



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciência  
Instituto de Química

Lauro de Sena Laurentino

**Avaliação da poluição sonora e dos teores de BTEX em  
*kartódromos* da cidade do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro  
2010

Lauro de Sena Laurentino

**Avaliação da poluição sonora e dos teores de BTEX em *kartódromos* da cidade do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós Graduação em Química, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Química Ambiental

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mônica Regina da Costa Marques  
Co-Orientador: Prof. Dr. Sérgio Machado Corrêa

Rio de Janeiro  
2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/CTC/Q

L383 Laurentino, Lauro de Sena.  
Avaliação da poluição sonora e dos teores de BTEX em kartódromos da cidade do Rio de Janeiro. / Lauro de Sena Laurentino. – 2010.  
93 f.

Orientador: Mônica Regina da Costa Marques.  
Orientador: Sérgio Machado Corrêa.  
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Química.

1. BTEX - Teses. 2. Poluição sonora – Teses. 3. Kartódromo - Teses. I. Marques, Mônica. II. Corrêa, Sérgio Machado. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Química. IV. Título.

CDU547.52

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

---

Assinatura

---

Data

Lauro de Sena Laurentino

**Avaliação da poluição sonora e dos teores de BTEX em *kartódromos* da cidade do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós Graduação do Instituto de Química, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Química Ambiental

Aprovado em 31 de março de 2010

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Mônica Regina da Costa Marques (orientadora)  
Instituto de Química da UERJ

---

Prof. Dr. Fábio Merçon  
Instituto de Química da UERJ

---

Profa. Dra. Simone Lorena Quitério de Souza  
Departamento de Meio Ambiente do IFRJ

Rio de Janeiro  
2010

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado força, sabedoria e principalmente saúde pois sem isso é impossível realizar qualquer trabalho.

Aos meus pais e meu irmão, pois sempre me apoiaram em tudo que eu realizo e realizei na vida. Sei que sempre estarão ao meu lado em tudo.

À minha namorada Ana Luiza por estar sempre ao meu lado e entender os momentos em que estive ausente para a realização deste trabalho. Pelo seu carinho e Amor...

À todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho. Em especial à Aline Sol, do laboratório da UERJ que me ajudou muito na realização das análises cromatográficas e à Carina Casal, pela fundamental ajuda na adequação do método e no processamento das amostras. Obrigado!

Aos amigos do laboratório Físico-químico da FIOCRUZ, que sempre se mostraram solícitos e dispostos a ajudar.

À minha orientadora Mônica Regina, por guiar e direcionar toda a estrutura e conteúdo deste trabalho, além de estar sempre a disposição quando precisei.

Ao meu co-orientador Sérgio Machado, pela imprescindível ajuda em toda realização da parte experimental e por estar sempre disponível a toda dúvida que tive. Muito Obrigado!

## Lista de Abreviaturas

GEMS - Sistema Global de Monitoramento Ambiental

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

HCNM – Hidrocarbonetos não Metânico

ppb – Parte por bilhão

ppm – Parte por milhão

BTEX – Benzeno, Tolueno, Etil-benzeno e Xileno

CNTP – Condições Normais de Temperatura e pressão

ASTDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry

IARC – International Agency for Research on Cancer

CNP - Benzeno - Comissão Nacional Permanente do Benzeno

NR - Norma Regulamentadora

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

AEAC - Álcool Etílico Anidro Combustível

ELL – Extração Líquido-Líquido

EC – Eletroforese Capilar

FM – Fase móvel

FE – Fase Estacionária

CGAR - Cromatografia gasosa de alta resolução

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Padrões nacionais de qualidade do ar, conforme CONAMA n° 03 de 28/06/90.....	19
Tabela 2 - Classificação dos grupos de acordo com a toxicidade.....	24
Tabela 3 - Propriedades Físico-químicas dos BTEX.....	30
Tabela 4 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente – NR-15.....	34
Tabela 5 - Composição da gasolina brasileira.....	38
Tabela 6 - Especificação da gasolina.....	39
Tabela 7 - Sistema de adsorção - dessorção para análise de poluentes.....	44
Tabela 8 - Equações das curvas de calibração dos BTEX para as faixas de concentração de 1,0 a 6,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ .....	64
Tabela 9 - Equações das curvas de calibração dos BTEX para as faixas de concentração de 0,1 a 1,6 $\mu\text{g mL}^{-1}$ .....	64
Tabela 10 - Resultado coeficiente do desvio padrão absoluto e coeficiente de variação de cada ponto de calibração para cada substância – Faixa de concentração de 1,0 a 6,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ .....	65
Tabela 11 - Resultado coeficiente do desvio padrão absoluto e coeficiente de variação de cada ponto de calibração para cada substância – Faixa de concentração de 0,1 a 1,6 $\mu\text{g mL}^{-1}$ .....	65
Tabela 12 - Limites de detecção e quantificação dos BTEX.....	66
Tabela 13 - Determinação dos teores de BTEX no ar do <i>kartódromo indoor</i> .....	69
Tabela 14 - Valores médios das concentrações de BTEX encontradas no ar do <i>Kartódromo indoor</i> .....	70
Tabela 15 - Comparação entre os resultados de BTEX médios do <i>kartódromo indoor</i> e do estacionamento sem atividade de <i>kart</i> .....	71
Tabela 16 - Valores máximos de ruído encontrados no <i>kartódromo Indoor</i> .....	72
Tabela 17 - Valores máximos da temperatura e da umidade relativa do ar no <i>kartódromo indoor</i> .....	73

Tabela 18 - Resultados dos teores de BTEX para as amostras coletadas no <i>kartódromo outdoor</i> .....	76
Tabela 19 - Valores máximos de ruído encontrados no <i>kartódromo outdoor</i> .....	77
Tabela 20 - Resultados da temperatura e umidade relativa do ar no <i>kartódromo outdoor</i> .....	78
Tabela 21 - Comparação dos valores médios de BTEX encontrados no <i>kartodromo indoor e outdoor</i> .....	80
Tabela 22 – Comparação dos resultados encontrados nesse trabalho com os obtidos em artigos e teses já concluídas.....	81
Tabela 23– Comparação dos valores máximos permitidos de BTEX na atmosfera com os encontrados nos <i>kartódromos</i> .....	82
Tabela 24 - Comparação dos valores médios de ruído entre os <i>kartodromo indoor e outdoor</i> .....	83



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplos de compostos orgânicos voláteis.....	20
Figura 2 - Estrutura dos BTEX.....	21
Figura 3 - Interação do agente químico com o sistema biológico.....	24
Figura 4 - Recorte de composição química de gasolina automotiva.....	37
Figura 5 – Fluxograma da metodologia utilizada no preparo da amostra.....	40
Figura 6 - Esquema de uma amostragem ativa.....	45
Figura 7- Foto do cartucho de carvão ativo da marca SKC utilizado na amostragem.....	46
Figura 8 - Foto da bomba de sucção de ar da marca SKC utilizada na amostragem.....	46
Figura 9 - Foto do <i>kartódromo indoor</i> no qual foram coletadas as amostras.....	47
Figura 10 - Planta baixa de um <i>kartódromo indoor</i> .....	48
Figura 11 – Foto do <i>kartódromo outdoor</i> no qual foram coletadas as amostras.....	49
Figura 12 - Foto de um Decibímetro (marca: Minipa ; modelo: MSL-1325).....	56
Figura 13 – Cromatograma do diclorometano puro.....	57
Figura 14 - Cromatograma do padrão de BTEX de concentração 2,0 µg mL <sup>-1</sup> .....	57
Figura 15 - Espectros de massas: (a) do primeiro pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica Nist.....	58
Figura 16 - Espectros de massas: (a) do segundo pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica Nist.....	59
Figura 17 - Espectros de massas: (a) do terceiro pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica Nist.....	59
Figura 18 - Espectros de massas: (a) do quarto pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica Nist.....	60

Figura 19 - Espectros de massas: (a) do quinto pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica Nist.....	60
Figura 20 – Curva de calibração para a quantificação dos BTEX (faixa de concentração de 1,0 a 6,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ).....	62
Figura 21 – Curva de calibração para a quantificação dos BTEX (faixa de concentração de 0,1 a 1,6 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ).....	63
Figura 22 – Cromatograma de uma amostra do <i>kartódromo indoor</i> .....	67
Figura 23 – Cromatograma do leito de segurança do cartucho de carvão ativo.....	68
Figura 24 - Gráfico feito por análise de cluster no programa estatística 5.0 para os parâmetros do <i>kartódromo indoor</i> .....	74
Figura 25 - Gráfico feito por análise de cluster no programa estatística 5.0 para os parâmetros do <i>kartódromo outdoor</i> .....	79

# Sumário

INTRODUÇÃO.....	15
<b>1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
1.1. A qualidade do Ar atmosférico.....	17
1.2. Efeitos gerais das emissões atmosféricas de COVs.....	19
1.3. Emissões de hidrocarbonetos mono-aromáticos na atmosfera.....	21
1.4. Principais características toxicológicas do BTEX.....	21
1.4.1. <u>O Benzeno</u> .....	22
1.4.2. <u>O Tolueno</u> .....	27
1.4.3. <u>O Etilbenzeno</u> .....	28
1.4.4. <u>O xileno</u> .....	28
1.5. A História do Kart.....	30
1.6. Ruído.....	32
1.7. Características da gasolina automotiva.....	36
1.7.1. <u>Características da gasolina Tipo C</u> .....	39
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
2.1. Amostragem do ar atmosférico nos <i>kartódromos</i> .....	41
2.1.1. <u>Extração em fase sólida</u> .....	42
2.1.2. <u>Amostragem do ar no <i>Kartódromo indoor</i></u> .....	44
2.1.3. <u>Amostragem no estacionamento antes do funcionamento do <i>Kart</i></u> .....	48
2.1.4. <u>Amostragem do ar no <i>kartódromo outdoor</i></u> .....	48
2.2. Análise por CG-EM dos BTEX.....	50
2.2.1. <u>Análise dos BTEX por Detector de Massas</u> .....	52
2.3. Preparo da curva de calibração.....	53
2.4. Análise estatística.....	54
2.5. Conversão de unidades de concentração.....	54
2.6. Análise de Ruído.....	56
2.7. Determinação da temperatura e da umidade relativa.....	56
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>57</b>
3.1. Curva de calibração.....	57
3.2. Avaliação do impacto ambiental do <i>Kartódromo indoor</i> .....	66
3.2.1. <u>Determinação dos teores de BTEX no ar</u> .....	67

3.2.2. <u>Análise do ar do estacionamento sem o funcionamento do <i>Kart</i></u> .....	70
3.2.3. <u>Poluição sonora: determinação do nível de ruídos</u> .....	71
3.2.4. <u>Determinação da Temperatura e umidade relativa do ar</u> .....	73
3.2.5. <u>Correlação estatística entre os parâmetros monitorados: temperatura, umidade relativa e BTEX</u> .....	73
3.3. <b>Avaliação do impacto ambiental do <i>Kartódromo outdoor</i></b> .....	75
3.3.1. <u>Determinação dos teores de BTEX no ar</u> .....	75
3.3.2. <u>Poluição sonora: determinação do nível de ruídos</u> .....	76
3.3.3. <u>Determinação da Temperatura e umidade relativa do ar</u> .....	77
3.3.4. <u>Correlação estatística entre os parâmetros monitorados: temperatura, umidade relativa e BTEX</u> .....	78
3.4. <b>Comparação das análises de ar entre os <i>kartódromos</i></b> .....	80
3.5. <b>Comparação dos níveis de ruído entre os <i>kartódromos</i></b> .....	82
4. <b>CONCLUSÃO</b> .....	84

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## RESUMO

LAURENTINO, Lauro de Sena. *Avaliação da poluição sonora e dos teores de BTEX em kartódromos da cidade do Rio de Janeiro*. 2010.93f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Este trabalho teve como objetivo o monitoramento ambiental incluindo, a avaliação da temperatura ambiente, umidade relativa, ruído e qualidade do ar de *kartódromos indoor* e *outdoor*, localizados na cidade do Rio de Janeiro.

A qualidade do ar foi monitorada através da determinação dos teores de benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos, conhecidos como BTEX. Esses compostos apresentam alta toxicidade e se encontrados acima dos limites permitidos, podem prejudicar a saúde dos usuários e principalmente dos funcionários do estabelecimento.

Para a realização da quantificação dos BTEX no ar, foi utilizada a técnica de amostragem ativa, seguida de extração por solvente e posterior análise por Cromatografia Gasosa com detecção por espectrometria de massas.

O nível do ruído também foi um parâmetro estudado e comparado com a legislação vigente. Sabe-se que, principalmente em longo prazo, a exposição a níveis elevados de ruído prejudicam a audição e em alguns casos (normalmente os ocupacionais) sua perda total ou parcial. O equipamento utilizado para a medição foi um decibímetro.

Os resultados do *kartódromo indoor*, do *outdoor* e do estacionamento sem nenhuma atividade de *kart* foram analisados e comparados entre si.

Palavras-chave: BTEX. Ruído. *Kartódromo*.

## ABSTRACT

The objective of this work was to perform the environmental monitoring, including the evaluation of ambient temperature, relative humidity, noise and quality of the air, of indoor and outdoor kart racing circuits, located at the city of Rio de Janeiro.

The quality of the air was monitored by the determination of the texts of benzene, toluene, ethylbenzene e xylenes, known as BTEX. These compounds have high toxicity and, if found above the permitted limits, they can jeopardize the health of the customers and company's employees, in special.

For the quantification of BTEX in the air, the active sampling technique was used, followed by the extraction with solvent and analysis by Gas Chromatography with mass spectrometry detection.

The level of noise parameter was also studied and compared to the current legislation. It is known that the exposure to high levels of noise jeopardizes the audition, especially in a long term, and in some cases (generally occupational) can cause its total or partial loss. The equipment used for the measurement was a decibilimeter.

The results of the indoor and outdoor kart racing circuits and the parking lot without any kart activity were analyzed and compared to each other.

Keywords: BTEX. Noise. Kart.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo monitorar o ar atmosférico, os níveis de ruído, a temperatura e a umidade relativa do ar de um *kartódromo indoor* e outro *outdoor*. O primeiro está situado no estacionamento de um grande shopping localizado na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro e o outro em um grande terreno aberto localizado ao lado de outro shopping da Zona Oeste do Rio de Janeiro.

A motivação para realização desse trabalho foi, inicialmente, o incômodo como usuário durante uma corrida no mesmo *kartódromo indoor* escolhido para esse estudo, seguido da curiosidade e posterior pesquisa na literatura sobre os níveis de poluição desses locais. Curiosamente, foi encontrado apenas um trabalho que citava, dentro de um trabalho maior sobre poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil, o valor de BTX de uma pista de kart semi-aberta (GIODA; NETO, 2003). Os autores foram contactados com sucesso, porém foi informado que o trabalho não havia sido concluído e nenhum artigo relacionado tinha sido publicado. Daí surgiu a idéia de se realizar um trabalho mais elaborado e planejado para o monitoramento nesses locais.

O primeiro objetivo era de realizar o monitoramento em todos os *kartódromos* localizados na cidade do Rio de Janeiro, tanto indoor como outdoor. Entretanto, alguns estabelecimentos vetaram as medições, certamente por precaução com relação aos valores que seriam encontrados. Com isso, foram escolhidos um *kartódromo indoor* e outro *outdoor* para a realização do monitoramento ambiental.

Os experimentos foram divididos em três partes: análise do ar, do ruído e da temperatura e umidade relativa do ar. As análises do ar, além de serem realizadas nos *kartódromos*, foram feitas também no estacionamento onde se localiza o *kartódromo indoor*. Os resultados obtidos foram considerados como base (amostra controle) para observar a influência da presença do *kartódromo indoor* na poluição atmosférica durante o seu funcionamento.

O tipo de amostragem utilizada para a análise de ar foi a amostragem ativa. Assim, um cartucho de carvão ativado foi acoplado a uma bomba de sucção de ar com fluxo constante durante períodos de coleta diferentes para cada tipo de *kartódromo*. Os poluentes foram extraídos com auxílio de um solvente e injetados em um cromatógrafo gasoso com detector de massas acoplado.

A análise de ruído foi realizada com a utilização de um decibímetro e para a temperatura e umidade relativa do ar utilizou-se um termo-higrômetro.

A realização desse trabalho é mais uma contribuição à pesquisa ambiental, principalmente por ter sido realizado em local pouco pesquisado e que, de acordo com os resultados que serão mostrados nos capítulos subseqüentes, merece toda atenção das autoridades ambientais.



## 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. A qualidade do ar atmosférico

A poluição atmosférica é um assunto que vem causando bastante desconforto e preocupação, não só para as autoridades de todos os países como também para a população em geral. Muitos problemas de saúde vêm aparecendo ou são intensificados com o aumento da poluição do ar, desde os mais simples, como asma, bronquites e alergias, até os mais complexos e perigosos, como doenças cardiovasculares e o câncer de pulmão.

A Organização Mundial de Saúde (OMS), com base na atualização de dados obtidos no Sistema Global de Monitoramento Ambiental (GEMS), chegou à conclusão que 1,6 bilhão de pessoas correm riscos de doenças em consequência da poluição do ar (LORA, 2000).

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar atmosférico. Ocorre esse tipo de poluição quando resíduos gasosos modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto o meio é considerado contaminado quando existir a mínima ameaça à saúde humana, plantas e animais (ÁLVARES, 2002).

De acordo com a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA nº 3 de 1990, entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora;

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

A poluição atmosférica é provocada pela mistura de substâncias químicas emitidas diretamente no ar ou proveniente de reações químicas, que modificam a composição normal da atmosfera e sua maior ou menor influência em sua qualidade está diretamente relacionada com a natureza das fontes emissoras (tipo de poluente emitido), com a concentração da massa de ar e condições climáticas. Assim, por

exemplo, a existência de ventos fortes ou chuvas poderão dispersar ou depositar os poluentes, ao passo que a presença de luz solar poderá acentuar os efeitos negativos (ÁLVARES, 2002).

As fontes emissoras podem ser classificadas em antropogênicas e naturais. As antropogênicas são provenientes das atividades relacionadas ao ser humano como, por exemplo, emissões gasosas oriundas de automóveis e atividades industriais. Já as fontes naturais são provenientes de atividades normais da natureza como, por exemplo, erupções vulcânicas e incêndios florestais de origem natural (LYRA, 2001).

Segundo Lyra (2001), um padrão de qualidade do ar define legalmente um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. De acordo com a resolução do CONAMA n° 3 de 28/06/1990, são estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

a) Padrões Primários de Qualidade do Ar: são as concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

b) Padrões Secundários de Qualidade do Ar: são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

No Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) estabeleceu, pela Portaria Normativa n° 348 de 14/03/90, os padrões nacionais de qualidade do ar (Tabela 1). Estes padrões foram submetidos ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 28/06/90, resultando na Resolução CONAMA n° 03/90.

Tabela 1– Padrões nacionais de qualidade do ar, conforme CONAMA nº 03 de 28/06/90

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão primário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Padrão secundário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
Partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150
	MGA <sup>2</sup>	80	60
Partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150
	MAA <sup>3</sup>	50	60
Fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100
	MAA <sup>3</sup>	60	40
Dióxido de enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100
	MAA <sup>3</sup>	80	40
Dióxido de Nitrogênio	1 hora	320	190
	MAA <sup>3</sup>	100	100
Monóxido de carbono	1 hora <sup>1</sup>	40000 (equivale a 35 ppm)	40000 (equivale a 35 ppm)
	8 horas <sup>1</sup>	10000 (equivale a 9 ppm)	10000 (equivale a 9 ppm)
Ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160

1- não deve ser excedido mais do que uma vez ao ano.

2- MGA - Média geométrica anual (Entre “n” medições no ano, é a raiz de índice “n” do produto desses valores).

3- MAA - Média aritmética anual (Entre “n” medições anuais, é a divisão da soma entre os “n” valores).

Fonte: Adaptado de CETESB (2003).

## 1.2. Efeitos gerais das emissões atmosféricas de Compostos Orgânicos Voláteis

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são uma classe de contaminantes com características bastante diferenciadas do restante dos poluentes atmosféricos.

Entende-se por COVs qualquer composto de carbono, excluindo-se monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbônico, carbeto metálicos ou carbonatos e carbonato de amônio. Outra classificação refere-se à compostos de carbono gasosos, alifáticos e aromáticos, com pressão de vapor maior que 0,14 mmHg a 25°C e com carbonos na faixa de C<sub>2</sub> a C<sub>12</sub> (CORRÊA, 2003). Esses compostos não estão listados na resolução 03/90, porém alguns deles apresentam limites para áreas ocupacionais ou mesmo em emissões de fontes fixas para setores específicos.

O número de espécies orgânicas na atmosfera é muito elevado e as pressões de vapor de muitas delas fazem com que a transição entre as fases gasosa e particulada seja freqüente. Assim, existe uma variedade de compostos orgânicos presentes simultaneamente como vapores e como partículas no ar ambiente. O termo COV é, por vezes, estendido aos compostos semi-voláteis e engloba não só os compostos de carbono-hidrogênio, mas também os que contêm outros átomos, como o oxigênio, nitrogênio, enxofre, cloro etc. (Figura 1). É também freqüente utilizar o termo hidrocarboneto não metânico (HCNM), uma vez que este último é, em geral, estudado separadamente (ALVARES et al, 2006).

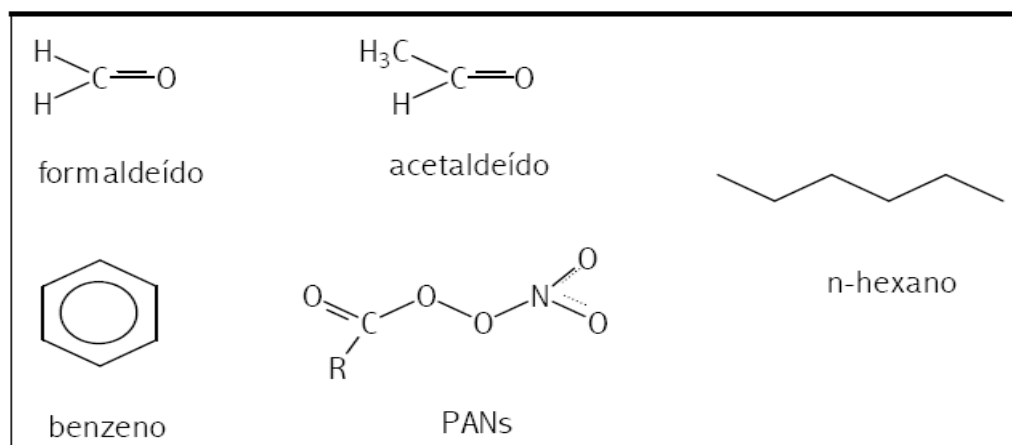


Figura 1: Exemplos de compostos orgânicos voláteis

Os COVs, excetuando o metano, são encontrados na troposfera em concentrações que variam desde partes por bilhão (ppb) até partes por trilhão (ppt). Esses compostos são introduzidos na atmosfera através dos combustíveis fósseis (evaporação e processos de combustão), emissões da vegetação tanto nos continentes como nos oceanos, queima de biomassa e processos geoquímicos (FIELD et al., 1992).

Na atmosfera urbana, as concentrações de hidrocarbonetos atingem, em média, valores uma ordem de grandeza superior aos encontrados no ambiente rural, devido à acumulação e à intensidade das emissões. Nas cidades, as fontes mais importantes de hidrocarbonetos voláteis para o ambiente são a utilização de solventes nas indústrias, os processos industriais de indústrias petroquímicas e principalmente os veículos automotivos (METZ, 1993).

Dois tipos de hidrocarbonetos são particularmente importantes no ambiente urbano: as olefinas, pela reatividade química e contribuição para formação de

produtos oxidantes; e os hidrocarbonetos aromáticos, pelos efeitos negativos que exercem na saúde das pessoas e animais (RUDOLPH et al, 1989).

### 1.3. Emissões de hidrocarbonetos mono-aromáticos na atmosfera

Devido ao grande aumento na escala de produção, transporte e utilização mundial, tanto como fonte de energia como na fabricação de plásticos, solventes, produtos farmacêuticos, cosméticos, combustíveis fósseis, borrachas sintéticas e outros, o petróleo e seus derivados têm sido considerados um dos principais contaminantes do meio ambiente, uma vez que é uma das principais fontes de hidrocarbonetos mono-aromáticos. Dentre eles encontram-se o benzeno, o tolueno, o etilbenzeno e o xileno, mais conhecidos como BTEX (Figura 2).

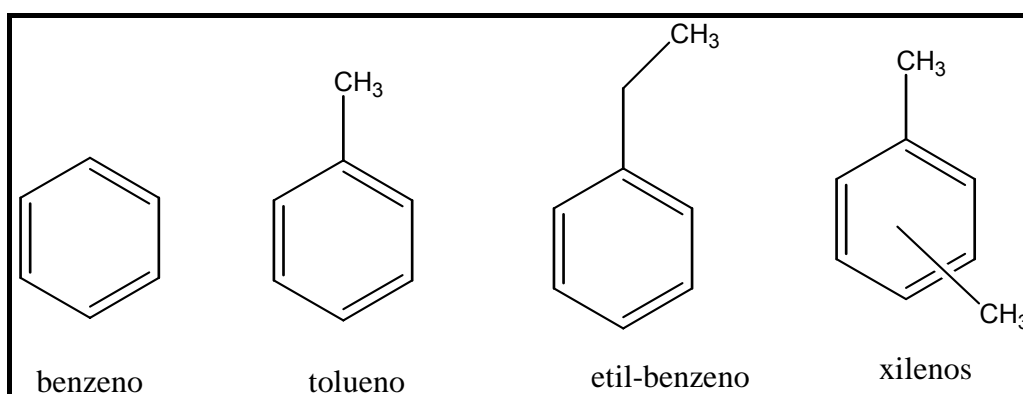


Figura 2 - Estrutura dos BTEX

Os BTEX constituem uma preocupação particular devido a sua elevada toxicidade, sendo encontrados no meio ambiente pela oxidação incompleta dos combustíveis fósseis, contaminando a atmosfera; pelo descarte de efluentes industriais, por derrames durante o transporte, emissões evaporativas pelo uso disseminado de solventes e por vazamentos e volatilização dos combustíveis em postos de abastecimento, contaminando o ar, solo e a água (MAZZEO; MORALES, 2005).

### 1.4. Principais características toxicológicas dos BTEX

#### 1.4.1. O Benzeno

O benzeno, cuja fórmula molecular é  $C_6H_6$ , é um hidrocarboneto aromático que, nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP), se apresenta sob a forma líquida e incolor (FUNDACENTRO, 1995). É um composto orgânico volátil (COV) altamente inflamável, possui odor característico possível de ser identificado no ar em concentrações da ordem de  $1,5-4,7 \mu\text{g.mL}^{-1}$  (esse valor é muito alto, quase a sua concentração de equilíbrio na pressão de vapor) e na água a  $2,0 \mu\text{g.mL}^{-1}$  (ATSDR, 1997).

Uma das características mais importantes dessa substância, com grande repercussão na contaminação atmosférica, é seu alto poder de volatilização, devido à alta pressão de vapor, da ordem de 95,2 mmHg a 25 °C (IPCS, 1993).

A liberação do benzeno para o ambiente pode ser feita através de fontes naturais e/ou antropogênicas. O fato de ser um componente do petróleo faz com que seja naturalmente encontrado nas proximidades de depósitos naturais de petróleo e gás natural, na concentração aproximada de  $0,8 \mu\text{g.L}^{-1}$  (IPCS, 1993). A ocorrência de queimadas em florestas também contribui para sua presença no ambiente (IPCS, 1993). Entretanto, estima-se em mais de 90% a contribuição proveniente da exaustão e do abastecimento de veículos, das emissões industriais e da fumaça do cigarro. (IPCS, 1993; ATSDR, 1997). A exposição humana ao benzeno se dá principalmente através do ar, sendo a via respiratória a responsável por mais de 99% da quantidade de benzeno presente no corpo humano.

Na atmosfera, o nível de benzeno varia de  $0,2 \mu\text{g.m}^{-3}$ , em áreas rurais, a  $349 \mu\text{g.m}^{-3}$ , em centros industriais (CETESB, 2001). Além da exposição ambiental que acomete a população em geral, a exposição pode ocorrer também ocupacionalmente, em ambientes industriais que utilizam a substância em seus processos produtivos.

Várias indústrias utilizam benzeno como intermediário da síntese de outras substâncias químicas, como estireno, cumeno e ciclo-hexano. O benzeno também é usado nas indústrias de detergentes, de explosivos, farmacêuticas, de inseticidas, de fotogravura, de borracha, de couro, de adesivos e colas, de plásticos, de solventes e removedores de tintas, siderúrgicas, metalúrgicas etc. (ATSDR, 1997; Michel, 2000; CETESB, 2001). Na indústria do petróleo é usado em forma pura nos laboratórios, para análise, e está presente como contaminante em diversos derivados, como

gasolina, hexano, querosene, tolueno, entre outros. Encontra-se presente em diversos outros produtos, como tintas, colas e vernizes (MICHEL, 2000). As propriedades físico-químicas do benzeno estão listadas na Tabela 2.

O benzeno é uma substância altamente tóxica e, mesmo em pequenas quantidades, provoca muitos danos à saúde humana (INCA, 2005).

A exposição ao benzeno pode causar intoxicação aguda e crônica. É um agente mielotóxico regular, leucemogênico e carcinogênico, mesmo em baixas doses. Não existem sinais e sintomas característicos ou típicos da intoxicação pelo benzeno, que permitam diagnosticá-la e distingui-la de outras moléstias. O quadro clínico de toxicidade ao benzeno pode se caracterizar pelo comprometimento do sistema hematopoiético, sendo a causa básica de diversas alterações hematológicas (INCA, 2005).

Vários estudos têm demonstrado a associação entre a exposição ao benzeno e a ocorrência de vários tipos de leucemia (IARC, 1987). Os sintomas mais freqüentes na maioria dos casos de intoxicação por benzeno e derivados são: astenia, mialgia, sonolência, tontura, infecções repetidas. As análises hematológicas mais relevantes revelam: neutropenia, leucopenia, eosinofilia, linfocitopenia, monocitopenia, macrocitose, pontilhado basófilo, pseudo Pelger e plaquetopenia (MS, 2005). Nos estágios iniciais de tais alterações hematológicas estes efeitos parecem ser reversíveis. Já as exposições a altas doses por longos períodos podem levar a pancitopenia, resultante da aplasia da medula óssea, sendo considerado um estágio irreversível da doença.

O diagnóstico da intoxicação pelo benzeno é simplesmente clínico e epidemiológico e é baseado na história da exposição ocupacional e na observação de sinais e sintomas clínicos e laboratoriais. Se uma pessoa é exposta a alguma concentração de benzeno, por menor que ela seja, todas as alterações hematológicas devem ser valorizadas, investigadas e justificadas (MS, 2005).

Inúmeros estudos foram desenvolvidos para a determinação dos efeitos deletérios do benzeno sobre a saúde humana. A grande maioria foi realizada, considerando a exposição ocupacional, invariavelmente maior que a exposição ambiental. Esses estudos encontram-se referenciados em diversas publicações que tratam da substância, como *Toxicological Profile for Benzene* (ATSDR, 1997), *Carcinogenic Effects of Benzene: An Update* (US EPA, 1998), *Environmental Health Criteria n.º 150 - Benzene* (IPCS, 1993), *Air Quality Guidelines for Europe* (WHO,

2000), que, além de estudos epidemiológicos, apresentam também estudos toxicológicos. Esses estudos evidenciam os efeitos tóxicos do benzeno, relacionados à sua carcinogenicidade, hematotoxicidade, mielotoxicidade, neurotoxicidade, imunotoxicidade, bem como os efeitos agudos devido às exposições a altas concentrações (REIS, 2004).

Segundo a Associação Paulista de Medicina (2001), a intoxicação pode ser apresentada conforme a Figura 3, como uma seqüência de quatro fases que representam a interação do agente químico com o sistema biológico, desde a exposição ao toxicante até a manifestação clínica de seu efeito nocivo:

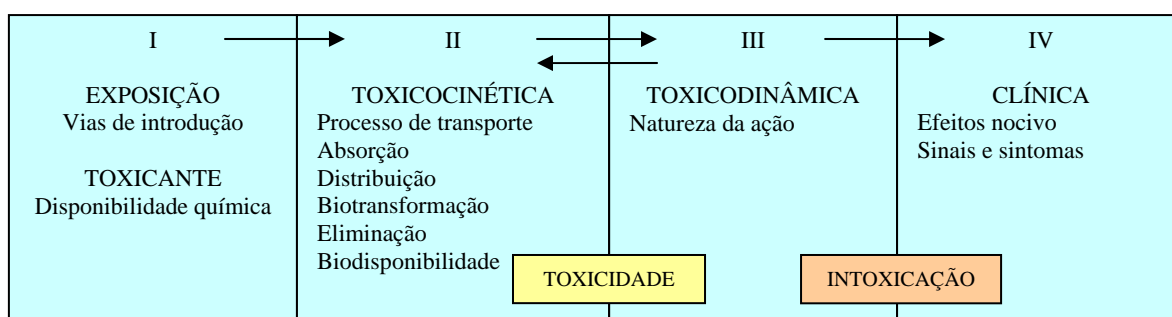


Figura 3 - Interação do agente químico com o sistema biológico (Associação Paulista de Medicina, 2001).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (*International Agency for Research on Cancer – IARC/OMS*) classifica o benzeno no Grupo 1, ou seja, como uma substância química com evidências suficientes de sua carcinogenicidade em seres humanos (IARC, 1987). A Tabela 2 mostra como a IARC divide os grupos de acordo com sua toxicidade:

Tabela 2 – Classificação dos grupos de acordo com a toxicidade

Grupo	Toxicidade
1	O agente tóxico é carcinogênico para os seres humanos
2-A	O agente tóxico é provavelmente carcinogênico para o homem
2-B	O agente tóxico é possivelmente carcinogênico para o homem
3	O agente tóxico não pode ser classificado
4	O agente tóxico não é carcinogênico para os seres humanos

Fonte: IARC (1987)



A seguir, encontram-se relacionados os dispositivos legais nacionais, em vigência, que dispõem sobre a exposição humana ao Benzeno.

- Portaria do Ministério da Saúde nº 776/GM, de 28/04/2004:

Instituiu a Norma de Vigilância à Saúde dos Trabalhadores expostos ao benzeno nos processos de trabalho que produzem, utilizam, transportam, armazenam ou manipulam benzeno e, ou suas misturas líquidas.

- Portaria do Ministério da Saúde nº 777/ GM, de 28/04/2004:

Regulamentou a notificação compulsória de agravos à saúde do trabalhador, contemplando a notificação dos casos de intoxicação exógenas por substâncias químicas e de casos de câncer relacionados ao trabalho.

- Portaria Interministerial (Ministérios da Saúde e do Trabalho e Emprego) nº 775/GM, assinada em 28/04/2004:

Contribuiu também para a redução da exposição humana ao benzeno, proibindo em todo o Território Nacional a comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição, admitindo, porém, a presença dessa substância, como agente contaminante, em percentuais determinados. Essa Portaria estabeleceu ainda a obrigatoriedade de que o rótulo de qualquer produto acabado que contenha mais de 0,01%, em volume, de benzeno, indique a presença e a concentração máxima desse aromático.

- Portaria do Ministério da Saúde nº 518/GM, de 25/03/2004:

Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano. Esta Portaria preconiza o valor máximo permitido de benzeno na água igual a  $5 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , a fim de garantir o seu padrão de potabilidade.

- Portaria do Ministério do Trabalho e Emprego nº 14, de 20/12/1995:

A legislação brasileira para a exposição ocupacional ao benzeno, instituída pela Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, do Ministério do Trabalho e Emprego, considerando a inexistência de limite seguro para a exposição à

substância, dada sua comprovada carcinogenicidade, instituiu o Valor de Referência Tecnológico (VRT) como:

“... a concentração de benzeno no ar considerada exequível do ponto de vista técnico, definido em processo de negociação tripartite. O VRT deve ser considerado como referência para os programas de melhoria contínua das condições dos ambientes de trabalho. O cumprimento do VRT é obrigatório e não exclui risco à saúde.”(Segurança e Medicina do Trabalho, 2002)

Os valores a serem adotados pelas empresas correspondem a 2,5 ppm (8200  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) para as indústrias siderúrgicas e 1,0 ppm (3300  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) para as químicas e petroquímicas (Segurança e Medicina do Trabalho, 2002).

- Instruções Normativas do Ministério do Trabalho e Emprego nº 01 e nº 02, de 20/12/1995: definem, respectivamente, critérios para Avaliação das Concentrações de Benzeno em Ambientes de Trabalho e de Vigilância da Saúde dos Trabalhadores na Prevenção da exposição ocupacional ao benzeno.

Com relação à legislação internacional, a OMS, em suas diretrizes para a qualidade do ar na Europa, reconhece que o benzeno é uma substância carcinogênica para os humanos e que nenhum limite seguro de exposição pode ser recomendado.

As concentrações de benzeno no ar, associadas a um caso de leucemia para 10.000, 100.000 e 1.000.000 de expostos são, respectivamente, 17, 1,7 e 0,17  $\mu\text{g.m}^{-3}$  (WHO, 2000). A Agência Americana de Proteção Ambiental (U.S.EPA) adota o mesmo conceito da OMS e estima o risco de adoecimento por leucemia da ordem de  $2,5 \times 10^{-6}$  a  $7,1 \times 10^{-6}$ , para a exposição humana continuada ao benzeno à concentração de 1  $\mu\text{g.m}^{-3}$  (U.S.EPA, 1998).

No Brasil, os padrões de qualidade do ar, estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, definem as concentrações de poluentes atmosféricos que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Esta Resolução não define qualquer valor para a exposição não ocupacional ao benzeno, nem aos demais COVs.

#### 1.4.2. O Tolueno

O tolueno é um líquido incolor, com um odor aromático característico, não corrosivo, inflamável, insolúvel em água, mas solúvel em muitos solventes orgânicos (PATNAIK, 2002; ATSDR, 2004). É derivado do alcatrão, do carvão e do petróleo. Ocorre na gasolina e em muitos outros solventes de petróleo. É utilizado para produzir trinitrotolueno (TNT), diisocianato de tolueno e benzeno. É usado também como um ingrediente para corantes, drogas e detergentes e como solvente industrial para borrachas, tintas, revestimentos e óleos (PATNAIK, 2002; ATSDR, 2004; CCOHS, 1999). O maior uso do tolueno é como uma mistura adicionada à gasolina (U.S. EPA, 2000). Sinônimos: metilbenzeno, fenilmetano, toluol, metilbenzol (INCA, 2005).

O tolueno é utilizado ainda, na produção de polímeros de uso comum como o nylon, plásticos e garrafas, poliuretanos, produtos farmacêuticos, tinturas, esmaltes de unhas e sínteses de produtos químicos orgânicos. Está presente também na fumaça do cigarro (U.S. EPA, 2000).

As pessoas são expostas ao tolueno quando inspiram o ar contaminado em seu local de trabalho ou através de emissão veicular; trabalham com gasolina, querosene, óleo aquecido e tintas; consomem água contaminada ou residem próximo a locais contaminados com tolueno (ATSDR, 2004).

A toxicidade aguda do tolueno é semelhante à do benzeno. As vias de exposição são inalação, ingestão e absorção através da pele. Os órgãos afetados por esta exposição são o sistema nervoso central, fígado, rins e pele. É narcótico em altas concentrações (PATNAIK, 2002; ATSDR, 2001; OSHA, 1996).

A exposição aguda ao tolueno decorrente da inalação pode causar fadiga, sonolência, dor de cabeça, náusea, confusão, falta de apetite. Esses sintomas geralmente desaparecem quando a exposição é interrompida. A inalação em níveis elevados em períodos curtos pode causar tonteira ou sonolência. Pode igualmente, causar perda da consciência e mesmo a morte. Níveis elevados podem afetar os rins (PATNAIK, 2002; U.S. EPA, 2000; ATSDR, 2001; OSHA, 1996).

Tem sido relatada a ocorrência de depressão do sistema nervoso central em decorrência da exposição crônica. Os sintomas incluem sonolência, tremores, atrofia cerebral, movimentos involuntários dos olhos, distúrbios da fala, da audição e da visão. Distúrbios comportamentais têm sido observados em trabalhadores

ocupacionalmente expostos. Foram também observados casos de irritação do trato respiratório superior, olhos, garganta, tonteira, dor de cabeça e insônia (U.S. EPA, 2000).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer – IARC (1999), classificou o tolueno no Grupo 4, ou seja, não carcinogênico para seres humanos.

#### 1.4.3. Etilbenzeno

O etilbenzeno, cuja fórmula molecular é  $C_8H_{10}$ , é um hidrocarboneto aromático que, nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP), se apresenta sob a forma líquida e incolor (FUNDACENTRO, 1995). Suas principais características físico-químicas encontram-se na Tabela 3.

A liberação do etilbenzeno para o ambiente pode ser feita através de fontes naturais e/ou antropogênicas. O fato de ser um componente do petróleo faz com que seja naturalmente encontrado nas proximidades de depósitos naturais de petróleo e gás natural. A Tabela 3 apresenta as propriedades físico-químicas do etilbenzeno.

Através da inalação, os vapores de Etilbenzeno são nocivos à saúde. Pode causar náusea e vômito pela sua ingestão e em contato com a pele causa irritação, apresentando também efeito desengordurante sobre a pele com risco de infecção secundária. Absorvido em grande quantidade pode causar necrose.

#### 1.4.4. Xilenos

Há três tipos de xilenos: os isômeros orto, para e meta dimetil-benzenos. O xileno é comercializado como uma mistura de 20% de o-xileno, 44% de m-xileno e 20% de p-xileno e cerca de 15% de etilbenzeno (INCA, 2005).

As indústrias químicas produzem o xileno a partir do petróleo e da carboquímica da siderurgia. É um dos 30 principais elementos químicos produzidos nos EUA, em volume. É utilizado como solvente na indústria de tintas, vernizes, revestimentos, borracha e couro. É também utilizado como produto de limpeza. Pode-se ser encontrado em pequena quantidade nos combustíveis utilizados em aviões e na gasolina (ATSDR, 1996). Os isômeros do xileno são usados na

fabricação de corantes, drogas, pesticidas e muitos intermediários orgânicos, como o ácido tereftálico e anidrido ftálico (PATNAIK, 2002).

O xileno evapora rapidamente para o ar quando descartado no solo ou na superfície da água. As pessoas podem ser expostas ao xileno através do ar no local onde trabalham ou através do exaustor do carro inspirando o ar contaminado; manipulando produtos que contém xileno em sua composição, como gasolina, tintas, removedores, vernizes e líquidos que previnem a ferrugem; tomando água contaminada ou inspirando o ar próximo a locais de descarte ou solo contaminado com xileno. A quantidade de xileno nos alimentos é pequena (ATSDR, 1996).

A principal via de absorção do xileno é a inalação. Uma outra via importante é a absorção do líquido através da pele. Porém, apenas pequenas quantidades de xilenos não são excretadas ou metabolizadas, podendo permanecer no tecido adiposo. As exposições repetidas podem causar acúmulo no sangue (PATNAIK, 2002).

As propriedades tóxicas dos isômeros do xileno são semelhantes às do tolueno e do etilbenzeno. Os órgãos alvo são o sistema nervoso central, olhos, trato gastrointestinal, rins, fígado, sangue e pele (PATNAIK, 2002). Níveis elevados de exposição por curtos períodos (14 dias ou menos) ou longos períodos (mais de 12 meses) podem causar dores de cabeça, falta de coordenação motora, tonteira, confusão e mudanças no senso de equilíbrio.

A exposição a elevados níveis de xileno em períodos curtos pode, também, causar irritação na pele, olhos, nariz e garganta; dificuldade de respirar; problemas pulmonares; retardamento; dificuldades de memória; desconforto estomacal e possibilidade de alterações no funcionamento do fígado e rins. Em níveis elevados pode causar perda da consciência e até mesmo a morte (ATSDR, 1996; ATSDR, 2004). Existem ainda estudos que relatam que solventes como o benzeno, tolueno, xileno dentre outros, podem afetar a capacidade reprodutiva feminina e masculina (INCA, 2005).

Tabela 3 – Propriedades Físico-químicas dos BTEX

Propriedades Físico-químicas	Benzeno	Tolueno	Etil-benzeno	o-Xileno	m-xileno	p-xileno
Aspecto	Líquido incolor	Líquido incolor	Líquido incolor	Líquido incolor	Líquido incolor	Líquido incolor
Odor	Característico de gasolina	Agradável	Característico de gasolina	Doce	Doce	Doce
Ponto de ebulição	80,1°C	110,6°C	136,2°C	144,4°C	131,9°C	138,3°C
Ponto de fusão	5,5	-95°C	-94,97 °C	-25,2°C	-47,9°C	13,3°C
Pressão de vapor	100 mmHg a 26,1 °C	40 mmHg a 31,8°C	10mmHg a 25,9 °C	5mmHg a 20,2 °C	10mmHg a 28,3 °C	10mmHg a 27,3 °C
Densidade relativa (20°C)	0,879	0,867	0,867	0,880	0,864	0,861
Solubilidade na água (20°C)	0,18g/100mL	0,05g/100mL	0,02g/100mL	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
Fórmula	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	o-C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	m-C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	p-C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
Peso Molecular	78,11	92,14	106,7	106,16	106,16	106,16

Fonte: CETESB, Ficha de informação de produto químico.

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer – IARC, classifica o xileno no grupo 4, ou seja, não carcinogênico para seres humanos (IARC, 1999a).

Testes de laboratório podem detectar o xileno ou produtos resultantes de sua degradação no ar exalado, sangue ou urina. A amostra de urina deve ser analisada rapidamente após o contato com xileno e a exposição estimada pela análise dos metabólitos, ácidos metil-hipúricos na urina, usando-se cromatografia líquida de alta resolução (HPLC), colorimetria, ou cromatografia gasosa (GC) (PATNAIK, 2002; ATSDR, 1996).

### 1.5. A História do Kart

*Karting* é uma variante de automobilismo sobre veículos simples, de quatro rodas, de motores de dois ou quatro tempos, refrigerados a água ou a ar. Têm chassis tubular e massa variando entre 70 e 150 quilos, dependendo do modelo. Muitas vezes são dirigidos por diversão, como um hobby, sem necessariamente ser profissional (PIQUET, 2007).

Durante a II Guerra Mundial, para fazer deslocar as ferramentas e os mecânicos nos campos de aviação, os militares ingleses e americanos construíram pequenos veículos motorizados, aproveitando entre outras, as peças de aviões, chegando a fazer durante os tempos livres corridas amigáveis entre eles. Estes veículos foram os precursores dos *karts* de hoje, tal como o *kart* de James Olive Day, construído em Inglaterra em 1943, mas foi preciso esperar até setembro de 1956, para o primeiro e definitivo *kart* aparecer (INTERLAGOS, 2009).

O primeiro *kart* foi construído em Los Angeles em 1956, com motor de aparador de grama. Foi logo um sucesso e em 1957, na cidade de Pasadena, Estados Unidos, aconteceu a primeira corrida de *kart*. Entusiasmado com as corridas que assistiu, com pequenos carrinhos de motores dois tempos, o comerciante de automóveis Cláudio Daniel Rodrigues resolveu importar a idéia, fabricando os primeiros chassis de *kart* no Brasil. Em uma época onde o improvisado falava mais alto que a tecnologia, o protótipo do *kart* nacional tinha pneus de carrinhos de mão e motor d'água. O idealismo que marcou os primeiros anos do novo esporte era movido principalmente pelo prazer de disputas em pistas de rua (ZANINI, 2008).

Os primeiros modelos eram muito diferentes dos atuais, os pilotos dirigiam quase deitados. Os chassis construídos na época eram inspirados nos modelos americanos, mais apropriados para provas de longa duração. Só após a inauguração do *kartódromo* de Interlagos, em São Paulo, os chassis passaram a seguir o padrão europeu, com uma menor distância entre-eixos, o que fazia com que os pilotos não ficassem mais tão deitados (ZANINI, 2008).

Os *Kartódromos* podem ser chamados de *indoor* se forem localizados em locais fechados como, por exemplo, dentro de estacionamento de *shoppings centers* ou do tipo *outdoor*, localizados em locais totalmente abertos ao ambiente.

Os dois tipos de motores mais utilizados no *kartismo* são os de dois e os de quatro tempos. Resumindo, todo motor inicia seu ciclo pela admissão e termina pelo escape. A admissão ocorre quando o motor recebe a mistura de ar e combustível e o escape ocorre após a explosão dentro dos pistões, eliminando os produtos formados durante a explosão para o ambiente através do cano de descarga. Sendo assim, um motor de dois tempos só tem duas fases para todo este ciclo: compressão e expansão. O motor recebe o conteúdo da mistura, na mesma ação que já faz a explosão e já libera o produto da combustão para o ambiente. Já o motor de quatro

tempos é dividido entre admissão, compressão, explosão e exaustão. O motor recebe o conteúdo (mistura ar e combustível), comprime os gases (através dos pistões), efetua a explosão e em seguida expelle o conteúdo da mistura (MARSHALL, 2008).

No *Kartismo* amador, os principais motores utilizados são os estacionários, normalmente de 6,5 ou 13,0 HP e de quatro tempos. É importante mencionar que esse tipo de motor só é utilizado na classificação amadora, pois ele não foi desenvolvido para o *kartismo*, porém sua adaptação foi bem aceita no esporte. Para efeito de curiosidade esse tipo de motor é utilizado em diversas áreas como, por exemplo, marítima, equipamentos de jardinagem, bomba de água, gerador de energia (PIQUET, 2007).

## 1.6. Ruído

O ruído vem sendo reconhecido como um agente nocivo à saúde, e mais recentemente tem crescido o interesse pelo debate acerca desse agente. Os problemas decorrentes do ruído estão sendo socialmente mais conhecidos e considerados objetos de atenção da saúde pública (PALMA et al., 2009). O ruído, assim como o calor e as radiações ionizantes são variações da poluição atmosférica pois se enquadra na definição da resolução 03/90 do CONAMA, já explicada no subitem 1.1 desse trabalho.

De acordo com WHO (1980), o som é um agente físico resultante da vibração de moléculas do ar e que se transmite como uma onda longitudinal. É, portanto, uma forma de energia mecânica.

O ruído age sobre o organismo humano de várias maneiras, prejudicando não só o funcionamento do aparelho auditivo como também a atividade física, fisiológica e mental do indivíduo a ele exposto. Graves prejuízos podem advir para a audição e a saúde em geral de milhares de pessoas, em consequência da poluição acústica pelos ruídos excessivos dos grandes centros urbanos (CALIXTO; RODRIGUES, 2004).

A perda auditiva é um dos principais efeitos relacionados à exposição ao ruído, porém outros problemas como hipertensão arterial, acidentes de trabalho e estresse podem aparecer (ALMEIDA, 2000; DIAS, 2006).



De acordo com a NR-15 da Portaria n.º 3.214 de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho do Brasil, estabelece a obrigatoriedade de exames admissionais e demissionais sempre que o ambiente de trabalho apresentar níveis de ruído superiores a 85 dB(A) em oito horas de exposição diária. Além disso, estabelece os limites para exposição e trata diferentemente os ruídos contínuos e os impulsivos e define os critérios para caracterizar a insalubridade do trabalho. A Tabela 4 mostra os limites de tolerância para exposição ao ruído citado na NR15.

O efeito da pressão sonora no indivíduo depende de dois fatores: de suas características (amplitude, frequência, duração) e da própria percepção do indivíduo. De acordo com a norma ISO 2204/1973 (“International Standard Organization”), os ruídos podem ser classificados, segundo o seu nível de intensidade, em:

- Ruído “contínuo estacionário”, cujas variações dos níveis são desprezíveis;
- Ruído “contínuo flutuante”, situação em que há uma variação contínua dos níveis de ruído;
- Ruído intermitente - cujo nível cai ao valor de fundo (barulho de fundo) várias vezes durante o período de observação, sendo o tempo em que permanece em valor constante acima do valor da ordem de segundos ou mais, podendo, para fins desta norma, ser assumido como contínuo, tendo-se em vista a sua avaliação.
- Ruído de impacto ou impulsivo”, que são ruídos de alta energia e que duram menos de 1 segundo.

Os *Kartódromos*, tanto o *indoor* quanto *outdoor*, apresentam a variação de ruído contínuo flutuante para os funcionários e pessoas que assistem, porém para os usuários dos *karts*, o ruído é do tipo contínuo estacionário. O tipo de equipamento normalmente utilizado para a medição é o decibímetro. Tal medidor é constituído por um sistema onde o microfone é a peça vital, aliado a um amplificador e um indicador de nível.

Tabela 4 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente – NR-15

<b>Nível de Ruído dB(A)</b>	<b>Máxima exposição diária permissível</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: Ministério do trabalho, 1978.

O circuito de medição desses instrumentos pode ter respostas lentas ou rápidas. As lentas são empregadas em medições de ruídos cujo nível varia excessivamente, obtendo-se, então, um valor médio. Os limites de tolerância para ruídos contínuos e intermitentes são determinados com o uso deste tipo de medidor. A resposta rápida é empregada para ruído contínuo de nível constante ou para determinar valores externos de ruído intermitente. Quando o ruído é de impacto ou impulsivo o circuito de medição deve ser específico, não devendo ser usados circuitos comuns para respostas lentas e rápidas (CALIXTO; RODRIGUES, 2004).

Os decibímetro são recomendáveis quando é necessário avaliar a exposição individual do trabalhador a níveis elevados de barulho, durante sua jornada trabalho (DIAS et al., 2006).

Na medição do ruído existem várias escalas padronizadas internacionalmente, denominadas de circuitos de compensação A, B e C,

designadas para reproduzirem a audibilidade em função da frequência sonora. Pelo fato do ouvido não responder linearmente ao espectro de frequências, o medidor de nível sonoro procura, através desses circuitos, reproduzirem o comportamento auditivo humano em relação a níveis de intensidade, respectivamente, de 40, 70 e 100 dB a 1.000 Hz. O Circuito A é o mais utilizado na medição de ruídos contínuos e intermitentes em ambientes de trabalho, pois mede o volume percebido pelo ouvido humano, com ênfase nas frequências altas. Já o circuito C é empregado nas medidas de ruído de impacto, por ser um circuito de resposta mais linear. (CALIXTO; RODRIGUES, 2004). Uma exposição contínua a ruídos superiores a 85 dB(A), quando a medida é feita no circuito A, pode causar perdas permanentes de audição e, acima deste nível, um aumento de apenas 5 dB implica na redução do tempo de exposição ao ruído pela metade, conforme mostrou a Tabela 4.

No âmbito Federal, o Brasil conta com vasta legislação no que diz respeito à poluição sonora. A saber, dentro do atual contexto:

- Resolução CONAMA 1/90 - estabelece critérios, padrões, diretrizes e normas regulamentadoras da poluição sonora;
- Resolução CONAMA 2/90 - estabelece normas, métodos e ações para controlar os ruídos excessivos, que possa vir a interferir na saúde e bem-estar da população;
- Resolução CONAMA 1/93 - estabelece para os veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, limites máximos de ruído com veículos em aceleração e na condição parado.
- Resolução CONAMA 2/93 - estabelece para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais ou importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado.
- Resolução CONAMA 8/93 - estabelece a compatibilidade dos cronogramas de implantação dos limites de emissão dos gases de escapamentos com os de ruído dos veículos pesados no ciclo Diesel, estabelecidos na Resolução CONAMA 1/93;
- Resolução CONAMA 20/94 - institui o Selo Ruído como forma de indicação do nível de potência sonora medida em decibel, dB(A), de uso obrigatório a partir deste

Resolução para aparelhos eletrodomésticos, que venham a ser produzidos, importados e que gerem ruído no seu funcionamento.

- Resolução CONAMA 230/97 – proíbe itens de ação indesejada que possam reduzir a eficácia do controle da emissão de ruídos e de poluentes atmosféricos de veículos automotores;
- Resolução CONAMA 252/99 – estabelece novos limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso;
- Resolução CONAMA 256/99 – estabelece a inspeção de emissões de poluentes e ruídos prevista no artigo 104 da lei nº 9503/97 por veículos automotores, o PCPV (plano de controle da poluição por veículos) por estados e municípios.
- Resolução CONAMA 272/00 - Dispõe sobre os limites máximos de ruído para os veículos nacionais e importados em aceleração, exceto motocicletas motonetas, ciclomotores e veículos assemelhados.

### 1.7. Características da gasolina automotiva

A gasolina é um combustível de composição complexa, constituído basicamente por hidrocarbonetos aromáticos, olefínicos e saturados e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio etc.

Os hidrocarbonetos são mais leves do que aqueles que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de cadeias carbônicas menores (normalmente de 5 a 12 átomos de carbono). A formulação demanda a utilização de diversas correntes nobres oriundas do processamento de petróleo como nafta leve (produto obtido a partir da destilação direta do petróleo) e nafta de FCC (*Fluid Catalytic Cracking*), que é obtida a partir da quebra de moléculas de hidrocarbonetos mais pesados (REFAP, 2004).

A gasolina automotiva fabricada no Brasil deve atender às especificações indicadas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

O percentual de álcool atualmente adicionado à gasolina é definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Portaria MAPA n.º 266 de 21/06/2002.

A fração nafta leve (gasolina) representa apenas de 7% a 15% do petróleo bruto. Apenas alguns petróleos chegam a produzir 20% de nafta leve (gasolina) e para obter maior quantidade do produto são usados outros processos de refino, tais como FCC, reforma alcoilação, isomorização, coqueamento reformado, viscorredução etc. Em refinarias típicas, o óleo cru é separado numa torre de destilação em diversas frações e, por meio de processos adicionais, as naftas oriundas de diversos processos são misturadas fornecendo a composição final da gasolina (KREAMER; STETZNABACH,1999).

As refinarias de petróleo brasileiras afirmam que o teor máximo de benzeno presente nas 23 gasolinas que saem das refinarias é de 1,2 %, conforme mostram o recorte de especificações técnicas apresentadas na Figura 4.

<p><b>FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO – FISPQ</b>  Nome do produto: GASOLINA AUTOMOTIVA TIPO A  FISPQ n°: 000.010/2.0  Página: 1/11  Data da última revisão: 02/07/03</p>
<p><b>2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Substância:</b> Gasolina Automotiva Tipo A</li> <li>▪ <b>Nome químico comum ou genérico:</b> Gasolina Automotiva Tipo A</li> <li>▪ <b>Sinônimo:</b> Gasolina Automotiva Tipo A, Gasolina Automotiva A, Gasolina de Refinaria.</li> <li>▪ <b>Composição:</b> hidrocarbonetos C<sub>4</sub> e C<sub>12</sub> saturados: de 47% a 61% (vol); oleofínicos: 12% a 32% (vol) e aromáticos: 21% a 29% (vol) <b>(benzeno máximo igual a 1,2% vol.)</b></li> </ul> <p><b>Registro no Chemical Abstract Service (n°CAS):</b> 8006-61-9 ( gasolina)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingredientes que contribuem para o perigo : benzeno ( CAS-71-43-2)</li> </ul>

Figura 4 - Recorte de composição química de gasolina automotiva (Adaptado de SILVA, 2004).

A Portaria da ANP de n° 309, publicada em 27 de dezembro de 2001, estabelece as especificações para a comercialização das gasolinas automotivas em todo o território nacional e define obrigações dos agentes econômicos sobre o controle da qualidade do produto. Os valores máximos estabelecidos para o benzeno na gasolina Comum tipo A e Tipo C são, respectivamente 1,2% e 1,0%.

Segundo Sandres (2004), a gasolina utilizada, no Brasil, apresenta as características mostradas na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição da gasolina brasileira

Hidrocarbonetos	Número de carbono	Peso molecular (g/mol)	Solubilidade aquosa (25 °C) (mg/L)	Composição gasolina brasileira (Peso %)
<b>Alcanos</b>				
Propano	3	44,09	62,4	1,0
i-Butano/n-Butano	4	58,14	61,4	14,1
i-Pentano/n-pentano	5	72,15	39,0	17,5
i-Hexano/n-Hexano	6	86,17	9,5	3,0
i-Heptano/n-Heptano	7	100,2	2,9	8,7
i-Octano/n-Octano	8	114,23	0,66	1,2
Nonano	9	128,28	0,22	3,1
Decano	10	142,28	0,052	1,0
Soma dos Alcanos	-	-	-	49,6
<b>Alcenos</b>				
Buteno	4	56,1	222	0
Penteno	5	70,13	148	0,3
Hexeno	6	84,17	50	0,3
Hepteno	7	98,19	14,1	2,0
Octeno	8	112,22	2,7	1,3
Noneno	9	126,24	0,63	0,2
Deceno	10	140,19	0,1	0,2
Soma dos Alcenos	-	-	-	4,3
<b>Aromáticos</b>				
Benzeno	6	78,11	1780	1,0
Tolueno	7	92,10	534,8	3,0
o-, m-, p-xilenos	8	106,17	Ca.157	5,7
Etilbenzeno	8	106,20	161,2	1,3
C9-Aromáticos	9	120,19	Ca.55	5,6
Naftaleno	10	128,16	111,1	-
Soma de aromáticos	-	-	-	19,6
<b>Oxigenados</b>				
Etanol	2	46,10	c.m	22,0
Metanol	1	32,00	c.m	2,4
MTBE	5	88,15	48000	0,1

c.m. = completamente miscível

Fonte: Sandres, 2004

Com relação a valores ambientais, o Brasil não possui valores de referência para ambientes urbanos e para ambientes ocupacionais não se aplicam às atividades de armazenamento, transporte, distribuição, venda e uso de combustíveis derivados de petróleo, que deverão ter regulamentação “própria”. No Capítulo IV - no item “8.1.5”, da Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNP - Benzeno), é mostrado que essa comissão deve propor inclusões em atividades excluídas do

campo de aplicação. Apesar do acordo não atender ainda aos combustíveis, os ambientes de trabalho devem obedecer à Norma Regulamentadora nº 7 (NR7) e Norma Regulamentadora nº 9 (NR9) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

### 1.7.1. Características da gasolina Tipo C

A gasolina tipo C - comum é a comumente utilizada pelos *kartódromos* durante as corridas. É o tipo de gasolina mais simples encontrada no mercado nacional, possui coloração amarelada, não possui nenhum tipo de aditivo ou corante e por força de lei federal recebe 25% de álcool etílico anidro combustível (AEAC). Pode ser utilizada, em qualquer veículo movido à gasolina:

- Gasolina tipo C – comum: disponível no mercado, preparada pelas companhias distribuidoras que adicionam álcool etílico anidro à gasolina do tipo A - comum;
- Gasolina tipo C – Premium: elaborada pela adição de álcool etílico anidro à gasolina do tipo A - Premium. Este combustível foi desenvolvido, com o objetivo de atender veículos nacionais e importados de altas taxas de compressão e altos desempenhos. A Tabela 6 mostra as especificações das principais gasolinas encontradas no mercado brasileiro.

Tabela 6: Especificação da gasolina brasileira

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO			
		Gasolina Comum		Gasolina Premium	
		Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
<b>Benzeno, máx. (1)</b>	% vol	1,2	1,0	1,9	1,5
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos, máx. (1) (2) (3)</b>	% vol	57	45	57	45
<b>Hidrocarbonetos Oleofínicos, máx. (1) (2) (3)</b>	% vol	38	30	38	30

(1) Os teores máximos de Enxofre, Benzeno, Hidrocarbonetos Aromáticos e hidrocarbonetos Oleofínicos permitidos para a gasolina A referem-se àquela que transformar-se-á em gasolina C através da adição de 22% +/- 1% de álcool. No caso de alteração legal do teor de álcool na gasolina, os teores máximos permitidos para os componentes acima referidos serão automaticamente corrigidos proporcionalmente ao novo teor de álcool regulamentado.

(2) Fica permitida alternativamente a determinação dos hidrocarbonetos aromáticos e oleofínicos por cromatografia gasosa. Em caso de desacordo entre resultados prevalecerão os valores determinados pelos ensaios MB424 e D1319.

(3) Até 30/06/2002 os teores de hidrocarbonetos aromáticos e oleofínicos podem ser apenas informados.

Fonte: ANP, 2001.

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado durante competições amadoras, em nível de usuários, de um *kartódromo indoor* e outro *outdoor* que apresentam características importantes e relevantes no que se refere ao tipo de carro e motor utilizado durante a corrida.

O combustível utilizado durante as corridas foi gasolina tipo C - Comum e suas características com relação à quantidade de benzeno e outros hidrocarbonetos foram mostrados na Tabela 6 do subitem 1.7.1 desse trabalho. O número máximo de corredores tanto do *kartódromo indoor* quanto do *outdoor* é de 12 pessoas. Esses números referem-se aos *kartódromos* pesquisados nesse trabalho e nada impede de serem diferentes em outros locais de corrida.

A Figura 5 mostra o fluxograma da metodologia utilizada desde o preparo até a análise da amostra no CG-EM.

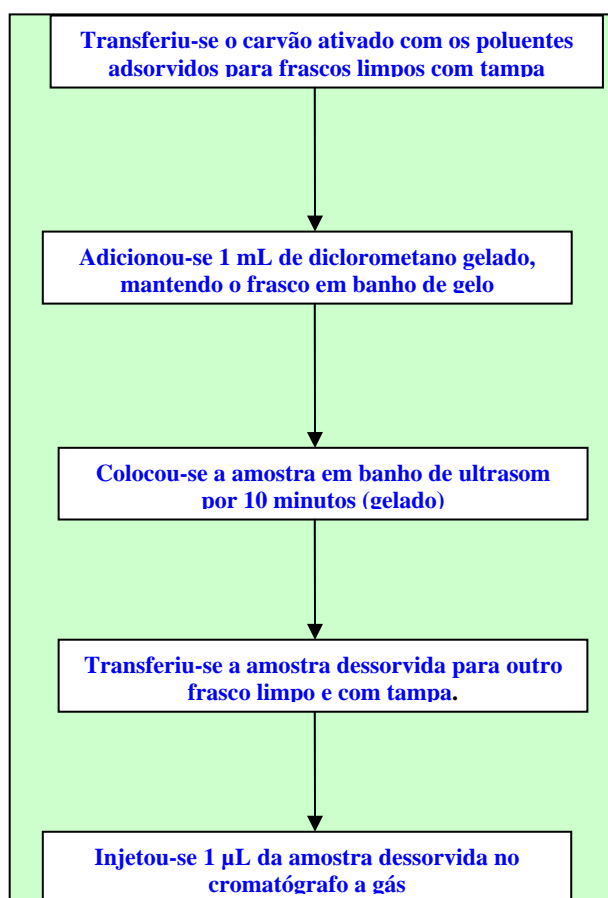


Figura 5 – Fluxograma da metodologia utilizada no preparo da amostra



## 2.1. Amostragem do ar atmosférico nos *kartódromos*

A amostragem de componentes atmosféricos (traços) tem se tornado um desafio constante, pois sendo o ar um sistema heterogêneo e multifásico, constituído de gases, partículas líquidas, sólidas e heterogêneas, cuja composição varia espacial e temporalmente, é provavelmente a matriz ambiental mais difícil para se obter amostras representativas (CAMEL e CAUDE, 1995).

A exigência por técnicas exatas, confiáveis e sensíveis para o monitoramento de componentes atmosféricos tem aumentado continuamente. As razões para isso incluem não apenas a crescente preocupação com a qualidade ambiental, mas também o fato da poluição atmosférica não ser um problema apenas local. Adicionalmente, informações seguras sobre os componentes do ar são necessárias para o entendimento do seu comportamento químico e físico na atmosfera, e para identificar, solucionar ou controlar um problema ambiental (CRUZ e CAMPOS, 2008).

Um sistema ideal de amostragem de ar deve atender aos seguintes requisitos: a amostra deve ser representativa da matriz; o procedimento de amostragem deve ser simples, para que possa ser utilizado em qualquer região (inclusive em áreas remotas); o tamanho da amostra obtida deve ser compatível com a sensibilidade do método analítico e, não devem ocorrer perdas e/ou degradação da amostra durante o período de amostragem, ou durante o tempo entre a amostragem e a análise (NAMIENISK, 1988). A escolha inadequada do método pode levar à formação de artefatos durante a amostragem e no período anterior à análise química, gerando falsos resultados.

Os métodos indicados pela U.S.EPA para análise de compostos orgânicos voláteis são o *Compendium Method TO-14A- Determination of Volatile Organic Compounds (VOC) in Ambient Air Using Specially Prepared Canisters With Subsequent Analysis By Gas Chromatography* (U.S.EPA,1999); *Compendium Method TO-15 – Determination Of Volatile Organic Compounds (VOC) in Air Collected in Specially- Prepared Canisters and Analyzed by Gas Chromatography Mass-Spectrometry (GC/MS)* (U.S.EPA,1999); *Method TO-1 – Method for the determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Tenax Adsorption and Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)* (U.S.EPA,1984) e *Method – TO 2 – Method for the Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air*

by *Carbon Molecular Sieve Adsorption and Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)* (U.S.EPA,1984). Sendo que os métodos TO-1 e TO-2 datam de 1984 (MACHADO, 2003). Estes foram aperfeiçoados pelos métodos TO-14 A e TO-15 que datam de janeiro de 1999.

Os métodos da U.S.EPA citados compreendem amostragem e análise, porém estes tratam a amostra da mesma forma, ou seja, passa-se um volume de ar por tubo empacotado com adsorvente (TO-1 e TO-2) ou coletam a amostra através de um *canister* de aço inoxidável (TO-14A e TO-15) e passam-a em um extrator em fase sólida para concentração dos compostos orgânicos voláteis.

Posteriormente a amostra é liberada através de uma dessorção térmica e caminha para um *trap* a baixa temperatura sendo aquecida em seguida para liberação das substâncias para análise em sistema de cromatografia gasosa com espectrometria de massas (CG/EM) ou apenas por cromatografia gasosa (CG) com detetores específicos como ionização de chama, captura de elétrons ou um conjunto com os dois detetores.

Estes métodos proporcionam a vantagem de coletar a amostra e analisá-la sem o efeito de diluição, ou seja, pode coletar um volume pequeno de amostra que mesmo assim será representativo. Os métodos TO-1 e TO-2, respectivamente indicam a coleta de amostra por tubos com adsorventes *Tenax* e *Carbon Molecular Sieve* (peneira molecular de carbono), mas estes não possuem uma metodologia de amostragem automática como indicado nos métodos TO-14A e TO-15 ( MACHADO, 2003).

### 2.1.1. Extração em fase sólida

A extração em fase sólida (EFS) é atualmente uma das técnicas mais utilizadas para extração e/ou pré-concentração de amostras complexas, permitindo que analitos em concentrações muito baixas sejam detectados por métodos como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), cromatografia gasosa (CG) e eletroforese capilar (EC) (HENNION, 1999). A EFS, além de ser menos trabalhosa, possui uma série de vantagens sobre a extração líquido-líquido (ELL), tais como o uso de volumes menores de solventes orgânicos, sem formação de emulsões, e a possibilidade de automação (QUEIROZ et al, 2001). Outra vantagem adicional é que

a extração de analitos em amostras de água pode ser feita no próprio local da coleta (no campo), usando aparatos simples.

A adsorção pode ocorrer na interface entre duas fases distintas: gás-sólido e líquido-sólido. Partículas sólidas e líquidas de dimensões muito pequenas possuem uma película superficial de gás, a qual é mantida devido à ação de forças elétricas de atração ou pelas condições de valência química originadas na camada superficial das moléculas (MACINTYRE, 1990).

A adsorção de gases na atmosfera é um fenômeno de superfície onde as moléculas de gás são concentradas e ligadas pela atração intermolecular a uma camada de superfície de uma fase coletora. Sob condições de equilíbrio a uma determinada temperatura, o volume de gás adsorvido na fase coletora é proporcional à pressão parcial do gás representado por isotermas de adsorção de Freundlich. Os materiais adsorventes são sólidos, altamente porosos com elevada área superficial, segundo Piceli (2005). Determinados sólidos, como carvão ativado e sílica gel têm capacidade de adsorver grandes quantidades de compostos gasosos devido às suas grandes áreas superficiais.

A amostragem por adsorção em sólidos é muito aplicada a um grande número de gases orgânicos (COPPI et al., 1987), inclusive COVs (CAO e HEWITT, 1993). O uso de sólidos adsorventes para sorção física dos COVs é mais apropriado, pois permite recuperação de 100% dos poluentes adsorvidos (FOLEY et al., 2001). Esta técnica deve levar em consideração a polaridade dos analitos a serem analisados. O carvão ativado, por exemplo, é apolar e possui, portanto, alta afinidade por compostos orgânicos, sendo pouco afetado pela presença de vapor de água no ambiente (HARRISON e PERRY, 1986). A Tabela 7 mostra os principais compostos analisados e cada tipo de solvente utilizado para os diferentes adsorventes encontrados no mercado.

A retenção de umidade, difusão reversa, especificidade, formação de subprodutos e a isomerização são alguns dos fatores que devem ser conhecidos e controlados, evitando problemas na amostragem (FOLEY et al., 2001). Os cartuchos utilizados na extração podem ser estocados e transportados mais facilmente até o laboratório. Por outro lado, este método apresenta algumas limitações, tais como alto custo dos reagentes, procedimento demorado, uso de solventes e reagentes tóxicos, necessidade de atmosfera inerte e alta temperatura (QUEIROZ, 2002).

Tabela 7 - Sistema de adsorção - dessorção para análise de poluentes

<b>Adsorventes</b>	<b>Solvente dessorvedor</b>	<b>Tipo de amostra</b>
Carvão ativado	CS <sub>2</sub> , diclorometano, éter dietílico, metanol	Cloreto de metila, cloreto de vinila compostos alifáticos e aromáticos, acetatos, cetonas, álcoois, etc
Sílica	Metanol, etanol, água, éter dietílico	Compostos polares e de alto ponto de ebulição, álcoois, fenóis, aminas alifáticas e aromáticas, aromáticos clorados
Alumina ativada	Água, metanol, éter dietílico	Compostos polares e de alto ponto de ebulição, difíceis de recuperar da sílica gel, álcoois, glicóis, cetonas, aldeídos, etc
Polímeros porosos (Amberlite XAD, Tenax, Chromosorb, Porapak, etc)	CS <sub>2</sub> , dietil éter, álcoois	Larga faixa de compostos: fenóis, orgânicos ácidos e básicos, orgânicos multifuncionais
Adsorventes contendo carbono (Saran, Carbosieves, Amborsorbes, etc)	Éter dietílico, hexano	Compostos altamente voláteis para os quais funciona melhor do que carvão ativado
Adsorventes impregnados (cobertos com reagentes)	Dessorção térmica ou eluição com solvente adequado (ex: MeCN, metanol, etc)	Compostos contendo grupos funcionais e compostos com propriedades químicas específicas

Fonte: PEREIRA; ANDRADE, 1998.

Os adsorventes de carbono são considerados apolares quando comparados aos adsorventes inorgânicos (não retendo água). Estes promovem uma adsorção mais eficiente de substâncias apolares do que nos adsorventes de polímeros orgânicos, sendo mais eficiente na amostragem de compostos muito voláteis (PICELI, 2005).

### 2.1.2. Amostragem do ar no Kartódromo indoor.

Neste trabalho, foi utilizada a técnica de amostragem ativa, onde o ar é succionado para dentro do dispositivo de amostragem com o auxílio de uma bomba a vácuo, sendo necessária utilização de medidores de fluxo de ar para a determinação do volume de ar ou da taxa de amostragem (CRUZ et al, 2008).

Embora o uso de bombas represente uma dificuldade logística, principalmente em áreas remotas, exigindo baterias ou uma linha de energia elétrica, os métodos de

amostragem ativa têm sido mais comumente aplicados do que a amostragem passiva, no monitoramento de constituintes atmosféricos traços, inclusive os BTEX (CRUZ et al,2008). A Figura 6 mostra o esquema da amostragem ativa.

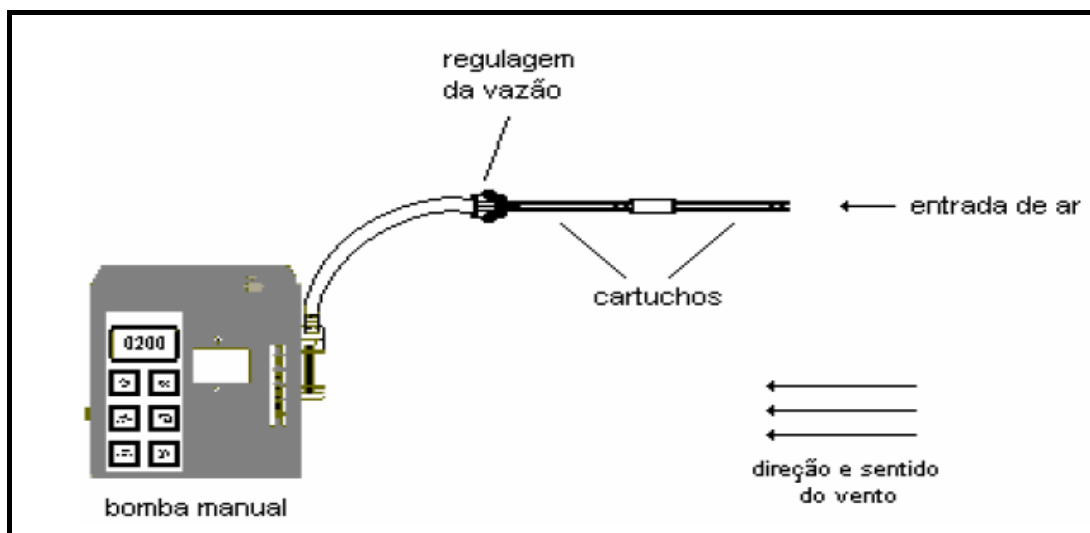


Figura 6: Esquema de uma amostragem ativa (SCHIRMER, 2004)

O ar atmosférico foi coletado através de tubos de carvão ativado da marca SKC do modelo 226-09 (Figura 7), acoplados a uma bomba previamente calibrada do tipo “analyser sample”, ambos da marca SKC (Figura 8). O cartucho citado apresenta dois tipos de leitos:

- Leito principal: é o leito onde os poluentes devem ficar adsorvidos durante amostragem.
- Leito de segurança: é o leito que adsorve os poluentes no caso de saturação do leito principal. Esse leito sempre deve ser analisado após todas as análises para garantir que todo poluente ficou realmente adsorvido no leito principal. Quando no leito de segurança é encontrado mais de 5% do material coletado no leito principal a amostragem deve ser descartada, pois pode ter sido empregada uma vazão e/ou tempo além da capacidade de retenção do cartucho.

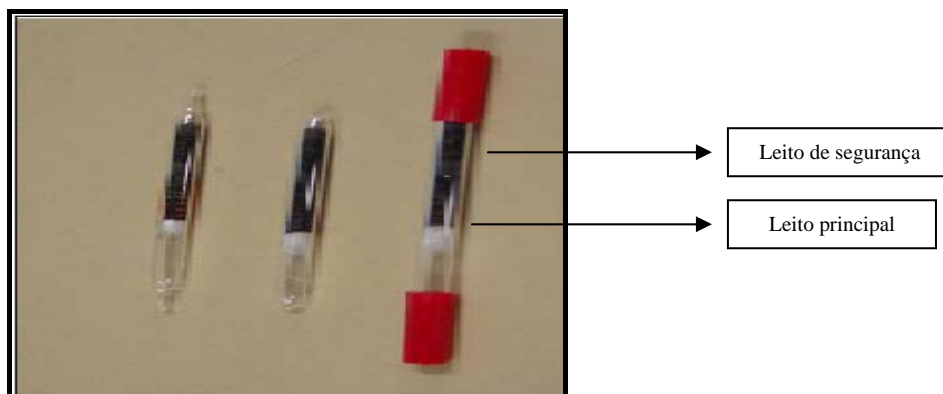


Figura 7- Foto do cartucho de carvão ativo da marca SKC utilizado na amostragem.



Figura 8 - Foto da bomba de sucção de ar da marca SKC utilizada na amostragem

Segundo a norma TO-1 e TO-2, da U.S.EPA, ambas do ano de 1984, os parâmetros como fluxo, tempo de amostragem, solvente e tempo para extração, em uma análise por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-EM) devem ser otimizados para que se tenha uma boa detecção e reprodutibilidade. A otimização deve ser feita de modo que a massa de material coletada esteja acima do limite de quantificação do método e que minimize o tempo de coleta.

As técnicas de análise de BTEX presente no ar atmosférico já são bastante conhecidas e muito citadas em inúmeras teses e artigos relacionados à química ambiental. Sendo assim, todos os parâmetros como o fluxo da bomba, tempo de amostragem, tempo e metodologia de extração foram baseados no trabalho realizado por CÔRREA (2003).

No *Kartódromo indoor*, a bomba de ar (com o cartucho de carvão ativo acoplado) foi colocada sob uma mureta que se localiza a uma distância e altura aproximada de 1,5 e 1,0 m respectivamente por onde passam os *karts*. O fluxo foi de  $1\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Após o tempo de coleta, a bomba foi desligada e o cartucho de carvão

ativado fechado com tampas apropriadas e identificado e vedado com filme de PVC, sendo guardado em refrigerador até o dia da análise para evitar qualquer possibilidade de evaporação das amostras adsorvidas. Foram coletadas 10 amostras durante 5 finais de semana diferentes. Encontram-se abaixo algumas informações relevantes sobre o *kartódromo indoor*::

- *Kart* com motor de 6,5 HP;
- Gasolina comum como combustível;
- Máximo de 12 participantes por corrida;
- Cada corrida tem o tempo total de 20 minutos;
- O tempo de 1 hora de amostragem para este *kartódromo* foi adequado para 2 corridas completas.

A Figura 9 mostra a foto do *kartódromo indoor* o qual foram coletadas as amostras.



Figura 9 - Foto do *kartódromo indoor* no qual foram coletadas as amostras

Na Figura 10 está apresentada a planta baixa do *kartódromo* indoor, indicando o local de coleta da amostra.

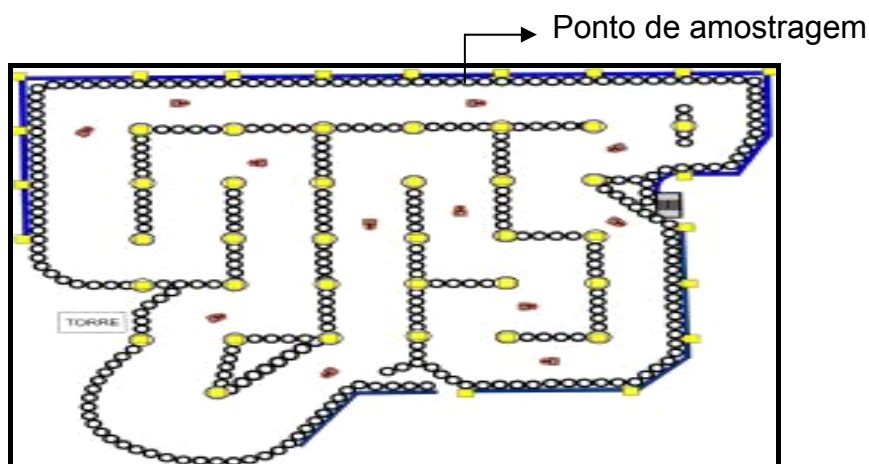


Figura 10 – Planta baixa de um *kartódromo indoor*

O ponto de amostragem foi realizado em uma grande reta onde a aceleração e a queima de combustíveis era maior, aumentando assim a probabilidade de se encontrar mais BTEX no ambiente.

#### 2.1.3. Amostragem no estacionamento antes do funcionamento do Kart

Foram coletadas também amostras de ar do estacionamento antes de se iniciarem as atividades de corrida com o objetivo de saber o nível da poluição do local antes e tomá-los como base (amostra branco) de correlação com as amostras dos *kartódromos* em atividade. Inicialmente as amostras obtidas do estacionamento antes do início das corridas foram coletadas também por 1 hora. Porém esse tempo não foi suficiente para boa detecção no CG-EM e foi necessário aumentá-lo para 2 horas, mantendo-se as mesmas condições e tratamentos realizados para as amostras coletadas dos *kartódromos*. Foram coletadas 5 amostras em cinco finais de semana diferentes.

#### 2.1.4. Amostragem do ar no *kartódromo outdoor*

No *kartódromo outdoor*, a bomba, a mesma utilizada para o *indoor*, foi posicionada a aproximadamente a uma distância de 1,5 m do *kartódromo*, porém a uma altura de 30 cm por onde passam os *karts*. O fluxo foi o mesmo ( $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ),



porém o tempo de amostragem foi de 4 horas por conta da dispersão rápida dos poluentes para o ambiente externo. Um teste foi realizado com coleta de 2 horas e com o mesmo fluxo de  $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , entretanto, pela pouca quantidade de poluentes adsorvidos, não foi possível detectá-los com boa reprodutibilidade no CG-EM. Após o tempo de coleta, a bomba foi desligada e o cartucho de carvão ativado fechado com tampas apropriadas, identificados, vedados com filme de PVC e guardados em refrigerador até o dia da extração para evitar qualquer possibilidade de evaporação das amostras adsorvidas.

Foram coletadas 10 amostras durante 4 semanas diferentes e todas as coletas foram durante a semana (segunda a sexta-feira) devido ao alto movimento de usuários. Encontram-se abaixo algumas informações relevantes sobre o *kartódromo outdoor*.

- *Kart* com motor de 6,5 HP;
- Gasolina comum como combustível;
- Máximo de 12 participantes por corrida;
- Cada corrida tem o tempo total de 20 minutos;
- O tempo de 4 horas de amostragem para este *kartódromo* foi o suficiente para 8 corridas completas. A foto do *kartódromo outdoor* e o ponto de coleta das amostras são mostrados pela Figura 11.

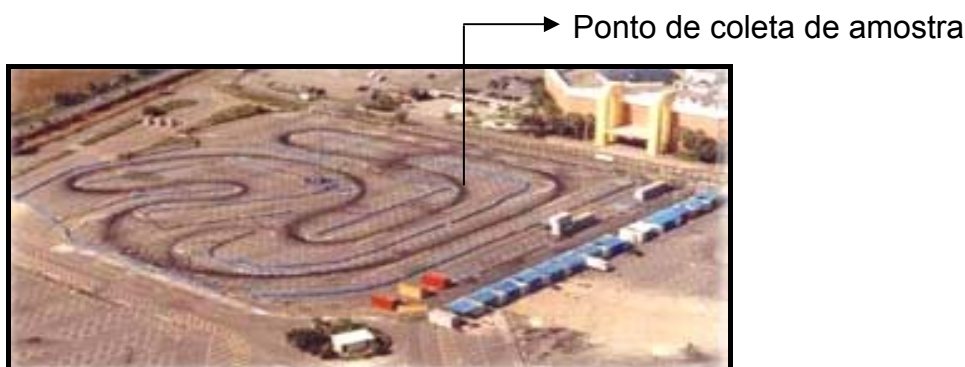


Figura 11 – Foto do *kartódromo outdoor* no qual foram coletadas as amostras

Pelo mesmo motivo já mencionado no item 2.1.2, as amostras no *kartódromo outdoor* também foram coletadas em uma grande reta.

Nesse trabalho, cada leito dos cartuchos amostrados foi transferido para dois diferentes *vials* de 1,8 mL cada. A cada *vial* foi adicionado 1,0 mL de diclorometano (Merck, grau espectroscópico) refrigerado. Como trata-se de um processo exotérmico, toda extração foi realizada em banho de gelo e com o frasco sempre selado com

tampas com septo, para evitar possível evaporação dos BTEX e do diclorometano. Os frascos foram colocados em banho de ultrassom, também com água gelada, por um período de 10 minutos para completa extração e em seguida a solução (diclorometano e BTEX) foi transferida para outro frasco limpo e selado com tampa com septo. Como as amostras não eram analisadas no mesmo dia, foram armazenadas imediatamente em refrigerador para evitar qualquer eventual evaporação dos poluentes adsorvidos.

## 2.2. Análise por CG-EM dos BTEX

Dentre os métodos de análise utilizados na área ambiental, a cromatografia ocupa um papel importante na separação, identificação e quantificação de substâncias químicas, especialmente de COVs, como por exemplo os BTEX.

A cromatografia é definida por Ciolla (1985) como sendo um método físico-químico de separação de analitos de determinada amostra, onde estes são particionados ou distribuídos em duas fases. Uma fase é chamada de fase estacionária (FE) e possui grande área superficial e outra é chamada de fase móvel (FM) geralmente inerte e que percola através da primeira, carreando os analitos. A fase estacionária é disposta em tubos capilares, formando as colunas cromatográficas.

A cromatografia gasosa é uma das técnicas analíticas mais utilizadas. Além de possuir um alto poder de resolução, é muito atrativa devido à possibilidade de detecção em escala de nano a picogramas ( $10^{-9}$  a  $10^{-12}$  g). A grande limitação deste método é a necessidade de que a amostra seja volátil ou estável termicamente, embora amostras não voláteis ou instáveis possam ser derivatizadas quimicamente. Pode ser utilizada para separações preparativas apenas na faixa de microgramas a miligramas, não sendo muito empregada para esse fim (DEGANI et al, 1998).

A grande diferença entre a cromatografia gasosa (CG) e a cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR) está na coluna. Colunas de CGAR são maiores em comprimento, menores em diâmetro, possuem a fase líquida como um filme aplicado diretamente às paredes do tubo da coluna e são mais eficientes. Essas colunas são tubos longos de materiais como aço ou cobre, vidro ou teflon. Colunas de CG têm diâmetro de cerca de 3 mm e comprimento em torno de 3 m, ao passo

que colunas de CGAR têm diâmetro na faixa de 0,15 a 0,75 mm e comprimentos variados, usualmente entre 10 m e 100 m (CIOLLA, 1985).

Os gases utilizados como fase móvel devem ter alta pureza e serem inertes em relação à fase estacionária. Hidrogênio, nitrogênio e hélio são os mais usados. A injeção da amostra é feita através de microseringas ou válvulas semelhantes às utilizadas em HPLC. Os detectores de maior aplicação são o detector por ionização em chama, condutividade térmica e o detector de massas. Os dados podem ser obtidos por meio de um registrador potenciométrico, um integrador ou um microcomputador, sendo as amostras identificadas por seus tempos de retenção ou pela sua massa atômica. Nesses equipamentos é necessário o controle da temperatura do injetor, da coluna e do detector, as quais são mantidas por termostatos (DEGANI et al, 1998).

Como a temperatura é um fator extremamente importante, grande parte das análises por cromatografia gasosa é feita com programação de temperatura, obtendo-se melhor separação com picos mais simétricos em menor tempo (DEGANI et al, 1998).

Para o empacotamento de colunas de CG, geralmente empregam-se terras diatomáceas como suporte. A escolha da fase estacionária é de fundamental importância, sendo esta o componente crítico da coluna. As fases estacionárias podem ser polares, apolares ou quirais. Fases polares são baseadas em poli (glicol etilênico) puro ou modificado e apolares em metilssiloxano puro ou modificado. As fases quirais mais comuns são compostas de ciclodextrinas.

Na coluna ocorre a separação dos compostos de uma amostra, onde os compostos mais voláteis eluem primeiro. A separação ocorre devido a uma seqüência de estágios de partição ou adsorção dos componentes da amostra entre as duas fases imiscíveis: estacionária e móvel (CIOLLA, 1985).

As colunas mais comumente usadas na análise de poluentes atmosféricos são as capilares, de diâmetro interno igual a 0,23 e 0,53 mm, com espessura de fase estacionária de 1 a 5  $\mu\text{m}$ , e com 30 e 50 m de comprimento. A fase líquida mais utilizada para compostos orgânicos é composta por 5% de poli (fenil, metil siloxano) que apresenta caráter apolar. Esta fase apresenta boa separação dos analitos alvos, são menos susceptíveis a ação de oxidantes e à água da amostra, durando mais do que com FE polar (HELMIG, 1999).

### 2.2.1. Análise dos BTEX por Detector de Massas

A cromatografia gasosa é um poderoso método de separação de compostos, onde detectores são utilizados para a confirmação das identidades de determinada amostra. A identidade de um composto pode ser confirmada através de características físicas e químicas. (SOARES, 2001).

A análise de BTEX através de detectores ópticos é insatisfatória, segundo Barrefors (DEWULF e LANGENHOVE, 1999). A análise de COVs por cromatografia gasosa com coluna capilar envolve, comumente, detectores do tipo espectrômetro de massas. Levando em conta a sua seletividade, sensibilidade e sua capacidade de fornecer informação estrutural, esses detectores são conectados em série ou em paralelo a outros detectores na saída da coluna cromatográfica, obtendo assim, o máximo de informações sobre determinada amostra (DEWULF e LANGENHOVE, 1999).

O espectrômetro de massas ioniza as moléculas e separa íons de acordo com a razão massa/carga ( $m/z$ ) e fornece um histograma de abundâncias relativas de íons individuais com diferentes razões  $m/z$  geradas por um composto em condições especificadas. Através desse processo é obtido um padrão de fragmentação característico, além de informações sobre as características estruturais do composto (SOARES, 2001). A fragmentação de massas é uma técnica de alta sensibilidade e seletividade a qual permite determinar, quantitativamente traços de compostos, mesmo em amostras com alto teor de hidrocarbonetos (JONSSON e BERG, 1980).

Nesse trabalho todas as análises foram realizadas no CG-EM da marca VARIAN, sendo que o modelo do CG foi o 3800 e o do detector de massas foi o Saturn 2000.

As condições de análise no CG-EM foram as seguintes:

- Temperatura do Injetor: 170 °C;
- Temperatura inicial: 35 °C por 2 min;
- Rampa de aquecimento: 10°C min<sup>-1</sup> até 120 °C (Tempo total de corrida: 10,5 min);
- Trap: 130 °C;
- Manifold: 40 °C;
- Transferline: 130 °C;

- Splitless;
- Modo SCAN;
- Coluna capilar VF-5ms 30Mx0,25MM ID DF=0.25;
- Volume de injeção de 1 $\mu$ L.

Antes da análise por CG-EM de cada grupo de amostras ou padrão, era injetado um branco somente com diclorometano para garantir que tanto o solvente como também a coluna encontravam-se isentas de BTEX. Os dois leitos foram analisados para garantir que não houve saturação do leito de segurança.

O software utilizado para a identificação e cálculo foi o *MS Workstation*, versão 6.0 e a identificação dos BTEX foi realizada utilizando o banco de dados da biblioteca eletrônica NIST<sup>®</sup> (2007). O programa permite marcar cada pico de interesse, mostrando imediatamente uma série de possíveis compostos e suas respectivas probabilidades de certeza.

### 2.3. Preparo da curva de calibração

Para análise do BTEX do *kart indoor*, foi preparada uma curva de calibração com concentrações que variaram entre 1,0 e 6,0  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  de BTEX a partir de uma solução padrão de concentração 200  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de BTEX da marca *Chem Service USTWI-1RPM*.

As diluições foram feitas com diclorometano gelado e em banho de gelo para evitar evaporação do mesmo ou de qualquer substância de interesse. Cada ponto foi injetado em triplicata e o desvio padrão entre eles calculado. Todos os pontos da curva foram preparados com diclorometano refrigerado do mesmo lote. Para as amostras do *kart outdoor*, como as concentrações ficaram abaixo de 1,0  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , a curva foi preparada com pontos de 0,1 a 1,6  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

Dois parâmetros importantes analisados nesse trabalho foram o limite de detecção e de quantificação do método. A resolução da ANVISA nº 899 de 29 de maio de 2003, intitulada como: guia de validação de métodos analíticos e bioanalíticos, define esses parâmetros da seguinte forma:

- Limite de detecção: é a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado, porém não necessariamente quantificado, sob as condições experimentais estabelecidas;
- Limite de quantificação: é a menor quantidade do analito em uma amostra que pode ser determinada com precisão e exatidão aceitáveis sob as condições experimentais estabelecidas.

Essa mesma norma estipula que para métodos cromatográficos, o limite de detecção pode ser feita com base na relação de 3 vezes o ruído da linha de base enquanto que o de quantificação essa relação é de 10 vezes. Baseado nisso, foram realizadas diluições sucessivas da solução padrão de menor concentração até que a relação sinal - ruído da linha de base atendesse o especificado na norma.

#### 2.4. Análise estatística

Para cada curva de calibração foram calculados no excel os coeficientes angular, linear e de determinação através do cálculo de regressão linear, relacionando a concentração de cada ponto com sua respectiva área do cromatograma encontrada.

O coeficiente de variação entre cada ponto injetado foi calculado através da seguinte fórmula:

$$CV(\%) = \left[ \frac{\text{Desvio padrão}}{\text{Média}} \right] \times 100$$

A análise de cluster através do programa *statística 5.0* também foi realizada para mostrar a correlação entre todas as variáveis estudadas nesse trabalho.

#### 2.5. Conversão de unidades de concentração

Primeiramente, os resultados das amostras de ar injetadas, tanto as do *kartódromo indoor* como as do *outdoor*, foram expressos em  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  (ppm). Porém essa é a unidade de concentração encontrada na curva de calibração para a

amostra preparada após a adição de 1,0 mL de diclorometano. Hoje em dia grande parte dos artigos e teses empregam mais a unidade de  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Para que essa conversão seja feita, é necessário utilizar o tempo e o fluxo de amostragem para a realização do cálculo. Por exemplo, se a concentração de benzeno encontrada na amostra do *kartódromo indoor*, após ser plotada na curva de calibração, foi de  $2,0 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  e considerando que o fluxo e o tempo de amostragem foram, respectivamente,  $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  e 60 minutos, realiza-se o seguinte cálculo:

$$V_{\text{ar}} := 1,0 \cdot \text{L}\cdot\text{min}^{-1} \cdot 60 \cdot \text{min}$$

$$V_{\text{ar}} = 60 \cdot \text{L}$$

$$V_{\text{ar}} = 0,06 \cdot \text{m}^3$$

Logo, ao todo, foram coletados  $0,06 \text{ m}^3$  de ar atmosférico.

Se a concentração de benzeno no *vial* da extração encontrada foi de  $2,0 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , significa que no volume de 1,0 mL de diclorometano que foi adicionado ao frasco contendo a amostra, existem  $2 \mu\text{g}$  de benzeno. Já que o volume total coletado foi de  $0,06 \text{ m}^3$ , o cálculo da concentração pode ser realizado por:

$$C_{\text{vial}} := 2,0 \cdot \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$$

$$V_{\text{extração}} := 1,0 \cdot \text{mL}$$

$$M_{\text{vial}} := C_{\text{vial}} \cdot V_{\text{extração}}$$

$$M_{\text{vial}} = 2 \mu\text{g}$$

$$C_{\text{ar}} := \frac{M_{\text{vial}}}{0,06 \cdot \text{m}^3}$$

$$C_{\text{ar}} = 33,333 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$$

Resumindo, a equação de cálculo fica:

$$C_{\text{ar}} := \frac{C_{\text{vial}} \cdot V_{\text{extração}}}{\text{Vazão}_{\text{ar}} \cdot t_{\text{amostragem}}}$$

Esse cálculo foi feito para todas as amostras injetadas. A única diferença para as amostras do *outdoor* foi o tempo de amostragem, que foi de 4 horas. Assim, ao

invés de se usar o 0,06 como divisor, utilizou-se o 0,240 (referente aos 240L de amostra coletadas com fluxo de  $1\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$  durante 240 minutos).

## 2.6. Análise de ruído

O equipamento utilizado para a análise de ruído foi o decibímetro da marca Minipa, modelo MSL-1325 e encontrava-se devidamente calibrado. O equipamento foi posicionado a uma distância lateral aproximada de 1 m do local onde a bomba de sucção de ar para evitar interferência no resultado de ruído e o modo dB (A) foi selecionado para o monitoramento. O valor máximo foi registrado após o final do tempo da amostragem do ar. A Figura 12 mostra a foto do decibímetro utilizado.



Figura 12 - Foto de um Decibímetro (marca: Minipa ; modelo: MSL-1325)

## 2.7. Determinação da temperatura e da umidade relativa

Além de todos os parâmetros citados anteriormente, a temperatura e a umidade relativa do ar também foram monitoradas durante cada amostragem realizada.

A velocidade das reações químicas que não são iniciadas pela luz depende, geralmente, da temperatura e da quantidade de água presente na atmosfera. Assim, os valores de umidade relativa do ar e da temperatura foram monitorados para explicar possíveis resultados incoerentes que pudessem ser obtidos para os teores de BTEX.

Foi utilizado um termohigrômetro digital, previamente calibrado, da marca Testo, modelo 608- H1. Ele foi posicionado exatamente no mesmo local onde foi colocada a bomba de sucção. Os valores máximos foram registrados após o final do tempo da amostragem de ar.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Curva de calibração

O diclorometano utilizado no preparo dos padrões foi previamente injetado no CG-EM para garantir que o mesmo estava isento de contaminantes de BTEX. A Figura 13 mostra o cromatograma do diclorometano puro.

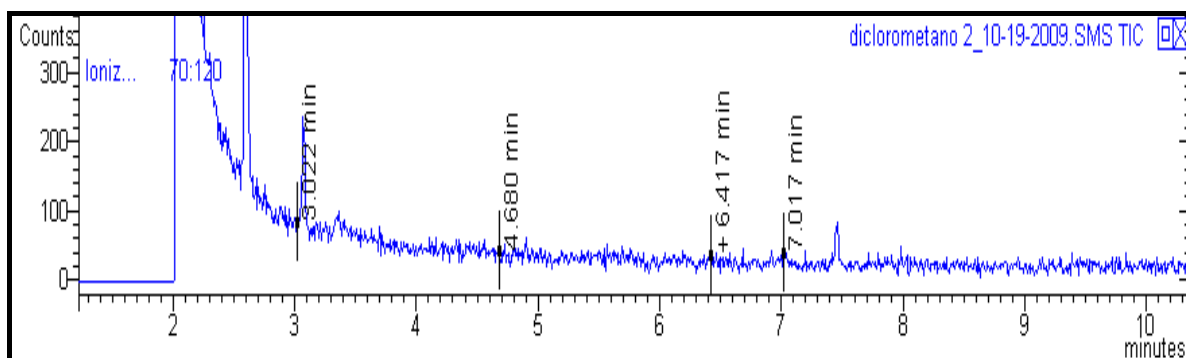


Figura 13 – Cromatograma do diclorometano puro

A identificação dos picos de um cromatograma obtido por um CG-EM pode ser mostrada com clareza na Figura 14. Ela mostra o cromatograma de um padrão de BTEX de concentração igual a  $2,0 \mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$ . Pode ser observado que os picos estão bem resolvidos, indicando que os parâmetros de análise adotados para a análise cromatográfica foram adequados e eficientes para a referida análise.

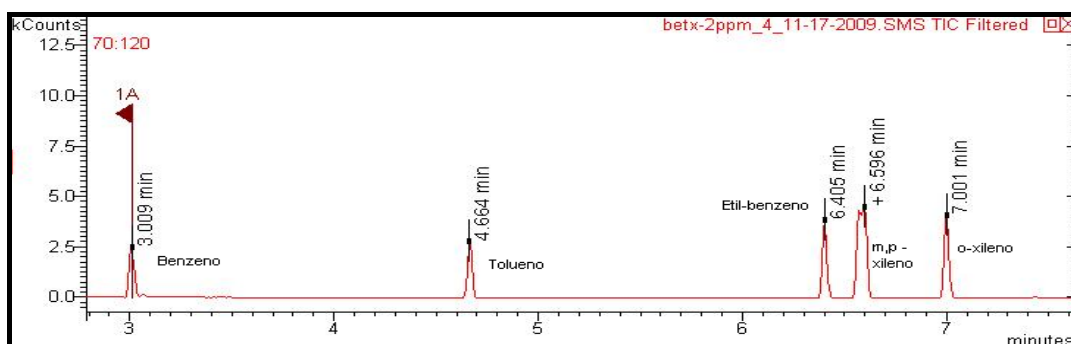


Figura 14 - Cromatograma do padrão de BTEX de concentração  $2,0 \mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$

Comparando as Figuras 13 e 14, percebe-se que o diclorometano utilizado não apresentou contaminação de BTEX e por isso ele foi utilizado no preparo de

todos os padrões. Além de injetá-lo antes do preparo do padrão, a cada dia, antes da análise de qualquer amostra, o diclorometano era injetado para garantir que nenhum contaminante tivesse ficado retido na coluna cromatográfica.

As Figuras 15 -19 mostram os espectros de massas dos cinco picos obtidos no cromatograma e os espectros de massas obtidos por comparação com os da biblioteca NIST, respectivamente.

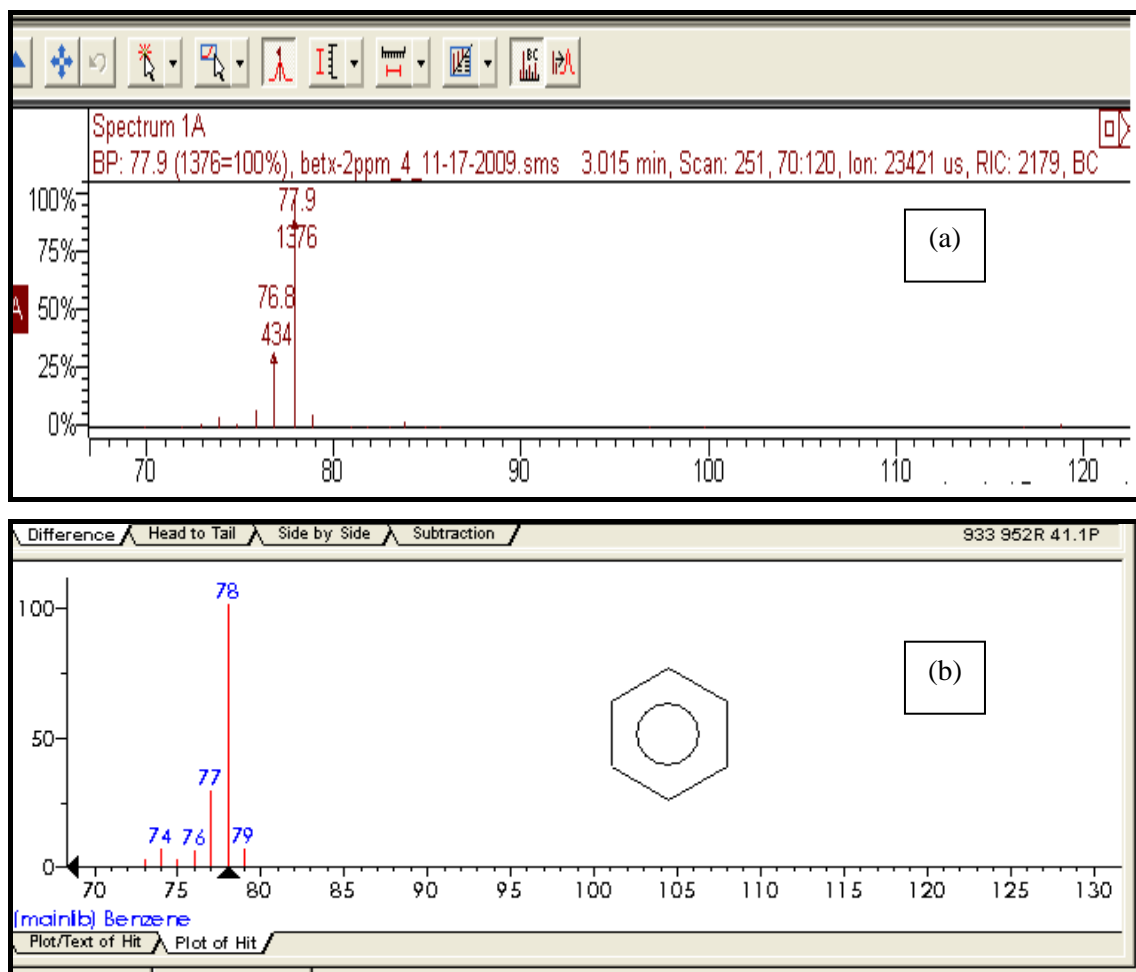


Figura 15 - Espectros de massas: (a) do primeiro pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica NIST®.

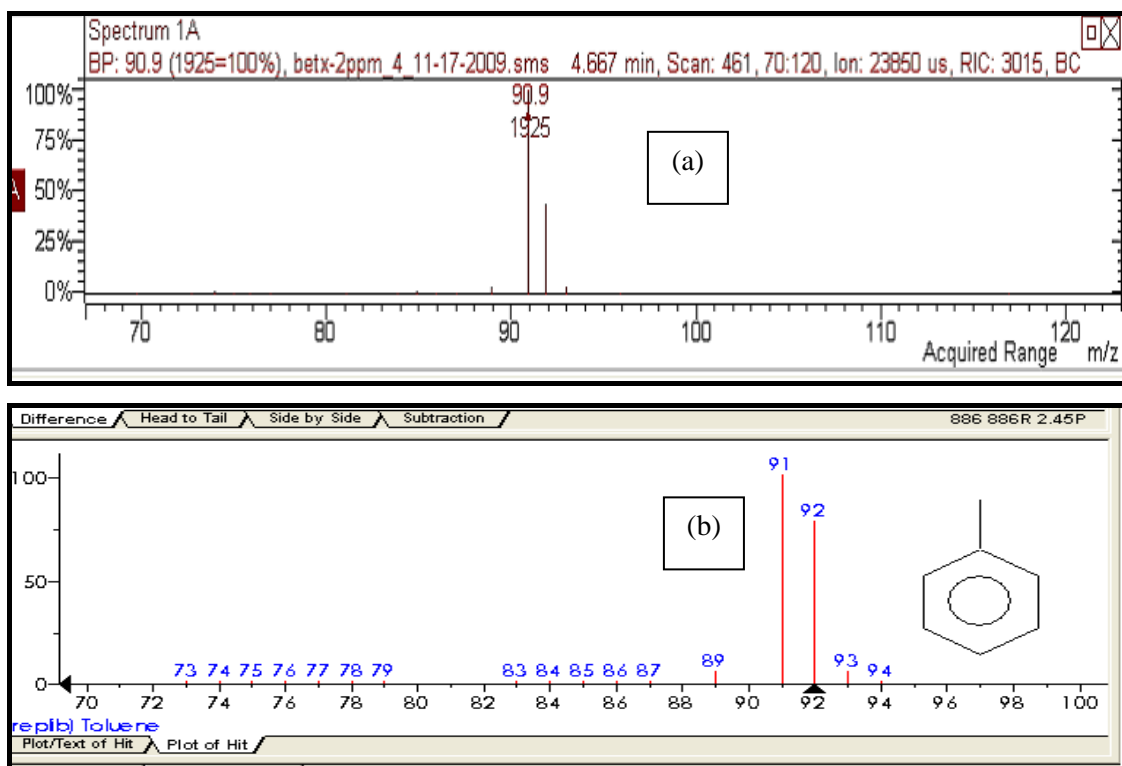


Figura 16 - Espectros de massas: (a) do segundo pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica NIST®.

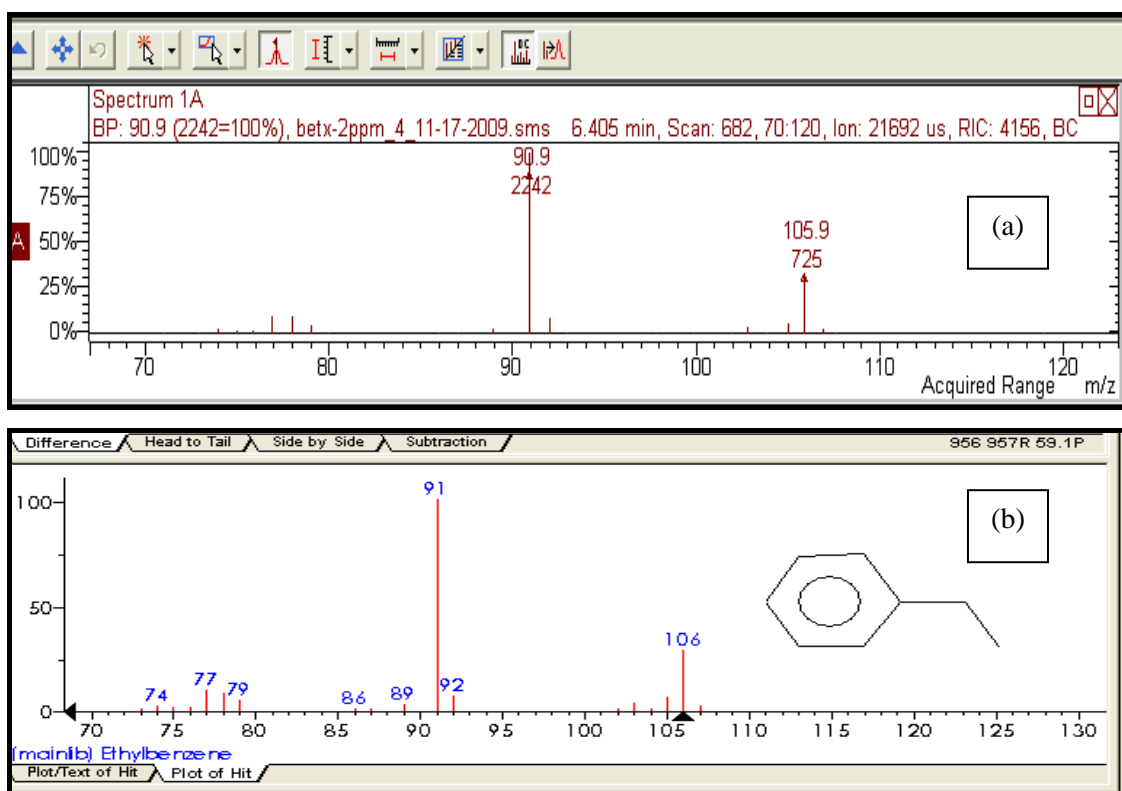


Figura 17 - Espectros de massas: (a) do terceiro pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica NIST®.

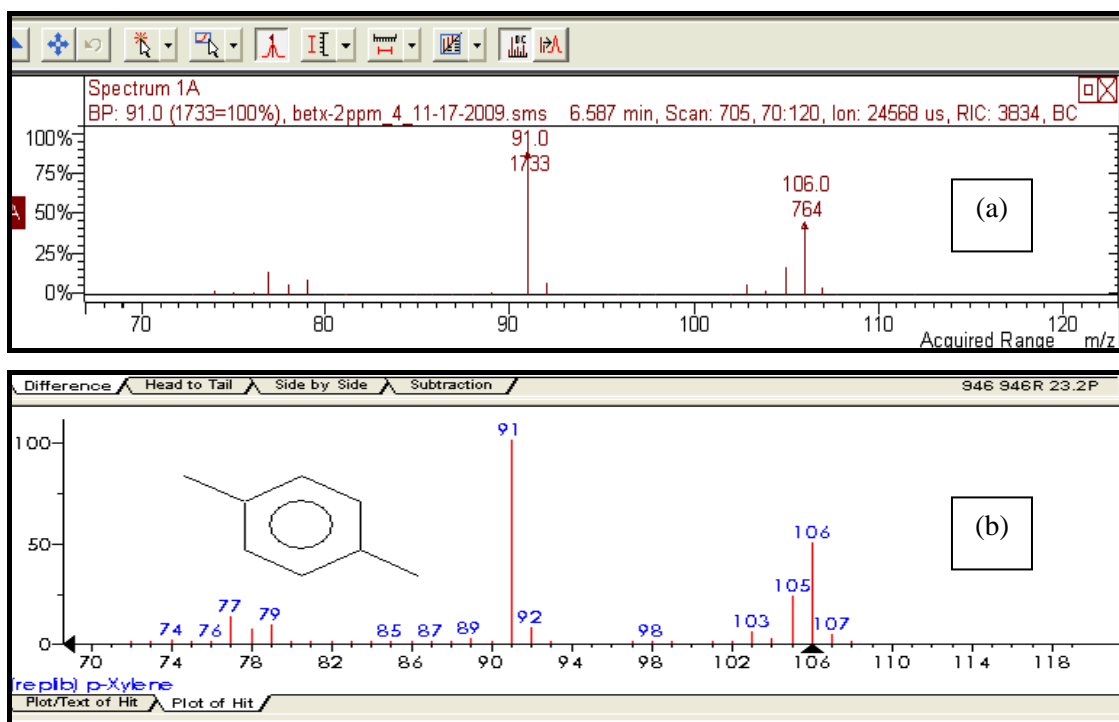


Figura 18 - Espectros de massas: (a) do quarto pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica NIST®.

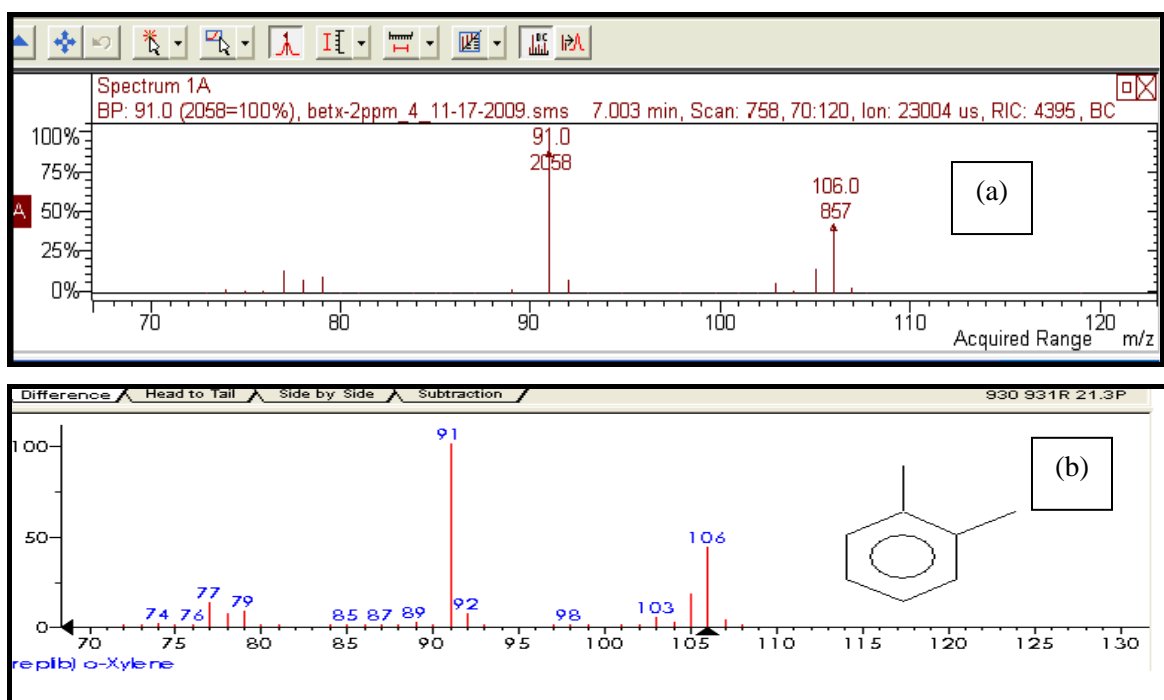


Figura 19 - Espectros de massas: (a) do quinto pico da amostra padrão e (b) por comparação com a biblioteca eletrônica NIST®.

Após a identificação dos picos, foram injetadas diferentes concentrações de padrão para obtenção das curvas de calibração para cada composto. As curvas foram confeccionadas utilizando-se as áreas dos picos no eixo y (ordenada) e suas respectivas concentrações no eixo x (abscissas).

A linearidade do método foi avaliada a partir de regressões lineares das curvas analíticas obtidas a partir de amostras padrão preparadas em duas diferentes faixas de concentração:

- De 1,0 a 6,0  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  : essa faixa foi utilizada para as amostras do *kartódromo indoor* e foi escolhida pela alta concentração dos BTEX nesse local.
- De 0,1 a 1,6  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  : essa faixa foi utilizada para as amostras do *kartódromo outdoor*. Esses valores foram escolhidos por conta da baixa concentração dos BTEX, pois por se tratar de um local aberto, facilita a dispersão dos poluentes mais rapidamente para a atmosfera.

As Figuras 20 e 21 mostram, respectivamente, as curvas de calibração dos BTEX na faixa de concentração de 1,0 a 6,0  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  e de 0,1 a 1,6  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ . Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da curva analítica média de cada composto estão apresentados nas Tabela 8 e 9. O coeficiente de determinação é um parâmetro que permite uma estimativa da qualidade da curva obtida, pois quanto mais próximo de 1,0, menor a dispersão do conjunto de pontos experimentais.

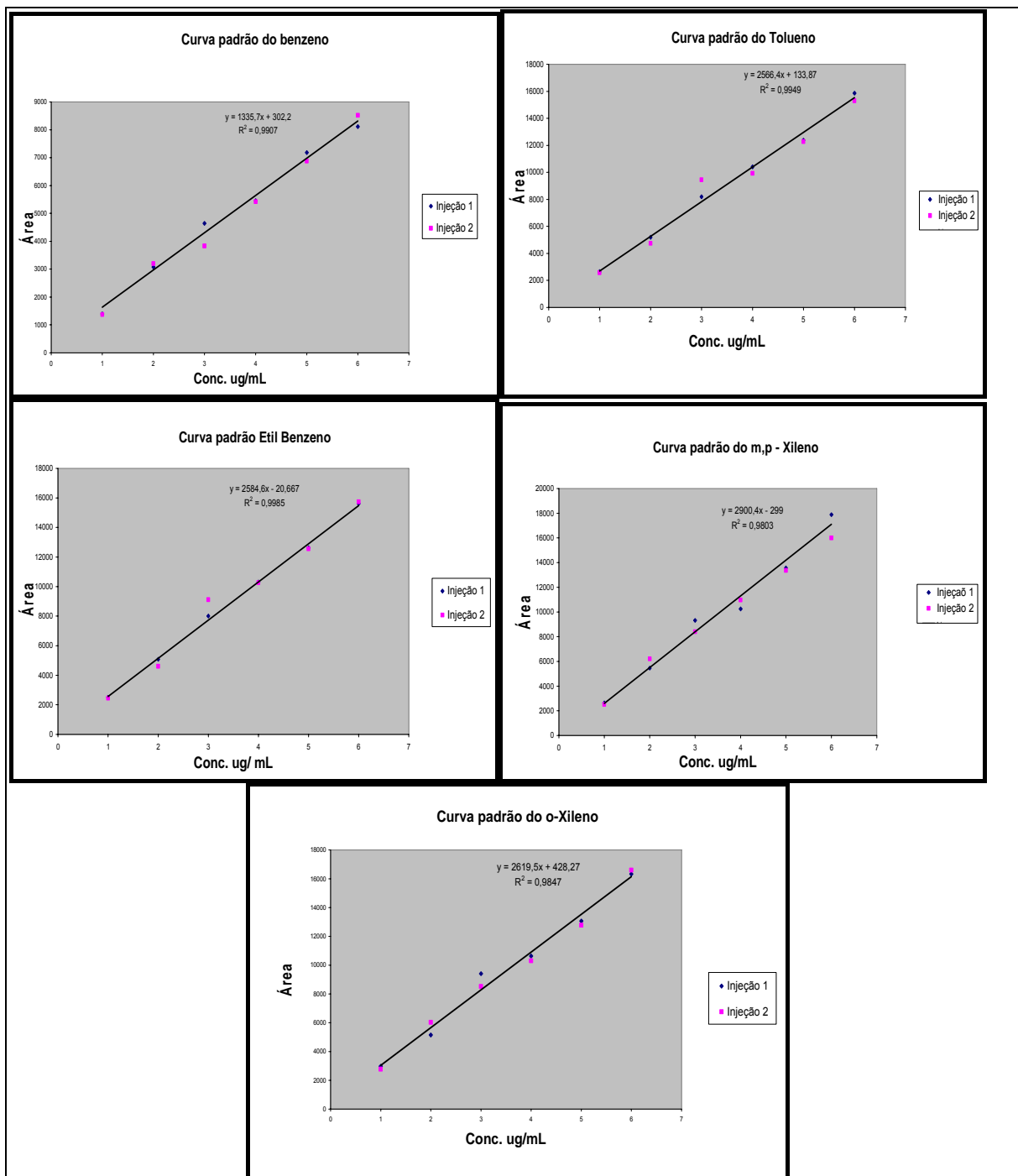


Figura 20 – Curva de calibração para a quantificação dos BTEX (faixa de concentração de 1,0 a 6,0  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )

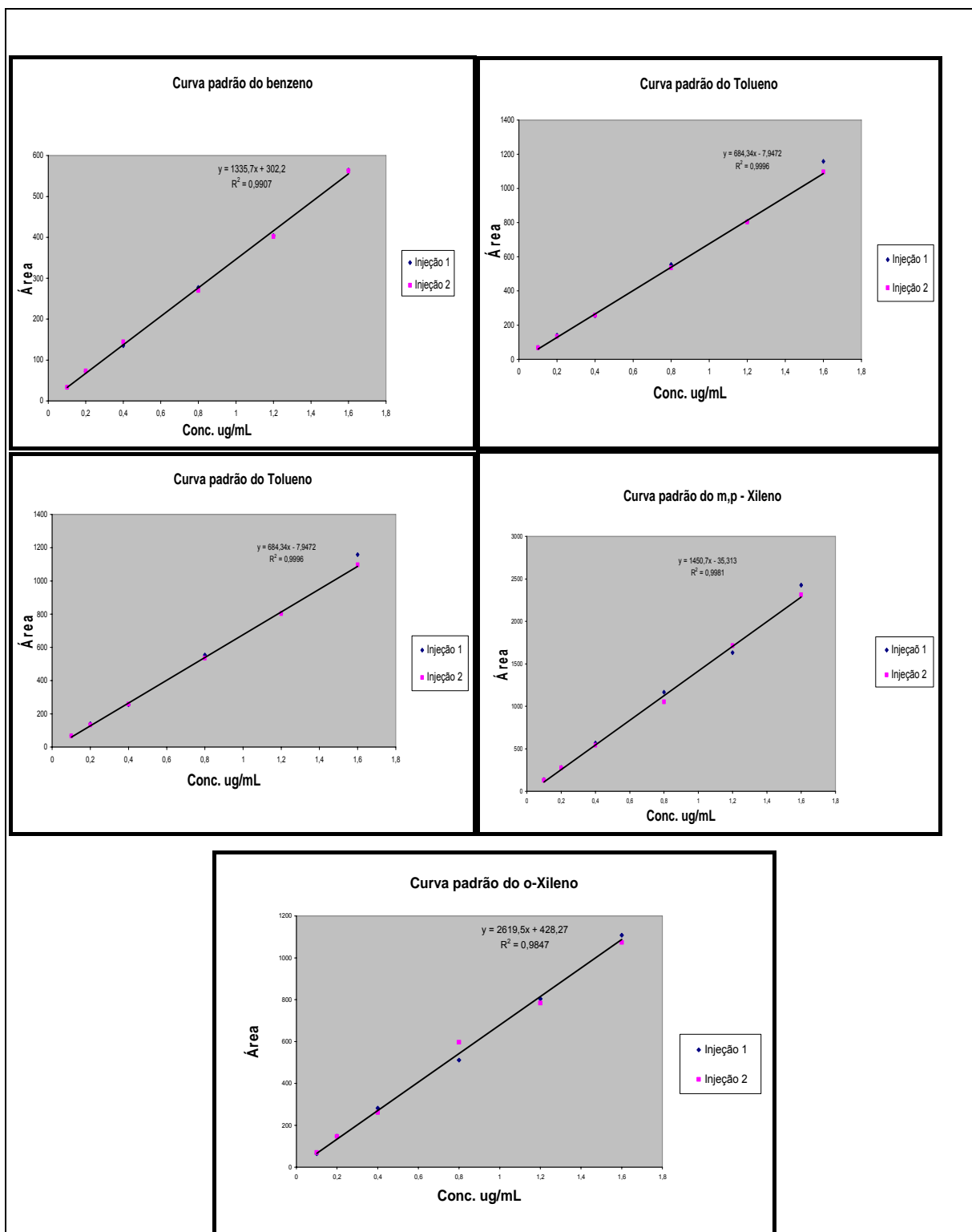


Figura 21 – Curva de calibração para a quantificação dos BTEX (faixa de concentração de 0,1 a 1,6  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )

Tabela 8 – Equações das curvas de calibração dos BTEX para as faixas de concentração de 1,0 a 6,0  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ .

Substância	Equação da reta	Coefficiente de determinação ( $R^2$ )
<b>Benzeno</b>	$Y = 1335,7x + 302,2$	0,9907
<b>Tolueno</b>	$Y = 2566,4x + 133,87$	0,9949
<b>Etilbenzeno</b>	$Y = 2584,6x + 20,67$	0,9985
<b>m,p-Xileno</b>	$Y = 2900,4x - 299,0$	0,9803
<b>o-Xileno</b>	$Y = 2619,5x + 428,27$	0,9847

Tabela 9 – Equações das curvas de calibração dos BTEX para as faixas de concentração de 0,1 a 1,6  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ .

Compostos	Equações	Coefficiente de determinação ( $R^2$ )
<b>Benzeno</b>	$Y = 1335,7x + 302,2$	0,9907
<b>Tolueno</b>	$Y = 684,34x - 7,94$	0,9996
<b>Etilbenzeno</b>	$Y = 2584,6x - 20,66$	0,9985
<b>m,p-Xileno</b>	$Y = 1450,7x - 35,31$	0,9981
<b>o-Xileno</b>	$Y = 2619,5x + 428,27$	0,9847

De acordo com as Tabelas 8 e 9, os valores encontrados para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), nas duas faixas de concentração (de 1,0 a 6,0 e 0,1 a 1,6  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ) podem ser considerados satisfatório, já que se encontram acima de 0,98.

Esse tipo de análise, onde se trabalha com compostos altamente voláteis, requer cuidados especiais no que se refere à técnica. As injeções, tanto da amostra, como dos padrões, por serem manuais, foram realizadas por uma única pessoa do início ao fim para evitar erros aleatórios. O banho de gelo foi mantido por todo o tempo que a amostra esteve fora da refrigeração para evitar evaporação do diclorometano e conseqüentemente concentração da amostra. Isso justifica o sucesso na linearidade da curva de calibração.

As Tabelas 10 e 11 mostram os resultados do desvio padrão e do coeficiente de variação para as duas faixas de concentração de padrão preparadas.



Tabela 10 – Resultado do desvio padrão absoluto e do coeficiente de variação de cada ponto de calibração para cada substância – Faixa de concentração de 1,0 a 6,0  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

Padrão										
Concentração ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	Benzeno		Tolueno		Etilbenzeno		m,p-Xileno		o- Xileno	
	S	CV (%)	S	CV (%)	S	CV (%)	S	CV (%)	S	CV (%)
<b>1,0</b>	18,38	<b>1,33</b>	46,67	<b>1,79</b>	38,18	<b>1,54</b>	76,37	<b>2,97</b>	142,13	<b>4,93</b>
<b>2,0</b>	90,51	<b>2,89</b>	325,98	<b>6,56</b>	335,17	<b>6,91</b>	523,26	<b>8,98</b>	618,01	<b>11,05</b>
<b>3,0</b>	570,64	<b>13,47</b>	888,83	<b>10,07</b>	786,30	<b>9,19</b>	649,83	<b>7,33</b>	636,40	<b>7,10</b>
<b>4,0</b>	27,58	<b>0,51</b>	345,07	<b>3,39</b>	28,28	<b>0,27</b>	506,29	<b>4,77</b>	227,69	<b>2,18</b>
<b>5,0</b>	215,67	<b>3,07</b>	70,71	<b>0,57</b>	56,57	<b>0,45</b>	146,37	<b>1,09</b>	200,11	<b>1,55</b>
<b>6,0</b>	284,96	<b>3,43</b>	391,74	<b>2,51</b>	91,92	<b>0,59</b>	1328,65	<b>7,84</b>	185,97	<b>1,13</b>

Tabela 11 – Resultado coeficiente do desvio padrão absoluto e coeficiente de variação de cada ponto de calibração para cada substância – Faixa de concentração de 0,1 a 1,6  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

Padrão										
Concentração ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	Benzeno		Tolueno		Etilbenzeno		m,p-Xileno		o- Xileno	
	S	CV (%)	S	CV (%)	S	CV (%)	S	CV (%)	S	CV (%)
<b>0,1</b>	0	<b>0</b>	0,71	<b>1,05</b>	1,41	<b>1,94</b>	3,54	<b>2,65</b>	4,24	<b>6,33</b>
<b>0,2</b>	0,71	<b>0,98</b>	5,66	<b>4,13</b>	14,14	<b>9,96</b>	2,83	<b>1,02</b>	0,71	<b>0,48</b>
<b>0,4</b>	6,36	<b>4,56</b>	2,83	<b>1,10</b>	30,41	<b>11,85</b>	17,68	<b>3,19</b>	14,85	<b>5,47</b>
<b>0,8</b>	4,95	<b>1,81</b>	13,44	<b>2,47</b>	16,26	<b>3,09</b>	80,61	<b>7,27</b>	60,81	<b>10,98</b>
<b>1,2</b>	1,41	<b>0,35</b>	1,41	<b>0,18</b>	21,21	<b>2,68</b>	58,69	<b>3,51</b>	14,14	<b>1,78</b>
<b>1,6</b>	1,41	<b>0,25</b>	43,13	<b>3,83</b>	42,43	<b>3,75</b>	79,90	<b>3,37</b>	24,75	<b>2,27</b>

Conforme foi observado nas Tabelas 10 e 11, a maioria dos valores encontrados para o coeficiente de variação foram inferiores a 10% e os poucos pontos que obtiveram valores superiores não comprometeram a linearidade da curva de calibração.

Apesar de todo cuidado tomado, desde a etapa de preparo da amostra, até sua injeção no CG-EM, é extremamente difícil eliminar todos os erros aleatórios, como por exemplo o do operador, por se tratar de injeção manual. Por mais que se mantivessem as amostras em banho de gelo durante todo o tempo, no carregamento da seringa de injeção, perdia-se tempo no ajuste do volume correto de 1µL e na retirada de eventuais bolhas que apareciam na seringa. O baixo ponto de ebulição do diclorometano (de aproximadamente 40°C) é outro fator que pode ter contribuído para o aumento do coeficiente de variação dos pontos. Isso porque o próprio calor das mãos pode ter causado a sua evaporação, proporcionando diferentes taxas de evaporação entre uma injeção e outra, o que pode explicar os valores de coeficiente de variação acima de 10%.

Os limites de detecção e de quantificação foram determinados sobre a menor concentração dos compostos na curva de calibração, através de diluições sucessivas do mesmo. Os resultados encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Limites de detecção e quantificação dos BTEX.

<b>Substância</b>	<b>Limite de detecção (µg.mL<sup>-1</sup>)</b>	<b>Limite de quantificação (µg.mL<sup>-1</sup>)</b>
<b>Benzeno</b>	0,007	0,025
<b>Tolueno</b>	0,017	0,060
<b>Etilbenzeno</b>	0,016	0,050
<b>m,p-xileno</b>	0,025	0,070
<b>o-xileno</b>	0,015	0,050

Esses resultados comprovam a alta sensibilidade do detector de massas e do método utilizado.

### 3.2. Avaliação do impacto ambiental do *Kartódromo indoor*

Esse tipo de *kartódromo*, por ser localizado em um estacionamento fechado, apresenta poucas saídas de ar e não possui nenhum tipo de exaustão. O desconfortável odor e sensação térmica, além dos altos níveis de ruído motivaram a

avaliação dos parâmetros como BTEX, temperatura, umidade relativa e do ruído. Os resultados obtidos serão apresentados abaixo.

### 3.2.1. Determinação dos teores de BTEX no ar

Os resultados referentes à determinação de BTEX no ar do *kartódromo indoor* foram obtidos seguindo a metodologia já explicitada no item 2.1.2 desse trabalho. Segundo funcionários do estabelecimento, o horário de funcionamento do *kartódromo indoor* estudado nesse trabalho (de 14:00 às 22:00 hs), é o fator responsável pela alta frequência dos usuários durante os finais de semana e por isso esses dias foram escolhidos para a análise de todos os parâmetros monitorados. O cromatograma de uma amostra coletada de um *kartódromo indoor* e o cromatograma do leito de segurança são mostrados respectivamente pelas Figuras 22 e 23.

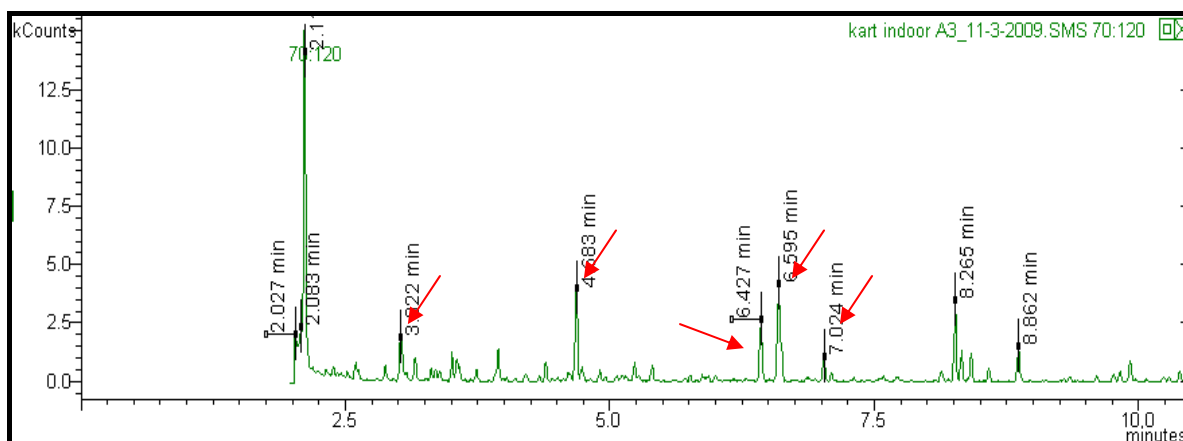


Figura 22 – Cromatograma de uma amostra de um *kartódromo indoor* (as setas em vermelho marcam os picos referentes aos BTEX)

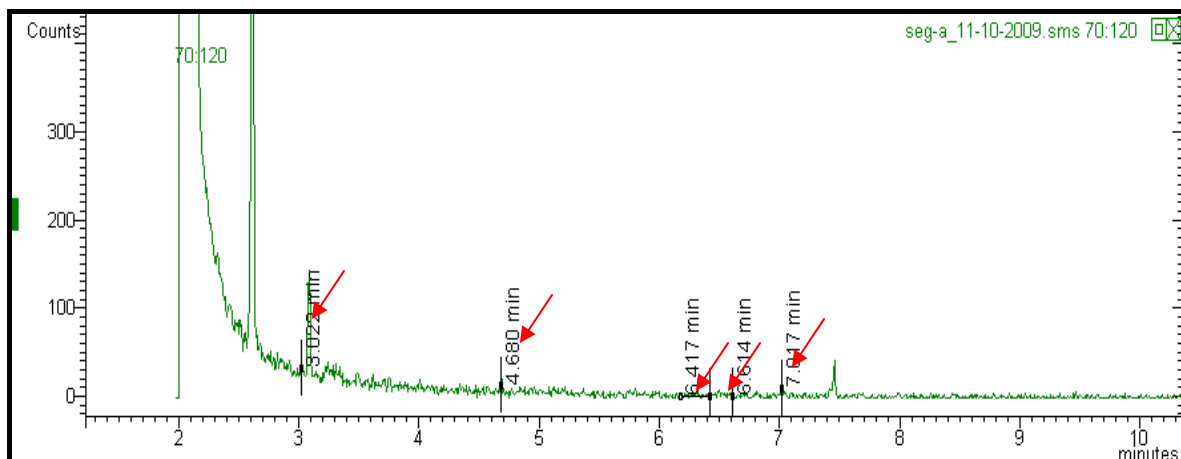


Figura 23 - Cromatograma do leito de segurança do cartucho de carvão ativo (as setas em vermelho mostram onde estariam os picos de BTEX caso houvesse saturação do leito principal)

A ausência de picos nos tempos de retenção referente aos BTEX no cromatograma do leito de segurança comprova que todo o ar coletado manteve-se adsorvido no leito principal, não provocando saturação do mesmo.

A Tabela 13 mostra o resultado de BTEX obtidos para o *kartódromo indoor*. As conversões de unidades foram realizadas de acordo com o que foi apresentado no item 2.5.

Pela Tabela 13, a amostra “G”, coletada no dia 24/10/2009 obteve concentrações de BTEX excessivamente maiores do que as demais ( $123,1\mu\text{g.m}^{-3}$ ). No dia da coleta dessa amostra, antes de iniciar a corrida, houve o reabastecimento (gasolina tipo C) de todos os carros, que demorou aproximadamente 10 minutos. Coincidentemente, o reabastecimento foi próximo do local que se encontrava a bomba de sucção e isso explica o valor muito maior de poluentes.

Certamente houve emissões evaporativas de combustível, que foi percebida também pelo forte odor durante tal procedimento. O tanque de armazenamento era de metal e estava com excessivas soldas, o que pode ter contribuído também para tais emissões. As demais amostras obtiveram valores de BTEX que variaram de 12,03 a  $34,2\mu\text{g.m}^{-3}$ .

Tabela 13 – Determinação dos teores de BTEX no ar do *kartódromo indoor*

Amostra /Data	Nº de corridas	Nº médio de carros por corrida	Benzeno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Tolueno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Etil-benzeno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	m, p-xileno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	o-xileno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
<b>Amostra A</b> <b>03/10/2009</b>	2	7	17,8	39,1	19,5	36,3	6,47
<b>Amostra B</b> <b>04/10/2009</b>	2	10	18,13	42,8	21,1	39,2	7,0
<b>Amostra C</b> <b>10/10/2009</b>	2	12	34,2	67,9	31,7	58,4	11,3
<b>Amostra D</b> <b>11/10/2009</b>	2	12	18,2	34,1	16,1	30,2	5,6
<b>Amostra E</b> <b>17/10/2009</b>	2	9	23,6	46,8	21,8	40,6	7,5
<b>Amostra F</b> <b>18/10/2009</b>	2	10	15,1	31,0	14,9	28,1	5,4
<b>Amostra G</b> <b>24/10/2009</b>	2	9	123,1	50,2	21,5	41,0	8,9
<b>Amostra H</b> <b>25/10/2009</b>	2	11	12,03	25,2	10,9	20,0	3,6
<b>Amostra I</b> <b>31/10/2009</b>	2	9	20,0	39,2	19,3	36,1	6,2
<b>Amostra J</b> <b>01/11/2009</b>	2	9	18,1	43,6	19,5	36,3	6,2

Nota-se, pela Tabela 13, que os resultados obtidos para os BTEX não apresentam relação direta com o número de carros que participam da corrida. A amostra “I”, por exemplo, coletada no dia 31/10/2009 apresentou 9 carros na pista e teor de benzeno igual a  $20 \mu\text{g.m}^{-3}$  enquanto que a “F”, coletada no dia 18/10/2009, apresentou 10 carros e teor de benzeno foi menor ( $15,1 \mu\text{g.m}^{-3}$ ), comprovando a independência entres esses fatores.

Nas corridas onde a maior parte dos integrantes são mulheres e crianças, nota-se claramente que a aceleração é menos intensa. Uma das corridas da amostra “H”, foi realizada por crianças, aparentando idade entre 12 e 15 anos, e esse fato

pode estar ligado ao baixo teor de benzeno ( $12,03 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) quando comparado aos outros resultados.

Apesar dessa observação, não se pode afirmar que as emissões de BTEX no *kartódromo indoor* são oriundas simplesmente de uma variável isolada. O aumento dos poluentes nesse local depende também de outros fatores como, por exemplo, o tipo de usuário que está pilotando e conseqüentemente o nível de aceleração empregada, a possibilidade de emissões evaporativas de gasolina, tanto dos tanques dos próprios *karts* como também dos tanques de armazenamento e da queima de combustíveis durante a corrida.

A associação de todos esses fatores, juntamente com o fato de ser um local fechado, influenciam na variação desses compostos entre uma corrida e outra. Uma conclusão que se chega observando-se essas variações, é que a identificação e quantificação exata de todos os fatores que influenciam na presença dos BTEX e que causam essas variações entre as corridas no *kartódromo indoor* requerem estudos mais detalhados e com bastante critério.

Como o objetivo maior desse foi o monitoramento dos BTEX nos diferentes tipos de *kartódromos*, os valores médios encontrados para o *indoor* são mostrados na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores médios\*\* das concentrações de BTEX encontradas no ar do *Kartódromo indoor*

	<b>Benzeno</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	<b>Tolueno</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	<b>Etilbenzeno</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	<b>m,p-xileno</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	<b>o-xileno</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
<b><i>Kartódromo indoor</i></b>	19,7	41,1	19,4	36,2	6,6

\*\* Esses valores médios não incluem o resultado obtido na amostra "G", por ter sido coletada em uma situação especial e diferente das demais medições.

### 3.2.2. Análise do ar do estacionamento sem o funcionamento do *Kart*

Conforme explicado no item 2.1.3, realizou-se a análise do mesmo estacionamento onde funciona o *kartódromo indoor*, porém as medições foram realizadas antes do início das atividades de corrida. Os valores obtidos podem ser considerados como controle (ou branco) já que mostram os teores de BTEX antes

das corridas se iniciarem. Os resultados obtidos foram comparados com os encontrados para o *kartódromo indoor* e são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15 – Comparação entre os resultados de BTEX médios do *kartódromo indoor* e do estacionamento sem atividade de *kart*.

Localização da amostragem do ar	Teores médios ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )				
	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-xileno	o-xileno
<i>Kartódromo indoor</i> funcionando (Ki)	19,7	41,1	19,4	36,2	6,6
Estacionamento fechado sem o <i>kart</i> funcionando (E)	6,7	17,3	6,9	12,2	2,4
<b>Aumento (%) de Ki em relação a E - (A) **</b>	<b>294 %</b>	<b>237%</b>	<b>281%</b>	<b>296%</b>	<b>275%</b>

\*\* Refere-se ao aumento percentual dos poluentes do *kartódromo indoor* em relação aos encontrados no estacionamento sem atividade de *kart* (branco). O cálculo foi realizado da seguinte maneira:  $A = \frac{Ki}{E} \times 100$

Os resultados mostram que a quantidade de BTEX no local com a atividade de *kart* é muito superior à encontrada no estacionamento antes das corridas. O teor de m,p - xileno é aproximadamente 3 vezes maior, comprovando a influência do *kartódromo* no aumento da poluição do ar do estacionamento. O teor médio de benzeno (poluente mais tóxico) se mostrou 294% maior, o que pode acarretar, principalmente em longo prazo, no comprometimento da saúde dos trabalhadores do local e até mesmo dos usuários que apresentam maior frequência.

### 3.2.3. Poluição sonora: determinação do nível de ruídos

O ruído foi o poluente que proporcionou maior incômodo durante toda a amostragem no *kartódromo indoor* e foi necessário o uso de protetor auricular durante todo o tempo de permanência no local. Todas as medições foram realizadas de acordo com a metodologia já explicitada no item 2.6. Os resultados dos valores máximos encontrados para cada dia de medição são mostrados na Tabela 16.

Tabela 16 – Valores máximos de ruído encontrados no *kartódromo indoor*

Amostra - Data	Nº de corridas	Nº médio de carros	Ruído máx. dB(A)
Amostra A - 03/10/2009	2	7	97,2
Amostra B - 04/10/2009	2	10	101,1
Amostra C - 10/10/2009	2	12	103,8
Amostra D - 11/10/2009	2	12	99,0
Amostra E - 17/10/2009	2	9	104,2
Amostra F - 18/10/2009	2	10	100,3
Amostra G - 24/10/2009	2	9	101,0
Amostra H - 25/10/2009	2	11	100,0
Amostra I - 31/10/2009	2	9	102,3
Amostra J - 01/11/2009	2	9	100,8

Observando-se os resultados dos níveis de ruído do dia 10/10/2009 (Amostra “C”) e do dia 17/10/2009 (Amostra “E”), percebe-se que foram superiores aos dos demais dias, além de apresentarem também os maiores teores de BTEX (34,2 e 23,6  $\mu\text{g.m}^{-3}$  respectivamente), conforme mostrado na Tabela 13. Coincidentemente, nesses dois dias de coleta, que foram em dois finais de semana seguidos, estava havendo uma competição amadora e os pilotos estavam conduzindo os *karts* de forma mais acelerada e agressiva, o que pode explicar o aumento do ruído e dos poluentes no ambiente.

Entretanto, baseando-se nos dados das tabelas 13 e 16, essa relação não é observada para os outros dias de corrida e pode-se perceber que não existe relação direta entre os teores de BTEX, o nível de ruído e número de *karts* na pista na maioria dos dias de análise. No dia 25/10/2009, por exemplo, a quantidade média de carros (11 carros) foi superior a do dia 31/10/09 (9 carros), porém o nível de ruído e de BTEX do dia 31/10 foi superior. Isso mostra que não se pode afirmar que o número de carros, o teor de BTEX e o nível de ruído não estão proporcionalmente ligados.

Um estudo mais detalhado deve ser feito no sentido de prever em quais condições obtém - se os maiores teores de BTEX e os maiores níveis de ruído



durante uma corrida. O Item 3.2.5 irá explicar melhor a correlação entre esses parâmetros.

#### 3.2.4. Determinação da Temperatura e umidade relativa do ar

A desconfortável sensação térmica no *kartódromo indoor* pôde ser percebida durante toda a permanência no local. Os valores máximos da temperatura e da umidade relativa do ar foram monitorados de acordo com a metodologia descrita no item 2.7 e os resultados são mostrados na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores máximos da temperatura e da umidade relativa do ar no *kartódromo indoor*

Amostra /Data	Nº de corridas	Umidade relativa máx. (%)	Temperatura máx. (°C)
<b>Amostra A - 03/10/2009</b>	2	75,1	26,2
<b>Amostra B - 04/10/2009</b>	2	78,4	26,8
<b>Amostra C - 10/10/2009</b>	2	68,4	27,5
<b>Amostra D - 11/10/2009</b>	2	71,4	28,6
<b>Amostra E - 17/10/2009</b>	2	74,3	27,0
<b>Amostra F - 18/10/2009</b>	2	68,6	28,5
<b>Amostra G - 24/10/2009</b>	2	60,7	29,2
<b>Amostra H - 25/10/2009</b>	2	63,2	28,7
<b>Amostra I - 31/10/2009</b>	2	67,9	27,7
<b>Amostra J - 01/11/2009</b>	2	75,1	28,2

Observando-se a Tabela acima, fica difícil prever a influência da temperatura e umidade na quantidade dos BTEX presentes na atmosfera. O item abaixo mostrará a correlação entre todos os parâmetros estudados no *kartódromo indoor* através da análise de *Cluster*.

#### 3.2.5. Correlação estatística entre os parâmetros monitorados: temperatura, umidade relativa e BTEX.

A Figura 24 mostra um gráfico feito por análise de cluster no programa *Statística 5.0*.

A análise de cluster é um tipo de análise multivariada também conhecida por análise “Q” ou análise de classificação, de construção tipológica e de taxonomia numérica. Essa grande variedade de nomes deriva, em parte, da utilização de métodos de agrupamentos em diversos campos das ciências. Esse gráfico mostra a correlação entre todas as variáveis estudadas. São elas: ruído (DB), umidade relativa (UR), temperatura (TEMP) e os BTEX.

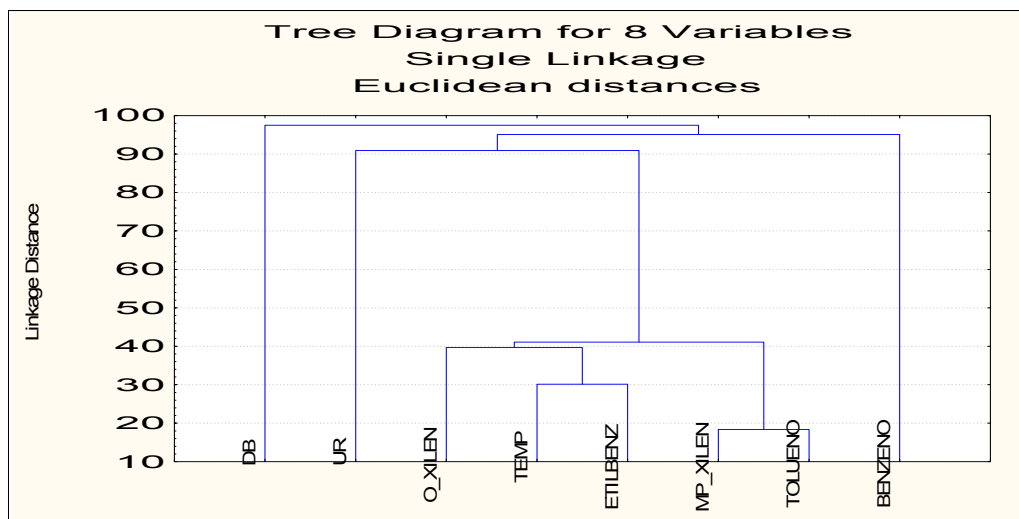


Figura 24 - Gráfico feito por análise de cluster no programa estatística 5.0 para os parâmetros do *kartódromo indoor*.

Quanto mais baixa a amarração das variáveis (*Linkage Distance*), maior é a correlação entre elas. Observando-se o gráfico, percebe-se uma forte amarração entre os xilenos, etil-benzeno, tolueno e a temperatura, indicando que os processos envolvendo calor são responsáveis pela presença destes compostos na atmosfera. Já o ruído e a umidade relativa apresentam fraca correlação com os demais parâmetros, confirmando que eles não influenciam nos teores de BTEX no ambiente.

Apesar do tolueno, etilbenzeno e xilenos apresentarem relação direta entre si (quando um aumenta o outro também aumenta), o benzeno se comporta de forma diferente. Ele não tem correlação com os demais aromáticos, ou seja, quando a concentração deles aumenta ou diminui, não interfere na concentração do benzeno. Isso pode ocorrer pelo fato desse composto estar sendo liberado em proporções diferentes quando relacionado com a liberação dos outros poluentes ou por algum sumidouro interno, como uma reação com alguma outra molécula na atmosfera.

### 3.3. Avaliação do impacto ambiental do *Kartódromo outdoor*

Esse tipo de *kartódromo*, por ser localizado em um estacionamento aberto, favorece a dispersão dos poluentes de forma rápida. O odor, o ruído e a sensação térmica mostraram-se muito mais agradáveis quando comparados com *kartódromo indoor*. Os resultados obtidos serão apresentados abaixo.

#### 3.3.1. Determinação dos teores de BTEX no ar

O horário de funcionamento do *kartódromo outdoor* estudado nesse trabalho é de 17:00 às 24:00 hs e em uma pequena entrevista realizada com o gerente do estabelecimento foi confirmado que esse horário de funcionamento é o fator responsável pela alta frequência dos usuários em dias no meio da semana. Baseado nisso, foram escolhidos os dias entre segunda e quinta-feira para a análise de todos os parâmetros nesse local. A Tabela 18 mostra os teores de BTEX para as amostras coletadas no *kartódromo outdoor*, de acordo com a metodologia mostrada no item 2.1.4 e 2.2 desse trabalho.

Observando-se os resultados percebe-se que a quantidade de carros na corrida não tem relação alguma com a quantidade de poluentes encontrados no ambiente. Algumas corridas que apresentam maior n° médio de carros apresentaram teores de BTEX inferiores, como é o caso da amostra “D”, coletada no dia 17/11/2009 e com média de 6 carros por corrida. Ela apresentou teor de benzeno de  $2,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , maior do que o resultado obtido na amostra “B”, que foi de  $2,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  e com maior média de carro por corrida (8 carros).

Esse fato se deve pelo mesmo motivo já explicitado para o *kartódromo indoor*: uma série de variáveis pode influenciar nos teores desses compostos no ambiente.

Tabela 18 - Resultados dos teores de BTEX para as amostras coletadas no *kartódromo outdoor*

Amostra/ Data	Nº de corridas	Nº médio de carros por corrida	Benzeno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Tolueno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Etil benzeno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	m,p- xileno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	o-xileno ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
Amostra A 11/11/2009	8	7	1,7	5,0	2,4	2,2	1,1
Amostra B 12/11/2009	6	8	2,0	5,2	3,3	1,7	0,6
Amostra C 16/11/2009	8	7	1,9	4,0	3,9	1,8	0,6
Amostra D 17/11/2009	6	6	2,7	6,4	2,9	2,5	1,1
Amostra E 18/11/2009	7	7	1,8	4,5	2,3	1,6	0,7
Amostra F 19/11/2009	8	7	1,7	2,5	1,3	1,1	0,5
Amostra G 23/11/2009	5	6	1,9	3,1	3,3	1,4	0,7
Amostra H 24/11/2009	7	6	2,1	3,7	3,4	1,5	0,6
Amostra I 25/11/2009	6	8	2,2	3,8	3,4	1,4	0,7
Amostra J 26/11/2009	8	6	1,7	3,1	2,6	1,5	0,9

### 3.3.2. Poluição sonora: determinação do nível de ruídos

O nível de ruído no *kartódromo outdoor* foi muito menos incômodo do que o percebido no *indoor*. Isso ocorreu por conta da melhor propagação do som em ambientes abertos, quando comparados aos ambientes fechados.

Todas as medições foram realizadas de acordo com a metodologia já explicitada no 2.6 e os resultados dos valores máximos encontrados para cada dia de medição são mostrados na Tabela 19.

Tabela 19 – Valores máximos de ruído encontrados no *kartódromo outdoor*

Amostra/ Data	Nº de corridas	Nº médio de carros por corrida	Resultado em dB(A)
Amostra A - 11/11/2009	8	7	88,4
Amostra B - 12/11/2009	6	8	88,6
Amostra C - 16/11/2009	8	7	87,5
Amostra D - 17/11/2009	6	6	86,3
Amostra E - 18/11/2009	7	7	88,0
Amostra F - 19/11/2009	8	7	87,1
Amostra G - 23/11/2009	5	6	88,7
Amostra H - 24/11/2009	7	6	86,5
Amostra I - 25/11/2009	6	8	89,8
Amostra J - 26/11/2009	8	6	88,9

Os resultados mostram que os valores encontrados foram muito próximos e independentes da quantidade de carros médios por corrida. Isso comprova que valores de ruído não são influenciados pelo número de carros médio por corrida.

O nível de ruído obtido no dia 17/11/2009 (Amostra “D”), por exemplo, foi de 86,3 dB(A) com 6 carros médios por corrida na pista enquanto que no dia 26/11/2009 (Amostra “J”), o ruído foi de 88,9 dB(A) com os mesmo 6 carros médios por corrida.

Se forem relacionados diferentes dias de corrida com o número de carros e os respectivos resultados de ruído encontrados na Tabela 19, não se observará relação totalmente direta ou inversa entres eles. Isso comprova novamente que a influência está provavelmente na maneira como se pilota. Porém, estudos mais detalhados devem ser realizados para comprovar que os diferentes tipos de usuários (incluindo os profissionais e amadores) fornecem níveis de acelerações mais elevados e tendem a aumentar os níveis de ruído em um *kartódromo*.

### 3.3.3. Determinação da Temperatura e umidade relativa do ar

A sensação térmica percebida no *kartódromo outdoor* foi bem mais agradável do que a do *indoor*. Os valores máximos da temperatura e da umidade relativa do ar foram monitorados de acordo com a metodologia descrita no item 2.7 e os resultados são mostrados na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados da temperatura e umidade relativa do ar no *kartódromo outdoor*

Amostra/ Data	Nº de corridas	Nº médio de carros por corrida	Temperatura Máxima (°C)	Umidade Relativa do ar máxima (%)
Amostra A - 11/11/2009	8	7	29,6	63,3
Amostra B - 12/11/2009	6	8	30,3	65,7
Amostra C - 16/11/2009	8	7	28,6	74,1
Amostra D - 17/11/2009	6	6	28,7	60,2
Amostra E - 18/11/2009	7	7	29,2	70,1
Amostra F 19/11/2009	8	7	28,7	71,1
Amostra G - 23/11/2009	5	6	29,5	70,9
Amostra H - 24/11/2009	7	6	28,1	64,0
Amostra I - 25/11/2009	6	8	27,7	65,4
Amostra J - 26/11/2009	8	6	29,2	69,3

Observando-se a Tabela acima, fica difícil prever a influência da temperatura e umidade na quantidade dos BTEX presentes na atmosfera. No item abaixo, será mostrada a correlação entre todos os parâmetros com os poluentes estudados para o *kartódromo outdoor*.

#### 3.3.4. Correlação estatística entre os parâmetros monitorados: temperatura, umidade relativa e BTEX.

A Figura 25 mostra o gráfico feito por análise de cluster no programa Estatística 5.0 que, conforme explicado anteriormente, mostra a correlação entre todas as variáveis estudadas. São elas: ruído (DB), umidade relativa (UR), temperatura (TEMP) e os BTEX.

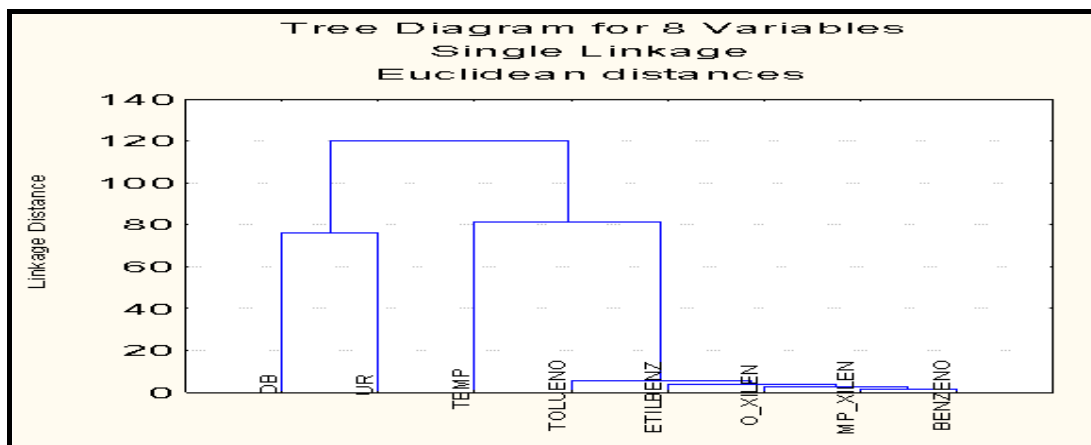


Figura 25 - Gráfico feito por análise de cluster no programa estatística 5.0 para os parâmetros do *kartódromo outdoor*

Observando-se o gráfico, percebe-se uma forte amarração entre todos os BTEX indicando que estes apresentam relação direta entre si, ou seja, quando ocorre o aumento de um deles, o outro também aumenta. A temperatura tem baixa correlação com os compostos enquanto que o ruído e a umidade não apresentam nenhuma correlação com os teores de BTEX.

Relacionando os resultados da análise de *Cluster* dos dois tipos de *kartódromo* percebe-se que, no *indoor*, a correlação do benzeno com os demais poluentes ocorre de forma diferente da mostrada no outdoor. As duas hipóteses mais prováveis para esse fato são:

- No *kartódromo indoor* o tanque de armazenamento de combustíveis se encontra em uma pequena sala que se distancia de aproximadamente 1,5 m da pista de corrida, sendo separada apenas por uma porta. Com isso, o benzeno evapora e, por apresentar menor ponto de ebulição e maior pressão de vapor, se distribui no ambiente de maneira diferente dos demais compostos. No *kartódromo outdoor* o tanque de armazenamento fica em um local distante da pista e as emissões evaporativas se dispersam rapidamente pela atmosfera pelo fato de ser um local aberto.
- A segunda hipótese pode estar associada ao sumidouro interno do benzeno no *kartódromo indoor* através de reações com outras moléculas do ambiente que pode ser favorecida pela alta concentração no ambiente fechado. No outdoor, essas reações podem não ocorrer por conta da rápida dispersão dos compostos para o ambiente.

### 3.4. Comparação das análises de ar entre os *kartódromos*

Como um dos objetivos desse trabalho é, também, a comparação dos níveis de poluição atmosférica entre os diferentes tipos de *kartódromos*, a Tabela 21 mostra a correlação entre os valores médios de BTEX encontrados nos *kartódromos indoor* e *outdoor*.

Tabela 21 - Comparação dos valores médios de BTEX encontrados no *kartódromo indoor* e *outdoor*

Localização da amostragem do ar	Teores médios ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )				
	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-xileno	o-xileno
<i>Kartódromo indoor (Ki)</i>	19,7	41,1	19,4	36,2	6,6
<i>Kartódromo outdoor (Ko)</i>	2,0	4,1	2,8	1,7	0,7
<b>Relação Ki / Ko</b>	<b>9,7</b>	<b>10,1</b>	<b>6,7</b>	<b>21,3</b>	<b>9,0</b>

Os resultados mostram claramente a diferença entre os valores encontrados para os dois tipos de *kartódromo*. Uma observação importante é que o benzeno, poluente que apresenta maior toxicidade apresenta concentração 10 vezes maior no *kartódromo indoor* e o m,p-xileno é 21 vezes menor no outdoor, comprovando que o *indoor* é muito mais poluente que o outdoor, como era de se esperar.

A inexistência de trabalhos relacionados ao monitoramento ambiental dos *kartódromos* não permite a comparação dos valores encontrados com artigos ou qualquer outro trabalho já existente. Assim, a Tabela 22 mostra a comparação dos resultados encontrados no *kartódromo indoor* com valores encontrados na literatura em avenidas com grande fluxo de carros (considerados como *outdoor*) e outros locais considerados *indoor*.



Tabela 22 – Comparação dos resultados encontrados nesse trabalho com os obtidos em artigos e teses já concluídas (Resultados em  $\mu\text{g m}^{-3}$ ).

Local	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m, p- xileno	o- xileno	Referência
<b>Kartódromo indoor</b>	<b>19,7</b>	<b>41,1</b>	<b>19,4</b>	<b>36,2</b>	<b>6,6</b>	<b>Este trabalho</b>
<b>Kartódromo Outdoor</b>	<b>2,0</b>	<b>4,1</b>	<b>2,8</b>	<b>1,7</b>	<b>0,7</b>	<b>Este trabalho</b>
Av. Presidente Vargas (outdoor)	9,4	17,0	12,7	27,2	19,2	Côrrea (2003)
Av. Brasil (outdoor)	6,0	26,3	ND	ND	11,0	Fernandes et al. (2002)
Av. Presidente Vargas (outdoor)	4,4	11,1	4,1	5,5	1,1	Machado (2002)
Campus da Fiocruz (Outdoor)	1,9	9,0	6,4	21,6	6,0	Rodrigues et al. (in press)
Volta Redonda (Outdoor)	20,3	3,3	ND	0,96	0,18	Gioda (2000)

Essa comparação mostra que a quantidade de benzeno por metro cúbico encontrado no *kartódromo indoor* pode ser considerada alta e é muito superior aos valores encontrados em grandes avenidas que apresentam diariamente elevado fluxo de carros. A quantidade de benzeno se aproxima da encontrada na cidade de Volta Redonda, com grande atividade industrial devido à presença da Companhia Siderúrgica Nacional.

Observa-se na Tabela 22, que os valores encontrados para o *kartódromo outdoor* são baixos em relação aos outros ambientes também considerados como *outdoor*. As Avenidas Presidente Vargas e Brasil apresentaram, respectivamente, valores 2 e 3 vezes maiores, comprovando que a permanência no *kartódromo outdoor* é menos prejudicial do que, por exemplo, esperar um ônibus em uma dessas avenidas citadas.

A Tabela 23 apresenta os limites dos compostos BTEX sugeridos por órgãos nacionais e internacionais para qualidade do ar em ambientes industriais e não industriais, comparados com os resultados para os dois tipos de *kartódromo* estudados nesse trabalho.

Tabela 23– Comparação dos valores máximos permitidos de BTEX na atmosfera com os encontrados nos *kartódromos*

Poluente	NR-15 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Resolução 176 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	CONAMA	NIOSH ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	OSHA ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Concentrações encontradas nos <i>kartódromos</i> ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
						Indoor	Outdoor
Benzeno	3,3 a $8,2 \times 10^3$ *	NS**	NS**	$3,2 \times 10^2$	$3,2 \times 10^3$	17,8	2,02
Tolueno	$2,9 \times 10^5$	NS**	NS**	$3,8 \times 10^5$	$7,6 \times 10^5$	39,1	4,08
Xilenos	$3,4 \times 10^5$	NS**	NS**	$4,3 \times 10^5$	$4,3 \times 10^5$	42,8	2,43
Étilbenzeno	$3,3 \times 10^5$	NS**	NS**	XX	XX	19,5	2,88

Fonte: Adaptado de PICELI (2005)

Observações: \* Em casos especiais; \*\* Não sugerido.

Em função da alta toxicidade, os valores máximos permitidos para os BTEX são considerados como “não sugeridos” pelo CONAMA enquanto que para as outras legislações percebe-se que os limites estão na faixa de  $10^3$  e  $10^5$ .

O valor limite de tolerância do benzeno foi excluído do anexo nº 11 da NR-15 pela Portaria nº 3 de 10/03/1994, sendo tratado nesta norma no anexo 13-A. A exclusão do composto benzeno é justificada pela comprovação deste ser um composto carcinogênico, onde sua concentração no ar deve ser nula, exceto para algumas atividades especificadas no anexo 13-A.

Os valores dos teores de benzeno encontrados nos *kartódromos* encontram-se bem abaixo dos especificados pela NIOSH e pela OSHA, porém quando comparados com o anexo 13-A da Portaria nº 3 da NR-15, o teor de benzeno está em desacordo, pois sua presença deve ser considerada nula.

Baseado nisso, percebe-se que as legislações, tanto as nacionais como as internacionais, são muito permissíveis e precisam ser revistas e tratadas de maneira mais séria e responsável. Talvez, para os funcionários do estabelecimento, seria aconselhável o uso de máscaras de proteção individual com filtros apropriados para reduzir a exposição a esses compostos.

### 3.5. Comparação entre os níveis de ruído dos *kartódromos*

A Tabela 24 mostra a comparação entre os níveis de ruído médios encontrados nos *kartódromos indoor e outdoor*

Tabela 24 - comparação dos valores médios de ruído entre os *kartodromo indoor* e *outdoor*.

	<b>KARTÓDROMO OUTDOOR (Ko)</b>	<b>KARTÓDROMO INDOOR (Ki)</b>	<b>RELAÇÃO Ki / Ko</b>
<b>Valor médio do ruído em dB (A)</b>	88,0	101,01	1,15 vezes maior

Observando-se os níveis de ruído nos dois tipos de *kartódromos*, nota-se que o valor no *indoor* é aproximadamente 15% maior do que o do *outdoor*. Pode parecer insignificante, porém a NR-15 da Portaria n.º 3.214 do dia 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho do Brasil, mostra que o tempo máximo de exposição diária permissível varia muito para intervalos muito pequenos de níveis de ruído.

Segundo a norma, para o nível de ruído de 88 dB (A), um indivíduo pode se expor diariamente durante 5 horas enquanto que para o nível de 101 dB (A) a exposição deve ser de no máximo 45 minutos. Isso comprova que os níveis de ruído no *kartódromo indoor* tornam o ambiente mais poluído e mais agressivo para o ouvido humano, quando comparado ao *outdoor*. Esse fato pode ser explicado pela mais fácil propagação do som no *outdoor* por se tratar de um ambiente totalmente aberto.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados dos teores de BTEX para o *kartódromo indoor* mostraram-se elevados, quando comparados aos do *outdoor* em funcionamento. Os resultados inferiores para o *outdoor* não surpreenderam e comprovaram que a queima incessante de combustíveis em locais fechados, associados a possíveis emissões evaporativas fazem aumentar consideravelmente a quantidade de poluentes no ambiente.

Apesar dessa diferença nos teores de BTEX entre os dois tipos de *kartódromo*, a presença de benzeno em ambos é um fator de grande relevância e que deve ser encarado com preocupação por conta de sua alta toxicidade, conforme já foi explicitado na revisão bibliográfica deste trabalho.

A presença do tolueno, etilbenzeno e dos xilenos não devem ser desconsideradas e também merecem atenção no que diz respeito à exposição em longo prazo.

A princípio, a análise dos teores de BTEX no estacionamento *indoor* antes de se iniciarem as atividades de *kart* foram realizadas para fins meramente comparativos. Porém avaliando-se os resultados percebe-se que a concentração desses compostos no ambiente também é relevante e nos leva a fazer uma reflexão sobre os tipos de poluentes que a população frequentadora dos shoppings está exposta quando simplesmente se estaciona um carro nesse tipo de estacionamento.

Uma outra importante conclusão que se chegou durante a realização desse trabalho foi o questionamento com relação às legislações nacionais e internacionais referente aos limites máximos permitidos de BTEX. Observa-se que há contradição e incoerência quando se comparam as legislações nacionais e as internacionais. É extremamente preocupante o fato de se ter um limite tão alto para o benzeno nas normas da NIOSH e OSHA enquanto que os valores são considerados como “não sugeridos” pelo CONAMA.

A percepção da exposição aos poluentes em um *kartódromo* muitas vezes não é tão bem percebida como é para os níveis de ruído. A intoxicação por BTEX é lenta e cumulativa já que esses poluentes não são metabolizados e nem excretáveis pelo organismo. Já a exposição a elevados níveis de ruído provoca incomodo instantâneo.

Observando-se os resultados de ruído, pode-se concluir que são considerados elevados quando comparados à legislação. Os resultados negativos da exposição ocupacional aos níveis de ruído são percebidos mais rapidamente. Em longo prazo, pode causar perda parcial e, quando os níveis de exposição são elevados, até mesmo a perda total da audição pode ocorrer.

Esse estudo demonstrou que o *kartódromo*, apesar de ser um local destinado ao entretenimento, é uma grande fonte de poluição do ar, apresentando quantidades consideráveis de BTEX e elevados níveis de ruído.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP (BRASIL). Portaria nº 309, de 27.12.2001. Estabelece as especificações para a comercialização de gasolinas automotivas em todo o território nacional e define obrigações dos agentes econômicos sobre o controle de qualidade do produto. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em Junho de 2009.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Atlanta: ATSDR; 1996. [citado em 14 out 2005]. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts71.html>. Acesso em Agosto 2009.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Interaction profile for benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX) - Appendix D: background information for xylenes. Atlanta: ATSDR; 2004. p.123- 136. [citado em 14 out 2005]. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/IP-btex/ip05-a.pdf>. Acesso em Agosto 2009

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Public health statement for benzene. Atlanta: ATSDR; 1997. [citado em 27set 2005]. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs3.html>. Acesso em Agosto de 2009.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. ToxFAQs for toluene. Atlanta: ATSDR; 2001. [citado em 14 out 2005]. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts56.html>. Acesso em Agosto 2009.

ALMEIDA, S.I.C.; ALBERNAZ, P.L.M.; ZAIA, P.A.; XAVIER, O.G.; KARAZAWA, E.H.I. História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. Rev Assoc. Med. Bras. N. 46, p. 143-58, 2000.

ALBUQUERQUE, E.L.; TOMAZ, E. Validação de amostragem passiva de BTEX na atmosfera de São Paulo, Brasil. In: Anais do 30º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; Punta del Leste, 2006.

ÁLVARES J.R.; LACAVAL, C.I.V.; FERNANDES, P.S. **Emissões atmosféricas**. Brasília: SENAI/DN, 2002.

ALVES C.; PIO C. Determinação de Hidrocarbonetos voláteis e semi-voláteis na atmosfera. **Química Nova**, v.29, n. 167, p.477-488, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, ANVISA. Resolução nº 899 de 29 de Maio de 2003. Estabelece um guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acessado em Janeiro de 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518/GM, de 25/03/2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 776/GM, de 28/04/2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 777/GM, de 28/04/2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Protocolo de câncer relacionado ao trabalho: leucemia mielóide aguda e síndrome mielodisplásica decorrente da exposição ao benzeno e derivados. Protocolos clínicos assistenciais de alta complexidade. Brasília (DF): MS; 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Vigilância do câncer ocupacional e ambiental. Rio de Janeiro: INCA, 2005. Disponível em: [http://www.inca.gov.br/vigilancia/docs/ex\\_ocup\\_ambient2006.pdf](http://www.inca.gov.br/vigilancia/docs/ex_ocup_ambient2006.pdf), acessado em 20/09/2009.

BRASIL Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 14, de 20/12/1995.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Instruções Normativas nº 01 e nº 02, de 20/12/1995.

BRASIL Ministérios da Saúde e do Trabalho e Emprego. Portaria Interministerial nº 775/ GM, assinada em 28/04/2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria n.º 266, de 21/06/2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Acordo coletivo e regulamentações sobre a prevenção da exposição ocupacional ao benzeno. São Paulo: MTE, p.23-24. 2001.

BROWN, R. H.; HARVEY, R. P.; PURNELL, C. J.; SAUNDERS, K. J.; Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal, 1984.

CALIXTO, W.P.; RODRIGUES, C.G. Poluição Sonora. Ed. PUC Goiás, GO, 2004.

CAMEL, V.; CAUDE, M.; *Journal. Chromatogr.* N.710, v. 3, 1995.

CANADA'S CENTER FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY. Basic information on toluene. Canada: CCOHS; 1999. [citado em 14 out 2005]. Disponível em: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/toluene/basic\\_tol.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/toluene/basic_tol.html). Acesso em Agosto de 2009.

CAO, X.L.; HEWITT, C.N. Passive sampling and gas chromatographic determination of low concentrations of reactive hydrocarbons in ambient air with reduction gas detector. **Journal of Chromatography**: n. 648, p.191-197, 1993.

CETESB, 2001. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. São Paulo (SP): [Citado em 13 out 2005]. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo\\_geral.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo_geral.asp). Acesso em Janeiro 2010.

CIOLLA, R. Fundamentos da cromatografia a gás. 2 ed. São Paulo, SP: Ed. Edgard Blucher, 1985.

CONAMA, 1990. Resolução nº 05/89 de 15/06/89.

CONAMA, 1990. Resolução nº 03/90 de 28/06/90.

COPPI, S.; BETTI, A.; ASCANELLI, M. Styrenis copolymers as pollutant adsorbents safe sampling volume determination. **Journal of Chromatography**: n. 390, p.349-355, 1987.

CÔRREA, S.M. Qualidade do ar da cidade do Rio de Janeiro: Sinergia entre simulação e monitoramento. Dissertação (Doutorado em Físico-química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

CÔRREA, S.M; ARBILLA, G. A *Two-year Monitoring Program of Aromatic Hydrocarbons in Rio de Janeiro Downtown Area*. *J. Braz. Chem. Soc.*, v. 18, n. 3, p.539-543, 2007.

CRUZ, L. P. S.; CAMPOS, V. P. Amostragem Passiva de Poluentes Atmosféricos. Aplicação ao SO<sub>2</sub>. **Química Nova**, v..25, n. 3, p.406, 2002.



CRUZ, L.P.S.;CAMPO S, V.P. Métodos de amostragem e análise para compostos reduzidos de enxofre atmosférico. **Química Nova**, v. 31, n. 5 , p.1180-1189, 2008.

DEGANI, A.L.G.; CASS, Q.B. Atualidades em química. **Química Nova na Escola** n. 7, Maio 1998.

DEWULF, J.; LANGENHOVE, H.V. Anthropogenic volatile organic compounds in ambient air and natural waters: a review on recent developments of analytical methodology, performance and interpretation of field measurements. **Journal of Chromatography A**: n. 843, p. 163-177, 1999.

DIAS, A.; CORDEIRO, R.; GONÇALVES, C.G.O. Exposição ocupacional ao ruído e acidentes de trabalho. **Caderno de Saúde Pública** . n. 22, v. 10, p.2125-30, 2006.

EPA, 2001. Disponível em <http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/toluene.html>. Acessado em Dezembro 2009.

FIELD, R. A.; GOLDSTONE, M. E.; LESTER, J. N.; PERRY, R. **Atmosferic Environment** 1992, V..26A, 2983.

FOLEY, P.; GONZALES, N.F.; ZDANEVITCH, I.; CORISH, J. An investigation of the adsorption of C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> hydrocarbons in the ppmv and ppbv rangs on carbotrp B. **Enviomental Science and Technology**: V.35, n.º 8, 2001.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. Benzeno: subsídios técnicos à Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho, 2º ed. São Paulo (SP): FUNDACENTRO; 1995.

GIODA, A.; NETO, F.R.A. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. **Química Nova**, V.26, nº 3, Maio / Junho de 2003.

HARRISON, R.M.; PERRY, R. **Handbook of air pollution analysis**. 2º Ed. Chapman and Hall Ltd: 1986

HELMIG, D. Air analysis by gas chromatography. **Journal of Chromatography A**, nº 843, p.129-146,1999.

HENNION, M. C.; **Journal of Chromatography A**, v.3, p.856, 1999.

HESTER, R. E. & HARRISON, R.M. Volatile Organic Compounds in the Atmosphere. **Issues in Environmental Science and Technology** v. 4, UK, 1995. IBAMA. Portaria Normativa nº 348 de 14/03/90.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Benzene. In: Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42, supplement 7. Lyon: IARC, p.120,1987.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Toluene. In: Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide, part 2. Lyon: IARC; 1999. p.829-864. [citado em 14 out 2005]. Disponível em: <http://www-cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol71/030-toluene.html>. Acesso em Janeiro de 2010.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Environmental health criteria 150 – Benzene. Geneva: IPCS; 1993.

JONSSON, A.; BERG, S. Determination of 1,2-dibromoethane, 1,2-dichloroethane and benzene in ambient air using porous polymer traps and gas chromatographic-mass spectrometric analysis with selected ion monitoring. **Journal of Chromatography A**: nº197, p. 97-106,1980.

KREAMER, D.K.; STETZENBACH, K.J. Development of a Standard. Pure-Compound Base Gasoline Mixture for use as a Reference in Field and Laboratory Experiments. **Groundwater Monitoring**, p.135-145, 1999.

LORA, E.S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. ANEEL, Brasília, DF, p.229-292, 2000.

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

MACINTYRE, A.J. **Ventilação Industrial e controle da poluição**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Guanabara,1990.

MACHADO, R.A. Avaliação de compostos orgânicos voláteis em ambientes interiores climatizados. Dissertação (Doutorado em Saúde Pública ) Universidade de São Paulo, SP, 2003.

MARSHALL, B. Como funcionam os motores 2 tempos. **HowStuffWorks**, 2008. Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-2-tempos1.htm>. Acesso em Dezembro de 2009.

MAZZEO, D.E.C.; MORALES, M.A. Avaliação dos efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos do BTEX, antes e após o processo de bioremediação por microorganismos, utilizando os sistemas teste de *Allium cepa* e cultura de células de mamíferos. UNESP, 2005.

METZ, N. Emission Characteristics of Different Combustion Engines in the City, on Rural Roads and on Highways. **The Science of the Total Environment**, nº134, p.225, 1993.

MICHEL, O.R. **Toxicologia ocupacional**. Revinter, RJ, p. 86-90, 2000.

NAMIENISK, J. Generation of standard gaseous mixtures. *Journal of Chromatography*, nº300, p.79 -108, 1984.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION. Occupational safety and health guideline for toluene. Washington, D.C: OSHA; 1996. [citado em 20 de outubro de 2005]. Disponível em: <http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/toluene/recognition.html>. Acesso em Agosto de 2009.

PALMA, A.; MATTOS, U.A O.; ALMEIDA, M.N.; OLIVEIRA, G.E.M.C. Nível de ruído no ambiente de trabalho do professor de educação física em aulas de ciclismo *indoor*. *Revista de Saúde Pública*, v.43, nº 2, São Paulo, 2009.

PALMES, E. D.; GUNNISON, A. F.; *Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal*, nº 34, p.78, 1973.

PALMES, E. D.; GUNNISON, A. F. *Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal*. nº 37, p.570, 1976.

PATNAIK P. **Guia geral: propriedades nocivas das substâncias químicas**. Ergo, 2 ed, Belo Horizonte (MG), 2002.

PEREIRA, P.AP.; ANDRADE, J.B. Fontes, reatividade e quantificação de metanol e etanol na atmosfera. *Química Nova*. nº 21 , v.6, p.744-54, 1998.

PICELI, P.C. Quantificação de Benzeno, Tolueno, Etil-Benzeno e Xilenos no ar de ambientes ocupacionais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PIQUET, R. *Kart*. 2007 Disponível em:  
[http://www.piquetsports.com.br/avi\\_npj/cgi-bin/PageSvr.dll/Get?id\\_sec=102](http://www.piquetsports.com.br/avi_npj/cgi-bin/PageSvr.dll/Get?id_sec=102)  
Acesso em Dezembro de 2009.

QUEIROZ, S. C. N.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. Métodos de extração e/ou concentração de compostos encontrados em fluidos biológicos para posterior determinação cromatográfica. **Química Nova**. v. 24, nº 1, p. 68- 76, 2001.

QUEIROZ, S. C. N.; MELO, L. F. C.; JARDIM, I. C. S. F.; **Journal of Chromatography A**, nº 171, p.948, 2002.

REFAP, Disponível no site: <http://www.refap.com.br/gasolina.asp>. Acesso em Agosto de 2009.

REIS, M.M. Avaliação de Risco de Benzeno em Volta Redonda: As Incertezas na Avaliação da Exposição. 86f. 2004. Dissertação (Mestrado em Saúde pública) – ENSP, FIOCRUZ, Rio de Janeiro 2004.

ROSE, V. E.; PERKINS, J. L. *Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal*. nº43, p.605, 1982.

RUDOLPH, J.; JOHNEN, F. J.; KHEDIM, A.; PILWAT, G.; **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**. nº 38, p.143,1989.

PANREAC. Disponível em:  
<http://www.panreac.com/new/esp/fds/For/X163054.htm>, acesso em Outubro de 2009.

SANDRES,G.C. Contaminação dos solos e águas subterrâneas provocadas por vazamentos de gasolina nos postos de combustíveis devido à corrosão em tanques enterrados. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão pelo Meio Ambiente) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.

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

SILVA, E.F. Gestão ambiental dos postos revendedores de combustíveis no estado do Rio de Janeiro: uma avaliação crítica na visão ocupacional e ambiental da presença do benzeno na gasolina automotiva. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão pelo Meio Ambiente) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.

SOARES, L.M.V. Como obter resultados confiáveis em cromatografia. Revista Instituto Adolfo Lutz, nº 60 p.79-84, 2001.

U.S.EPA. Compendium Method TO-1 "Method for the Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air Using TENAX Adsorption and Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS)", Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH 45268, 1984.

U.S.EPA. Compendium Method TO-17 "Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes", Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH 45268, 1999.

WALLACE, L. Environmental exposure to benzene: an update. Environ Health Perspect. nº104 v. 6, p.1129-36, 1996.

World Health Organization. Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen: WHO; 2000. [citado em 27 set 2005]. Disponível em: <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>. Acesso em Novembro de 2009.

World Health Organization. Noise Environmental. health *Criteria* 12. Geneva, 1980.

YUKIZAKI, S. Proteção Catódica, Católica ou Caótica. In: Congresso Brasileiro de Corrosão, 17. Anais... Rio de Janeiro: ABRACO, p.953-968, 1993.

ZANINI, B. A História do *Kart*, 2008. Disponível em: <http://www.kartleader.com.br/category/hist/história-do-kart/>. Acesso em Dezembro de 2009.