolueno e concentração de ácido hipúrico na urina após a exposição, o coeficiente tem o valor $r=0,2515$; $p=0,4303$. Entre a exposição ao xileno e a concentração de ácido metil-hipúrico na urina após a exposição, o coeficiente tem valor $r=0,6638$; $p=0,0186$.

Para o ácido hipúrico o coeficiente de correlação com o tolueno no ar diminui em relação ao conjunto de todos os pintores, além de não ser significativo, fazendo supor que as máscaras ofereceram alguma proteção para a inalação do tolueno. Porém, no caso do xileno, esta suposição fica prejudicada porquê o coeficiente de correlação aumenta em valor e apresenta significância elevada.

As máscaras utilizadas eram diferentes quanto ao modelo e, provavelmente, também quanto ao nível de saturação dos elementos filtrantes. Tal fato, associado ao comportamento oposto da correlação entre os produtos de biotransformação e a exposição aos solventes precursores, dificulta uma conclusão a respeito da proteção que as máscaras ofereceram aos usuários.

A comparação entre os grupos Exposto e Controle pelo teste *t* de Student mostra diferença significativa ($t=3,997$, $p=0,002$). Considerando que os desvios-padrão para os grupos são diferentes ($F=8,821$, $p<0,0001$), foi testada a diferença entre a mediana do grupo exposto (0,51 g/g creatinina) frente à do grupo controle (0,15 g/g creatinina). O teste de Mann-Whitney mostrou que as diferenças são altamente significativas ($U=102,5$, $p<0,001$).

As médias e medianas das concentrações de ácido hipúrico na urina estão representadas na figura 8.

FIGURA 8: Média e mediana da concentração urinária de ácido hipúrico para os grupos Exposto e Controle

Portanto a exposição a tolueno, no grupo de pintores estudados, foi espelhada biologicamente pela excreção de ácido hipúrico, que mostrou-se significativamente diferente daquela do grupo controle.

A exposição ao xileno, indicada pela excreção de ácido metil hipúrico na urina, pode ser constatada em 15 das amostras provenientes do grupo de pintores estudado.

Individualmente, é possível observar nas Tabelas 15 a 40 que a exposição a tolueno excedeu ao LEO para os pintores 5, 6, 7, 9 e 18, e apenas durante a operação amostrada. Os resultados para ácido hipúrico pós-exposição (Tabela 42) mostra valores acima do IBMP - Índice Biológico Máximo Permitido⁹² para os pintores 5 e 9. O pintor 5 trabalhava em ambiente confinado, com um exaustor em operação durante a amostragem, e utilizava uma máscara com duplo filtro de cravão ativo. O pintor 9 trabalhava em local com possibilidades de ventilação natural e não utilizava máscara.

O pintor 7, com a maior exposição ao tolueno (1,37 horas à concentração MPT de 405,0 mg/m³) apresentou concentração de 0,24g de ácido hipúrico após a exposição. Neste caso, é provável que a máscara utilizada tenha sido eficaz em reduzir a absorção dos solventes.

As diferenças negativas entre concentração pós e pré-exposição para o ácido hipúrico, podem ser creditadas ao desenho do estudo, em corte transversal. Isto porque, não foi possível quantificar a exposição prévia ao solvente, que como sabemos é integrada ao indicador biológico, e não se estabeleceu um tempo mínimo entre a exposição e a coleta da urina.

Quanto às determinações de material particulado as massas indicam que a exposição é expressiva, fato que motivou a apresentação dos resultados, apesar da precisão de apenas 0,1 mg.

As Figuras 9 e 10 mostram a padronização das concentrações de particulado total determinadas nas operações de repintura avaliadas.

FIGURA 9: Padronização das concentrações de particulado total (MPT) pelo limite de exposição ocupacional

Foram utilizados, como Limite de Exposição Ocupacional (LEO) para particulado total, o TLV-TWA³ e, também, o Limite de Tolerância (LT)⁹¹, que é mais restritivo que o primeiro.

Os resultados mostram que as repinturas 5, 7, 17 e 23 foram conduzidas em uma concentração de particulado total no ar que supera os LEO, mesmo ponderando as concentrações para 8 horas de trabalho.

Considerando o conceito de Nível de Ação^{33,74} e a Norma Brasileira, os pintores 6, 9, 11, 12, 16, 19 e 20, devem ter a exposição monitorizada.

Considerando-se as concentrações determinadas durante as operações e padronizando-se os resultados pelo LEO para exposições de curta duração, obtivemos os resultados descritos na Tabela 41 e representados na Figura 10.

FIGURA 10: Padronização das concentrações de material particulado total pelo limite de exposição ocupacional para exposições de curta duração

Considerando-se a Norma Brasileira⁹¹, que adota como LT-VM o valor de 16 mg/m³ para particulados isentos de sílica, apenas as operações 1 a 4 foram executadas em condições aceitáveis de exposição. Pelo TLV-STEL, proposto pela ACGIH³, de 30 mg/m³, apenas em 12 operações o limite não foi excedido.

A técnica de coleta utilizada é compatível com a amostragem de material particulado classificável como inalável.

Os estudos sobre o tamanho aerodinâmico das partículas do aerossol de tinta automoti-

va^{18,65} indicam que a média é elevada. No entanto, indicam também que a dispersão de tamanhos é grande, como expressam os desvios-padrão geométricos, demonstrando que parte do material é composto de partículas diminutas.

Assim, de acordo com os estudos de Lippman & cols.⁸⁰ e com a proposição da ACGIH³ para as porcentagens inaláveis da massa amostrada, fração apreciável destas partículas poderiam penetrar o trato respiratório e atingir os pulmões.

Posto que o pintor pode respirar, além do aerossol de tinta, as partículas geradas nas operações de lixamento a seco, o material particulado merece atenção especial entre os agentes potencialmente prejudiciais à saúde dos pintores.

Pareando-se os resultados da avaliação da exposição a solventes (Tabelas 15 a 40) com os da avaliação da exposição a material particulado (tabela 41), observou-se correlação significativa, com os seguintes resultados para os coeficientes:

- entre as avaliações para a jornada de trabalho, obteve-se $r=0,8448$; $p<0,0001$ considerando o TLV-TWA para o material particulado, e $r=0,8446$; $p<0,0001$ considerando o LT para o material particulado.

- entre as avaliações com as MPT calculadas para a operação amostrada, obteve-se $r=0,6787$; $p=0,001$ considerando o TLV-STEL para material particulado, e $r=0,6060$; $p=0,001$ considerando o LT-VM para material particulado.

A avaliação de efeitos da exposição ocupacional a solventes, através da aplicação de questionários é um procedimento freqüentemente relatado^{12, 40, 44, 124, 125, 129, 131}.

A busca de um questionário que permitisse a coleta de informações sobre sintomas de ordem neuropsiquiátrica encontrou no questionário Q-16 uma alternativa potencialmente útil, posto que o mesmo é sugerido como instrumento de triagem de baixo custo, simples e auto-aplicável⁵⁹.

No entanto, a tentativa de utilizá-lo em nossas condições mostrou-se insatisfatória. Talvez por ter sido aplicado no próprio ambiente da oficina, embora com o máximo de reserva, temos dúvidas quanto à espontaneidade das respostas. Em campo pudemos observar que irritação ocular evidente, com hiperemia e lacrimejamento, por exemplo, era negada ao responder a questão formulada a respeito.

Nas respostas obtidas (Tabela 45) e considerando os critérios de interpretação propostos pelos autores do questionário⁵⁹, o pintor N° 26, que tinha 36 anos de idade e respondeu afirmativamente a 8 das 16 questões, deveria submeter-se a avaliação clínica especializada.

Os pintores de N° 11, 12 e 14, com mais de 28 anos, apresentam o número limite de queixas para a idade, ou seja 6 respostas afirmativas.

Não foi possível observar correlação entre o número de sintomas e o tempo declarado de profissão ou com a intensidade da exposição “atual” dos pintores, tanto em relação ao índice de exposição para a jornada de trabalho (MPT-jornada/LEO) como para a exposição durante a operação amostrada (MPT-pintura/LEO).

Na falta de um critério objetivo de exclusão e na impossibilidade de um tratamento profissional especializado à essa abordagem dos potenciais efeitos dos solventes, consideramos que a utilidade desses resultados não seria cientificamente sustentável.

6. CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

6.1. O método padronizado para avaliação da exposição ocupacional a solventes na repintura de veículos mostrou-se satisfatório, considerando os coeficientes de variação e os limites de detecção e de determinação obtidos.

6.2. Nas operações de repintura, o pintor é exposto a múltiplos solventes, em misturas que variam com o tipo de tinta utilizado no processo. Dentre os solventes identificados e quantificados, o etanol, o tolueno e o xileno estavam presentes na zona respiratória de todos os pintores amostrados. O benzeno não foi detectado em nenhuma das amostras, em concentrações superiores a $0,11 \text{ mg/m}^3$.

6.3. Quanto à magnitude da exposição a solventes:

a) Embora a operação seja de curta duração, a exposição pode exceder ao Limite de Exposição Ocupacional para uma jornada de trabalho de oito horas, quando executada em local confinado (cabina de pintura), ainda que com exaustão, quando esta não for tecnicamente dimensionada.

b) O Limite de Exposição Ocupacional para Exposições de Curta Duração pode ser excedido durante a operação, mesmo quando ela seja realizada em local aberto, com ventilação natural.

c) Ponderando-se as concentrações de solvente pela duração da operação, observa-se que o Limite de Exposição Ocupacional é excedido freqüentemente, em alguns casos em mais de três vezes, caracterizando risco grave e iminente.

6.4. Os teores urinários de ácido hipúrico e metil-hipúrico, corrigidos pela creatinina, observados após a jornada de trabalho, mostraram correlações significativas com a exposição aos respectivos precursores e com a exposição ao conjunto dos solventes. Podem, portanto, ser considerados traçadores da exposição a solventes nas operações de repintura.

6.5. Quanto à exposição a material particulado:

a) As concentrações podem exceder ao Limite de Exposição Ocupacional para uma jornada de trabalho de oito horas, quando executada em local confinado (cabina de pintura), ainda que com exaustão, quando esta não for tecnicamente dimensionada.

b) O Limite de Exposição Ocupacional para Exposições de Curta Duração pode ser excedido durante a operação, mesmo quando ela seja realizada em local aberto, com ventilação natural.

c) Existe correlação significativa entre os Índices de Exposição ao material particulado e aos solventes, indicando representatividade recíproca da magnitude da exposição.

6.6. O questionário, da forma como aplicado, mostrou discrepâncias entre observações de campo e respostas à algumas questões, desautorizando o uso dos resultados.

7- SUGESTÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a exposição a solventes e a material particulado na repintura automotiva pode ser excessiva, configurando riscos à saúde dos expostos. Diante disso, consideramos oportuno apontar algumas sugestões.

A- Ampliar os estudos em nosso meio, com abordagem multidisciplinar, visando:

- Verificar se o intervalo médio entre as exposições é suficiente para que a carga corpórea dos solventes absorvidos se mantenha em níveis aceitáveis;
- Verificar qual ou quais indicadores biológicos seriam mais adequados para representar a exposição aos solventes;
- Identificar eventuais efeitos da exposição aos solventes sobre a saúde dos trabalhadores e suas relações com a magnitude, duração e frequência das exposições, com as misturas solventes predominantes e/ou com os indicadores biológicos;
- Avaliar a utilização de questionário como instrumento de detecção precoce de efeitos à saúde, em decorrência da exposição a solventes, através do desenvolvimento de protocolo de validação autóctone;
- Verificar se o material particulado produzido nas várias etapas do processo configuram risco de pneumopatia e qual a sua magnitude;
- Como podem ser melhoradas as condições de ventilação das cabinas de pintura, com custo e operacionalidade compatível com o usuário típico;
- Quais equipamentos de proteção individual são recomendáveis e se a repintura em ambiente com ventilação natural é uma alternativa ao uso dos mesmos.

B- Os rótulos das tintas e tineres devem informar claramente a composição em solventes, ou seja, sem o uso de descritores genéricos, de forma legível e sem omissões.

C- Como medida de caráter educativo, cada embalagem deveria ser acompanhada de orientação clara para usuários e profissionais de saúde, sobre os riscos conhecidos da exposição aos componentes da formulação, em particular daqueles a longo prazo, inclusive para não prejudicar o pintor no direito de escolha entre similares.

D- A pintura e secagem forçada pelo calor em recinto fechado, sem ventilação adequada, deve ser ostensivamente proibida nas instruções de uso das tintas e diluentes.

E- Reduzir número de solventes presentes nas tintas e tineres, em particular, abolir o uso de solventes de toxicidade elevada, como os derivados de etilenoglicol e o n-butanol.

8- REREFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-AKZO NOBEL LTDA - TINTAS. Manual técnico. repintura automotiva. São Paulo, 1995. 14p.
- 2-AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 6th ed. Cincinnati, 1991. 3v.
- 3-AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices, 1995-96. Cincinnati, 1995. 138p.
- 4-AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION. AIHA workplace environmental exposure level - revised July 1995. Am. Ind. Hyg. Assoc. J.,56: 1152-53, 1995.
- 5-ANDREWS, L.S. & SNYDER, R. Toxic effects of solvents and vapors. In: AMDUR, M.O.; DOULL, J.; LAASSEN, C.D. Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. 4th ed. New York, Pergamon Press, 1991. p. 681-722.
- 6-ANGERER, J. Occupational chronic exposure to organic solvents.VII- Metabolism of toluene in man. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 43: 63-7, 1979.
- 7-ARLIEN-SOBORG, P. Solvent neurotoxicity. Boca Raton, CRC Press, 1992. p.11-60
- 8-ASTRAND, I. Uptake of solvents in the blood and tissues of man. A review. Scand. J. Work Environ. Health,1: 199-218, 1975.
- 9-ASTRAND, I.; ENGSTRON, J.; OVRUM, P. Exposure to xylene and ethylbenzene. I- Uptake, distribution and elimination in man. Scand. J. Work Environ. Health, 4: 185-94, 1978.
- 10-BAELUM, J.; MOLHAVE, L.; HANSEN, S.H. ; DOSSING, M. Hepatic metabolism of toluene after gastrointestinal uptake in humans. Scand. J. Work Environ. Health, 19: 55-62, 1993.
- 11-BAIRD, B.; CAMP,J.; DANIELL,W.; ANTONELLI,J. Solvents and color discrimination ability: nonreplication of previous findings. J. Occup. Med., 36 : 747-51, 1994.

- 12-BAKER, E.L. Organic solvent neurotoxicity. Ann. Rev. Public. Health., 9: 223-32, 1988.
- 13-BAKER, E.L. ; FINE, L. J. Solvent neurotoxicity: the current evidence. J. Occup. Med., 28:126-9, 1986.
- 14-BAKER, E.L. A review of recent research on health effects of human occupational exposure to organic solvents: a critical review. J. Occup. Med., 36: 1079-92, 1994.
- 15-BAKER, E.L. LETZ, R.E.;EISEN,E.A.; POTHIER,L.J.;PLANTAMURA, D.L.; LARSON,M.; WOLFORD, R. Neurobehavioral effects of solvents in construction painters. J. Occup. Med. 30: 116-23, 1988.
- 16-BERLIN, A; YODAIKEN, R.E.; LOGAN, D.C. eds. International Seminar on the assessment of Toxic Agents at the Workplace: Roles of Ambient and Air Monitoring. Luxembourg, 8-12, December 1980. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 50:197-207, 1982.
- 17-BOEWER, C.; ENDERLEIN,G.; WOLLGAST, U.; NAWKA, S. ; POLOWSKI, H. Epidemiological study on the hepatotoxicity to occupational toluene exposure. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 60: 181-6, 1988
- 18-BROSSEAU, L.M.; FANG, C.P.; SNYDER, C.; COHEN, B.S. Particle size, distribution of automobile paint sprays. Appl. Occup. Environ. Hyg. 7: 607-12, 1992.
- 19-BRUGNONE, F.; DE ROSA,E.;PERBELLINI, L.; BARTOLUCCI,G.B. Toluene concentrations in the blood and alveolar air of workers during the workshift and the morning after. Br. J. Ind. Med., 43: 56-61, 1986.
- 20-BRUGNONE, F.; PERBELLINI, L.; APOSTOLI, P.; BELLOMO, M.L.; SILVESTRI,R. Monitoraggio ambientale e biologico dell'esposizione a toluene nella verniciatura. Ann. Ist. Super. Sanità. 18 (suppl.):1083-4, 1982.
- 21-BRUGNONE, F.; PERBELLINI, L.; FACCINI, G.B.; PASINI, F.; MARANELLI, G.; ROMEO, L.; GOBBI, M.; ZEDDE, A. Breath and blood levels of benzene, toluene, cumene and styrene in non-occupational exposure. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 61: 303-11, 1989.
- 22-BRUGNONE, F.; PERBELLINI,L.; GRIGOLINI,L.; CAZZADORI, A.; GAFFURI, E. Alveolar air and blood toluene concentration in rotogravure workers. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 38: 45-54, 1976.

- 23-CALABRESE, E.J. & KENYON, E.M. Air toxics and risk assessment. Chelsea, Lewis Publ., 1991. p.191-4; 311-9; 443-5; 447-9; 541-4; 573-7.
- 24-CAMPAGNA, D.;MERGLER, D.; HUEL, G.; BÉLANGER, S.; TRUCHON, G.; OSTIGUY, C.; DROLET, D. Visual disfunction among styrene-exposed workers. Scand. J. Work Environ. Health, 21: 382-90, 1995.
- 25-CAMPBELL, L.; MARSH, D.M.; WILSON, H.K. Towards a biological monitoring strategy for toluene. Ann. Occup. Hyg. 31: 121-33, 1987.
- 26-CARVALHO, D.; LANCHOTE, V.L.; BONATO, P.S.; QUEIROZ, R.H.C.; SANTOS, A.C.; DREOSSI, S.A.C. A new derivatization procedure for the analysis of hippuric acid and m-methyl-hippuric acid by gas chromatography. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 63: 33-7, 1991.
- 27-CAVALLERI, A.; MINOIA, C.; TEMPINI, G. Valori di riferimento e variazione biologiche. In: MINOIA, C. ; CAVALLERI, A. Determinazione dei metalli in trace nel laboratorio clinico e tossicologico. Pavia, La Goliardica Pavese, 1983. p. 615-20.
- 28-CHADWICK, O.F.D. ; ANDERSON, H.R. Neuropsychological consequences of volatile substance abuse: a review. Human Toxicol., 8: 307-12, 1989.
- 29-CHEN, Z.; LIU, S.J.; CAI, S.X.; YAO, Y.M.; UKAI,H.; UCHIDA, Y.; NAKATSUKA, H.; WATANABE, T.; IKEDA, M. Exposure of workers to a mixture of toluene and xylenes. II Effects. Occup. Environ. Med., 51: 47-9, 1994.
- 30-COLACIOPPO, S. Avaliação da exposição profissional a fumos metálicos em operações de solda. Rev. Bras. Saúde Ocup., 49(13): 50-76, 1985.
- 31-CONE, J.E.; BOWLER, R.; SO, Y. Medical surveillance for neurological endpoints. Occup. Med.State of the Art Rev.,5: 547-62, 1990.
- 32-CORN, M. Strategies of air sampling. Scand. J. Work Environ. Health, 11: 173-80, 1985.
- 33-DELLA ROSA, H.V.; SIQUEIRA, M.E.P.B.; COLACIOPPO, S. Monitorização ambiental e biológica. In: OGA, S.ed. Fundamentos de toxicologia. São Paulo, Ateneu Ed., 1996. p. 136-51.

- 34-DOMMER, R.A. & MELCHER, R.G. Phase equilibrium method for the determination of desorption efficiencies. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 39: 240-6, 1978.
- 35-DOW CHEMICAL COMPANY. The glycol ethers handbook. Midland, DOW Chemical, 1989, 98p.(USA. Form N° 110-00363-290X AMS)
- 36-DROZ, P.O. & GUILLEMIN, M.P. Occupational exposure monitoring using breath analysis. J. Occup. Med., 28: 593-602, 1986.
- 37-DROZ, P.O. ; THOMAS, V.F.B. Biological monitoring. VI- Pharmacokinetic models used in setting biological exposure indices. Appl. Occup. Environ. Hyg., 7: 574-80, 1992.
- 38-DROZ, P.O.; WU,M.M.; CUMBERLAND, W.G.; BERODE, M. Variability in biological monitoring of solvent exposure. I: Development of a population physiological model. Br. J. Ind. Med., 46: 447-60, 1989.
- 39-ELLER, P.M. ed. NIOSH manual of analytical methods. [Methods: 1401, 1402, 1403, 1450, 1501, 1500, 1300, 1301 e 8002]. Cincinnati, NIOSH, 1984.. 2 v (Publication 84-100)
- 40-ESCALONA, E.; YANES, L.; FEO, O.; MAIZLISH, N. Neurobehavioral evaluation of Venezuelan workers exposed to organic solvent mixtures. Am. J. Ind. Med., 27:15-27, 1995.
- 41-EUROPEAN CHEMICAL INDUSTRY ECOLOGY & TOXICOLOGY CENTRE. The toxicology of glycol ethers and its relevance to man: an updating of ECETOC technical report N°4. Brussels, 1985, 68p. (Technical Report N°17).
- 42-FERREIRA, A.B.H. Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira. 1986. p. 1678
- 43-FIDLER, A.T.; BAKER, E.L.; LETZ, R.E. Estimation of long term exposure to mixed solvents from questionnaire data: a tool for epidemiological investigations. Br. J. Ind. Med., 44: 133-41, 1987.
- 44-FIDLER, A.T.; BAKER, E.L.; LETZ, R.E. Neurobehavioural effects of occupational exposure to organic solvents among construction painters. Br. J. Ind. Med., 44: 292-308, 1987.

- 45-FISEROVA-BERGEROVA, V. Toxicokinetics of organic solvents. Scand. J. Work Environ. Health, 11(suppl.1): 7-21, 1985.
- 46-FISEROVA-BERGEROVA, V.; LOWRY, L.K.; ROSENBERG, J. Biological monitoring. II: Measurements in exhaled air. Appl. Ind. Hyg. 4(2): 10-13, 1989.
- 47-FOO, S.C.; JEYARATNAM, J.; ONG, C.N.; KHOO, N.Y.; KOH, D.; CHIA, S.E. Biological monitoring for occupational exposure to toluene. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52: 212-7, 1991.
- 48-FURTADO, M.R. Custo da tinta dá o tom maior do 4º congresso. Quim. Deriv., 331: 8-11, 1995.
- 49-GARNIER, R.; REYGANE, A.; MALADRY-MULLER, P. DALLY, S.; EFTHYMIU, M.L.; FOURNIER, P.E. Psychosyndrome induit par les solvants organiques. Evolution à l'arrêt de l'exposition. Arch. Mal. Prof. 52: 349-54, 1991.
- 50- GHITTORI, S.; IMBRIANI, M.; PEZZAGNO, G.; CAPODAGLIO, E. The urinary concentration of solvents as a biological indicator of exposure: proposal for the biological equivalent exposure limit for nine solvents. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 48: 786-90, 1987.
- 51- GLOWA, J.R. Behavioral toxicology of solvents. Drug Dev. Res. 20: 411-28, 1990.
- 52- GOBBA, F.; CAVALLERI, F.; BONTADI, D.; TORRI, P.; DAINESE, R. Peripheral neuropathy in styrene-exposed workers. Scand. J. Work Environ. Health, 21: 517-20, 1995.
- 53- GOSSEL, T.A. ; BRICKER, J.D. Principles of clinical toxicology. New York, Raven Press, 1990. 413p.
- 54- GROESENEKEN, D.; VEULEMANS, H.; MASSCHELEIN, R.; VAN VLEM, E. Experimental human exposure to ethylene glycol monomethyl ether. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 61: 243-7, 1989..
- 55-GROESENEKEN, D.; VEULEMANS, H.; MASSCHELEIN, R.; VAN VLEM, E. An improved method for the determination in urine of alkoxyacetic acids. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 61: 249-54, 1989

- 56-HANLEY JUNIOR, T.R.; CALHOUM, L.L.; YANO, B.L.; RAO, K.S. Teratologic evaluation of inhaled propylene glycol monomethyl ether in rats and rabbits. Fund. Appl. Toxicol. 4: 784-94, 1984.
- 57-HANNINEN, H.; ANTTI-POIKA, M.; SAVOLAINEN, P. Psychological performance, toluene exposure and alcohol consumption in rotogravure printers. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 59: 475-83, 1987.
- 58-HANSEN, L.F.; KNUDSEN, A.; NIELSEN, G.D. Sensory irritation effects of methyl ethyl ketone and its receptor activation mechanism. Pharmacol. Toxicol., 71: 201-8, 1992.
- 59-HOGSTEDT, C.; ANDERSSON, K.; HANE, M. A questionnaire approach to the monitoring of early disturbances in central nervous functions. In: AITIO, R.; RIIHIMAMAKI, R. ; VAINIO, H. eds. Biological monitoring and surveillance of workers exposed to chemicals. Washington, Hemisphere Publising, 1984. p 275-87.
- 60-HUANG, M.Y.; JIN,C.; LIU, Y.T.; LI, B.H.; QU, Q.S.; UCHIDA, Y.; INOUE, O.; NAKATSUTA, H; WATANABE, T.; IKEDA, M. Exposure of workers to a mixture of toluene and xylenes. I: Metabolism. Occup. Environ. Med., 51: 42-6, 1994.
- 61-INOUE, O.; SEIJI, K.; WATANABE, T.; CHEN, Z.; HUANG, M.Y., XU, X.P.; QIAO, X. ; IKEDA, M. Effects of smoking and drinking habits on urinary o-cresol excretion after occupational exposure to toluene vapor among chinese workers. Am. J. Ind. Med., 25: 697-708, 1994.
- 62-INOUE, O.; SEIJI, K.; WATANABE, T.; KASAHARA, M.; NAKATSUKA, H.; YIN, S.; LI, G.; CAI, S.; JIN, C. ; IKEDA, M. Mutual metabolic suppression between benzene and toluene in man. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 60: 15-20, 1988.
- 63-JAMES, R.C. General principles of toxicology. In WILLIANS , P.L. ; BURSON, J.L. (eds.) Industrial toxicology. Safety and health applications in the workplace. New York, Van Nostrand Reinhold, 1985. p. 7-26.
- 64-JAMES, R.C. The toxic effects of organic solvents. In WILLIANS, P.L. & BURSON, J.L. eds. Industrial toxicology. Safety and health applications in the workplace. New York, Van Nostrand Reinhold, 1985. p. 230-259.
- 65-JAYJOCK, M.A. & LEVIN, L. Health hazards in a small automotive body repair shop. Ann. Occup. Hyg. 28: 19-29, 1984.

- 66-KANEKO, T.; WANG, P.; SATO, A. Enzyme induction by ethanol consumption affects the pharmacokinetics of inhaled m-xylene only at high levels of exposure. Arch. Toxicol. 67: 473-7, 1993.
- 67-KELMAN, G.R. Theoretical basis of alveolar sampling. Br. J. Ind. Med., 39: 259-64, 1982.
- 68-KRAJEWSKI, J.; GROMIEC, J.; DOBECKI, M. Comparison of methods for determination of desorption efficiencies. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 41: 531-4, 1980.
- 69-KYVIK, K.R.; BRATTEBO, G.; TYSNES, O.B.; OYEN, N.; SANDBERG, S.; RIISE, T.; HOLMSEN, H.; AARLI, J.A. Activation of blood platelets in workers exposed to organic solvents. J. Occup. Med. 34: 687-92, 1992.
- 70-LARINI, L. ; SALGADO, P.E.T. Compostos voláteis. In: LARINI, L. Toxicologia . 2 ed. São Paulo, Ed. Manole. 1993. p. 69-113.
- 71-LAUWERYS, R.R. Occupational Toxicology. In: AMDUR, M.O.; DOULL, J.; LAASSEN, C.D. Casarett and Doull's Toxicology: the basic science of poisons. 4th ed. New York, Pergamon Press Inc., 1991. p.947-69.
- 72-LAUWERYS, R.R. Précis de toxicologie industrielle e des intoxications professionnelles. Gembloux, J. Duculot, 1972. 609p.
- 73-LAUWERYS, R.R. ; HOET, P. Industrial chemical exposure. Guidelines for biological monitoring. 2nd ed. Boca Raton, CRC Press, 1993.
- 74-LEIDEL, N.A.; BUSH, K.A.; LYNCH, J.R. Occupational exposure sampling strategy manual. Cincinnati, NIOSH, 1977. (NIOSH Public. 77-173). p. 77-173.
- 75-LEWIS, R.J. ed. Sax's dangerous properties of industrial materials.. 8th ed. New York. Van Nostrand Reinhold, 1992. 3v. 3553p.
- 76-LIIRA, J.; RIIHIMAKI, V.; ENGSTRON, K.; PFAFFLI, P. Coexposure of man to m-xylene and methyl ethyl ketone. Scand. J. Work Environ. Health, 14: 322-7, 1988.
- 77-LIIRA, J.; RIIHIMAKI, V.; PFAFFLI, P. Kinetics of methyl ethyl ketone in man: absorption, distribution and elimination in inhalation exposure. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 60: 195-200, 1988.

- 78-LINDELOF, B.; ALMKVIST, O.; GOTHE, C.J. Sleep disturbances and exposure to organic solvents. Arch. Environ Health, 47: 104-6, 1992.
- 79-LINDSTROM, K. Changes in psychological performances of solvent-poisoned and solvent-exposed workers. Am. J. Ind. Med. 1: 69-84, 1984.
- 80-LIPPMANN, M.; YATES, D.B.; ALBERT, R.E. Deposition, retention, and clearance of inhaled particles. Br. J. Ind. Med., 37: 337-62, 1980.
- 81-LODGE, J.P. ed. Methods of air sampling and analysis. 3rd ed. Chelsea, Lewis Publ. 1989. p. 683.
- 82-LOLIN, Y. Chronic neurological toxicity associated with exposure to volatile substances. Human Toxicol., 8: 293-300, 1989.
- 83-LUNDBERG, I.; MICHÉLSEN, H.; NISE, G.; HOGSTEDT, C.; HOGBERG, M.; ALFREDSSON, L.; ALKVIST, O.; GUSTAVSSON, A.; HAGMAN, M.; HERLOFSSON, A.; HINDMARSH, T.; WENNERBERG, A. Neuropsychiatric function of housepainters with previous long-term heavy exposure to organic solvents. Scand. J. Work Environ. Health, 21(suppl.1): 44p, 1995.
- 84-MARJOT, R. & McLEOD, A.A. Chronic non-neurological toxicity from volatile substance abuse. Human Toxicol., 8: 301-6, 1989.
- 85-MEDINILLA, J. & ESPIGARES, M. Contamination by organic solvents in auto paint shops. Ann. Occup. Hyg., 32: 509-13, 1988.
- 86-MERGLER, D.; BLAIN, L. ; LAGACÉ, J.P. Solvent related colour vision loss: an indicator of neural damage? Int. Arch. Occup. Environ. Health, 59: 313-21, 1987.
- 87-MIKULSKI, P.I.; WIGLUSZ, R.; BUBLEWSKA, A.; USELIS, J. Investigation of exposure of ships painters to organic solvents. Br. J. Ind. Med., 29: 450-53, 1972.
- 88-MILLER, R.R.; HERMANN, E.A.; LANGVARDT, P.W., McKENNA, M.J.; SCHWETZ, B.A. Comparative metabolism and disposition of ethylene glycol monomethyl ether and propylene glycol monomethyl ether in male rats. Toxicol Appl. Pharmacol., 67: 229-37, 1983.

- 89-MILLER, R.R.; HERMANN, E.A.; YOUNG, J.T., CALHOUN, L.L. ; KASTL, P.E. Propylene glycol monomethyl ether acetate (PGMEA) metabolism, disposition , and short term vapor inhalation toxicity studies. Toxicol Appl. Pharmacol., 75: 521-30, 1984.
- 90-MILLER, R.R.; LANGVARDT, P.W.; CALHOUN, L.L.; YAHRMARKT, M.A. Metabolism and disposition of propylene glycol monomethyl ether (PGME) beta isomer in male rats. Toxicol Appl. Pharmacol., 83: 170-7, 1986.
- 91-MINISTÉRIO DO TRABALHO. Norma Regulamentadora Nº15 - Atividades e operações insalubres, Anexos 11 e 12. In: Manuais de Legislação Atlas: 16- Segurança e Medicina do Trabalho. 33ª ed. São Paulo. Ed. Atlas, 1992. p.182-96.
- 92-MINISTÉRIO DO TRABALHO. Secretaria de Relações do Trabalho. Portarias Nº 24 e 25 de 29/12/1994. Normas Regulamentadoras 7 e 9 : Diário Oficial, Brasília, 30 dez. 1994, Seção 1, p.21.278-9.
- 93- MINISTÉRIO DO TRABALHO. Secretaria de Relações do Trabalho. Portaria Nº 14, de 20/12/95 - Norma Regulamentadora Nº15 - Alteração do item "Substâncias Cancerígenas" do anexo 13- Inclusão do anexo 13-A "Benzeno". Diário Oficial, Brasília, 22 dez. 1995, Seção I.
- 94-MOORE, G. Diffusive sampling. A review of theoretical aspects and state-of-the-art. In BERLIN, A.; BROWN, R.H. ; SAUNDERS, K.J.eds. Diffusive sampling. An alternative approach to workplace air monitoring. London, Whitstable Litho 1987. p. 1-13.
- 95-MUELLER, F.X. ; MILLER, J.A. Determination of airborne organic vapor mixtures using charcoal tubes. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 40: 380-6, 1979.
- 96-NELSON, N.A.; ROBINS, T.G.; WHITE, R.F.; GARRISON, R.P. A case-control study of chronic neuropsychiatric disease and organic solvent exposure in automobile assembly plant workers. Occup. Environ. Med., 51: 302-7, 1994.
- 97-NESS, S.A. Air monitoring for toxic exposures. An integrated approach. New York. Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 508.
- 98-NISE, G. Urinary excretion of o-cresol and hippuric acid after toluene exposure in rotogravure printing. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 63: 377-81, 1992.

- 99-NISE, G. & ORBAEK, P. Toluene in venous blood during and after work in rotogravure printing. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 60: 31-5, 1988.
- 100-O'FLYNN, R.R.; MONKMAN, S.M.; WALDRON, H.A. Organic solvents and presenile dementia: a case referent study using death certificates. Br. J. Ind. Med., 44: 259-62, 1987.
- 101-OGATA, M. & TAGUCHI, T. Simultaneous determination of urinary creatinine and metabolites of toluene, xylene, styrene, ethylbenzene and phenol by automated high performance liquid chromatography. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 61: 131-40, 1988.
- 102-OLSEN, E. & SEEDORFF, L. Exposure to organic solvents. II. An exposure epidemiology study. Ann. Occup. Hyg., 34: 379-89, 1990.
- 103-OLSEN, E.; LAURSEN, B.; VINZENTS, P.S. Bias and random errors in historical data of exposure to organic solvents. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52: 204-11, 1991.
- 104-ORBAEK, P.; RISBERG, J.; ROSÉN, I.; HAEGER-ARONSEN, B.; HAGSTADIUS, S.; HJORTSBERG, U.; REGNEL, G.; REHNSTRON, S.; SVENSSON, K.; WELINDER, H. Effects of long term exposure to solvents in the paint industry. Scand. J. Work Environ. Health, 11(suppl.2): 1-28, 1985.
- 105-PARKER, S.E. Use and abuse of volatile substances in industry. Human Toxicol., 8: 271-5, 1989.
- 106-PÉREZ BALLESTA, P.; GONZÁLES FERRADÁZ, E.; MIÑANA AZNAR, A. Dessorption isotherms of volatile organic compounds adsorbed on activated charcoal. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 56: 171-7, 1995.
- 107-PEZZAGNO, G.; IMBRIANI, M.; GHITTORI, S.; CAPODAGLIO, E. Urinary concentration, environmental concentration, and respiratory uptake of some solvents: effect of work load. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 49: 546-52, 1988.
- 108-POSNER, J.C. ; OKENFUSS, J.R. Desorption of organic analytes from activated carbon. I- Factors affecting the process. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 42: 643-46, 1981.
- 109-POSNER, J.C. Dessorption of organic analytes from activated charcoal. II: Dealing with the problems. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 42: 647-534, 1981.

- 110-RAMSEY, J.; ANDERSON, H.R.; BLOOR, K.; FLANAGAN, R.J. An introduction to the practice, prevalence and chemical toxicology of volatile substance abuse. Human Toxicol., 8: 261-9, 1989.
- 111-RIIHIMAKI, V. Conjugation and urinary excretion of toluene and m-xylene metabolites in a man. Scand. J. Work Environ. Health, 5:135-42, 1979.
- 112-RIIHIMAKI, V. ; PFAFFLI, P. Percutaneous absorption of solvent vapors in man. Scand. J. Work Environ. Health, 4: 73-85, 1978.
- 113-RIIHIMAKI, V. ; SAVOLAINEN, K. Human exposure to m-xylene. Kinetics and acute effects on the central nervous system. Ann. Occup. Hyg., 23: 411-22, 1980.
- 114-RIIHIMAKI, V. Xylene. In: AITIO, R.; RIIHIMAKI, R. & VAINIO, H. eds. Biological monitoring and health surveillance of workers exposed to chemicals. Washington, Hemisphere Publ. 1984. p 83-97.
- 115-RUDLING, J. Multicomponent adsorption isotherms for determination of recoveries in liquid desorption of mixtures of polar solvents adsorbed on activated carbon. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 49: 95-100, 1988.
- 116-SAALWAECHTER, A.T.; McCAMMON JR., C.S.; ROPER, C.P.; CARLBERG, K.S. Performance testing of the NIOSH charcoal tube technique for the determination of air concentrations of organic vapors. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 38: 476-86, 1977.
- 117-SATO, A. ; NAKAJIMA, T. Differences following skin or inhalation exposure in the absorption and excretion kinetics of trichloroethylene and toluene. Br. J. Ind. Med., 35: 43-9, 1978.
- 118-SPURGEON, A.; GLASS, D.C.; CALVERT, I.A., CUNNINGHAM-HILL, M.; HARRINGTON, J.M. Investigation of dose related neurobehavioural effects in paintmakers exposed to low levels of solvents. Occup. Environ. Med. 51: 626-30, 1994.
- 119-TAKEUCHI, Y.; ONO, Y.; HISANAGA, N. An experimental study on the combined effects of n-hexane and toluene on the peripheral nerve of the rat. Br. J. Ind. Med., 38: 14-9, 1981.

- 120-TARDIF, R.; GOYAL, R.; BRODEUR, J. Assessment of occupational health risk from multiple exposure: review of industrial solvent interaction and implication for biological monitoring of exposure. Toxicol. Ind. Health, 8: 37-52, 1992
- 121-TARDIF, R.; LAPARÉ, S.; PLAA, G.L.; BRODEUR, J. Effect of simultaneous exposure to toluene and xylene on their respective biological exposure indices in humans. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 63:279-84, 1991.
- 122-THOMAS, M.L. ; COHEN, B.S. A simple method for vapor dosing of charcoal sorbent tubes. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 56: 70-73, 1995.
- 123-TINTAS CORAL. Guia de repintura automotiva. Santo André. s.d. 53p.
- 124-TRIEBIG, G.; SCHALLER, K.H ; WELTLE, D. Neurotoxicity of solvent mixtures in spray painters. I: Study design, workplace exposure, and questionnaire. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 64: 353-9, 1992.
- 125- TRIEBIG, G.; BAROCKA, A.; ERBGUTH, F.; HOLL, R.; LANG, C.; LEHRL, S.; RECHLIN T.; WEIDENHAMMER, W.; WELTLE, D. Neurotoxicity of solvent mixtures in spray painters. II: Neurologic, psychiatric, psychological, and neuroradiologic findings. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 64: 361-72, 1992.
- 126-TRIEBIG, G.; CLAUS, D.; CSUZDA, I.; DRUSCHKY, K.F.; HOLLER, P.; KINZEL, W.; LEHRL, S.; REICHWEIN, P.; WEIDENHAMMER, W.; WEITBRECHT, W.U.; WELTLE, D.; SCHALLER, K.H. ; VALENTIN, H. Cross sectional epidemiological study on the neurotoxicity of solvents in paints and lacquers. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 60: 233-41, 1988.
- 127-TRIEBIG, G.; SCHALLER, K.H.; WELTLE, D. Investigations on neurotoxicity of chemical substances at the workplace.IV- Determination of the motor and sensory nerve conduction velocity in persons occupationally exposed to a mixture of organic solvents. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 52: 139-50, 1983.
- 128-U.S.DEPARTMENT OF LABOR. Occupational safety and health administration. OSHA analytical methods manual. Part I. Organic substances. 2nd ed. Salt Lake City, OSHA, 1990. vol. 1, p. 3-11; 13-20; 7-1 a 7-12.

- 129-UKAI, H.; TAKADA, S.; INUI, S.; IMAI, Y.; KAWAI, T.; SHIMBO, S.; YKEDA, M. Occupational exposure to solvent mixtures: effects on health and metabolism. Occup. Environ. Med., 51: 523-9, 1994.
- 130-VALCIUKAS, J.A. Foundations of environmental and occupational neurotoxicology. New York, Van Nostrand Reinhold, 1991. 635p.
- 131-van VLIET, C.; SWAEN, G.M.H.; SLANGE, N., J.J.M.; BOORDER, T. de; STURMANS, F. The organic solvent syndrome. A comparison of cases with neuropsychiatric disorders among painters and construction workers. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 59: 493-501, 1987.
- 132-van VLIET, C.; SWAEN, G.M.H.; VOLOVICS, A.; TWEEHUYSEN, M.; MEIJERS, J.M.M.; BOORDER, T.; STURMANS, F. Neuropsychiatric disorders among solvent-exposed workers. First results from a Dutch case-control study. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 62: 127-32, 1990.
- 133-VINCENT, R.; POIROT, P.; SUBRA, I.; RIEGER, B.; CIOLELLA, A. Occupational exposure to organic solvents during paint stripping and painting operations in the aeronautical industry. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 65: 377-80, 1994.
- 134-WELCH, L.; KIRSHNER, H.; HEATH, A.; GILLILAND, R. ; BROYLES, S. Chronic neuropsychological and neurological impairment following acute exposure to a solvent mixture of toluene and methyl ethyl ketone (MEK). Clin. Toxicol., 29: 435-45, 1991.
- 135-WHITE, L.D.; TAYLOR, D.G.; MAUER, P.A.; KUPEL, R.E. A convenient optimized method for the analysis of selected solvent vapors in the industrial atmosphere. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 31: 225-32, 1970.
- 136-WHITE, R.F. ; PROCTOR, S.P. Research and clinical criteria for development of neurobehavioral test batteries. J. Occup. Med. 34: 140-8, 1992.
- 137-WHITE, R.F.; PROCTOR, S.P.; ECHEVERRIA, D.; SCHWEIKERT, J. ; FELDMAN, R.G. Neurobehavioral effects of acute and chronic mixed-solvent exposure in the screen printing industry. Am. J. Ind. Med. 28:221-31, 1995.
- 138-WHITTINGTON, T.V. Paint fundamentals. In: WEISMANTEL, G.E. Paint handbook. New York, MacGraw Hill Book, 1981, Cap.1, p. 1-26.

- 139-WINDER, C. & NG, S.K. The problem of variable ingredients and concentrations in solvent thinners. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 56: 1225-28, 1995.
- 140-WOIWODE, W. & DRYSCH, K. Experimental exposure to toluene: further consideration of cresol formation in man. Br. J. Ind. Med., 38: 194-97, 1981.

9. ANEXOS

9.1. CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA OS SOLVENTES

A seguir são apresentadas as figuras 1 a 23, que mostram a representação gráfica da equação de regressão linear (linhas contínuas) e respectivo intervalo de confiança para 95% (linhas pontilhadas) para cada um dos solventes analisados. Em abcissa está assinalada a massa de solvente injetada, em μg , e em ordenada a razão área do pico do solvente/área do padrão interno

FIGURA 1: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ETANOL
(REGRESSÃO: $Y=0,0003864X+0,0000382$; CORRELAÇÃO: $r=0,9995$)

FIGURA 2: CURVA DE CALIBRAÇÃO DA METILETILCETONA (MEC)
(REGRESSÃO: $Y=0,0005995X-0,0000467$; CORRELAÇÃO: $r=0,9999$)

FIGURA 3: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ACETATO DE ETILA
(REGRESSÃO: $Y=0,0003773X-0,0000527$; CORRELAÇÃO: $r=1,0000$)

FIGURA 6: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO n-HEXANO
(REGRESSÃO: $Y=0,0008761X+0,0001452$; CORRELAÇÃO: $r=0,9999$)

FIGURA 4: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ISOBUTANOL
(REGRESSÃO: $Y=0,0007243X-0,001021$; CORRELAÇÃO: $r=0,9998$)

FIGURA 5: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ETHER METÍLICO DO ETILENOGLICOL
(REGRESSÃO: $Y=0,0002946X+0,00105$; CORRELAÇÃO: $r=0,9995$)

FIGURA 6: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO n-BUTANOL
(REGRESSÃO: $Y=0,0005638X-0,001380$; CORRELAÇÃO: $r=0,9994$)

FIGURA 7: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO BENZENO
(REGRESSÃO: $Y=0,001014 X+0,002229$; CORRELAÇÃO: $r=0,9998$)

FIGURA 8: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ÉTER METÍLICO DO PROPILENOGLICOL (EMPG)
(REGRESSÃO: $Y = 0,000364 X + 0,001205$; CORRELAÇÃO: $r = 1,000$)

FIGURA 9: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ÉTER ETÍLICO DO ETILENOGLICOL (EEEG)
(REGRESSÃO: $Y = 0,0003367 X + 0,0009239$; CORRELAÇÃO: $r = 0,9998$)

FIGURA 10: CURVA DE CALIBRAÇÃO DA METILISOBUTILCETONA (MIC)
(REGRESSÃO: $Y = 0,0007008 X + 0,0005203$; CORRELAÇÃO: $r = 0,9999$)

FIGURA 11: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ACETATO DE ISOBUTILA
(REGRESSÃO: $Y = 0,0005054 X - 0,0008065$; CORRELAÇÃO: $r = 0,9997$)

FIGURA 12: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO TOLUENO
(REGRESSÃO: $Y = 0,001038X - 0,004467$; CORRELAÇÃO: $r = 0,9999$)

FIGURA 13: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ACETATO DE BUTILA
(REGRESSÃO: $Y = 0,0005762 X + 0,00110$; CORRELAÇÃO: $r = 0,9995$)

FIGURA 14: CURVA DE CALIBRAÇÃO DA DAA (4-HIDRÓXI-4-METIL-2-PENTANONA)
(REGRESSÃO: $Y = 0,0004919 X + 0,0007397$; CORRELAÇÃO: $r = 0,9997$)

FIGURA 15: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ACETATO DO ÉTER METÍLICO DO PROPILENOGLI
COL (AEMPG) (REGRESSÃO: $Y = 0,0004034 X + 0,003405$; CORRELAÇÃO: $r = 0,9994$)

FIGURA 16: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ÉTER ISOPROPÍLICO DO ETILENOGLICOL (EIEG)
(CORRELAÇÃO: $Y = 0,0004872 X - 0,0007038$, CORRELAÇÃO: $r = 0,9992$)

FIGURA 17: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ETILBENZENO
(CORRELAÇÃO: $Y = 0,001058X + 0,0008139$, CORRELAÇÃO: $r = 0,9999$)

FIGURA 18: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ACETATO DE AMILA
(CORRELAÇÃO: $Y = 0,0005027X + 0,0009852$, CORRELAÇÃO: $r = 0,9999$)

FIGURA 19: CURVA DE CALIBRAÇÃO DA MISTURA DE XILENOS
(CORRELAÇÃO: $Y = 0,001101X + 0,001407$, CORRELAÇÃO: $r = 0,9999$)

FIGURA 20: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ACETATO DO ÉTER ETÍLICO DO ETILENOGLICOL (Ac.EEE)
(CORRELAÇÃO: $Y = 0,0004112X + 0,003947$, CORRELAÇÃO: $r = 0,9994$)

FIGURA 21: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ÉTER BUTÍLICO DO ETILENOGLICOL (EBEG)
(CORRELAÇÃO: $Y = 0,0004324X + 0,004388$, CORRELAÇÃO: $r = 0,9999$)

9.2- RESULTADOS DOS TESTES DE DESSORÇÃO

As figuras 22 a 42 mostram a representação gráfica da dessorção em porcentagem em relação à massa adsorvida, para cada solvente estudado.

FIGURA 22: Representação gráfica da dessorção (%) do etanol em função da massa adsorvida

FIGURA 23: Representação gráfica da dessorção (%) da metiletilcetona em função da massa adsorvida

FIGURA 24: Representação gráfica da dessorção (%) do acetato de etila, em função da massa adsorvida

FIGURA 25: Representação gráfica da dessorção (%) do n-hexano função da massa adsorvida

FIGURA 26: Representação gráfica da dessorção (%) isobutanol em função da massa adsorvida

FIGURA 27: Representação gráfica da dessorção (%) do n-butanol, em função da massa adsorvida

FIGURA 28: Representação gráfica da dessorção (%) do benzeno em função da massa adsorvida

FIGURA 29: Representação gráfica da dessorção (%) do éter metílico do propilenoglicol, em função da massa adsorvida

FIGURA 30: Representação gráfica da dessorção (%) do éter etílico do etilenoglicol, em função da massa adsorvida

FIGURA 31: Representação gráfica da dessorção (%) da metilisobutilcetona, em função da massa adsorvida

FIGURA 32: Representação gráfica da dessorção (%) do acetato de isobutila, em função da massa adsorvida

FIGURA 33: Representação gráfica da dessorção (%) do tolueno, em função da massa adsorvida

FIGURA 34: Representação gráfica da dessorção (%) do acetato de butila, em função da massa adsorvida

FIGURA 35: Representação gráfica da dessorção (%) da 4-hidróxi-4-metil-2-pentanona, em função da massa adsorvida

FIGURA 36: Representação gráfica da dessorção (%) do acetato do éter metílico do propilenoglicol, em função da massa adsorvida

FIGURA 37: Representação gráfica da dessorção (%) do éter isopropílico do etilenoglicol, em função da massa adsorvida

FIGURA 38: Representação gráfica da dessorção (%) do etilbenzeno, em função da massa adsorvida

FIGURA 39: Representação gráfica da dessorção (%) do acetato de amila, em função da massa adsorvida

FIGURA 40: Representação gráfica da dessorção (%) dos xilenos, em função da massa adsorvida

FIGURA 41: Representação gráfica da dessorção (%) do acetato do éter etílico do etilenoglicol, em função da massa adsorvida

FIGURA 42: Representação gráfica da dessorção (%) do éter butílico do etilenoglicol, em função da massa adsorvida

9.3. RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLVENTE NO AR

As tabelas 1 a 26 apresentam os resultados das análises para quantificação dos solventes no ar. Em cada tabela são apresentados os resultados para um pintor, contendo a concentração dos solventes quantificados em cada amostra (identificadas pela letra A), as médias ponderadas pelo tempo (MPT) para a jornada de trabalho (8h) e para a duração da operação amostrada (PINTURA).

**TABELA 1: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor 1
(tinta utilizada: esmalte sintético catalisado)**

SOLVENTE	CONC. mg/m ³		M.P.T. mg/ m ³	
	A1	A2	8h	PINTURA
ETANOL	12,704	0	0,556	8,084
TOLUENO	48,418	73,327	3,951	57,476
EIEG	11,504	0	0,503	7,321
ACETATO DE AMILA	37,063	42,419	2,682	39,011
XILENOS	32,242	30,219	2,079	30,233

**TABELA 2: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N°2
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)**

SOLVENTE	CONC. mg/m ³			M.P.T. mg/ m ³	
	A3	A4	A5	8h	PINTURA
ETANOL	17,454	8,845	28,034	3,394	18,103
ACETATO DE ATILA	3,235	1,171	0	0,227	1,210
ISOBUTANOL	4,025	0	0	0,176	0,939
n-BUTANOL	4,345	1,049	1,794	0,394	2,099
MIC	3,249	0,885	0	0,207	1,102
TOLUENO	6,446	4,704	60,631	4,920	26,239
ACETATO DE BUTILA	81,887	42,043	34,794	9,113	48,602
DAA	0	1,444	0	0,105	0,562
AEMPG	27,229	14,379	16,862	3,434	18,315
ETILBENZENO	24,583	11,329	11,786	2,376	14,594
ACETATO DE AMILA	13,574	6,604	2,858	1,278	6,815
XILENOS	26,787	14,121	15,893	3,327	17,746

**TABELA 3: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 3
(tinta utilizada: laca nitrocelulose)**

SOLVENTE	CONC. mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A6	A7	8h	PINTURA
ETANOL	61,949	132,354	6,553	87,373
MEC	0	2,918	0,079	1,054
ACETATO DE ETILA	0	11,201	0,303	4,045
ISOBUTANOL	0	15,259	0,413	5,510
EMPG	0	19,961	0,541	7,208
MIC	0	15,491	0,420	5,594
ACETATO DE ISOBUTILA	0	9,645	0,261	3,483
TOLUENO	59,388	266,385	10,060	134,137
ACETATO DE BUTILA	22,186	3,616	1,161	15,480
DAA	0	3,635	0,098	1,313
AEMPG	0	10,629	0,288	3,838
EIEG	3,130	0,383	0,160	2,138
ETILBENZENO	20,450	104,946	3,822	50,962
ACETATO DE AMILA	2,079	9,851	0,366	4,886
XILENOS	24,677	110,444	4,174	55,649

TABELA 4: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 4
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC. mg/m ³			M.P.T. mg/ m ³	
	A8	A9	A10	8h	PINTURA
ETANOL	14,722	133,060	98,594	8,880	77,495
MEC	0	9,395	0	0,294	2,562
ACETATO DE ETILA	0	1,929	10,952	0,517	4,508
XEXANO	1,075	0	0	0,045	0,391
ISOBUTANOL	3,008	0	0	0,125	1,094
EMPG	20,523	7,145	0	1,078	9,412
MIC	4,819	4,557	0	0,343	2,995
ACETATO DE ISOBUTILA	0	3,506	4,496	0,297	2,591
TOLUENO	14,009	182,249	130,516	11,717	102,259
ACETATO DE BUTILA	98,608	56,073	50,324	7,958	69,450
DAA	3,881	0	0	0,162	1,411
AEMPG	3,783	0	26,894	1,278	11,155
ETILBENZENO	36,572	60,896	98,585	7,535	65,756
ACETATO DE AMILA	16,259	16,419	6,809	1,474	12,866
XILENOS	33,671	68,193	86,669	7,145	62,358
EBEG	0	10,746	0	0,336	2,931

TABELA 5: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 5
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC. mg/m ³			M.P.T. mg/ m ³	
	A11	A12	A13	8h	PINTURA
ETANOL	142,738	66,480	222,586	21,490	144,263
ACETATO DE ETILA	50,130	31,364	66,559	7,473	49,138
ISOBUTANOL	48,215	9,501	34,826	3,968	26,089
n-BUTANOL	3,173	4,540	13,886	1,263	8,303
EMPG	214,054	59,481	312,197	28,910	190,090
EEEG	0	6,510	0	0,420	2,764
MIC	79,415	25,415	56,845	7,133	46,899
ACETATO DE ISOBUTILA	39,111	16,999	0	1,994	13,112
TOLUENO	168,483	181,442	263,965	32,627	214,533
ACETATO DE BUTILA	1223,160	390,328	1832,756	171,605	1128,361
DAA	80,452	26,583	128,295	11,846	77,893
AEMPG	345,682	113,325	470,146	45,603	299,856
ETILBENZENO	461,083	166,560	521,276	54,989	361,573
ACETATO DE AMILA	204,971	69,831	269,593	26,618	175,025
AEEEG	3,084	0	0	0,071	0,465
XILENOS	313,135	132,196	376,415	40,024	263,170
EBEG	8,227	5,346	0	0,534	3,510

TABELA 6: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 6
(tinta utilizada: poliéster/monocomponente)

SOLVENTE	CONC mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A14	A15	8h	PINTURA
ETANOL	59,155	71,051	8,780	65,846
MEC	35,079	6,710	2,509	18,818
ACETATO DE ETILA	30,085	31,767	4,138	31,031
ISOBUTANOL	15,980	3,205	1,173	8,794
n BUTANOL	6,207	3,770	0,645	4,836
EEEG	11,139	8,822	1,311	9,836
MIC	33,794	24,104	3,779	28,343
ACETATO DE ISOBUTILA	14,297	12,384	1,763	13,221
TOLUENO	214,360	410,547	43,295	324,715
ACETATO DE BUTILA	854,153	305,145	72,711	545,336
DAA	2,999	2,036	0,328	2,457
AEMPG	44,798	10,301	3,386	25,393
ETILBENZENO	523,730	109,182	38,740	290,547
ACETATO DE AMILA	0	109,771	8,233	61,746
AEMEG	93,748	55,300	9,616	72,121
XILENOS	488,940	112,079	36,927	276,956

TABELA 7: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 7
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC mg/m ³			M.P.T. mg/m ³	
	A16	A17	A18	8h	PINTURA
ETANOL	38,050	90,477	66,499	11,259	65,904
ACETATO DE ETILA	10,477	29,205	21,249	3,520	20,603
ISOBUTANOL	0	1,437	0	0,090	0,526
n BUTANOL	35,671	26,503	4,567	3,901	22,834
MIC	0	25,394	79,067	5,705	33,396
ACETATO DE ISOBUTILA	1,000	16,113	0	1,063	6,224
TOLUENO	81,962	427,851	726,368	69,183	404,972
ACETATO DE BUTILA	835,116	705,107	687,562	126,855	742,566
DAA	0	1,978	0	0,124	0,724
AEMPG	3,139	3,856	0	0,418	2,445
ETILBENZENO	424,122	266,284	50,008	43,104	252,317
ACETATO DE AMILA	2,349	164,501	557,579	39,454	230,951
AE EEG	61,306	95,519	184,102	19,007	111,261
XILENOS	380,575	203,797	115,761	40,174	235,164

TABELA 8: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 8
(tinta utilizada: sintético catalisado)

SOLVENTE	CONC. mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A19	A20	8h	PINTURA
ETANOL	29,759	84,789	6,257	58,893
MEC	4,632	0	0,232	2,180
ISOBUTANOL	3,239	1,401	0,241	2,266
EMPG	10,174	6,600	0,880	8,282
TOLUENO	28,543	38,909	3,616	34,031
ETILBENZENO	22,207	25,610	2,551	24,009
XILENOS	32,501	49,889	4,431	41,707

TABELA 9: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 9
(tinta utilizada: laca nitrocelulose)

SOLVENTE	CONC. mg/m ³			M.P.T. mg/m ³	
	A22	A23	A24	8h	PINTURA
ETANOL	119,874	153,016	188,275	30,853	155,889
ACETATO DE ETILA	13,481	22,655	30,697	4,516	22,817
ISOBUTANOL	9,855	14,029	16,661	2,716	13,725
n BUTANOL	1,000	13,867	20,570	2,456	12,409
EMPG	11,556	14,891	20,199	3,139	15,858
MIC	17,825	20,528	34,234	4,899	24,752
ACETATO DE ISOBUTILA	0,217	2,450	4,460	0,497	2,509
TOLUENO	265,932	309,262	483,377	71,286	360,182
ACETATO DE BUTILA	10,133	8,757	15,349	2,297	11,606
ETILBENZENO	62,710	59,178	119,024	16,290	82,305
ACETATO DE AMILA	16,558	13,271	31,514	4,155	20,996
XILENOS	73,161	80,395	171,344	22,106	111,694
EBEG	24,359	18,421	60,848	7,098	35,864

TABELA 10: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 10
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC. mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A25	A26	8h	PINTURA
ETANOL	28,461	59,959	3,072	44,687
ISOBUTANOL	2,904	0	0,097	1,408
EMPG	6,081	0	0,203	2,948
MIC	2,442	0	0,081	1,184
ACETATO DE ISOBUTILA	0	3,667	0,130	1,889
TOLUENO	11,908	40,050	1,815	26,405
ACETATO DE BUTILA	59,917	0	1,997	29,051
AEMPG	10,794	5,051	0,539	7,835
ETILBENZENO	11,271	22,086	1,158	16,842
ACETATO DE AMILA	10,729	12,719	0,808	11,754
AEEEG	0	9,742	0,345	5,019
XILENOS	25,498	33,413	2,033	29,575

TABELA 11: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 11
(tinta utilizada: esmalte sintético)

SOLVENTE	CONC. mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A25	A26	8h	PINTURA
ETANOL	46,475	43,391	4,893	45,170
MEC	7,504	4,775	0,688	6,349
n BUTANOL	11,208	10,488	1,181	10,904
EEEG	0	15,883	0,728	6,720
MIC	0	5,776	0,265	2,444
TOLUENO	180,435	130,088	17,240	159,135
AEMPG	8,714	7,855	0,905	8,351
ETILBENZENO	44,996	38,203	4,563	42,122
ACETATO DE AMILA	7,314	9,370	0,887	8,184
XILENOS	87,621	65,022	8,456	78,060
EBEG	0	10,717	0,491	4,534

TABELA 12: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 12
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A29	A30	8h	PINTURA
ETANOL	90,100	35,355	3,350	53,603
MEC	0	3,123	0,130	2,082
ACETATO DE ETILA	12,333	13,027	0,800	12,796
ISOBUTANOL	27,050	9,490	0,959	15,344
n BUTANOL	9,436	9,381	0,587	9,399
EMPG	69,997	23,805	2,450	39,202
MIC	23,643	11,752	0,982	15,716
ACETATO DE ISOBUTILA	0	17,251	0,719	11,501
TOLUENO	46,246	30,543	2,236	35,777
ACETATO DE BUTILA	646,771	349,080	28,019	448,311
DAA	65,824	0	1,371	21,941
AEMPG	0	5,480	0,228	3,653
ETILBENZENO	139,569	68,275	5,752	92,040
ACETATO DE AMILA	95,779	56,107	4,333	69,331
AEEEG	0	30,490	1,270	20326
XILENOS	134,073	99,812	6,952	111,232

TABELA 13: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N°13
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A31	A32	8h	PINTURA
ETANOL	60,815	67,665	3,506	62,337
MEC	5,682	0	0,249	4,420
ACETATO DE ETILA	12,381	0	0,542	9,629
HEXANO	0	4,157	0,052	0,924
ISOBUTANOL	10,988	0	0,481	8,546
nBUTANOL	11,791	14,244	0,694	12,336
EMPG	37,554	65,654	2,464	43,799
MIC	12,382	14,382	0,721	12,826
TOLUENO	67,702	34,332	3,391	60,287
ACETATO DE BUTILA	314,839	316,976	17,736	315,314
DAA	0	56,924	0,712	12,650
AEMPG	15,428	0	0,675	12,000
ETILBENZENO	83,626	77,603	4,629	82,288
ACETATO DE AMILA	52,867	56,434	3,018	53,659
XILENOS	109,141	105,811	6,098	108,401

TABELA 14: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 14
(tinta utilizada: poliéster/monocomponente)

SOLVENTE	CONC .mg/m ³			M.P.T. mg/m ³	
	A34	A35	A36	8h	PINTURA
ETANOL	73,436	41,388	205,204	20,884	117,932
ACETATO DE ETILA	9,405	7,748	9,114	1,540	8,697
ISOBUTANOL	14,693	10,819	3,247	1,501	8,478
nBUTANOL	7,971	46,881	26,696	5,248	29,635
EMPG	44,950	38,118	10,045	4,915	27,755
MIC	11,506	9,060	8,628	1,669	9,424
ACETATO DE ISOBUTILA	4,695	2,958	0,147	0,382	2,156
TOLUENO	34,782	22,576	375,102	30,920	174,610
ACETATO DE BUTILA	302,187	235,170	182,281	40,331	227,750
DAA	32,820	35,269	9,121	4,188	23,647
ETILBENZENO	61,613	47,946	59,793	9,920	56,018
ACETATO DE AMILA	42,654	36,067	6,602	4,438	25,060
AEEEG	0	0	2,910	0,218	1,233
XILENOS	89,435	63,888	83,696	13,810	77,987
EBEG	0	7,411	0	0,463	2,616

TABELA 15: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 15

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A37	A38	8h	PINTURA
ETANOL	0	43,856	1,096	21,928
MEC	0	5,870	0,147	2,935
ACETATO DE ETILA	0	4,443	0,111	2,221
TOLUENO	4,378	51,604	1,400	27,991
ACETATO DE BUTILA	177,824	87,946	6,644	132,885
AEMPG	0	4,120	1,103	2,060
ETILBENZENO	60,571	50,709	2,782	55,640
AEEEG	34,774	17,659	1,311	26,217
XILENOS	60,394	71,697	3,302	66,045

TABELA 16: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 16

(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC .mg/m ³			M.P.T. mg/m ³	
	A39	A40	A41	8h	PINTURA
ETANOL	132,714	72,445	49,954	9,147	78,404
ACETATO DE ETILA	35,532	18,400	0	1,844	15,806
ISOBUTANOL	23,545	19,216	0	1,558	13,358
nBUTANOL	55,584	4,915	5,633	1,976	16,934
EMPG	55,945	65,075	0	4,633	39,715
MIC	14,544	17,140	0	1,215	10,416
ACETATO DE ISOBUTILA	9,608	46,174	39,343	4,112	35,246
TOLUENO	62,053	36,898	20,454	4,301	36,864
ACETATO DE BUTILA	678,835	506,983	320,961	56,051	480,441
DAA	0	36,802	0	1,763	15,115
AEMPG	0	0	22,865	0,953	8,166
ETILBENZENO	129,414	99,816	48,905	10,326	88,504
ACETATO DE AMILA	44,123	75,120	53,566	7,026	60,227
AEEEG	25,933	0	84,595	4,227	36,233
XILENOS	281,881	129,098	123,267	18,956	162,483
EBEG	0	17,954	0	0,860	7,374

TABELA 17: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 17

(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC .mg/m ³			M.P.T. mg/m ³	
	A43	A44	A45	8h	PINTURA
ETANOL	17,253	202,617	29,238	4,611	65,098
ACETATO DE ETILA	7,056	12,203	0	0,409	5,777
ISOBUTANOL	9,389	6,089	0	0,375	5,299
nBUTANOL	40,878	20,921	0	1,541	21,755
MIC	141,420	89,998	0	5,625	79,408
TOLUENO	0,451	376,688	29,563	7,030	99,252
ACETATO DE BUTILA	737,510	469,617	165,889	33,485	472,728
AEMPG	0	0	16,264	0,407	5,740
ETILBENZENO	386,979	253,439	139,373	18,995	268,167
ACETATO DE AMILA	89,323	64,601	111,925	6,480	91,483
AEEEG	11,219	9,701	0	0,489	6,902
XILENOS	389,753	268,832	128,901	19,071	269,236

TABELA 18: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 18
(tinta utilizada: poliéster/monocomponente)

SOLVENTE	CONC .mg/m ³			M.P.T. mg/m ³	
	A46	A47	A48	8h	PINTURA
ETANOL	6,742	0	100,889	7,007	49,460
MEC	26,208	32,422	0	2,173	15,337
ACETATO DE ETILA	14,815	11,455	0	0,999	7,053
HEXANO	0,094	0	0	0,004	0,028
nBUTANOL	0	0	1,376	0,092	0,647
EEEG	0	0	4,358	0,291	2,051
MIC	13,087	12,305	15,209	1,969	13,901
TOLUENO	197,853	194,023	203,550	28,281	199,633
ACETATO DE BUTILA	5,573	5,910	9,780	1,081	7,632
DAA	4,984	0	0	0,208	1,466
ETILBENZENO	11,986	22,004	25,782	2,952	20,835
ACETATO DE AMILA	14,441	16,078	0	1,138	8,030
AEEEG	0	0	5,013	0,334	2,359
XILENOS	16,248	29,377	26,049	3,393	23,949

TABELA 19: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 19
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC .mg/m ³			M.P.T. mg/m ³	
	A49	A50	A51	8h	PINTURA
ETANOL	6,706	8,594	16,913	2,212	10,618
ACETATO DE ETILA	0	0,433	2,654	0,207	0,991
HEXANO	0,937	0	0	0,049	0,234
nBUTANOL	8,607	8,364	1,822	1,346	6,462
MIC	35,562	29,667	1,705	4,740	22,752
TOLUENO	7,452	9,686	29,026	3,110	14,930
ACETATO DE BUTILA	183,909	161,829	114,223	31,889	153,067
AEMPG	0	1,185	5,440	0,451	2,165
ETILBENZENO	103,768	90,593	25,528	15,493	74,367
ACETATO DE AMILA	21,521	19,701	2,004	3,093	14,847
AEEEG	0	1,239	0	0,116	0,558
XILENOS	100,601	89,075	27,373	15,301	73,446
EBEG	0	0	2,732	0,171	0,820

TABELA 20: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 20
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A52	A53	8h	PINTURA
ETANOL	13,796	21,030	1,355	14,783
ISOBUTANOL	1,254	0	0,099	1,083
nBUTANOL	1,486	0	0,118	1,283
ACETATO DE ISOBUTILA	13,471	45,244	1,632	17,804
TOLUENO	11,072	13,023	1,039	11,338
ACETATO DE BUTILA	105,014	277,139	11,778	128,486
AEMPG	4,438	15,707	0,548	5,974
ETILBENZENO	21,006	45,650	2,234	24,367
ACETATO DE AMILA	16,026	56,485	1,975	21,543
AEEEG	27,696	102,337	3,472	37,874
XILENOS	39,186	140,019	4,852	52,936

**TABELA 21: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N°21
(tinta utilizada: poliéster/bicomponente)**

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A55	A56	8h	PINTURA
ETANOL	14,049	23,415	1,181	17,171
ACETATO DE ETILA	2,480	0	0,114	1,653
ISOBUTANOL	3,193	0	0,146	2,128
nBUTANOL	2,270	0	0,104	1,513
EMPG	10,519	0	0,482	7,013
MIC	3,399	0	0,156	2,266
ACETATO DE ISOBUTILA	0	6,752	0,155	2,251
TOLUENO	11,969	21,336	1,038	15,091
ACETATO DE BUTILA	82,563	51,111	4,955	72,079
DAA	3,462	0	0,159	2,308
AEMPG	0	3,013	0,069	1,004
ETILBENZENO	19,153	9,950	1,106	16,085
ACETATO DE AMILA	15,047	14,044	1,011	14,712
AEEEG	0	20,477	0,469	6,826
XILENOS	31,746	23,264	1,988	28,919

TABELA 22: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N°22 (tinta utilizada: esmalte sintético catalisado)

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A58	A59	8h	PINTURA
ETANOL	0	8,322	0,260	3,468
ACETATO DE ETILA	71,529	106,301	6,451	86,017
TOLUENO	45,917	55,060	3,729	49,726
AEMPG	1,882	0	0,082	1,098
ETILBENZENO	32,324	46,856	2,878	38,379
ACETATO DE AMILA	12,534	16,935	1,078	14,368
AEEEG	28,540	40,589	2,517	33,560
XILENOS	30,584	59,861	3,209	42,783

TABELA 23: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 23 (tinta utilizada: poliéster/bicomponente)

SOLVENTE	CONC.mg/ m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A61	8h	PINTURA	
ETANOL	10,199	1,764	10,199	
MEC	15,836	2,738	15,836	
ACETATO DE ETILA	2,897	0,501	2,897	
ISOBUTANOL	5,164	0,893	5,164	
n BUTANOL	2,940	0,508	2,940	
EEEG	3,809	0,659	3,809	
MIC	1,576	0,272	1,576	
ACETATO DE ISOBUTILA	1,252	0,216	1,252	
TOLUENO	24,177	4,181	24,177	
ACETATO DE BUTILA	448,675	77,583	448,675	
ETILBENZENO	147,671	25,535	147,671	
ACETATO DE AMILA	0,992	0,172	0,992	
AEEEG	54,629	9,446	54,629	
XILENOS	189,503	32,768	189,503	
EBEG	2,254	0,390	2,254	

TABELA 24: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 24 (tinta utilizada: esmalte sintético catalisado)

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A64	A65	8h	PINTURA
ETANOL	15,005	30,496	1,549	23,234
ACETATO DE ETILA	2,649	3,589	0,210	3,148
TOLUENO	30,012	46,689	2,591	38,872
ETILBENZENO	11,187	9,328	0,680	10,200
XILENOS	12,054	15,076	0,911	13,660

TABELA 25: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 25 (tinta utilizada: esmalte sintético catalisado)

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A67	A68	8h	PINTURA
ETANOL	8,601	6,306	0,774	7,145
ACETATO DE ETILA	2,025	1,670	0,195	1,799
TOLUENO	15,930	23,474	2,244	20,717
ETILBENZENO	4,933	5,425	0,568	5,245
XILENOS	3,898	8,573	0,744	6,685

TABELA 26: Resultados da determinação de solventes no ar para o pintor N° 26 (tinta utilizada: esmalte sintético catalisado)

SOLVENTE	CONC.mg/m ³		M.P.T. mg/m ³	
	A69	A70	8h	PINTURA
ETANOL	48,506	81,140	6,416	66,952
MEC	2,978	7,569	0,534	5,573
ACETATO DE ETILA	0	1,464	0,079	0,827
ISOBUTANOL	0	1,130	0,061	0,639
TOLUENO	31,217	94,815	6,437	67,164
ACETATO DE BUTILA	0	1,469	0,080	0,830
ETILBENZENO	8,208	25,319	1,713	17,880
XILENOS	9,171	30,995	2,061	21,506
EBEG	0	6,026	0,326	3,406

9.4. QUESTIONÁRIO

I- identificação

- 1- Nome.....
- 2- nascimento...../...../..... peso.....kg altura.....
- 3- endereço.....
- 4-até que série você estudou?.....
- 5-oficina em que trabalha.....
- 6-na oficina, você é: ☐ dono, sócio ☐ empregado

II- sobre o seu trabalho

- 1- quantas horas trabalha por dia?.....
- 2- quantas vezes por semana você pinta
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ todos os dias
- 3- quantas latas de tinta usa por semana?.....(litros)
- 4- quantos galões de tiner usa por semana?.....(litros)
- 5- ha quanto tempo é pintor?anos
- 6- tem algum outro emprego ou bico? ☐sim ☐não
se sim, o que faz?.....
- 7- qual a profissão anterior?.....
- 8-EPI:☐SIM☐NÃO ADEQUADO:☐SIM ☐NÃO obs.....

III- Hábitos pessoais e dieta

- 1- fuma ☐SIM ☐NÃO quantos cigarros por dia?.....a quantos anos?.....
☐larguei de fumar
- 2-bebidas
chá	☐ sim ☐ não	quanto por dia?.....	xícaras
café	☐ sim ☐ não	quanto por dia?.....	xícaras
cerveja	☐ sim ☐ não	quanto por dia?.....	garrafas.
pinga	☐ sim ☐ não	quanto por dia?.....	doses.
outra bebida.....		quanto por dia?.....	
- 3-dieta: **Por favor responda se você comeu ontem ou hoje alguma das seguintes coisas industrializadas (feita em fábrica), indicando o que comeu. Se comeu alguma destas coisas, mas feita em casa, não precisa responder.**
- conserva em lata ou vidro:☐sim☐não ,o que?.....
- suco concentrado:☐sim☐não,qual?.....
- algum molho(tomate,pimenta,p/salada.)qual.....
- refrigerante:☐sim☐não,qual.....
- queijo:☐sim☐não,qual.....

IV-Sobre sua saúde:

- 1- Você tem dificuldade para lembrar-se das coisas.....☐SIM ☐NÃO
- 2- Alguém da família já disse que você tem memória curta.....☐SIM ☐NÃO
- 3- Você costuma escrever as coisas que deve lembrar.....☐SIM ☐NÃO
- 4- Você costuma voltar para conferir coisas que fez, como
trancar portas, desligar fogão.....☐SIM ☐NÃO
- 5- Você tem dificuldades para entender o que lê.....☐SIM ☐NÃO
- 6- Você tem dificuldade para se concentrar.....☐SIM ☐NÃO
- 7- Você fica nervoso sem motivo.....☐SIM ☐NÃO
- 8- Você fica triste, ou deprimido, sem motivo.....☐SIM ☐NÃO
- 9- Você se cansa mais do que acha normal.....☐SIM ☐NÃO
- 10- Você está menos interessado em sexo do que acha normal..... ☐SIM ☐NÃO
- 11- Você tem batadeira do coração sem fazer esforço..... ☐SIM ☐NÃO
- 12- Você, as vezes, sente o peito sufocado..... ☐SIM ☐NÃO
- 13- Você transpira sem motivo.....☐SIM ☐NÃO
- 14- Você tem dor de cabeça ao menos uma vez por semana.....☐SIM ☐NÃO
- 15- Você costuma ter formigamento em alguma parte do corpo.....☐SIM ☐NÃO
- 16- Você tem dificuldade para abotoar e desabotoar a roupa..... ☐SIM ☐NÃO
- 17- Você já desmaiou☐SIM ☐NÃO
- 18- Já tomou remédio para desmaio.....☐SIM ☐NÃO
- 19- Alguém da família tem doença nervosa, ou desmaio.....☐SIM ☐NÃO
- 20- Você já sofreu algum acidente com pancada forte na cabeça.....☐SIM ☐NÃO
- 21- Você está tomando algum remédio.....☐SIM ☐NÃO
- Se sim, qual?.....Toma quantas vezes ao dia?.....
- 22- você se machuca no serviço (pequenos ferimentos, como martelada no dedo, cortes, deixar cair peças ou ferramentas no pé, etc):
☐raramente ☐as vezes ☐vive se machucando
- 23-sobre o seu sono:
- Você dorme bem, acorda descansado.....☐SIM ☐NÃO
- A que horas você vai dormir?.....A que horas você acorda?.....
- Você acorda durante a noite? ☐NÃO ☐SIM, de vez em quando ☐SIM, toda noite
☐SIM, várias vezes na mesma noite
- 24- Você já notou alguma dificuldade para fazer distinção entre as cores:
amarelo e azul.....☐SIM ☐NÃO
verde e vermelho.....☐SIM ☐NÃO
- 25- Você sente algum incômodo quando está pintando.....☐SIM ☐NÃO
- ☐tontura ☐dor de cabeça ☐escurecer a vista ☐gosto ruim na boca
☐arde nariz e /ou garganta ☐arde os olhos ☐tosse
- Alguma outra coisa?.....
- 26- Você sente algum problema de saúde.....☐SIM ☐NÃO
- O que sente.....

9.5- FICHA DE COLETA

PROJETO SOLVENTES - FICHA DE COLETA

IDENTIFICAÇÃO

EMPRESA: _____ DATA ____ / ____ / ____

MEIO DE CAPTAÇÃO:- _____ AMOSTRA Nº _____

RESPONSÁVEL PELA COLETA _____

DADOS DA AMOSTRAGEM

SEQÜÊNCIA DA AMOSTRA DE Nº _____ BOMBA Nº _____

CALIBRAÇÃO DA BOMBA: INICIAL _____ mL/min FINAL _____ mL/min.

TEMPERATURA DE CALIBRAÇÃO:- INICIAL _____ °C FINAL _____ °C

PERÍODO AMOSTRADO: INÍCIO _____ h FINAL _____ h

TEMPERATURA NA COLETA:- INICIAL _____ °C FINAL _____ °C

TOTAL DA AMOSTRAGEM: TEMPO _____ min VOLUME _____ LITROS*

NOME DO PINTOR _____

ATIVIDADE _____

3-CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS E DO TRABALHO

ALTITUDE _____ m TEMPO ()NORMAL ()NUBLADO ()CHUVOSO

TBU _____ °C TBS _____ °C URA _____

CONTAMINANTES _____

RITMO: ()NORMAL PROCESSO: ()CONTÍNUO VENTILAÇÃO ()NATURAL

()AUMENTADO ()CAMPANHA ()EXAUSTÃO

()REDUZIDO ()NORMAL ()INSUFLADO

()INTERVENÇÃO ()ALTERADO ()CONFINADO

EXPOSIÇÃO DIÁRIA E FREQUÊNCIA :- VIDE QUESTIONÁRIO

INTERRUPÇÕES: _____

OBSERVAÇÕES E CROQUI: (no verso, se necessário)

*= corrigir para 25°C e 760 mmHg

jsl