



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciência

Faculdade de Engenharia

Mônica Domingues Monteiro

**Avaliação das concentrações de BTEX em Ambiente *Indoor*:
Estudo de Caso da Sala de *Spinning* de uma Academia de Ginástica –
Rio de Janeiro / RJ**

Rio de Janeiro

2011

Mônica Domingues Monteiro

**Avaliação das concentrações de BTEX em Ambiente *Indoor*:
Estudo de Caso da Sala de *Spinning* de uma Academia de Ginástica –
Rio de Janeiro / RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Área de concentração: Saúde Ambiental e do Trabalho

Orientador: Prof. Dr. Júlio Domingos Nunes Fortes

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Monteiro Martins

Rio de Janeiro

2011

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC / B

M776 Monteiro, Mônica Domingues.
Avaliação das concentrações de BTEX em ambiente indoor:
estudo de caso da sala de spinning de uma academia de ginástica
– Rio de Janeiro / RJ / Mônica Domingues Monteiro. – 2011.
128 f.

Orientador: Júlio Domingos Nunes Fortes.
Coorientador: Eduardo Monteiro Martins
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Academias de ginástica – Teses. 2. Ar – Poluição –
Medição – Teses. 3. Engenharia Ambiental. I. Fortes, Júlio
Domingos Nunes. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
III. Título.

CDU 62.502.2:796.02

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

Assinatura

Data

Mônica Domingues Monteiro

Avaliação das concentrações de BTEX em Ambiente *Indoor*. Estudo de Caso da Sala de *Spinning* de uma Academia de Ginástica- Rio de Janeiro/ RJ

Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Área de concentração: Saúde Ambiental e do Trabalho

Aprovada em: 16 de março de 2011.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Júlio Domingos Nunes Fortes (Orientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Eduardo Monteiro Martins (Coorientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Ubirajara-Aluizio de Oliveira Mattos
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof.^a Dr.^a Simone Lorena Quitério de Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ

Rio de Janeiro

2011

DEDICATÓRIA

À minha família e a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para o sucesso deste trabalho, pela vivência e compromisso solidário, pelo aprendizado e paciência que tiveram.

AGRADECIMENTOS

À todos que contribuíram para a elaboração deste trabalho, à UERJ, à direção da academia a qual foi realizado o estudo de caso, à tolerância dos frequentadores das aulas de *spinning*, aos colegas de trabalho, especialmente agradeço ao Prof. Dr. Júlio Domingos Nunes Fortes, Prof. Dr. Eduardo Monteiro Martins e a mestranda Bárbara Prestes.

RESUMO

MONTEIRO, Mônica Domingues. **Avaliação das concentrações de BTEX em Ambiente Indoor. Estudo de Caso da Sala de Spinning de uma Academia de Ginástica- Rio de Janeiro / RJ.** 2011. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Muitos dos locais onde as atividades são realizadas nas academias de ginásticas são salas pequenas e fechadas com sistema de climatização artificial, freqüentados por um grande número de alunos realizando seus exercícios e profissionais auxiliando as atividades. Com isso, há uma intensa transpiração desses indivíduos, uma freqüente rotina de limpeza do piso e de equipamentos com pequenos intervalos, possibilitando a alterações da qualidade do ar *indoor*. O presente trabalho busca mostrar as tendências de variações nos valores das concentrações dos poluentes atmosféricos BTEX em ambiente *indoor*, especificamente na sala de *spinning* de uma academia de ginástica do Rio de Janeiro. Para o monitoramento da qualidade do ar foram utilizados cartuchos de carvão ativado SKC, acoplado a uma bomba KNF com vazão de 11 min. Para a extração de cada amostra foi feita a análise cromatográfica com cromatógrafo a gás modelo 6890 acoplado a um espectrômetro de massa modelo 5973 da marca Agilent. Foram analisadas 34 amostras coletadas na salas de *spinning* durante as aulas com atividades aeróbicas, o que intensificava a respiração dos indivíduos, possibilitando uma maior inalação destes COVs. Em contrapartida, também foram coletadas 5 amostras *outdoor*, 4 delas pareadas *indoor/ outdoor* para uma análise comparativa das concentrações destes poluentes. Dentre os compostos orgânicos voláteis analisados, o tolueno é o BTEX mais abundante obtido neste trabalho, representando 81% destes COVs *indoor*. Todas as amostras medidas em pares *indoor/ outdoor* tiveram concentrações maiores no interior, exceto para o benzeno no dia 3/12/2010. Simples atividades usualmente realizadas pelo homem, como a inserção de piso emborrachado, manutenção do sistema de climatização artificial, e limpeza podem alterar o ar *indoor*. As conclusões alcançadas após as medições das concentrações de BTEX foram de que o ar *indoor estava* mais poluído do que o *outdoor*. Este monitoramento da qualidade do ar *indoor* ainda é escasso no Brasil. Alguns esforços tem sido feito em relação a ambientes confinados como a Portaria n°3523 do Ministério da Saúde, regulamentando o controle dos ambientes climatizados e a Resolução n°9 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, além da Resolução CONAMA n °3 estabelecendo padrões de qualidade do ar para alguns compostos químicos, porém muitos compostos químicos ainda não são legislados ou não possuem a devida atenção, não sendo suficientes para contemplar a complexidade do assunto.

Palavras-chave: Poluição do ar *indoor*. COV. BTEX. Academia de Ginástica. Sala de *Spinning*.

ABSTRACT

In many gyms work-out activities take place in small enclosed rooms where the climate is controlled artificially. Normally, those rooms are full of students doing their workout and trainers helping them. Intense human transpiration requires a frequent floor and equipment cleaning routine. This routine, performed at short intervals can affect the indoor air quality. This study is aimed at showing varying concentration levels of the BTEX air pollutant at a gym in Rio de Janeiro, Brazil, specifically the spinning room. To monitor the air quality, activated charcoal cartridges (SKC) were used, coupled to a KNF pump with a flow rate of 11 min. For the extraction of each sample, a gas chromatographic analysis machine model 6890 was used coupled to an Agilent mass spectrometer model 5973. We analyzed a total of 34 air samples collected in the spinning room during active aerobic classes; the increased respiration from the subjects allow for a greater inhalation of VOCs. In Contrast, five samples were also collected outdoors; four of them were paired indoor / outdoor for comparative analysis of these pollutants. Among the volatile organic compounds analyzed, toluene was the most abundant BTEX found in this study, representing 81% of indoor VOCs. In all the indoor / outdoor paired samples, the concentration was higher in the interior samples, with one exception, benzene on 3/12/2010. Simple changes that can easily be done by man, such as the installation of rubberized flooring, regular maintenance of the air acclimatization equipment, and general cleanliness can greatly affect the indoor air quality. The conclusion achieved after looking at the BTEX measurements was that the indoor air was more polluted than the air outdoors. This air quality monitoring is still scarce in Brazil. Some efforts have been made in relation to confined spaces such as Ordinance n° 3523 from the Ministry of Health, which regulates the air of air-conditioned environments and Resolution n° 9 of the National Agency for Sanitary Vigilance, as well as Resolution CONAMA n° 3 by setting standards for air quality for some chemical compounds, unfortunately many chemical compounds are not yet legislated or receive proper attention in this matter, therefore not giving this indoor air pollution matter enough grounds to address the complexity of the subject.

Keywords: Indoor Air Pollution. VOCs. BTEX. Gym. Spinning room.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As principais regiões da atmosfera terrestre	14
Figura 2 - Delimitação das sub-regiões da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.....	20
Figura 3 - Áreas com prioridade de monitoramento do Estado do Rio de Janeiro	22
Figura 4 Fontes de emissão de poluentes encontrados no ar em um típico ambiente <i>indoor</i>	24
Figura 5 - Esquema da distribuição dos aerossóis da atmosfera.....	37
Figura 6 - Número de projetos específicos em ambientes <i>indoor</i>	40
Figura 7 - Atendimentos de emergência no Rio Branco- Acre (setembro de 2005) por doenças respiratórias e concentração de MP _{2.5} (µg m ⁻³).....	41
Figura 8 - Curva das emissões de COVs nos Estados Unidos	45
Figura 9 - Formas estruturais do anel benzênico	49
Figura 10 - Concentrações de COVs <i>indoor</i> em três estabelecimentos nas estações de inverno e verão	62
Figura 11 - Fontes de emissão <i>indoor</i> de poluentes encontrados no ar em uma residência.....	64
Figura 12 - Limpeza por aspiração do acervo e ambiente da Biblioteca Central de Manguinhos.....	72
Figura 13 - Atividades físicas de lutas romanas	74
Figura 14 - Atividade de exercício aeróbico através da aula de <i>spinning</i>	76
Figura 15 - Estabelecimento de aula de <i>spinning</i>	77
Figura 16 - Foto da sala de <i>spinning</i> onde foi realizada a coleta dos BTEX	85
Figura 17 - Ilustração do cartucho de carvão ativado	86
Figura 18 - Foto da Bomba KNF com cartucho de carvão ativado SKC acoplado	87
Figura 19 - Foto do cartucho lacrado de carvão ativado SKC utilizado nas coletas.....	87
Figura 20 - Foto do cartucho protegido por papel alumínio	88

Figura 21 - Fluxograma da coleta e preparo das amostras de BTEX	89
Figura 22 - Fluxograma das etapas da extração e análise cromatográfica.....	91
Figura 23 - Cromatógrafo a gás modelo 6890 acoplado a um espectrômetro de massa modelo 5973 da marca Agilent	92
Figura 24 - Concentrações de benzeno <i>indoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de <i>spinning</i> da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	97
Figura 25 - Concentrações de benzeno <i>outdoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	97
Figura 26 - Concentrações de tolueno <i>indoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de <i>spinning</i> da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	100
Figura 27 - Concentrações de tolueno <i>outdoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	101
Figura 28 - Concentrações de etilbenzeno <i>indoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de <i>spinning</i> da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010	104
Figura 29 - Concentrações de etilbenzeno <i>outdoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	104
Figura 30 - Concentrações de <i>m, p</i> - xileno <i>indoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de <i>spinning</i> da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010	107
Figura 31 - Concentrações de <i>m, p</i> - xileno <i>outdoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	107
Figura 32 - Concentrações de <i>o</i> - xileno <i>indoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de <i>spinning</i> da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	109
Figura 33 - Concentrações de <i>o</i> - xileno <i>outdoor</i> , em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.....	110
Figura 34 - Distribuição percentual média dos BTEX das concentrações <i>indoor</i> da sala de <i>spinning</i> da academia “Alfa.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de qualidade do ar no Brasil, comparado aos valores dos Estados Unidos e Organização Mundial da Saúde	16
Tabela 2 - Poluentes monitorados, fontes de emissão e efeitos à saúde.....	17
Tabela 3 - Taxa de Emissão por Sub-região da Região Metropolitana do RJ.....	21
Tabela 4 - Fontes e poluentes de poluição do ar <i>indoor</i>	25
Tabela 5 - Poluentes e fontes típicas de poluição do ar <i>indoor</i>	28
Tabela 6 - Comparação de algumas substâncias em ambientes externos e internos	29
Tabela 7 - Tipos de fontes de emissão e suas classificações.....	35
Tabela 8 - Tipos de fontes de poluentes e contaminantes emitidos	36
Tabela 9 - Contaminantes dispostos por fontes naturais anualmente emitidos	36
Tabela 10- Classes de COVs, com exemplos de hidrocarbonetos e compostos	43
Tabela 11- Tempo de vida estimado dos COVs na atmosfera.	44
Tabela 12- Limites de exposição máxima de alguns COVs.....	47
Tabela 13- Resultado das concentrações das 94 amostras de BTEX na Av. Presidente Vargas, Rio de Janeiro (período de 2004 e 2005).....	50
Tabela 14- Descrição estatística das medições de BTEX feitas por Guo <i>et al</i> (2003) em Hong Kong	51
Tabela 15- Concentrações individuais de exposição, risco de câncer ocupacional segundo índices de exposição atmosférica de benzeno e casos de câncer	55
Tabela 16- Os principais poluentes prejudiciais à saúde gerados a partir de fontes internas	63
Tabela 17- Principais doenças específicas relacionadas a edificações.....	68
Tabela 18- Principais fontes <i>indoor</i> de contaminados em ambientes climatizados e seu percentual	68

Tabela 19 - Agentes biológicos e químicos com suas possíveis fontes em ambiente <i>indoor</i>	69
Tabela 20 - Contaminação química ($\mu\text{g m}^{-3}$) na biblioteca de Manguinhos nos meses de janeiro, junho e setembro de 1997	71
Tabela 21 - Componente x Periodicidade de Limpeza.....	81
Tabela 22 - Concentração de BTEX <i>indoor</i> em $\mu\text{g m}^{-3}$, determinadas para os diferentes dias de amostragem	94
Tabela 23 - Concentração de BTEX <i>outdoor</i> em $\mu\text{g m}^{-3}$, determinadas para os diferentes dias de amostragem	95
Tabela 24 - Valores médios de BTEX individuais em $\mu\text{g m}^{-3}$, desvio padrão, valores máximos e mínimos <i>indoor</i>	95
Tabela 25 - Valores médios de BTEX individuais em $\mu\text{g m}^{-3}$, desvio padrão, valores máximos e mínimos <i>outdoor</i>	95
Tabela 26 - Adaptação da descrição estatística de estudos de benzeno <i>indoor</i>	98
Tabela 27 - Valores de análise das amostras concomitantes de benzeno <i>indoor</i> e <i>outdoor</i> em $\mu\text{g m}^{-3}$	99
Tabela 28 - Limites de concentração para o benzeno sugeridos por Gioda & Aquino, órgão nacionais e internacionais para a qualidade do ar para ambientes industriais e não industriais	99
Tabela 29 - Amostras concomitantes de tolueno <i>indoor</i> e <i>outdoor</i>	102
Tabela 30 - Adaptação da descrição estatística de estudos de tolueno <i>indoor</i>	103
Tabela 31 - Amostras concomitantes de etilbenzeno <i>indoor</i> e <i>outdoor</i>	105
Tabela 32 - Adaptação da descrição estatística de estudos de etilbenzeno <i>indoor</i>	106
Tabela 33 - Amostras concomitantes de <i>m,p</i> - xileno <i>indoor</i> e <i>outdoor</i>	108
Tabela 34 - Adaptação da descrição estatística de estudos de <i>m,p</i> - xileno <i>indoor</i>	108
Tabela 35 - Amostras concomitantes de <i>o</i> - xileno <i>indoor</i> e <i>outdoor</i>	110
Tabela 36 - Adaptação da descrição estatística de estudos de <i>o</i> - xileno <i>indoor</i>	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
AMIS	Air Management Information System
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BRASINDOOR	Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e Controle da Qualidade do Ar de
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xileno
CDC	Center for Disease Control and Prevention
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONMs	Compostos Orgânicos Não Metano
COV	Composto Orgânico Volátil
EPA	Environmental Protection Agency
FMVCP	Federal Motor Vehicle Control Program
HAP	Hazardous Air Pollutants
LADETEC	Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal do Rio de Janeiro atm Atmosfera
LAGA	Laboratório de Aerossóis e Gases Atmosféricos do Instituto de Química da Universidade de São Paulo
MP	Material Particulado
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSHA	Occupation Safety & Health Administration

PAN	Peroxiacetilnitrato
PPEOB	Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno
PPM	Parte por Milhão
QAI	Qualidade do Ar Indoor
SED	Síndrome dos Edifícios Doentes
SNC	Sistema Nervoso Central
TLV-TWA	Thershold Limit Value-Time Weighted Average
TLV	Threshold Limit Value
TVOC	Total Volatile Organic Compound
VRT	Valor de Referência Tecnológica
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	REVISÃO DA LITERATURA	34
1.1	Poluição Atmosférica	34
1.2	Composto Orgânico Volátil (COV)	43
1.3	BTEX	49
1.3.1	<u>Benzeno</u>	53
1.3.2	<u>Tolueno</u>	57
1.3.3	<u>Etilbenzeno</u>	59
1.3.4	<u>Xileno</u>	60
1.4	Poluição Indoor	61
1.4.1	<u>Poluição do ar no interior de edifícios</u>	66
1.4.2	<u>Poluição do ar e exercício</u>	73
1.5	Legislação Ambiental	78
1.5.1	<u>Ar interior</u>	79
1.5.2	<u>Ar exterior</u>	82
2	METODOLOGIA	84
2.1	Seleção e descrição do local	84
2.2	Método do BTEX	86
2.2.1	<u>Coleta e preparo das amostras de BTEX</u>	86
2.2.2	<u>Extração e procedimentos cromatográficos das amostras</u>	90
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4	CONCLUSÃO	113
	REFERÊNCIAS	115
	ANEXO A – Índice de Qualidade do Ar	123
	ANEXO B – Curva de calibração do benzeno	124
	ANEXO C – Curva de calibração do tolueno	125
	ANEXO D – Curva de calibração do etilbenzeno	126
	ANEXO E – Curva de calibração do <i>m,p</i> - xileno	127
	ANEXO F – Curva de calibração do <i>o</i>- xileno	128

INTRODUÇÃO

Considerações Iniciais sobre o Tema

A atmosfera é um reservatório estratificado em camadas. Estas camadas, a partir da superfície terrestre são a troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera representadas na Figura 1.

A camada mais densa é a troposfera com 11Km de espessura junto ao solo. Nela existem as inversões de temperatura, interferindo na movimentação vertical do ar, fazendo que ocorra a mistura entre camadas e turbulências nos baixos níveis, podendo ocorrer a movimentação horizontal do ar, sendo afetado pela topografia terrestre (PEREIRA, 2009).

Esses fatores contribuem na formação, dispersão e deposição de poluentes suspensos no ar, tendo um papel importante no fluxo de energia através da condução, convecção, advecção, condensação e radiação (MENDONÇA, DANNI - OLIVEIRA, 2007 apud PEREIRA, 2009).

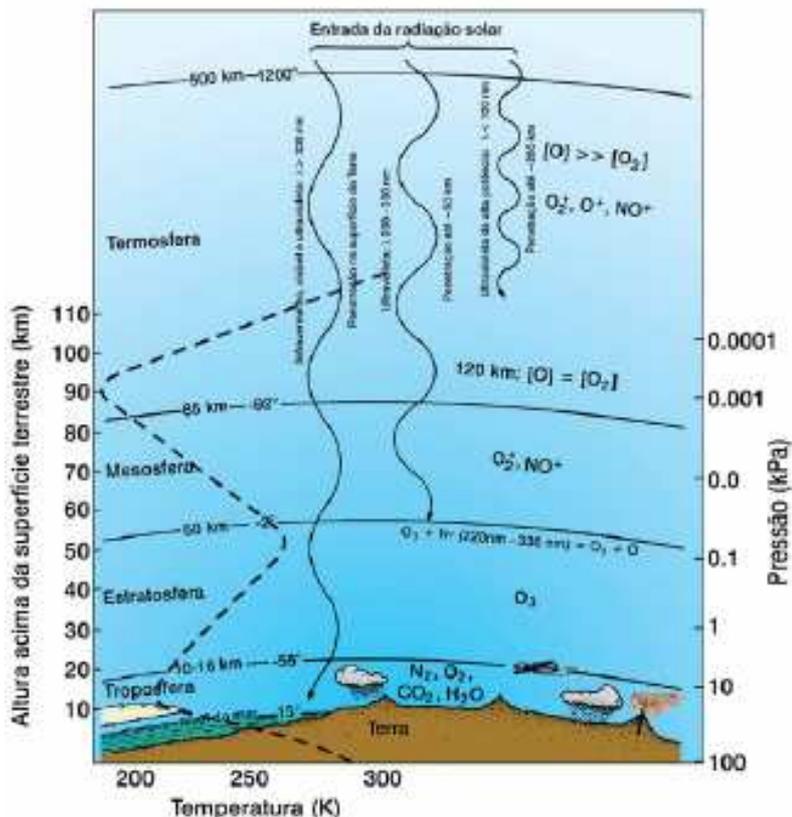


Figura 1 - As principais regiões da atmosfera terrestre.

Fonte - PEREIRA, 2009, p.26.

A atmosfera urbana é formada por gases, partículas sólidas e líquidas cujos componentes podem passar por processos físicos e reações químicas.

Em uma área urbana, além dos componentes naturais presentes na troposfera, são lançados na atmosfera gases e partículas poluentes, emitidos por atividades antropogênicas, classificados como poluentes primários, tais como o NO, hidrocarboneto e COV. Estes compostos sob diferentes condições meteorológicas sofrem transformações químicas e físicas, formando outros poluentes (poluentes secundários) como o O₃ e o HNO₃, que contribuem para o agravamento de problemas relacionados à poluição dos grandes centros urbanos (FILAYSON-PITTS, PITTS Jr., 2000; SEINFELD, 1986; WAYNE, 1991).

Esta poluição vem sendo intensificada com o aumento da industrialização e da frota de veículos motorizados. É um problema que vem chamando a atenção de pesquisadores e da população em geral, em função dos impactos ambientais e dos prejuízos causados à saúde humana.

Dentre as poluições, a atmosférica é uma das que mais causa incômodo pela falta de controle, necessidade e a dependência que os seres vivos possuem em relação ao ar.

A poluição atmosférica pode ter sua origem de variadas fontes e ter sua formação por diferentes compostos (BAIRD, 2002).

Para cada tipo de fonte são emitidos poluentes diferentes, de acordo com a atividade e o processo realizado.

Entretanto, para difundir o conceito de poluição do ar e estabelecer níveis de controle o Conselho Nacional de Meio Ambiente – através da Resolução CONAMA n °03, de 28 de junho de 1990, definiu poluente atmosférico como “qualquer forma de matéria ou energia em quantidade e intensidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos” (BRASIL, 1990).

Nesta Resolução são estabelecidos padrões recomendados de qualidade do ar no Brasil aonde substâncias apresentam limites de emissão, tal como: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio (BRASIL, 1990).

As substâncias legisladas podem ser vistas na Tabela 1, e são comparadas com os padrões de qualidade do ar dos Estados Unidos, país com alto índice de industrialização, e com a Organização Mundial da Saúde (OMS). Apesar das diferenças, o objetivo é limitar as emissões e melhorar a qualidade de vida da população, para minimizar a degradação ambiental.

Tabela 1 - Padrões de qualidade do ar no Brasil, comparado aos valores dos Estados Unidos e Organização Mundial da Saúde

Poluentes			Padrões de Qualidade		
			Brasil ($\mu\text{g m}^{-3}$)	EUA ($\mu\text{g m}^{-3}$)	OMS ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Dióxido de enxofre (SO_2)	Padrão primário	MAA	80	0,03 ppm	-
		24 horas	365	0,14 ppm	20
		10 min	-	-	500
	Padrão secundário	3 horas	-	0,5 ppm (1300 $\mu\text{g m}^{-3}$)	-
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	Padrão primário	MAA	80	78	40
		1 hora	320	366	200
	Padrão secundário	MAA	100	-	-
		1 hora	190	-	-
Fumaça	Padrão primário	60	60	-	-
		150	150	-	-
	Padrão secundário	MAA	40	-	-
		24 horas	100	-	-
Monóxido de carbono (CO)	Padrão primário	8 horas	10.000	10.000	-
		1 hora	40.000	40.000	-
Partículas inaláveis (MP_{10})	Padrão primário e secundário	24 horas	150	150	50
		1 hora	50	50	20
Partículas inaláveis ($\text{MP}_{2,5}$)	Padrão primário e secundário	MAA	-	15,0	10
		24 horas	-	35	25
Partículas totais em suspensão (PTS)	Padrão primário	MGA	80	-	-
		24 horas	240	-	-
	Padrão secundário	MGA	60	-	-
		24 horas	150	-	-

Poluentes			Padrões de Qualidade		
			Brasil ($\mu\text{g m}^{-3}$)	EUA ($\mu\text{g m}^{-3}$)	OMS ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Ozônio (O_3)	Padrão primário	8 horas	-	0,075 ppm	-
		8 horas	-	0,08 ppm	-
	Padrão secundário	1 hora	160	157	100

MAA- Média aritmética anual MGA – Média geométrica anual

Fonte - REIS, 2009.

Esses poluentes são prejudiciais à saúde, podendo causar interferências no organismo humano. Dentre os compostos monitorados, a Tabela 2 apresenta as principais fontes de emissão e seus efeitos na saúde (INEA, 2009).

Tabela 2 - Poluentes monitorados, fontes de emissão e efeitos à saúde

Poluentes Monitorados	Fontes de emissão	Efeitos a saúde
Material Particulado	Combustão incompleta originada da indústria, motores à combustão, queimadas e poeiras diversas.	Interferência no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.
Dióxido de Enxofre (SO_2)	Queima de combustão de fósseis que contenham enxofre como óleo combustível, carvão mineral e óleo diesel.	Ação irritante nas vias respiratórias, provocando tosse e falta de ar. Agravamento dos sintomas de asma e bronquite crônica. Pode afetar outros órgãos sensoriais.
Óxido de Nitrogênio (NO_2 e NO)	Queima de combustão em altas temperaturas em veículos, aviões, fornos e incineradores.	Atuam no sistema respiratório, podendo causar irritação e problemas respiratórios e edema pulmonar.

Poluentes Monitorados	Fontes de emissão	Efeitos a saúde
Monóxido de Carbono (CO)	Combustão incompleta de materiais com carbono, como derivados de petróleo e carvão.	Dificuldades respiratórias e asfixia. Perigoso para indivíduos com problemas cardíacos e pulmonares.
Ozônio (O ₃)	Poluente secundário, não emitido diretamente pelas fontes, formado na atmosfera pela reação entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxido de nitrogênio na presença de luz.	Irritação nos olhos e vias respiratórias, agravamento das doenças pré existentes, como asma e bronquite. Reduz a função pulmonar.

Fonte - INEA, 2009.

Os impactos provocados pela poluição atmosférica afetam diretamente a saúde humana e ambiental, principalmente no espaço urbano aonde há uma concentração de atividades econômicas, comprometedoras da qualidade ambiental.

Com o aumento da população, da industrialização, do número de veículos, o ar tende a se tornar mais poluído. Este fenômeno não é recente, porém com a modernização da indústria, ocorreu a diversificação dos poluentes compondo o ar das cidades (FUCKNER, MORAES, FLORENZANO, 2009).

O comportamento deste ar, com seus compostos, sofre a interferência da temperatura, a altitude, ventilação, radiação solar, reações fotoquímicas e condições meteorológicas tais como o vapor de água, nuvem e precipitação (FINLAYSON-PITTS, PITTS Jr., 2000).

Pode-se observar a presença de compostos químicos na atmosfera com a ocorrência do *smog* fotoquímico, aonde um dos reagentes mais importantes é o óxido nítrico - NO e os hidrocarbonetos, provenientes da queima incompleta dos motores de combustão e de outras fontes. Ainda no ar urbano são encontrados hidrocarbonetos gasosos provenientes da evaporação de solventes, combustíveis líquidos e outros compostos orgânicos. Os hidrocarbonetos e derivados que vaporizam são chamados de COVS ou compostos orgânicos voláteis (BAIRD, 2002).

O Rio de Janeiro é uma cidade com alto grau de urbanização. Sua região metropolitana é composta por 17 municípios, 11% da área total do Estado com uma superfície

de aproximadamente 5500 Km². A população é de aproximadamente 12 milhões de pessoas com 2.100 hab/Km², cerca de 75% do Estado, dos quais 40% vivem no município do Rio de Janeiro, apresentando concentração de fontes de emissão de poluição (FUNDAÇÃO CIDE, 2007 apud INEA, 2009).

Esta região possui a segunda maior concentração de veículos, indústrias e fontes de poluentes atmosféricos do país. Suas características físicas potencializam os problemas relacionados à qualidade do ar, tal como a presença de acidentada topografia da região, o mar e a Baía de Guanabara, produzindo um fluxo de ar complexo e heterogêneo quanto à distribuição e dispersão dos poluentes. O clima tropical favorece reações fotoquímicas e outras reações na atmosfera, gerando poluentes secundários. Além destes fatores físicos, apresenta uma heterogênea e intensa ocupação do solo.

Apresenta barreiras físicas naturais aos ventos predominantes do mar, como os maciços da Tijuca e da Pedra Branca, influenciando na ventilação das áreas situadas mais para o interior (INEA, 2009).

Entre maio e setembro, ocorrem, com frequência, situações de estagnação atmosférica que associada aos altos índices de poluição, em função da atuação dos sistemas de alta pressão que dominam a região, promovem acentuação dos efeitos de poluição na baixa atmosfera. (INEA, 2009).

Com o aumento da taxa de crescimento urbano, industrial, com a queima de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica, transporte e indústria, acréscimo da frota de veículos e dos intensos congestionamentos, a qualidade do ar no Rio de Janeiro teve uma piora significativa. Segundo o Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, verificou-se que as fontes móveis são responsáveis por 77% do total de poluentes emitidos para a atmosfera, enquanto as fontes fixas contribuem com 22% (FEEMA, 2004).

As áreas delimitadas pelo relevo, cobertura vegetal e clima constituem uma região com características semelhantes identificada como bacia aérea, conceito este que vem sendo utilizado pelo INEA na gestão da qualidade do ar da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Logo, Bacias aéreas são áreas com características similares de topografia, meteorologia e fontes de emissões, assim nomeadas pela antiga FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) e substituídas pelo termo Sub-região pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente).

Levando-se em conta estas influências topográficas e meteorológicas no que diz respeito a capacidade de dispersão dos poluentes atmosféricos nesta região, foram delimitadas 4 Sub-regiões (Figura 2):

Sub-região I - com uma área de 730km², compreende os distritos de Itaguaí e Coroa Grande, no município de Itaguaí; os municípios de Seropédica, Queimados e Japerí e as regiões administrativas de Santa Cruz e Campo Grande, no município do Rio de Janeiro.

Sub-região II - com uma área de cerca de 140km², envolve as regiões administrativas de Jacarepaguá e Barra da Tijuca, no município do Rio de Janeiro.

Sub-região III - ocupa uma área de cerca de 700km². Abrange os municípios de Nova Iguaçu, Belford Roxo e Mesquita; os distritos de Nilópolis e Olinda, no município de Nilópolis; os distritos de São João de Meriti, Coelho da Rocha e São Mateus, no município de São João de Meriti; os distritos de Duque de Caxias, Xerém, Campos Elíseos e Imbariê, no município de Duque de Caxias; os distritos de Guia de Pacobaíba, Inhomirim e Suruí, no município de Magé e as regiões administrativas de Portuária, Centro, Rio Comprido, Botafogo, São Cristóvão, Tijuca, Vila Isabel, Ramos, Penha, Méier, Engenho Novo, Irajá, Madureira, Bangu, Ilha do Governador, Anchieta e Santa Tereza, no município de Rio de Janeiro.

Sub-região IV - com área de cerca de 830km², abrange parte do Município de Niterói, além dos municípios de São Gonçalo, Itaboraí, Magé e Tanguá. (INEA, 2009, p.20- 21).

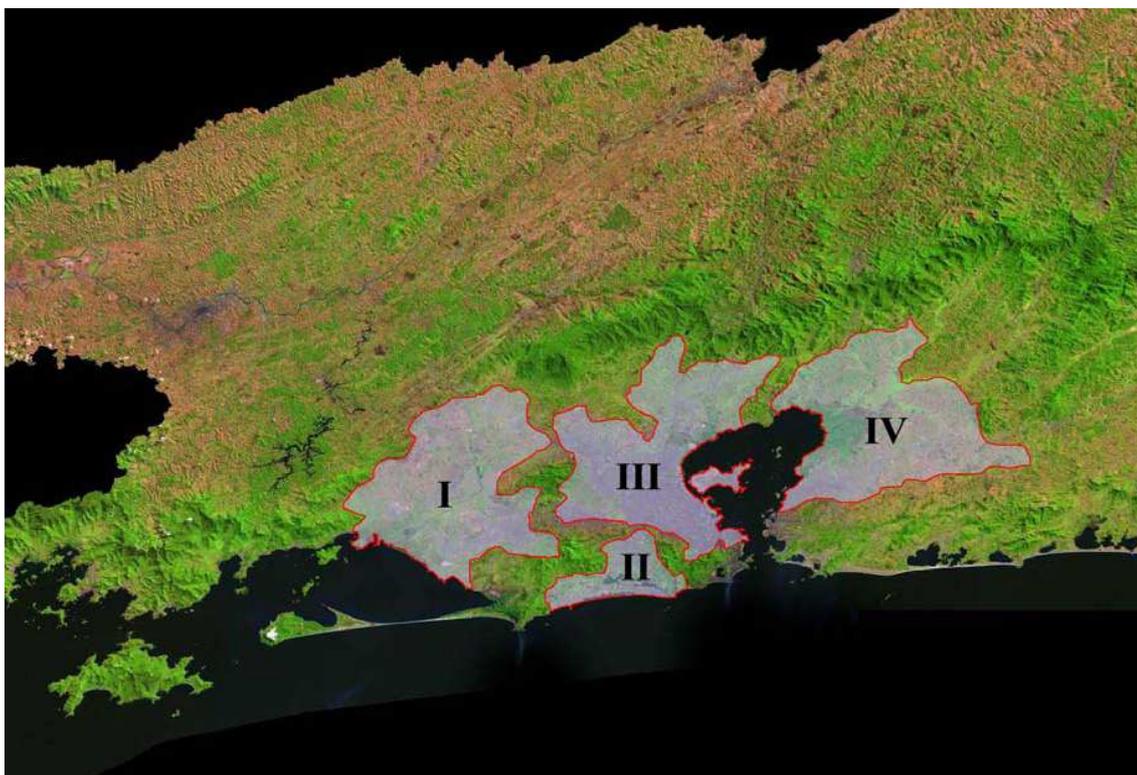


Figura 2 – Delimitação das sub-regiões da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Fonte – INEA, 2009, p.20.

A exposição feita pela INEA das taxas de emissão por Sub-regiões de SO₂, NO_x, CO, HC e MP₁₀, podem ser observadas na Tabela 3:

Tabela 3 - Taxa de Emissão por Sub-região da Região Metropolitana do RJ

Taxa de Emissão (ton ano)*1000	Poluentes				
	SO ₂	NO _x	CO	HC	MP ₁₀
Total geral	55.76	30.27	6.38	25.85	10.58
Sub-região I	21.48	14.55	0.92	0.31	5.90
Sub-região II	0.01	0.14	0.13	0.74	0.36
Sub-região III	29.41	13.30	2.80	24.44	2.50
Sub-região IV	3.80	1.28	2.36	0.13	1.39

Fonte – INEA, 2009.

Com a intensificação dos problemas relacionados à poluição atmosférica, principalmente na Região Metropolitana e em função da concentração urbana e industrial, o Estado do Rio de Janeiro instalou 34 estações de monitoramento de qualidade do ar, sendo 32 estações manuais e 2 estações automáticas, também sendo monitoradas as Regiões Norte Fluminense e do Médio Paraíba. Estabeleceram-se áreas com prioridade de monitoramento do Estado do Rio de Janeiro, apresentadas na Figura 3 (INEA, 2009).

A Região do Médio Paraíba possui uma área de aproximadamente 10.000 Km² com 21% da área do Estado e população de 844.829 habitantes. Composta pelos municípios de Resende, Barra Mansa, Volta Redonda, Barra do Piraí, Rio Claro, Piraí, Valença, Rio das Flores, Itatiaia, Quatis, Pinheiral e Porto Real. A ventilação é deficiente, possui inversões de temperatura e poucas chuvas, favorecendo a piora da qualidade do ar (INEA, 2009).

Possui grande importância econômica para o desenvolvimento do Estado e do País, principalmente com a atividade industrial concentrada no eixo de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda, ao longo da Via Dutra, eixo viário que interliga as duas maiores metrópoles do país, Rio de Janeiro e São Paulo (INEA, 2009).

A Região do Norte Fluminense localiza-se desde o litoral até os limites dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, a Região Norte Fluminense, abrange os municípios de Campos, Cardoso Moreira, Conceição de Macabú, Macaé, Quissamã, São Fidélis, São João da Barra, Carapebus e São Francisco de Itabapoana. Sua área é de 9.730km² e uma população de 801.271 mil habitantes. A principal atividade realizada é a agrária em função do cultivo e do processamento da cana-de-açúcar (INEA, 2009).

Após a implantação da PETROBRÁS no município de Macaé com a produção de petróleo e da Bacia de Campos com a produção de petróleo e gás, esta região teve um crescimento econômico dos setores industriais, comerciais e de serviços, contribuindo para a degradação da qualidade do ar (INEA, 2009)

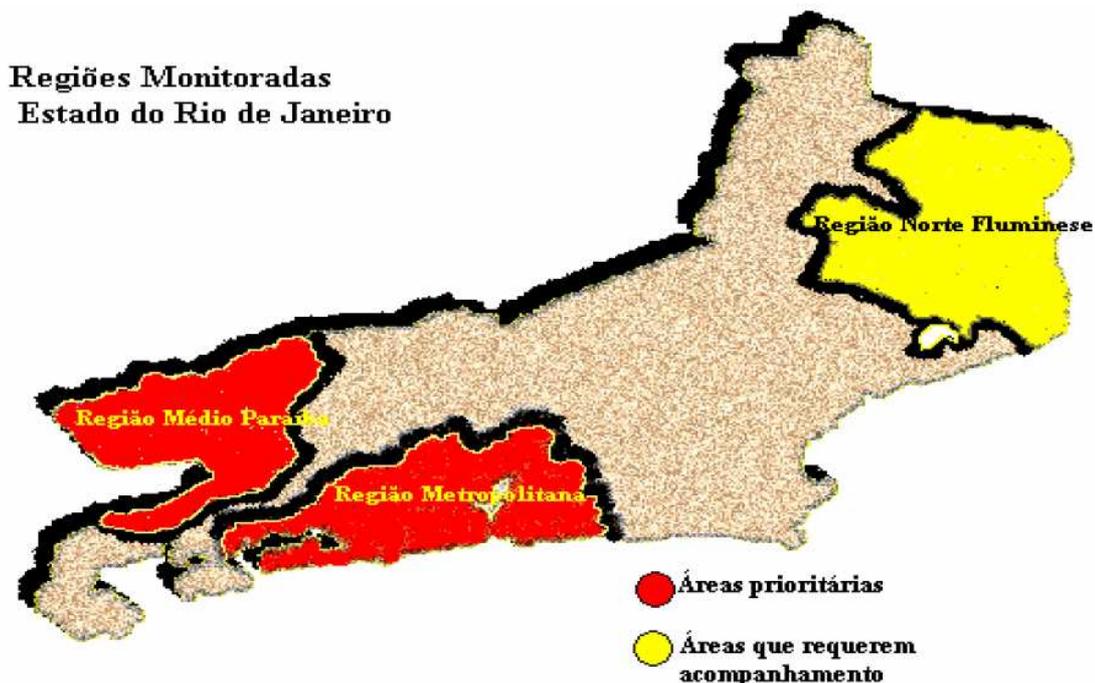


Figura 3 - Áreas com prioridade de monitoramento do Estado do Rio de Janeiro.

Fonte - INEA, 2009, p.40.

Com isso, se intensificou o controle e a fiscalização baseados em índices de qualidade do ar (ANEXO A), procurando compreender e avaliar as possíveis fontes de emissão, aos compostos emitidos e seus possíveis efeitos. Buscou-se avaliar o ar em ambiente externo (*outdoor*), mas também se iniciou a compreensão do ar interior (*indoor*).

Em ambiente externo (*outdoor*), as fontes mais comuns de poluição atmosférica são resultantes de processos industriais de extração e transformação, processos de geração de calor industrial, queima de resíduos, transporte, estocagem e transferência de combustíveis, veículos automotores e outras fontes móveis (SODRÉ, 2006).

Com o impulso da industrialização no Brasil, a partir da década de 60, a poluição atmosférica tornou-se um fator de degradação ambiental. Isto foi detectado a partir de bioindicadores muito utilizados como ferramenta indicadora de poluição, através da modificação da fisionomia de algumas espécies da flora, tendo, por exemplo, espécies arbóreas que raramente se ramificam próximo ao solo, tendendo a apresentar troncos

ramificados nas áreas poluídas, ou, ainda pode ocorrer a redução de sua produtividade, a morte de espécies sensíveis e o favorecimento de espécies tolerantes (LARCHER, 2006).

As indústrias de cerâmica, vidro e fertilizantes fosfatados emitem fluoreto gasoso, altamente fitotóxico, podendo provocar a morte generalizada da parte aérea de plantas sensíveis algumas horas após sua exposição, ou ainda aparecerem necroses negras, algumas horas após este contato (LARCHER, 2006).

As usinas termoelétricas consumidoras de carvão mineral com alto índice de enxofre, constituem fontes de SO₂, assim como as siderúrgicas e as refinarias de petróleo, emitindo SO₂, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e materiais particulados. A fitotoxicidade dos gases nitrogenados em geral é menor que a dos fluoretos gasosos e SO₂.

A poluição do ar pode afetar o desenvolvimento das plantas em graus diferenciados de acordo com o nível de exposição, condições ambientais, estágio de desenvolvimento e sensibilidade da espécie (LARCHER, 2006) assim como prejudicar o equilíbrio dos ecossistemas.

A emissão dos poluentes irá depender do tipo de fonte e da atividade relacionada. Áreas com a intensificação da frota de veículos motorizados e zonas industriais apresentam queda da qualidade do ar em função do elevado índice de emissões.

Com isso, pode-se observar diversos efeitos prejudiciais à saúde ambiental e humana ligados a poluição do ar. Dentre os efeitos adversos ao homem, são vários os sintomas associados, tais quais, neurotoxicidade, cansaço, confusão mental, náuseas, perda do apetite e ações de embreagues (MEHLMAN, 1990 apud LIU et al., 2009).

Em ambientes fechados (*indoor*), as fontes mais comuns incluem materiais de construção, especialmente os de acabamento e escritório. Itens como, carpetes, móveis, roupas e tapetes liberam fibras, formaldeído e outras substâncias químicas, além de fornecerem ambientes propícios a proliferação de agentes biológicos, como bactérias, fungos e ácaros. Processos de limpeza como varrer, aspirar e espanar a poeira, em geral removem as partículas grandes, entretanto, aumentam a ressuspensão, interferindo na concentração de partículas pequenas no ar (Brickus, Aquino Neto, 1998; Sodré, 2006). Algumas dessas fontes de poluentes podem ser observadas na Figura 4:

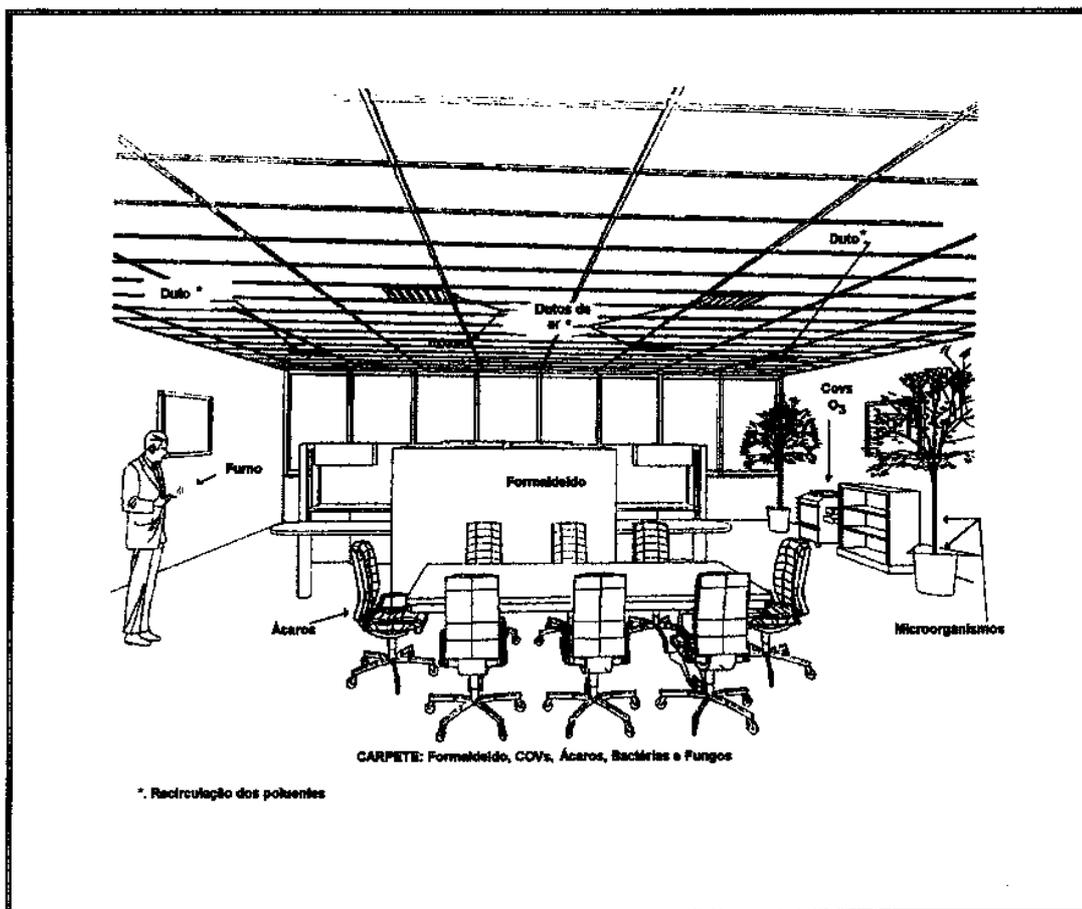


Figura 4 - Fontes de emissão de poluentes encontrados no ar em um típico ambiente *indoor*.

Fonte – BRICKUS, AQUINO NETO, 1998, p.67.

Pode-se observar a variedade de fontes de poluição do ar em ambientes fechados (*indoor*) presentes cotidianamente, em diversos estabelecimentos. Estas fontes estão relacionadas as variadas atividades realizadas em cada localidade, tais como apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 - Fontes e poluentes do ar *indoor*

AMBIENTE	FONTES	POLUENTES
RESIDÊNCIA	FUMO	partículas respiráveis, CO, COVs, nicotina, HPA, fenóis, nitrosaminas, NO ₂
	FOGÃO A GÁS	NO ₂ , CO, hidrocarbonetos gasosos
	FOGÃO A LENHA	partículas respiráveis, CO, HPA, NO ₂
	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E MOBILIÁRIO	formaldeído, COVs, radônio
	SUPERFÍCIES E MATERIAIS ÚMIDOS	agentes biológicos
	ATIVIDADES DE LIMPEZA	partículas respiráveis, COVs
ESCRITÓRIO	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E MOBILIÁRIO	formaldeído, COVs, radônio
	AR CONDICIONADO	agentes biológicos, ar externo
	FOTOCOPIADORAS E IMPRESSORAS A LASER	COVs, partículas respiráveis e ozônio
	ATIVIDADES DE LIMPEZA	partículas respiráveis, COVs

Fonte – BRICKUS, AQUINO NETO, 1998.

Entre as substâncias encontradas no ambiente *indoor*, os COVs são comumente observados, sendo classificados pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos, como o composto de carbono que participa nas reações fotoquímicas atmosféricas (ALMEIDA, 2005).

Os compostos orgânicos voláteis são poluentes do ar *indoor* e *outdoor*, constituem uma variedade de substâncias odoríferas e tóxicas de hidrocarbonetos, olefinas, aromáticos e moléculas contendo oxigênio, nitrogênio, enxofre e halogênios. Podem causar uma simples indisposição até efeitos mais severos, e em regulamentos têm sido decretado a limitação de suas emissões. Podem ser emitidos por fontes industriais, se combinando na atmosfera com óxidos de nitrogênio e luz solar, para formar ozônio, um oxidante prejudicial à flora e fauna (ALMEIDA, 2005).

Dentre alguns dos poluentes usualmente encontrados em ambientes interiores e com toxicidade entre os COVs estão os BTEX (PICELLI, 2005).

Os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) passaram a ser um dos mais abundantes compostos orgânicos voláteis em áreas urbanas (Mehlman, 1990; Ras-Mallorquí, Marce-Recasens, Borrull-Ballarín, 2007 apud Liu et al., 2009), podendo ser emitidos por perdas evaporativas em diversos processos ligados aos combustíveis, à produção de tintas, vernizes, adesivos, resinas, desinfetantes, fumaça de cigarro, germicidas entre outros (Brickus, Aquino Neto, 1998). Em particular as refinarias de petróleo envolvem processos industriais capazes de contribuir para a poluição atmosférica de forma significativa.

Do ponto de vista ambiental, os BTEX possuem um papel destacado como poluente primário, onde são considerados um dos principais precursores de ozônio (MACHADO, 2002).

Estes hidrocarbonetos aromáticos são poderosos depressores do sistema nervoso central, dentre eles os que apresentam maior toxicidade são o benzeno e o tolueno (SILVA et al., 2009)

O benzeno é classificado como cancerígeno pela NIOSH e pela ACGIH - *American Conference of Government Industrial Hygienists*, sendo encontrado em grande quantidade no ar e faz parte da NR 15- das Normas Regulamentadoras. A NIOSH estabeleceu um valor limite de 0,1 ppm. A ACGIH, em 1997, estabeleceu o valor de 0,5 ppm para o TLV-TWA (*Threshold Limit Value-Time Weighted Average*) que é a média ponderada da concentração do composto por um período determinado de tempo, não podendo esse valor ser excedido em hipótese alguma durante a jornada de trabalho. A concentração deste composto pode atingir níveis até 100 vezes superiores do que em outros ambientes.

O tolueno é o mais abundante entre os BTEX, sendo encontrado em derivados de petróleo, solventes para tintas e colas. Não apresenta uma toxicidade tão elevada quando comparado ao benzeno mas, diferentemente deste, tem sido frequentemente associado com problemas do aparelho auditivo, como hipoacusia ototóxica (perda auditiva induzida por substância química) (Mota, Santos, Lima, 2009). A ACGIH recomenda que o limite máximo de exposição ao tolueno seja 50 ppm TLV-TWA. No Brasil a concentração de tolueno não deve ultrapassar 78 ppm no período regular de trabalho (até 48 horas semanais), segundo a NR-15 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2005).

Tolueno e xileno são utilizados na indústria química como solventes, sendo absorvidos rapidamente na inalação e distribuídos pelos tecidos altamente vascularizados, indo para o cérebro, fígado rins e sangue. São eliminados do organismo pelo ar exalado e urina. Podem causar parestesia como distúrbios visuais, arritmia cardíaca, edema pulmonar, alteração metabólica, hipocalcemia (distúrbios de potássio) e hipofosfatemia (distúrbios de fosfato) (CAUBET, ORTIZ, PEREDO, 2010)

O Etilbenzeno é um composto classificado como possível carcinogênico humano, ainda em estudo. Encontra-se distribuído no ambiente através de emissões industriais, veículos motorizados e fumaça de cigarro (HENDERSON et al., 2005).

Compostos carbonilados, basicamente cetonas e aldeídos, também vem demonstrando constante aumento nas suas concentrações, sendo os principais o formaldeído, acetaldeído e acetona. Sua origem pode ser de fontes naturais ou antropogênicas como refinarias, petroquímicas, fontes móveis, tintas, vernizes, plantas de tratamento de esgoto etc.

Com isso, pode-se observar diversos efeitos causados à saúde pela poluição do ar como doenças cardiovasculares e respiratórias; irritação dos olhos, nariz e garganta;

pneumoconioses; redução do rendimento de pessoas expostas em atividades esportivas e no trabalho; câncer de pulmão; e o agravamento de doenças já existentes (GODISH, 1991 apud PICELLI, 2005).

Estas características se agravam em ambientes *indoors* com a pouca ventilação e sistemas de climatização artificial, dependendo das características do estabelecimento e das atividades realizadas, a emissão e a tipologia dos poluentes irá variar.

Locais como academias de ginástica são muito comuns no Estado do Rio de Janeiro para a prática de exercícios físicos. É um hábito incorporado cada vez mais pela sociedade moderna.

Centenas de academias possuem salas para a prática aeróbica de *spinning*, afim de se evitar o sedentarismo e freqüentes problemas de saúde diagnosticados pela medicina. Estes estabelecimentos são na sua maioria ambientes selados e com sistema de climatização artificial, são freqüentados por um grande número de indivíduos fazendo o uso de bicicletas ergométricas, realizando atividades físicas em pequenas salas, especialmente em horários específicos e épocas do ano. Esses ambientes sofrem a interferência dos pisos emborrachados, equipamentos, lubrificantes, além de procedimentos de limpeza, dos sistemas de climatização e ventilação, modificando a qualidade do ar destes locais. Estes sistemas, adicionados às atividades e procedimentos realizados nestes ambientes, muitas vezes, são insuficientes ou inadequados para que se mantenha uma qualidade de ar *indoor* com índices que não comprometam a saúde das pessoas.

Com o aumento da frequência nestes locais, em épocas e horários determinados do ano, como no verão e ao entardecer do dia, além da intensificação da transpiração dos frequentadores, principalmente em atividades aeróbicas como neste tipo de aula, a rotina de limpeza dos pisos e dos equipamentos é aumentada e a intervalos pequenos, auxiliando a alterações da QAI.

Estas características indicam que é um local com várias fontes de emissão de poluentes atmosféricos em fase gasosa e com a difícil troca de ar entre o ambiente interno e externo, podendo atingir elevadas concentrações de poluentes indoor. Com isso, são diversos os fatores que podem contribuir para a piora da qualidade do ar no interior destes locais, possibilitando na exposição de alunos e profissionais, que passam grandes períodos nestas salas interagindo com o meio (McCABE, RICCIARDELLI, JAMES, 2007).

A *National Research Council*, em 1987, associou determinados ambientes fechados à problemas específicos relativos à saúde dos seus ocupantes, propondo a “Síndrome do Edifício Doente”(SED) ou “Doença do Ambiente Interno” ou “Doença Relacionada ao

Prédio”, ou ainda, “Edifício Doente” (*Building-Related Illness*). Foi incluído o relato de sintomas e sinais característicos da exposição a determinadas substâncias químicas (por exemplo, monóxido de carbono e formaldeído), bem como as doenças provocadas por fungos, vírus e bactérias, que possam ser identificadas no interior dos edifícios (COSTA E COSTA, 2006).

A OMS (Organização Mundial de Saúde) detectou os sintomas mais comuns do SED apresentados pela população, como obstrução nasal, desidratação e irritação da pele, irritação e secura na garganta e nas membranas dos olhos, dor de cabeça, letargia e cansaço generalizado propiciando a perda de concentração (GIODA, AQUINO NETO, 2003).

Neste caso, os contaminantes usualmente monitorados são os dióxidos de carbono (CO_2), o monóxido de carbono (CO), os compostos orgânicos voláteis (COVs), os compostos orgânicos semi-voláteis (COSVs), material particulado, nicotina e microorganismos apresentados na Tabela 5 com suas principais fontes de emissão:

Tabela 5 - Poluentes e fontes típicas de poluição do ar *indoor*

Poluente	Principal Fonte de Emissão
Dióxido de Carbono	Atividade metabólica, atividade de combustão, veículos motores em garagem.
Monóxido de Carbono	Queima de combustível fóssil, aquecedores a gás ou querosene, fogão, fumaça de cigarro.
Formaldeído	Materiais de construção e mobiliário.
COVs	Adesivos, solventes, materiais de construção, volatilização, combustão, pintura, fumaça de cigarro, atividades de limpeza, fotocopiadoras, impressoras a laser.
Partículas	Re-suspensão, fumaça de cigarro, produtos de combustão, atividades de limpeza.

Fonte – GIODA, AQUINO NETO, 2003.

Foram constatados que a qualidade de ar em ambientes fechados muitas vezes é pior do que os ambientes abertos. Alguns compostos foram detectados em maiores concentrações nestes ambientes internos, como na Tabela 6:

Tabela 6 - Comparação de algumas substâncias em ambientes externos e internos

COV	Ambiente externo $\mu\text{g m}^{-3}$	Ambiente interno $\mu\text{g m}^{-3}$	Intermo/Externo
Benzeno	1,6	5,8	3,6
Etilbenzeno	0,7	3,9	5,6
Tolueno	4,8	22,4	4,6

Fonte – PIRES, CARVALHO, 1999 apud VALVASSORI FILHO, 2008.

A qualidade do ar interior (QAI) envolve a combinação de vários fatores complexos que estão constantemente sofrendo alterações. Logo, a avaliação e a remediação dos problemas relacionados à QAI (qualidade do ar de interior) requerem um entendimento das fontes de emissão, da ventilação do prédio, dos processos que afetam o transporte e o destino dos contaminantes. Juntos, esses processos determinam as concentrações finais dos contaminantes que, após serem detectados e quantificados, possibilitam a avaliação da QAI (BRICKUS, AQUINO NETO, 1998).

Problematização

Muitos dos locais onde as atividades são realizadas nas academias de ginásticas são salas pequenas e fechadas com um grande número de alunos realizando seus exercícios e profissionais auxiliando as atividades. Com isso, há uma intensa transpiração desses indivíduos, uma freqüente rotina de limpeza do piso e de equipamentos com pequenos intervalos, alterando a qualidade do ar *indoor*.

Em função das baixas trocas de ar no ambiente interno com o externo, esse foi um tema que se tornou importante nos últimos anos na área de saúde pública, com o aumento das queixas relacionadas ao ar em ambientes fechados, principalmente em edifícios com microclima artificial (Brickus, Aquino Neto, 1998), sendo estas possíveis características de um ambiente de academia de ginástica.

Contudo, há necessidade de maiores estudos nestes estabelecimentos, por ser um local onde as pessoas praticam atividades físicas, é esperado que ocorra exposição e suscetibilidade a determinados compostos químicos, podendo como consequência ocasionar diversos tipos de problemas à saúde tanto nas pessoas que freqüentam o local, para realizar suas atividades com finalidades lúdicas, como para os profissionais que também ficam expostos por mais tempo nesses recintos.

Dentre os compostos encontrados no ar estão os COVs (compostos orgânicos voláteis) representando um problema a poluição do ar *indoor* e *outdoor* em função de suas possíveis toxicidades. São compostos importantes para as reações físicas e químicas da atmosfera na formação do ozônio e outros oxidantes fotoquímicos. São facilmente encontrados no ambiente interior, sendo emitidos por fontes variadas, fazendo-se necessário o controle das suas emissões (ALMEIDA, 2005).

Os compostos orgânicos voláteis a serem avaliados nas academias são os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e os xilenos) com potencial prejudicial à saúde do homem e ambiental, fazendo-se necessária uma análise de suas concentrações, para que se possa ter o real conhecimento dos possíveis riscos a saúde destes compostos neste estabelecimento, para que este estudo sirva como auxiliador a um melhoramento em seu controle, monitoramento e novas reflexões acerca da legislação vigente.

Objetivo

Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar as concentrações de poluentes atmosféricos *indoor*, centrados nos compostos orgânicos voláteis BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e os xilenos), na sala de *spinning* de uma academia de ginástica situada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Objetivo Especifico

- Caracterização da sala de *spinning* da academia de ginástica selecionada;
- Medir e avaliar as concentrações de BTEX no interior da sala de *spinning* e no exterior da academia de ginástica;
- Identificar as possíveis fontes de poluição interna.
- Constar se existem diferenças significativas entre as concentrações de BTEX do ar *indoor* e *outdoor*.
- Recomendações de melhorias da QAI na sala de *spinning* da Academia “Alfa”.

Justificativa

A intensificação da poluição atmosférica é um fator que tem despertado a atenção de diversos especialistas da área, assim como da comunidade internacional e do público em geral. Com o avanço das novas tecnologias, são crescentes os estudos em relação à poluição do ar e suas formas de mitigação. Muito ainda tem a ser estudado, principalmente quando se fala em poluição *indoor*.

Em relação a ambientes fechados, são freqüentes os casos de contaminação por compostos orgânicos voláteis, entre eles o grupo dos BTEX merece uma atenção especial devido a sua constante presença nestes estabelecimentos e aos potenciais danos causados a saúde das pessoas.

Com isso, buscou-se analisar a concentração destes compostos orgânicos voláteis em uma academia de ginástica, por se tratar de um estabelecimento com alto fluxo de indivíduos, principalmente em determinados horários, ainda que em regime transitório, o que acarreta a possibilidade de um maior número de pessoas afetadas, levando em consideração ainda que estes indivíduos, ocupantes destes ambientes, estão com a sua capacidade respiratória aumentada devido a prática de exercícios físicos de alta intensidade.

Muitas academias apresentam salas totalmente fechadas com refrigeração artificial diminuindo a troca de ar do ambiente interno e externo, como visto comumente em salas de *spinning*, assim como na academia “Alfa”. Na maioria das vezes, estas salas são pequenas e fechadas com um grande número de alunos por metro quadrado, realizando seus exercícios em equipamentos. Devido à intensa transpiração, a rotina de limpeza do piso e dos equipamentos são feitas com frequência e a intervalos pequenos, tornando a qualidade do ar no interior desses estabelecimentos um objeto de estudo interessante.

Para a realização desta pesquisa científica foi utilizada a modalidade do estudo de caso na sala de *spinning* através de investigação exploratória. Foram realizados levantamentos bibliográficos, coleta de dados de documentos públicos, consultas a acervos técnicos e sites especializados para a fundamentação teórica e as medições dos compostos.

Este estudo visa a melhoria da qualidade do ar em ambientes interiores de academias de ginástica, principalmente pela proliferação deste estabelecimento e por ser cada vez mais frequentado pelas pessoas no país e no mundo, intensificando seu grau de importância. Desta forma fica destacada a importância deste trabalho na contribuição para a preservação da saúde

dos frequentadores e trabalhadores destes estabelecimentos, por este ser um local com alto fluxo de indivíduos expostos cotidianamente.

Este conhecimento poderá servir como auxiliador à legislação vigente, fornecendo embasamento científico comprobatório para as adequações dos estabelecimentos, da fiscalização e monitoramento, buscando a promoção e prevenção da saúde humana.

1 REVISAO DA LITERATURA

1.1 Poluição atmosférica

Com a evolução humana, principalmente pós a revolução industrial, ocorreu uma aceleração no desenvolvimento e incremento tecnológico. A natureza passou a ser vista como um bem econômico, gerador de renda. Esse crescimento da produção gerou o aumento de exposição de poluentes no ambiente (SODRÉ, 2006).

A poluição é um problema que vem despertando a atenção pública cada vez mais. Causa desconforto a sociedade, traz doenças a população e acarreta uma série de prejuízos ao meio ambiente

Com isso, houve um aumento de investimentos na ciência e tecnologias para sanar ou mitigar problemas relacionados a diferentes tipos de poluição.

Dentre os diferentes impactos gerados, a poluição atmosférica é uma das que mais causa incômodo pela necessidade e a dependência que os seres vivos possuem em relação ao ar.

Com o aumento das emissões de poluentes para a atmosfera em conjunto com o desenvolvimento humano e econômico ocorreu uma série de episódios de poluição atmosférica em diferentes cidades do mundo (SODRÉ, 2006).

Em 1930 no mês de dezembro, em condições meteorológicas desfavoráveis, ocorreu no Vale de Meuse, Bélgica, entre as cidades de Liege e Huy numa área industrial, a pouca dispersão dos poluentes, pela falta da ventilação, acarretando no aumento das doenças respiratórias e sessenta mortes (SODRÉ, 2006).

Em Donora, Pensilvânia, detectou-se um episódio semelhante em outubro de 1948, onde as inversões térmicas prejudicaram a dispersão de poluentes emitidos através da queima de combustíveis das indústrias locais. A elevada concentração dos poluentes emitidos acarretou na morte de 20 pessoas (SODRÉ, 2006).

Um dos mais importantes episódios de poluição atmosférica foi o ocorrido em 1952 em Londres. Um conjunto de condições meteorológicas desfavoráveis a dispersão de poluentes com fortes inversões térmicas e baixas alturas da camada de mistura, somados a dificuldade de dispersão dos poluentes provenientes das indústrias e dos aquecedores

domiciliares que utilizavam carvão, provocaram um aumento de pelo menos quatro mil mortes em relação a média em períodos semelhantes (SODRÉ, 2006).

A poluição atmosférica pode ter sua origem de variadas fontes e ter sua formação por diferentes compostos (BAIRD, 2002).

De acordo com o Instituto Estadual do Ambiente (2009) as fontes de emissão podem ser classificadas como representadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Tipos de fontes de emissão e suas classificações

FONTES DE EMISSÃO	CLASSIFICAÇÃO
Estacionária	Representadas por dois grandes grupos: um abrangendo atividades pouco representativas nas áreas urbanas, como queimadas, lavanderias e queima de combustíveis nas padarias, hotéis, hospitais, as quais são consideradas usualmente como fontes de poluição não industriais; e outro formado por atividades individualmente significativas, em vista à variedade ou intensidade de poluentes emitidos, como a poluição dos processos industriais.
Móvel	Compostas pelos meios de transporte aéreo, marítimo e terrestre, em especial os veículos automotores que, pelo número e concentração, passam nas áreas urbanas a constituir fontes de destaque frente a outras.
Natural	São os processos naturais de emissão caracterizados pela atividade de vulcões, do mar, da poeira cósmica, do arraste eólico, etc.

Fonte – Adaptação de INEA, 2009.

Partindo das fontes já mencionadas, Teixeira (2009) demonstra os tipos de fontes de emissão com os respectivos poluentes emitidos no Estado do Rio de Janeiro apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Tipos de fontes de poluentes e contaminantes emitidos

Fontes	Poluentes
Combustão	MP, SO _x , CO, HC e NO _x
Fontes Estacionárias	Processo industrial MP (fumos, poeiras, névoas), gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, HC, mercaptanas, HF, H ₂ S, NO _x .
	Queima de resíduo sólido MP, gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x .
	Outros MP e HC
Fontes Móveis	Veículos a gasolina / diesel/ álcool, aviões, motocicletas, barcos, locomotivas, etc. MP, CO, NO _x , HC, SO ₂ , aldeídos e ácidos orgânicos.
Fontes naturais	MP, gases - SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ e HC.
Reações químicas na atmosfera Ex.: HC + NO _x + luz solar	Poluentes secundários, O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímico, etc.

Fonte – FEEMA, 2003 apud TEIXEIRA, 2009.

Dentre os contaminantes dispostos por fontes naturais provenientes de atividade vulcânicas, do mar, da poeira cósmica, do arraste eólico, de decomposição biológica e incêndio florestais, alguns podem ser vistos na Tabela 9.

Tabela 9 - Contaminantes dispostos por fontes naturais anualmente emitidos

Contaminante	Fonte Natural	Quantidade (10 ³ ton)
SO ₂	Vulcões	6 a 12
Ácido sulfídrico (H ₂ S)	Vulcões e ações biológicas em pântanos	30 a 100
CO	Incêndios florestais	3.000
NO _x	Ações bacterianas em solos	60 a 270
Amônia (NH ₃)	Decomposição biológica	100 a 200
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Ação biológica em solos	100 a 450
HC (predominantemente CH ₄)	Diversos processos biológicos	

Fonte – TEIXEIRA, 2009.

De acordo com os poluentes analisados pelo INEA (2009) nos grandes centros urbanos, as emissões da frota veicular são as que mais contribuem para a degradação do ar. Segundo o inventário de emissões de fontes fixas e móveis desenvolvido na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, as fontes móveis contribuem mais do que as fontes fixas para a degradação do ar na região.

Segundo Pereira (2009), dentre estes contaminantes, partículas sólidas ou líquidas suspensas no ar (aerossóis), as mais grossas, em geral são resultado da quebra de partículas maiores, e as mais finas, formam-se principalmente por reações químicas e coagulação de menores, inclusive por moléculas em estado de vapor, apresentados na Figura 5.

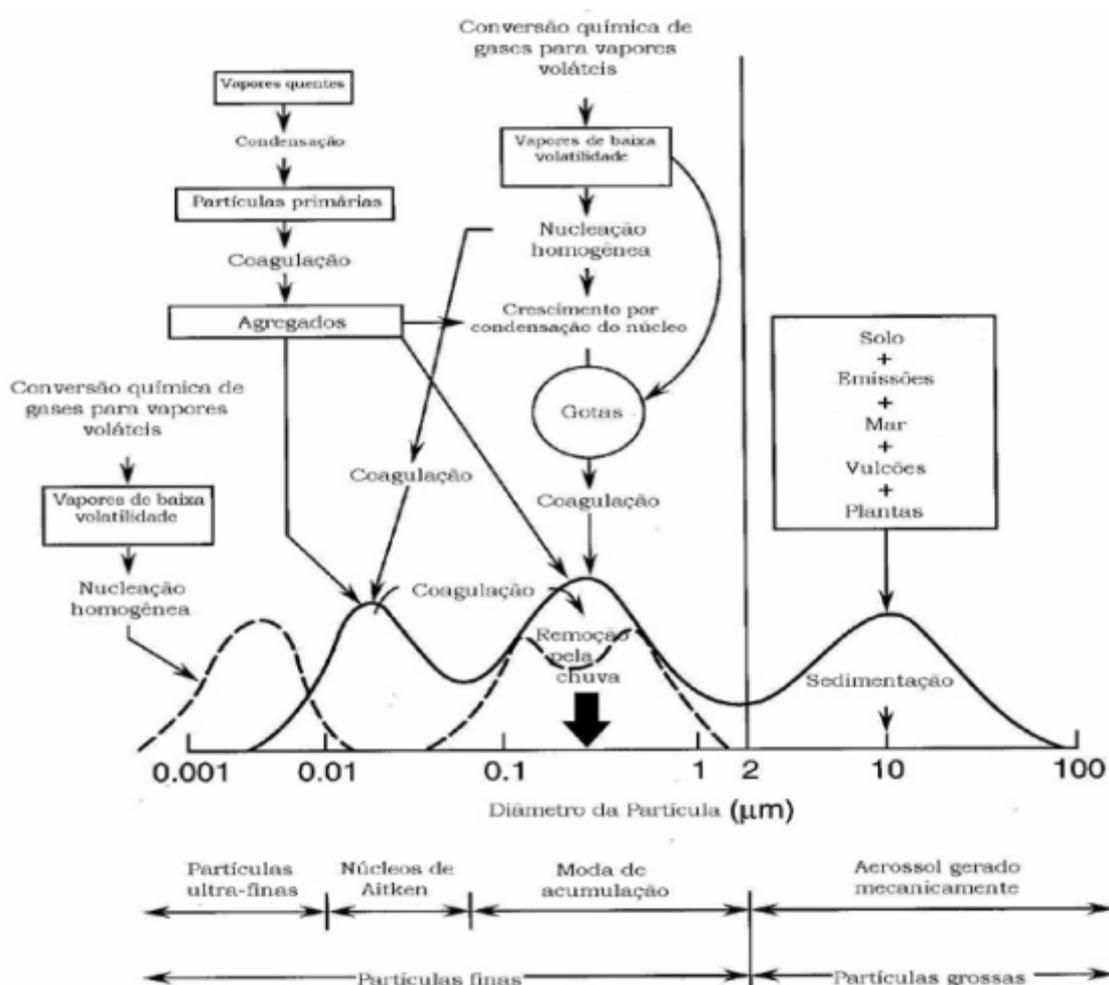


Figura 5 - Esquema da distribuição dos aerossóis da atmosfera.

Fonte – PEREIRA, 2009, p.30.

Esses poluentes dispostos na atmosfera podem ser classificados em gasosos ou partículas. O gasoso tem comportamento e as propriedades de um gás, sem deposição ao se difundir, já o particulado, é qualquer substância existente na atmosfera, nas formas sólidas ou

líquidas, com exceção da água. A forma sólida é emitida na forma de partícula e a forma líquida é emitida na forma gasosa, com posterior condensação direta ou pela formação de outro produto, Teixeira, 2005 apud Teixeira, 2009. Dentre os particulados, são consideradas as névoas de compostos inorgânicos e orgânicos sólidos, com diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 100µm, permanecendo em suspensão, por um período mais longo quanto menores forem às partículas (INEA, 2009).

Os poluentes também podem ser classificados em primários e secundários.

Os primários são originados diretamente da fonte emissora como o material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos entre outros.

Os secundários são os poluentes formados na atmosfera, sendo resultados de uma reação química, fotoquímica ou térmica, do primário com outro poluente ou outro material (Braga et al., 2003 apud Teixeira, 2009) como o ozônio, formado na troposfera com a reação dos óxidos de nitrogênio e dos compostos orgânicos voláteis. O processo tem início com a fotólise do dióxido de nitrogênio formando um átomo de oxigênio. Este átomo de oxigênio irá reagir com o oxigênio molecular presente em excesso na atmosfera e formar o ozônio. Neste ciclo o ozônio também é consumido pelo monóxido de nitrogênio. (BAIRD, 2002; FINLAYSON-PITTS, PITTS Jr., 2000)

Segundo Teixeira (2005) apud Teixeira (2009), os poluentes primários são responsáveis por grande parte dos poluentes dispostos no ar, principalmente pela indústria automobilística, com a disposição de monóxido de carbono, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos (HC), material particulado e óxidos de nitrogênio (NO_x).

A poluição atmosférica urbana é consequência de atividades industriais, domésticas e naturais. Dentre os fatores de interferência nesta atmosfera, pode-se citar a emissão de poluentes, fatores geográficos, químicos e meteorológicos (CORREA, 2003).

Os poluentes emitidos podem ter sua origem em ambientes externos, estando muitas vezes relacionadas as atividades humanas, citado por Sodré (2006) ou ainda em interiores, segundo Brickus e Aquino Neto (1998).

Em ambientes externos, em função do aumento da frota de veículos e da industrialização, a qualidade do ar piorou, havendo agravantes, em função do difícil controle destes contaminantes *outdoor*.

Os poluentes, em ambientes abertos, podem ser transportados por dezenas de milhares de quilômetros, assim como vistos pelas emissões da Amazônia, saindo do continente Sul Americano por duas vias principais, o Oceano Pacífico tropical e o Oceânico Atlântico Sul

(Freitas et al., 1997; Freitas et al., 2000a ; Freitas, 1999 apud Artaxo et al, 2006). Este fato chama a atenção, tornando o monitoramento da qualidade do ar fundamental para a saúde humana e ambiental (SODRÉ, 2006).

Nos ambientes fechados, segundo Brickus e Aquino Neto (1998), a qualidade do ar interior envolve a combinação de fatores que estão constantemente sofrendo alterações, requerendo o entendimento das fontes de emissão e da ventilação dos estabelecimentos.

Costa e Costa (2006) contextualizam a poluição do ar de interiores como um fator de risco à saúde humana, apresentando os principais fatores que contribuem para a qualidade deste e os possíveis agentes causadores de agravos à saúde, enfatizando a necessidade de se estabelecer indicadores que possam ser utilizados na prevenção, controle e promoção da saúde humana em tais ambientes.

Dentre os contaminantes do ar *indoor*, Picelli (2005) demonstra seu estudo focando alguns compostos químicos do ar. Entre eles, destaca-se os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno), cetonas e aldeídos, causadores de diferentes danos à saúde humana e que estão presentes no cotidiano da população.

Para Costa e Costa (2006) os modernos edifícios aclimatados artificialmente podem estar criando um ambiente ameaçador à saúde humana, chamados de “síndrome dos edifícios doentes”, anteriormente citado pela *National Research Council* (1987). Vários estudos têm atribuído à má qualidade do ar interior à incidência de relatos de queixas entre os ocupantes desses locais, relativas à saúde e ao desconforto ambiental, como também, elevado número de absenteísmo, temperamento alterado, insatisfação e baixo rendimento no trabalho.

Para tanto, muitos destes casos podem estar presentes em ambientes fechados tais como as academias de ginásticas, com sistemas de climatização artificial e com um público elevado nestes estabelecimentos, havendo a exposição de homens e mulheres que passam grandes períodos nestes locais interagindo com o meio (McCABE, RICARDELLE, JAMES, 2007).

Em 2002, ocorreu na Califórnia (EUA) a Conferência sobre a qualidade do ar interno e clima, demonstrando os projetos sobre análise *indoor* de estudos em diferentes estabelecimentos demonstrados na Figura 6 (PETRONI, 2009).

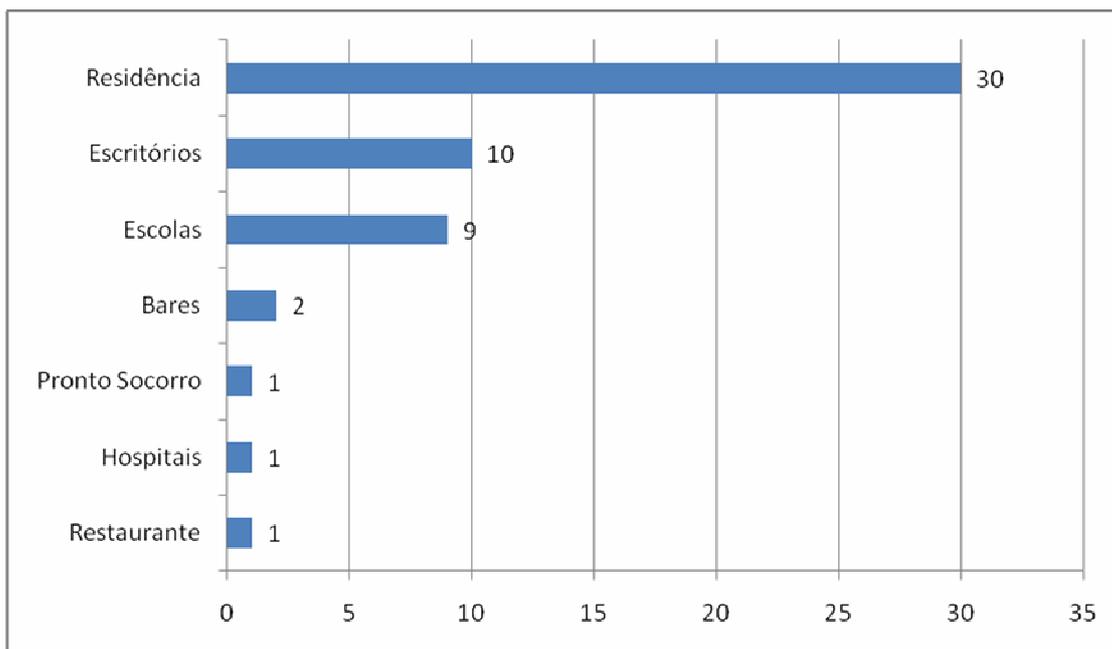


Figura 6 - Número de projetos específicos em ambientes *indoor*

Fonte - Adaptação de PETRONI, 2009, p. 25.

Os estabelecimentos com maior número de estudos foram as residências, seguido dos escritórios e escolas.

Muito ainda tem a ser analisado e pouco se sabe sobre as fontes de emissão nestes ambientes (PETRONI, 2009).

Segundo Gioda e Aquino Neto (2003), são poucos os registros relacionando a qualidade do ar interior (QAI) e a Síndrome dos Edifícios Doentes (SED) no Brasil, principalmente em função das características climáticas do país. Atualmente o foco dos estudos de poluição do ar é voltado para os ambientes exteriores.

Neste país, o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionado a qualidade do ar\ VIGIAR, é uma iniciativa do setor da saúde para a vigilância em efeitos agudos e crônicos vinculados a exposição a poluentes atmosféricos.

Em 2005, foram detectadas doenças respiratórias pelo programa no Acre através de atendimentos ambulatoriais hospitalares, em função das altas queimadas de biomassa como apresentado na Figura 7.

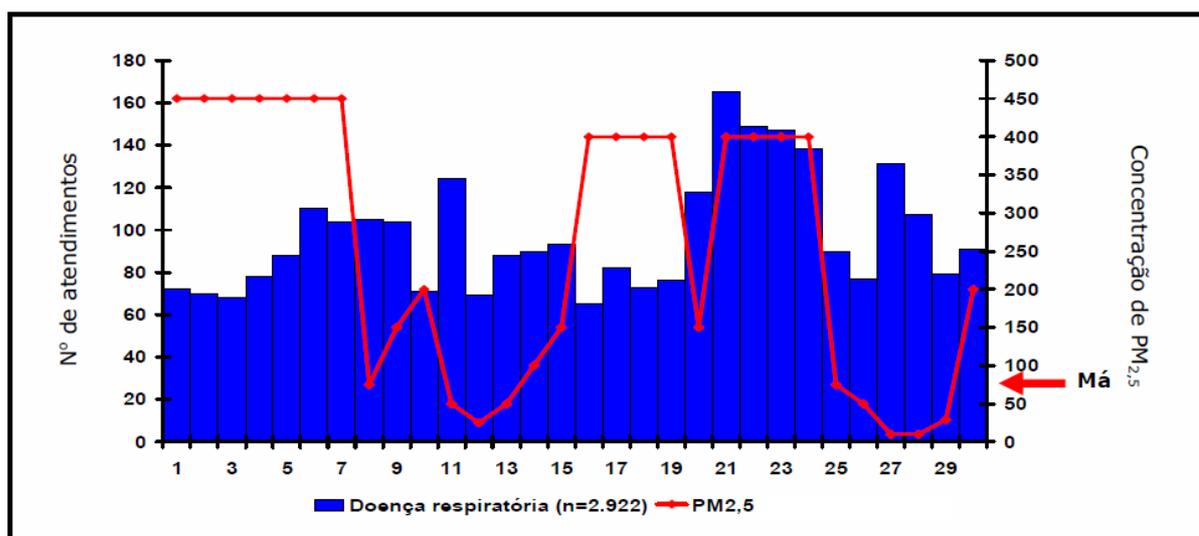


Figura 7 - Atendimentos de emergência no Rio Branco- Acre (setembro de 2005) por doenças respiratórias e concentração de MP_{2,5} (µg m⁻³).

Fonte - Programa de Vigilância em Saúde relacionado a qualidade do ar – VIGIAR, MINISTÉRIO DA SAÚDE - SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, 2007, p.15.

Segundo o Ministério da Saúde (2007), os relatórios de monitoramento da qualidade do ar nas principais capitais, regiões metropolitanas e industriais, consideram os níveis de poluição atmosférica do Brasil moderados, em relação ao que é observado em outros países. Os incrementos da poluição atmosférica, mesmo que dentro dos padrões de qualidade do ar, estão associados a efeitos nocivos a saúde. Estudos epidemiológicos da exposição humana em ambientes *indoor* e *outdoor* detectaram o aumento de doenças respiratórias, assim como a diminuição da função pulmonar, porém, muito ainda tem que ser estudado tanto no Brasil como no exterior, para que se possibilite uma análise crítica aprofundada e consistente.

Em virtude dos crescentes problemas relacionados a poluição atmosférica, diversas são as tentativas de controle e monitoramento em relação a qualidade do ar, como o Sistema Global de Monitoramento Ambiental do Ar do WHO (*The Global Environment Monitoring System -GEMS/AIR programme*) e o Programa ambiental das Nações Unidas (*The United Nations Environment Programme*), que promoveu a avaliação da qualidade do ar mundial, disseminando informações importantes como o melhoramento da qualidade dos dados, auxiliando as cidades nas estratégias de redução de poluição do ar (UNEP, WHO, 1993).

Numa segunda fase do GEMS/AIR, foi criado o Programa da Gerência da Informação do Ar nas Cidades (*Air Management Information System- AMIS*), ao qual parte deste sistema foi disseminando através de um banco de dados da qualidade do ar em áreas urbanas, formado

por informações adquiridas de diversas regiões com o intuito de prevenir o ambiente a poluição.

A tentativa de se prevenir a deterioração da atmosfera envolve diversos setores de atividade econômica e de diferentes localidades. Com isso, buscou-se intermediar através de acordos internacionais como a Convenção de Viena para a proteção da camada de ozônio (1985), o Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio (1987), a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas (1992), entre outros (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1992).

1.2 Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Os COVs pertencem a uma classe de substâncias, aonde o carbono orgânico é vinculado ao hidrogênio ou outros compostos, conforme apresentado por Almeida (2005) na Tabela 10.

Tabela 10 - Classes de COVs, com exemplos de hidrocarbonetos e compostos

HIDROCARBONETOS	EXEMPLOS	COMPOSTOS	EXEMPLOS
Parafinas	Propano, butano, octano	Álcools	Metanol, etanol
Olefinas	Etileno, butadieno	Aldeídos	Formaldeído
Acetilenos	Acetileno	Cetonas	Metil etilcetona
Aromáticos	Tolueno, benzopireno	Ácidos	Ácido Fórmico
		Hidroperóxidos	Peroxiacilnitrito (PAN)
		Halides	Vinil cloreto, bromobenzeno
		Compostos S	Dimetil sulfeto
		Compostos N	Trimetil amina

Fonte – HUNTER, OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005.

São estimados aproximadamente 1,8 bilhões de COVs emitidos por ano para a atmosfera, sendo aproximadamente 500 milhões de isoprenos, 130 milhões de toneladas de monoterpenos, 510 milhões de toneladas de metano, destes, 220 milhões, de fontes antropogênicas (Aquino, 2006). Os COVs biogênicos são aproximadamente 7 vezes maior que as emissões de COVs antropogênicos (AQUINO, 2006).

As principais fontes de emissão de COVs na atmosfera urbana são os motores de veículos, sendo resultado da queima incompleta e da vaporização de hidrocarbonetos (ORLANDO, 2008).

Podem ser definidos como um líquido orgânico cuja pressão de vapor são maiores do que 70 Pa (0,0007 atm.) e cujo ponto de ebulição está acima de 260° C (HUNTER, OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005).

Aquino (2006) afirma que o metano é o hidrocarboneto predominante na troposfera, em função de sua alta concentração e longo tempo de vida na atmosfera, participando de diversas reações importantes.

Na Tabela 11 são apresentados alguns COVs comumente encontrados na troposfera, assim, representados com o seu tempo de vida em função da atividade com O₃, OH e NO₃.

Tabela 11 - Tempo de vida estimado dos COVs na atmosfera.

COVs	Tempo de Vida em função da reação com:		
	OH ^a	O ₃ ^b	NO ₃ ^c
Butano	5,7 dias		2,8 anos
Propeno	6,6 horas	1,6 dias	4,9 dias
Benzeno	12 dias		
Tolueno	2,4 dias		1,9 anos
m-Xileno	7,4 horas		200 dias
Formaldeído	1,5 dias		80 dias
Acetaldeído	11 horas		17 dias
Acetona	66 dias		
Isopreno	1,7 horas	1,3 dias	0,8 horas
α-Pineno	3,4 horas	4,6 horas	2,0 horas
β-Pineno	2,3 horas	1,1 dias	4,9 horas
Canfeno	3,5 horas	18 dias	1,5 dias
2-Careno	2,3 horas	1,7 horas	36 minutos
3-Careno	2,1 horas	10 horas	1,1 horas
δ-Limoneno	1,1 horas	1,9 horas	53 minutos
Terpinolene	49 minutos	17 minutos	7 minutos

^a Concentração de OH = $1,5 \cdot 10^6$ moléculas.cm⁻³ (0,06ppt).

^b Concentração Média de 24 horas de O₃ = $7 \cdot 10^{11}$ moléculas.cm⁻³ (30 ppb).

^c Concentração Média de 12 horas de NO₃ = $2,4 \cdot 10^7$ moléculas.cm⁻³ (1 ppt).

FONTE: (SEINFELD e PANDIS, 1998).

Fonte - AQUINO, 2006.

Dentre os COVs observados, a acetona se destacou com o maior tempo de vida em função da reação com o OH, o canfeno teve maior tempo de vida com o O₃, já o butano apresentou um valor bem mais longo na atmosfera na reação com o NO₃.

Em função de suas concentrações na atmosfera, do tempo de vida destes compostos e de suas reações, aumenta o potencial de exposição e a possibilidade de contato com os indivíduos e o ambiente.

O controle de suas emissões é importante em função dos COVs serem um componente principal nas reações químicas e físicas atmosféricas formadoras do ozônio e outros oxidantes fotoquímicos (ALMEIDA, 2005).

Aquino (2006) apresenta a divisão de COVs em duas classes: a primeira inclui os compostos orgânicos não metano (CONMs), abrangendo os compostos orgânicos oxigenados, os halogenados e os hidrocarbonetos; a segunda classe inclui o metano, sendo este o hidrocarboneto mais abundante na atmosfera, com concentração média de 1,7 ppm na atmosfera.

Os CONMs são emitidos por fontes antropogênicas, como em processos de combustão (emissões veiculares e de combustíveis fósseis), armazenamento e transporte de combustíveis, uso de solventes, emissões industriais etc; e fontes biogênicas como plantas, fitoplânctons marinhos entre outros (AQUINO, 2006).

Segundo Hunter e Oyama (2000) apud Almeida (2005), grande parcela dos compostos orgânicos com menos do que doze átomos de carbono são voláteis, incluindo a maioria dos Poluentes do Ar Perigosos (HAP).

Foi relatado pela EPA as variações das emissões de COVs no período de 1900 e 1990 nos Estados Unidos apresentado na Figura 8. Seu pico de emissões foi detectado entre 1960 e 1970, provavelmente em função do desenvolvimento industrial, e, decréscimo em 1992, posteriormente com um pequeno acréscimo entre 1993 e 1994 (ALMEIDA, 2005).

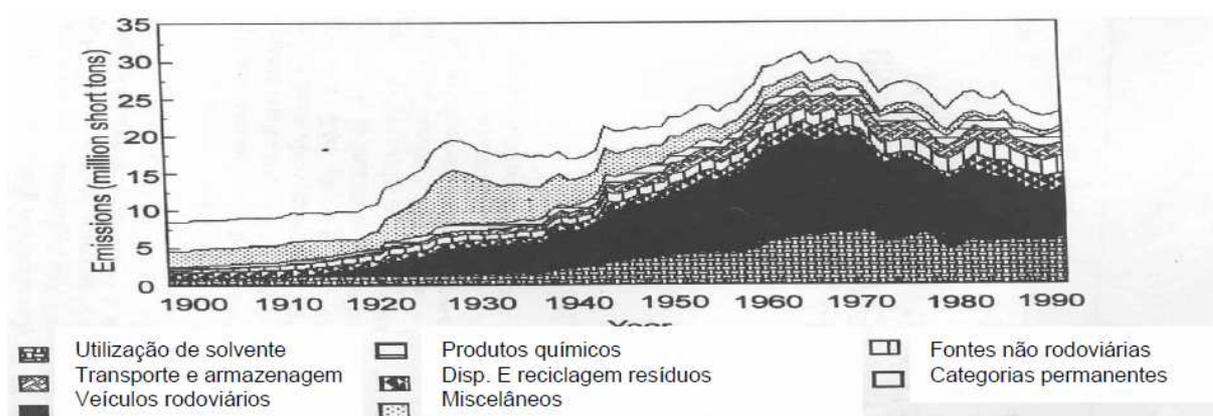


Figura 8 - Curva das emissões de COVs nos Estados Unidos.

Fonte – ALMEIDA, 2005, p.10.

As emissões de todas as fontes de combustão nos Estados Unidos em 1900 representaram 68% do total da emissão de COVs, já em 1994, este valor caiu para 4%. Esta

variação ocorreu devido ao controle da queima de combustível fóssil nas indústrias, apesar do crescimento populacional.

De 1940 e 1970 as emissões de origem dos transportes cresceram 159%, com isso foi iniciado o Programa Federal de Veículos Motorizados (FMVCP), fazendo declinar estas emissões, mesmo com a intensificação do tráfego. Ocorreu a diminuição das emissões de COVs de 51% nas estradas entre 1970 e 1994, em função das manutenções, inspeções, programas de reformulações de combustíveis e outros controles (HUNTER, OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005).

Segundo Aquino (2006), estudos realizados em 1956 mostraram que a produção de ozônio (O_3) era responsável pelo chamado “*Smog de Los Angeles*”, decorrente da oxidação fotoquímica de misturas de COVs e óxidos de nitrogênio (NO_x), provando que moléculas de COVs atuavam como precursoras da poluição secundária, evidenciando o uso de combustíveis fósseis e a crescente demanda de novos produtos químicos, estariam associados a mudança de qualidade do ar, devendo ser intensificado o controle das emissões de COVs.

“A poluição do ar causa danos para todo o ambiente. Isto inclui efeitos adversos na saúde humana e animal, prejuízo em colheitas, vegetação e florestas, como também danos em materiais físicos” (ALMEIDA, 2005, p.11).

Estas substâncias químicas podem ter diversos efeitos na vida animal, dependendo da dosagem e rota de exposição, podendo afetar órgão específicos ou o corpo inteiro (ALMEIDA, 2005).

A poluição do ar age mais diretamente na pele, membranas de mucosas exposta, nos olhos, nariz e nos pulmões. A partir desses órgãos, os efeitos podem ser concentrados em outros órgãos ou sistemas. Agentes hepatotóxicos (tetracloro de carbono) afetam o fígado, agentes nefrotóxicos (anilina, fenol) afetam o sistema nervoso, e agentes anestéticos (acetileno, olefinas, éteres, álcools) afetam o cérebro. Os poluentes do ar diferem no tempo sobre no que eles agem. Poluentes padrões geralmente têm uma ação mais rápida do que os HAPs, agindo de minutos a meses, contra anos, embora os efeitos a longo prazo de exposição a chumbo, um poluente padrão, são bem conhecidos. (HUNTER & OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005, p.11).

Em função dos efeitos deletérios, estão sendo estipulados limites de exposição máxima, como na Conferência Governamental Americana de Higienistas Industriais (ACGIH), sugerindo o Limite de Tolerância (TLV), conhecido como Concentrações Máximas Admissíveis (MAC) para concentrações de ar permissíveis de uma determinada substância química aonde o indivíduo pode ser repetidamente exposto por oito horas diárias, cinco dias por semana.

Na Tabela 12 são apresentados alguns COVs com os seus limites de exposição máxima, em partes por milhão (ppm) e em $mg\ m^{-3}$.

Tabela 12 - Limites de exposição máxima de alguns COVs

Nome	Fórmula	TLV	
		ppm	mg m ⁻³
Benzeno	C ₆ H ₆	10	30
Ciclohexano	C ₆ H ₁₂	300	1050
Tolueno	C ₇ H ₈	100	375
Estireno	C ₈ H ₈	50	215
Acetona	C ₃ H ₆ O	750	1800
Tetracloroeto de carbono	CCl ₄	5	32
Diclorometano	CH ₂ Cl ₂	100	350
Tetracloroetileno	C ₂ Cl ₄	50	340
p-Clorotolueno	C ₇ H ₇ Cl	50	260

Fonte – HUNTER, OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005

Segundo Almeida (2005), a Administração em Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA) e a Sociedade Americana de Engenheiros de Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE) vem definindo uma dezena de TLV como diretrizes para contaminantes de ar de interiores, como a Associação Americana de Higiene Industrial (AIHA), a qual adota uma diretriz de 5 mg m⁻³ para Compostos Orgânicos Voláteis Totais (TVOC) (HUNTER, OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005).

As plantas também sofrem com a poluição do ar, através das chuvas ácidas, do contato com substâncias fitotóxicas como peroxiacilnitrato (PAN) que tem devastado colheitas agrícolas em grandes áreas no entorno de centros metropolitanos. O ozônio também apresentou prejuízo nas colheitas agrícolas, caindo seu rendimento (5-10%) nos Estados Unidos. A parte mais afetada das plantas são as folhas, em função das trocas gasosas com a atmosfera e de sua exposição.

Esses danos irão depender de condições particulares, expondo a planta a uma maior suscetibilidade para outras doenças ou infestação de insetos (HUNTER, OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005).

Metais, rochas, pinturas, tecidos, tinturas de tecidos, borracha, couro e papel podem sofrer prejuízos, com as reações químicas e fotoquímicas resultando na adsorção de gases nas superfícies de sólidos. Estas reações podem alterar a estrutura dos materiais, resultando em descoloração, corrosão ou erosão completa (HUNTER, OYAMA, 2000 apud ALMEIDA, 2005).

Em resumo, COV é uma substância química ou uma mistura líquida de substâncias químicas capazes de dissolver outro material. Geralmente o termo COV se refere a um composto de natureza orgânica. “Apesar de suas composições químicas serem tão diversas, os compostos orgânicos têm um certo número de propriedades comuns: são compostos líquidos lipossolúveis, possuem grande volatilidade, são muito inflamáveis, e produzem importantes efeitos tóxicos”. (BASTOS, 1988 apud ALMEIDA, 2005, p.13).

Os COVs possuem natureza variada, sendo classificados em vários grupos de acordo com suas propriedades químicas. Muitas indústrias utilizam os COVs em processos de fabricação, são utilizados como veículos para aplicar determinados produtos, tais como pintura, vernizes, tintas, adesivos etc, como também em processos de eliminação tais como desengraxantes, agentes de extração. Na indústria química são utilizados para realizar determinados processos e reações entre substâncias previamente dissolvidas ou suspensas no seu interior, são usados como reativos de partida ou como compostos intermediários de sínteses químicas (ALMEIDA, 2005).

Em função de sua volatilização, estas substâncias penetram através das vias respiratórias e podem chegar até aos tecidos e órgãos mais receptivos, mas também podem penetrar através da pele, através de derrames ou respingos, principalmente no contato com as mãos dos trabalhadores que realizam atividades utilizando estes. Quando o trabalhador fuma ou come nos estabelecimentos de trabalho, eles podem ter intoxicação por ingestão destes compostos químicos (BASTOS, 1988 apud ALMEIDA, 2005).

Para a diminuição dos riscos em ambientes, principalmente de trabalho, é necessário que se tenha um aprimoramento da ventilação nestes locais, afim de que se reduza a exposição e intoxicações dos indivíduos frequentadores (ALMEIDA, 2005).

1.3 BTEX

A sigla BTEX representa benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (*o*-xileno, *m*-xileno e *p*-xileno), suas estruturas podem ser observadas na Figura 8. Estes compostos destacam-se no grupo dos COVs (compostos orgânicos voláteis) em função do grau de toxicidade e na saúde pública. Dentre os quais o benzeno ou anel benzênico é considerado o composto fundamental (PICELLI, 2005).

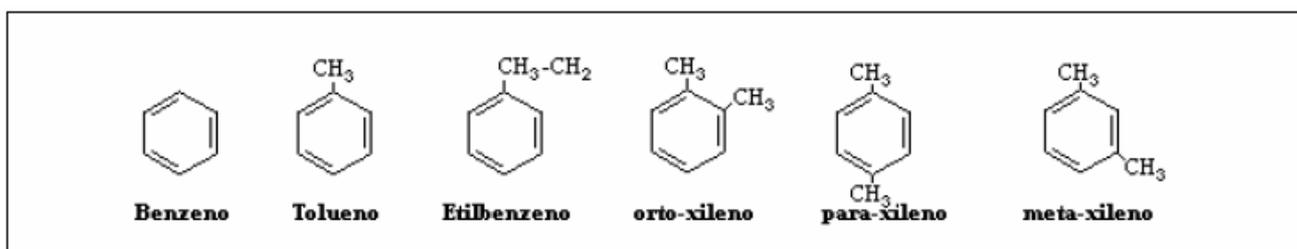


Figura 9 - Formas estruturais do anel benzênico

Fonte - PICELLI, 2005, p. 18

De acordo com Mehlman (1990 apud LIU *et al.*, 2009), os BTEX são os compostos orgânicos voláteis mais abundantes na atmosfera urbana, e seus impactos negativos na saúde pública foram detectados em diversos estudos, citados por Machado *et al.* (2003), Mota, Santos e Lima (2009), Graciani (2009) e Adams *et al.* (2005).

Estes compostos químicos são extremamente reativos na troposfera, desempenhando um papel importante na química atmosférica, sendo precursores fotoquímicos do ozônio troposférico (LIU *et al.*, 2009).

Os hidrocarbonetos aromáticos são de grande importância na área ambiental por apresentar grande volatilização, alta mobilidade e toxicidade e por estarem associados a produtos derivados do petróleo (CHIARANDA, 2006).

Algumas das fontes de emissão do BTEX podem ser observadas nos veículos automotores, Keymeulen *et al.* (2001) apud Picelli (2005), refinarias de petróleo, Kalabokas *et al.* (2001) apud Picelli (2005), fogões a lenha, incensos, tintas e solventes (PICELLI, 2005).

Corrêa e Arbilla (2007) realizaram um estudo *outdoor* no centro da cidade do Rio de Janeiro na Avenida Presidente Vargas, medindo as concentrações de BTEX em área urbana com tráfego intenso. As concentrações das 94 amostras coletadas estão na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultado das concentrações das 94 amostras de BTEX na Av. Presidente Vargas, Rio de Janeiro (período de 2004 e 2005)

BTEX ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Mínimo	Média	Máximo
Benzeno	4,82	14,5	40,7
Tolueno	9,12	22,8	37,5
Etilbenzeno	5,98	9,19	13,3
m-p- xileno	7,55	19,3	33,1
o-xileno	5,06	8,50	12,3

Fonte – CORREA, ARBILLA, 2007.

Os resultados desta pesquisa indicaram que o tolueno foi o contaminante de maior concentração média, seguido do *m,p*-xileno. Foi detectado neste estudo o aumento das concentrações destes poluentes, se comparado ao período de 1997 a 2002.

Liu et al. (2009) realizou um estudo das concentrações de BTEX durante os jogos olímpicos em uma área urbana de Beijing.

O aumento de consumo de energia e do número de veículos na região aumentou os poluentes na atmosfera. Entretanto, foi revelada, no campus da Universidade de Pekin, a queda de 50% da concentração de BTEX de 2004 a 2006 em função das ações de controle da qualidade do ar, adotada pelo governo municipal de Beijing, através da utilização de outras fontes de energia, além de restrições nos padrões de emissões veiculares desde 1999.

No decorrer dos jogos olímpicos houveram restrições do tráfego, o que fez diminuir os engarrafamentos, assim como a redução das emissões dos BTEXs na atmosfera, além das reações químicas e fotoquímicas dos compostos e outros radicais, demonstrando mais uma evidência da interferência na qualidade do ar.

Em relação ao ambiente *indoor*, segundo Godish (1989 apud GUO et al., 2003), os compostos orgânicos voláteis são os principais contaminantes. Estudos do ar interior indicam uma grande variação de hidrocarbonetos e derivados nestes locais. Dentre estes, destacam-se os BTEX pela abundância nestes ambientes (GUO et al., 2003).

Dentre as principais fontes dos COVs estão as emissões veiculares e fontes industriais. Em ambiente *indoor*, essas fontes incluem a combustão de sub-produtos, atividades realizadas na cozinha, materiais de construção, mobiliário, tintas, vernizes, solventes, adesivos, equipamentos de escritório e produtos de consumo (GUO et al., 2003).

São vários os efeitos adversos a saúde humana apresentados por Guo et al. (2003), tais quais asma, tontura, fadiga, irritação nos olhos, nariz e garganta e diversos outros sintomas.

Buscou-se em seus estudos em Hong Kong detectar as fontes de BTEX em ambiente *indoor*, observando as variações e correlações entre quatro restaurantes, seis escolas, seis escritórios comerciais, seis shoppings, seis residências e no ambiente *outdoor*. Dentre os COVs analisados, os BTEXs mostraram-se mais expressivos no ambiente *indoor*, apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Descrição estatística das medições de BTEX feitas por Guo et al. (2003) em Hong Kong.

VOCs ($\mu\text{g m}^{-3}$)	<i>Indoor</i>					<i>Outdoor</i>				
	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínima	Máxima	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínima	Máxima
Benzeno										
Escritório	4.40	4.06	2.52	1.62	8.09	4.97	4.37	3.12	1.76	9.36
Residência	4.99	4.31	2.58	1.43	10.30	1.94	1.62	1.52	0.58	5.2
Escola	3.04	0.86	4.14	0.68	12.22	4.94	0.80	9.12	0.42	24.51
Shopping	11.54	11.47	10.14	1.11	42.58	7.78	5.67	6.64	2.08	24.54
Restaurante	10.34	9.77	5.47	3.67	18.30	7.27	7.72	2.76	3.25	11.38
Tolueno										
Escritório	47.29	43.82	18.34	0.044	84.91	54.57	51.32	21.03	29.54	88.51
Residência	59.13	68.19	19.78	0	83.11	36.56	22.21	48.43	6.36	142.5
Escola	17.31	12.47	15.25	1.01	49.02	31.45	9.84	50.29	7.47	140.6
Shopping	127.85	122.04	93.98	0.66	294.0	79.90	56.32	70.70	20.41	270.9
Restaurante	85.77	86.79	49.47	2.95	152.2	76.44	39.56	74.13	28.95	205.7
Etilbenzeno										
Escritório	7.81	7.15	6.80	0.044	21.43	5.64	3.54	5.45	0.75	17.82
Residência	2.72	2.42	2.16	1.41	6.91	5.40	5.24	5.69	0.044	15.71
Escola	4.12	1.43	6.19	0.88	17.42	11.28	0.40	25.06	0.26	66.88
Shopping	11.86	7.35	14.39	1.14	57.68	4.37	3.56	3.05	1.54	9.90
Restaurante	8.59	7.13	5.69	2.11	17.42	4.89	5.63	1.89	1.85	7.22

VOCs ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Indoor					Outdoor				
	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínima	Máxima	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínima	Máxima
m-p xileno										
Escritório	12.99	6.75	17.29	0.044	51.92	5.69	3.39	5.11	0.53	14.39
Residência	5.27	4.69	2.56	1.41	10.82	5.34	2.68	7.33	0.26	21.38
Escola	3.12	1.69	3.81	0.88	11.88	5.67	0.42	11.97	0.18	32.56
Shopping	14.88	13.24	14.09	1.14	43.03	3.58	3.04	2.33	0.40	7.70
Restaurante	10.93	8.67	8.81	2.11	24.55	8.89	9.86	3.83	2.95	12.76
o- xileno										
Escritório	14.54	11.55	13.44	0.044	43.56	4.61	2.49	3.40	1.01	9.37
Residência	3.89	3.41	2.59	0.97	11.04	3.48	2.99	4.26	0.044	12.54
Escola	1.67	1.65	0.44	1.01	2.55	0.99	0.37	0.96	0.26	2.51
Shopping	9.34	3.43	9.56	1.10	28.38	3.88	2.38	3.20	0.84	10.60
Restaurante	5.94	3.28	7.11	0.04	18.48	12.25	13.18	8.09	1.85	21.56

Fonte – GUO *et al.*, 2003.

Os shopping centers tiveram as maiores concentrações médias *indoor* dentre os COVs apresentados nas residências, restaurantes escolas, com exceção dos o- xilenos nos escritórios.

Em relação ao desvio padrão, os shoppings também tiveram os maiores valores para benzeno, tolueno e etilbenzeno, e, os escritórios para m, p e o- xilenos. Os shoppings apresentaram os maiores valores de concentração dentre os BTEXs. Foram observadas grandes variações de máxima e mínima destes poluentes por GUO *et al.* (2003).

Os locais analisados possuem alto fluxo de pessoas, o que sugere a exposição de um grande número de indivíduos aos compostos químicos apresentados.

Para esta pesquisa, foram selecionados os shoppings populares de Hong Kong, com alta condição de tráfego e atividades humanas, como nas praças de alimentação e decoração interna, interferindo nas concentrações de BTEX. Não foram detectadas por Guo *et al.* (2003) diferenças significativas entre dias úteis e finais de semana nas concentrações dos compostos *indoor* e *outdoor*.

Em escritórios, a localização destes estabelecimentos com o tráfego intenso e processos de fotocópias, foram potenciais contribuintes para elevação das concentrações de BTEX. A elevação da concentração de etilbenzeno, *m,p*- xileno e *o*-xileno, possivelmente está atribuída a presença das fotocopiadoras.

Em residências com fumantes, a presença de poluentes, principalmente benzeno e tolueno, é significativa se comparada a residências sem fumantes, além do ato da limpeza, podendo ser observada a presença de benzeno, tolueno e etilbenzeno.

Nas escolas, alguns fatores interferiram nas concentrações de BTEX, entre estes, a região aonde se encontram, o andar da classe de aula e o número de ocupantes neste estabelecimento, obtendo uma significativa diferença de benzeno, tolueno e isômeros de xileno.

Guo et al. (2003) sugere que as fontes *indoor* e *outdoor* compartilham das mesmas características, contribuindo para ambos.

Em relação aos restaurantes analisados por Guo et al. (2003), interferências nos processos de cozinhar, o gás deste processo, o número de ocupantes tiveram um papel importante nas concentrações de BTEX *indoor*, sendo detectada a segunda maior concentração, após os shoppings, de benzeno, tolueno e etilbenzeno. Nas cozinhas, em função da presença de gás, geralmente são encontrados tolueno e *o*-xileno.

Outro fator que contribui para a poluição do ar são as atividades realizadas na região. Em áreas residenciais, urbanas e industriais, o tráfego de veículos interfere diretamente nos poluentes do ar, além dos meios e processos de produção.

Diversas são as interferências que contribuem para a intensificação da concentração dos poluentes no ar e seus efeitos na saúde, devendo ser analisados e estudados com suas particularidades.

1.3.1 Benzeno

A história do benzeno inicia-se com a industrialização européia e as questões de saúde ocupacional.

Os primeiros efeitos prejudiciais a saúde ligados ao benzeno ocorreram em 1897 com dois relatos neste ano com os casos de anemia em mulheres que trabalhavam na fabricação de pneus de bicicleta na Suécia e um caso de hemorragia num homem empregado na lavagem a seco na França (MACHADO et al., 2003).

Com a Primeira Guerra Mundial, iniciou-se um incremento na indústria química com o uso de solventes utilizando benzeno (MACHADO et al., 2003). Com isso, no pós guerra, ocorreu a primeira recomendação de substituição do benzeno, com ondas de regulamentação do trabalho.

Em 1946, apesar do relato de casos de envenenamento por benzeno na faixa de exposição entre 10 e 35ppm, a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) recomendou um limite de exposição de 100 ppm, sendo reduzido para 50 ppm e 35 ppm posteriormente.

A OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda para exposição populacional patamares de 3 ppb, valores 330 vezes menores do que o recomendado ocupacionalmente (MACHADO et al. , 2003).

Diversas organizações consideram o benzeno como carcinogênico humano tais quais a *International Agency of Research of the Cancer* (IARC) e a *Environmental Protection Agency* (EPA) (SILVA et al., 2009). É considerada a quinta substância de maior risco, segundo as Nações Unidas de Segurança Química (MACHADO et al. , 2003).

Segundo Johnson, Langard e Lin (2007), o benzeno pode ser detectado no sangue, urina e tecido adiposo, e sua exposição a 40 anos a este poluente atmosférico, aumentam os riscos do indivíduo apresentar câncer hematológico (leucemia mielóide aguda), porém a hematotoxicidade e a carcinogenicidade do benzeno ainda não são completamente conhecidas.

A primeira rota de exposição é a inalação, as outras rotas, como a absorção dérmica e a ingestão, determinam o somatório de exposição do corpo. Cada indivíduo terá uma determinada absorção do benzeno e uma suscetibilidade genética (JOHNSON, LANGARD, LIN, 2007).

As principais fontes do benzeno são a vaporização de gasolina e a sua combustão incompleta, fumo de tabaco, refinarias de petróleo entre outros. Estima-se que 60% do benzeno do ar seja proveniente da vaporização e da queima incompleta de gasolina.

Outra fonte significativa de contribuição ao benzeno é o tabaco, sendo que os fumantes ficam expostos a 90% do benzeno e os não fumantes a 10% do que fica exposto no ambiente.

Em alimentos, ele também pode ser encontrado em ovos, peixes, vegetais, várias frutas, produtos enlatados entre outros (JOHNSON, LANGARD, LIN, 2007).

No Brasil, seu controle se deu pela resolução interministerial de 1983, aonde os ministérios da saúde e do trabalho e emprego junto aos representantes industriais, estabeleceram a redução da contaminação pelo benzeno dos produtos acabados em até 1% do seu volume, o que representa a primeira iniciativa vitoriosa de redução significativa na exposição do benzeno neste país. O foco da discussão se concentrou na questão ocupacional, sendo observados casos de leucopenia dos trabalhadores siderúrgicos iniciada na Baixada Santista (MACHADO et al., 2003).

Foi um período marcante em função da discussão da reforma sanitária brasileira sob a influência da italiana, a qual a saúde dos trabalhadores se destaca como um de seus temas centrais (BERLINGUER, 1993 apud MACHADO et al., 2003).

Segundo Machado & Moreno (1997 apud MACHADO et al., 2003), a diferença dos valores de referência tecnológicos entre a siderurgia com 2,5 ppm, e do setor químico, petroquímico e do petróleo, com 1ppm, é embasada na dificuldade de se estabelecer um padrão de controle de vazamentos devido a diferenças nas bases tecnológicas entre os setores. Segundo estimativas calculadas a partir do modelo da *Environmental Protection Agency* (U.S.EPA, 1991 apud MACHADO et al., 2003), não há proteção à saúde com esses padrões de controle mesmo com 1ppm.

A Tabela 15 apresenta a concentração individual dos padrões de exposição no caso da Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa) realizada pela Fundacentro e pela Delegacia Regional do Trabalho DRT-SP, em conjunto com o Sindicato de Metalúrgicos, sendo analisada a série histórica dos hemogramas dos leucopênicos da Cosipa, demonstrando uma incidência de 46,95% de alterações hematológicas em cinco anos de acompanhamento de 328 trabalhadores, sendo 15,85% persistentes (alterações em três ou mais exames) (COSTA, 1996 apud MACHADO et al., 2003).

Tabela 15 - Concentrações individuais de exposição risco de câncer ocupacional segundo índices de exposição atmosférica de benzeno e casos de câncer.

Indicadores	Exposição Atmosférica em ppm			
	8	4	2,5	1
Concentração individual Mg m ³	25,60	10,07	8,00	0,25
Casos de câncer	720*	48**	30**	60***
Risco	2X10 ⁻²	8X10 ⁻³	5X10 ⁻³	2X10 ⁻³

Obs: 8ppm representa o índice permitido na legislação anterior ao acordo; 4ppm representa a média observada na Companhia Siderúrgica Nacional em 1990, e 2,5 e 1ppm são os novos índices propostos como VTR para siderurgia e indústrias de processo respectivamente.

* Considerando 36.000 trabalhadores diretamente expostos

** Considerando 6.000 trabalhadores siderúrgicos expostos diretamente

*** Considerando 30.000 trabalhadores da indústria química, petroquímica e petroleira

Fonte: Machado JMH & Moreno P 1997.

Fonte – MACHADO, MORENO, 1997 apud MACHADO et al. 2003.

Com a introdução dos valores de referências tecnológicas (VRTs) de 2,5 e 1ppm e o estabelecimento de novos padrões, obteve-se a necessidade de inserção de novas formas de

controles e tecnologias adequadas a padrões mais restritos. A introdução do VRT assumiu um valor de precaução a qual não existe exposição segura para o benzeno.

Segundo Augusto (1984 apud Augusto, Novaes, 1999), em 1993 na cidade de São Paulo, iniciaram as experiências relativas a saúde dos trabalhadores em algumas regiões, com a interferência dos Sindicato dos Trabalhadores Metalúrgicos, fazendo aumentar as denúncias por intoxicação crônica ao benzeno na Indústria Siderúrgica de Cubatão. A Secretaria do Estado das Relações de Trabalho identificava este fato, construindo um sistema de informações com notificações de problemas a saúde para algumas situações de risco, investigação epidemiológica dos casos notificados, assistência médica integral aos trabalhadores.

Entre 1983 e 1995, foram afastados mais de mil trabalhadores da siderúrgica do Município de Cubatão com alterações hematológicas decorrentes da exposição ambiental e ocupacional ao benzeno, chamada de “benzenismo”, sendo esta uma síndrome complexa podendo envolver diversos órgãos e sistemas, como o sanguíneo, nervoso, imunológico, reprodutor, citogenético, endocrinológico, central e periférico (AUGUSTO, NOVAES, 1999).

Com a detecção do benzenismo, foram identificados em diversos pólos industriais do país (São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio Grande do Sul) a mesma situação, sendo intensificada as reivindicações dos trabalhadores para melhorias das condições de trabalho, reconhecendo o dano a saúde, exigindo medidas normativas, surgindo a Norma do Benzeno pelo Governo do Estado de São Paulo, tendo repercussão nacional.

Em 1994 o Ministério da Previdência Social reproduziu uma norma, quase que integralmente a Norma do Estado de São Paulo em âmbito nacional. Assim, criaram em 1995 a Comissão Permanente do Benzeno – CNP-B (FUNDACENTRO, 1995 apud AUGUSTO, NOVAES, 1999)

Em 1994 foi introduzido o benzeno (C_6H_6) como carcinogênico e a proibição de seu uso pelo Ministério de Trabalho. Inseriu-se no Anexo 13-A NR 15 da Lei 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego e foram formuladas e publicadas duas instruções normativas, IN01, que trata da avaliação ambiental, e IN 02, da vigilância em saúde (MACHADO et al., 2003).

Segundo a NR-15 Anexo 13-A, a qual visa a proteção da saúde do trabalhador a exposição ocupacional ao benzeno, comprova o benzeno como cancerígeno. Fica proibido o seu emprego, exceto para indústrias e laboratórios que o produzem, na utilização dos processos de síntese química, em combustíveis derivados de petróleo, em trabalhos de análise ou investigação realizados em laboratório quando não for possível sua substituição, o emprego de azeótropo na produção de álcool anidro, em procedimentos da Instrução

Normativa n.º 02 sobre Vigilância da Saúde dos Trabalhadores na Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno, em situações onde possam ocorrer concentrações elevadas de benzeno contribuindo para a avaliação ocupacional dos trabalhadores e em procedimentos para proteção coletiva e individual dos trabalhadores.

Para tanto, foi estabelecido para as empresas que utilizam o benzeno e não apresentam viabilidade técnica ou econômica de sua substituição, o dever de elaborar o Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno, o PPEOB, sendo este um documento técnico de consolidação das ações de controle propostas pelas empresas brasileiras (BRASIL, 1978).

1.3.2 Tolueno

Em 1940, iniciou-se a produção e o uso generalizado de solventes para fins industriais, porém, somente muitos anos depois vieram à tona os problemas ocupacionais relacionados a essas substâncias (FORSTER, TANNHAUSER, TANNHAUSER, 1994).

Em 1984, aproximadamente 49 milhões de toneladas de solventes industriais foram produzidos nos Estados Unidos. Chegaram a existir em torno de 10 milhões de trabalhadores expostos a solventes orgânicos nas indústrias num período de um ano (FORSTER, TANNHAUSER, TANNHAUSER, 1994).

No caso do tolueno, as mortes eram principalmente causadas por acidentes e não pelos efeitos tóxicos diretos (FORSTER, TANNHAUSER, TANNHAUSER, 1994).

O tolueno ou metilbenzeno é um hidrocarboneto aromático, incolor e de odor característico, geralmente associado a outras substâncias. Pode ser encontrado em tintas acrílicas, adesivos, “thinners”, graxas de sapato (Mota, Santos, Lima, 2009), colas, gasolinas, solventes, agentes de limpeza, utilizado como produto químico “iniciador” na síntese de outros produtos químicos orgânicos, tais como o uretano, poliuretano e benzeno. Está naturalmente presente no óleo cru e é produzido através do refinamento de petróleo como subproduto da produção de estireno, sendo que grande parte de sua introdução no ambiente anualmente é através do uso da gasolina e da produção e processos de refinamento de petróleo (FORSTER, TANNHAUSER, TANNHAUSER, 1994).

Sua fórmula é $C_6H_5CH_3$ e possui peso molecular de 92,15, tendo como produtos metabólicos o cresol e o metabólito intermediário benzaldeído, metabolizado a ácido benzóico

o qual se conjuga com a glicina formando o ácido hipúrico, excretado pelos humanos na urina 12 horas após a exposição (FORSTER, TANNHAUSER, TANNHAUSER, 1994).

Atua como um depressor do sistema nervoso central (SNC), mas seu mecanismo de ação ainda não é bem conhecido. Provoca uma fase inicial de excitação seguida de depressão leve à intensa, semelhante ao que ocorre com o álcool (Forster, Tannhauser, Tannhauser, 1994). Possibilita alterações nos pulmões, fígado, rins, urina, sangue, intestino, cérebro, no sistema esquelético e na densidade óssea, no cérebro, no sistema nervoso central e periférico, nos olhos e na orelha interna, sendo um agente químico neurotóxico causador de neuropatias periféricas, além de provocar ressecamentos, fissuras e dermatites quando em contato prolongado com a pele (MOTA, SANTOS, LIMA, 2009).

Ao ser inalado, dependendo da severidade e da duração de exposição do indivíduo, pode causar irritação nos olhos e gargantas, falta de coordenação, cefaléia, confusão, tonturas e sensação de intoxicação.

Nas exposições crônicas são observados distúrbios neuropsíquicos, com depressão, confusão mental, encefalopatia progressiva e irreversível, ataxia cerebelar, sendo o principal efeito no sistema nervoso central, acarretando a uma ação depressora.

O tolueno também causa danos auditivos por produtos ototóxicos, detectados principalmente pela exposição de trabalhadores, lesionando as células ciliadas externas da terceira para a primeira fileira (MOTA, SANTOS, LIMA, 2009).

A ototoxicidade é conhecida desde o século XIX através da publicação, contextualizando que certas drogas como o quinino e o ácido salicílico poderiam produzir mudança temporária no limiar auditivo bem como tonteiras e zumbidos. Porém, só foi reconhecida como um problema médico nos anos 40 (século XX), quando foi verificada a lesão permanente do órgão vestibular e coclear em vários pacientes tratados com estreptomicina, medicamento utilizado na terapêutica da tuberculose (MOTA, SANTOS, LIMA, 2009).

Segundo Mota, Santos e Lima (2009) o prejuízo auditivo é mascarado principalmente em função das detecções de exposição dos trabalhadores por ruídos, sendo pequena a valorização da perda auditiva induzida por químicos poder progredir mesmo após o término da exposição ao agente químico, o que não é observado em relação ao ruído. São poucos os estudos de investigação das propriedades ototóxicas de produtos químicos industriais, dentre eles os solventes orgânicos são os agentes ototóxicos ocupacionais mais estudados, em especial: tolueno, xileno, estireno, n-Hexano, dissulfeto de carbono e tricloroetileno.

Aproximadamente 50% dos solventes são utilizados na fabricação de vernizes, tintas, colas, cosméticos; 20% na fabricação de sapatos; 10% nas indústrias de agrotóxicos e 10% são usados na limpeza de metais, lavagem a seco, indústria têxtil e farmacêutica. Também são utilizados como matéria prima na fabricação de plásticos e na indústria de combustíveis.

A principal exposição humana ocorre a partir do uso ocupacional, no ambiente doméstico, através da inalação e da exposição ambiental (Forster, Tannhauser, Tannhauser, 1994). Esta exposição é representada pelo período em que o indivíduo está sujeito aos diversos componentes ambientais através das diversas vias possíveis de absorção da substância tóxica pelo organismo, como: respiratória, cutânea, digestiva e placentária. No caso dos solventes orgânicos ototóxicos, a absorção ocorre pela via respiratória e/ou cutânea, sua ocorrência nos ambientes de trabalho se dá através da absorção predominantemente pela via respiratória. A suscetibilidade particular de cada indivíduo é um fator relevante, aonde, a exposição de uma pessoa a uma substância química não significa que necessariamente desenvolverá uma intoxicação (MOTA, SANTOS, LIMA, 2009).

Dentre os BTEX, este composto é um dos encontrados em maior concentração (PICELLI, 2005).

1.3.3 Etilbenzeno

O etilbenzeno é encontrado nas misturas complexas como nos “tíneres”, na gasolina automotiva e de aviação. Pode representar uma parcela importante de solventes no uso industrial como o xileno, que pode conter 20% de etilbenzeno.

Na forma líquida é incolor e de odor aromático, naturalmente encontrado no petróleo. É empregado como solvente, na indústria de plástico e borracha, sendo a principal matéria prima na produção de estireno, além de divinilbenzeno, acetofenona e acetato de celulose, Henderson, 2005 apud Graciani, 2009, é usado, em solventes de pintura, nas indústrias químicas e em solventes em geral (HENDERSON et al., 2007).

É pelas vias respiratórias e dérmicas que ocorrem as principais absorções, sendo a primeira a mais importante via no ambiente ocupacional. Possui rápida volatilização, ficando retido 56% a 64%.

A principal exposição humana é através de atividades ocupacionais na indústria química, além de estar distribuída a níveis muito baixos no ambiente através das emissões

industriais, de veículo motorizado, do fumo de cigarro, alimento e em outros produtos de consumo (HENDERSON et al., 2007).

Pode causar ações irritantes neurossensoriais e depressoras do sistema nervoso central, sendo proposto um limite de exposição ocupacional de 100ppm ($434 \mu\text{g m}^{-3}$) para a média ponderada de tempo e 125ppm ($543 \mu\text{g m}^{-3}$) para exposição de curta duração, buscando minimizar os potenciais riscos a saúde humana (ACGIH, 2006 apud GRACIANI, 2009). Segundo Graciani (2009), a toxicidade aguda e crônica do etilbenzeno é baixa em humanos e animais.

Para Henderson (2005 apud FARIAS, 2007), o etilbenzeno pode ser biotransformado por oxidação em ácidos mandélico e fenilglioxílico, sendo excretados pela urina o correspondente a 64% e 25% da dose absorvida. O ácido mandélico e o etilbenzeno no ar exalado podem ser usados como indicadores biológicos da exposição ocupacional a este composto químico.

Vários são os estudos sobre etilbenzeno, porém pouco se sabe sobre os efeitos a saúde humana e dos animais.

1.3.4 Xileno

Xileno ou dimetilbenzeno é um hidrocarboneto existente em três formas orto, meta e para- xileno. É utilizado na indústria química, em fármacos, plásticos, em fibras sintéticas e tem usos extensivos como um diluidor de solvente e de pintura (ADAMS et al., 2005).

É incorporado ao corpo pela inalação, sendo encaminhado para o pulmão nos alvéolo, difunde-se ao sangue e são transportados por todo o corpo pelo sistema circulatório e distribuído entre os tecidos do corpo (Sato, 1988 apud Adams et al., 2005), como os tecidos gordurosos e altamente vascularizada, exemplo do cérebro, fígado e rins. São excretados principalmente pela urina (CAUBET, ORTIZ, PEREDO, 2010).

A intoxicação por xileno causa depressão no sistema nervoso central, distúrbios na coordenação manual, irritação dos olhos e das vias aéreas (Adams et al, 2005). Já a exposição aguda a altas concentrações pode causar parestesia, distúrbios visuais, coma, arritmia cardíaca, edema pulmonar, acidose metabólica e alterações dos eletrólitos como hipocalcemia e hipofosfatemia (CAUBET, ORTIZ, PEREDO, 2010).

A exposição ocupacional de indivíduos foi associada com depressão, fadiga, dor de cabeça, ansiedade, sentimento da embriaguez, desordem de sono, além de anemia, leucopenia,

anomalias do electrocardiograma, dispnêia, e cianose (LANGMAN, 1994 apud ADAMS et al., 2005).

1.4 Poluição *Indoor*

Fração da população mundial vive em modernas habitações, trabalham em edifícios em seus escritórios, realizam atividades em suas instalações, constroem um conforto nestes estabelecimentos muito além das necessidades básicas dos abrigos, se comparado ao início da civilização (Zhang, Smith, 2003). Muitos indivíduos passam 90% de seu tempo nestes recintos fechados (GODOI et al., 2009).

Em função da escassez de energia ocorrida na década de 70 e das características dos novos estabelecimentos construídos pelo homem, estes locais foram selados de forma a racionalizar a mesma, causando prejuízos da qualidade do ar *indoor* (QAI). Com isso, ocorreu a pouca troca do ar *indoor/ outdoor*, somada a diversos produtos como forração, acabamento e mobiliário, contendo vários tipos de substâncias químicas, passando a intensificar os níveis de poluentes, gerando um aumento significativo de queixas relacionados a qualidade do ar em ambientes fechados, principalmente em países localizados em clima frio.

Segundo Zhang e Smith (2003), nestas regiões, há o aquecimento das habitações, muitas vezes com a utilização da queima de carvão, principalmente durante os meses de inverno, dispendo de alterações da qualidade do ar *indoor*. Episódios como este foram detectados no inverno de 1952 em Londres, acarretando a mortes. Partindo destes e de outros episódios, a legislação proibiu o uso doméstico de carvão em muitas cidades.

No Brasil, em função de suas características climáticas, as casas permanecem com as janelas abertas praticamente o dia inteiro (exceto quando chove ou quando possuem sistema de climatização artificial), durante todos os meses do ano, permitindo uma ventilação relativamente melhor. O ar dentro das residências que permanecem com as janelas abertas tende a igualar-se ao ar livre (DUCIADE, 1992).

Outro fator motivador de alterações na qualidade do ar são as estações do ano, isso porque no inverno os estabelecimentos permanecem mais tempo fechados, com pouca troca de ar interno/ externo, assim apresentados por Missia et al. (2010) na Figura 10.

Concentração de COV $\mu\text{g m}^{-3}$

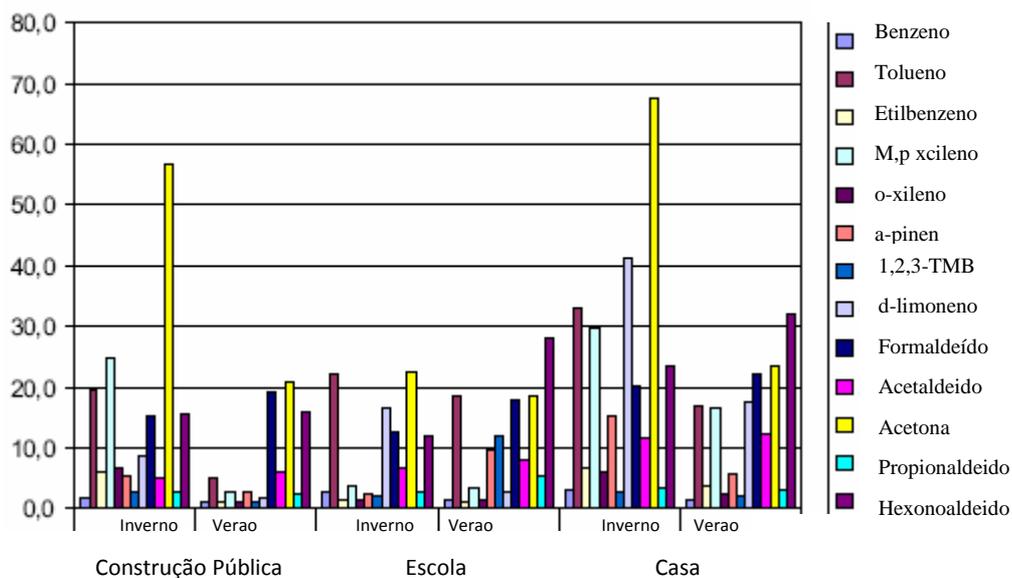


Figura 10 - Concentrações de COVs *indoor* em três estabelecimentos nas estações de inverno e verão.

Fonte - Missia et al., 2010, p.4393.

Nesta análise, pode-se observar os compostos químicos do ar *indoor* em diferentes estabelecimentos no inverno e verão, demonstrando a interferência que as estações e os comportamentos humanos tem em relação a qualidade do ar no interior dos estabelecimentos.

No Brasil, os primeiros trabalhos de QAI foram iniciados em 1992, através de uma colaboração entre o Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (LADETEC) da Universidade Federal do Rio de Janeiro e o Laboratório de Aerossóis e Gases Atmosféricos (LAGA) do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (o qual encerrou suas atividades em 1995).

Em 1995, foi criada a Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e Controle da Qualidade do Ar de Interiores – BRASINDOOR (www.brasindoor.com.br), e, em 1997, o laboratório de toxicologia da CESTEHE-ENSP-FIOCRUZ/RJ com um programa da qualidade do ar de interiores (GIODA, AQUINO NETO, 2003).

Em função das novas tendências mundiais, foram detectadas ventilações inadequadas e fontes de poluição nos ambientes interiores, além de relatos de casos de intoxicação, alergias, asma e diversas doenças respiratórias (ZHANG, SMITH, 2003).

Os sintomas de obstrução nasal, desidratação e irritação da pele, irritação e secura na garganta e nas membranas dos olhos, dor de cabeça, letargia e cansaço generalizado levando à perda de concentração, vinculados a qualidade do ar, passaram a ser mais estudados, gerando uma nova ciência.

Posteriormente, com a detecção de diversos sintomas associados a má qualidade do ar no interior dos estabelecimentos, criou-se a chamada “Síndrome dos Edifícios Doentes” (SED), reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) desde o início da década de 80 (GIODA, AQUINO NETO, 2003).

Em virtude desta má qualidade do ar *indoor*, foram estudadas as possíveis fontes de poluição apresentadas na Tabela 16, sendo detectados materiais utilizados na construção, decoração, mobiliário e produtos de consumo, como exemplo cita-se o amianto amplamente utilizado como material de isolamento em edifícios construídos antes de meados de 1970, quando seu uso foi proibido nos EUA e em muitos outros países. Estes edifícios também podem conter tintas à base de chumbo. Por isso, é importante proteger os trabalhadores e os ocupantes de exposição às fibras de amianto (ZHANG, SMITH, 2003).

Tabela 16 - Os principais poluentes prejudiciais à saúde gerados a partir de fontes internas.

Poluentes	Maiores fontes <i>indoor</i>
Partículas finas	Tabaco, combustível, limpeza e atividades de cozinhar
Monóxido de carbono	Tabaco e combustível
Hidrocarboneto policíclico aromático	Tabaco, combustível e atividades de cozinhar
Óxido de nitrogênio	Combustível
Óxido de enxofre	Carvão
Arsênio e flúor	Carvão
Compostos orgânicos voláteis e semivoláteis	Tabaco, produtos de consumo mobiliário, materiais de construção e atividades de cozinhar
Aldeídos	Mobiliário, materiais de construção e atividades de cozinhar
Pesticidas	Produtos de consumo e poeira proveniente do ar exterior
Asbestos	Demolições e materiais de construção
Chumbo	Demolições e pinturas
Poluentes biológicos	Áreas úmidas, sistemas de ventilação e mobiliários

Poluentes	Maiores fontes <i>indoor</i>
Radônio	Materiais de construção
Radicais livres e outros de curta duração, altamente reativos	Produtos químicos <i>indoor</i>

Fonte – Adaptação de ZHANG, SMITH, 2003.

Algumas destas fontes podem ser observadas na Figura 11.

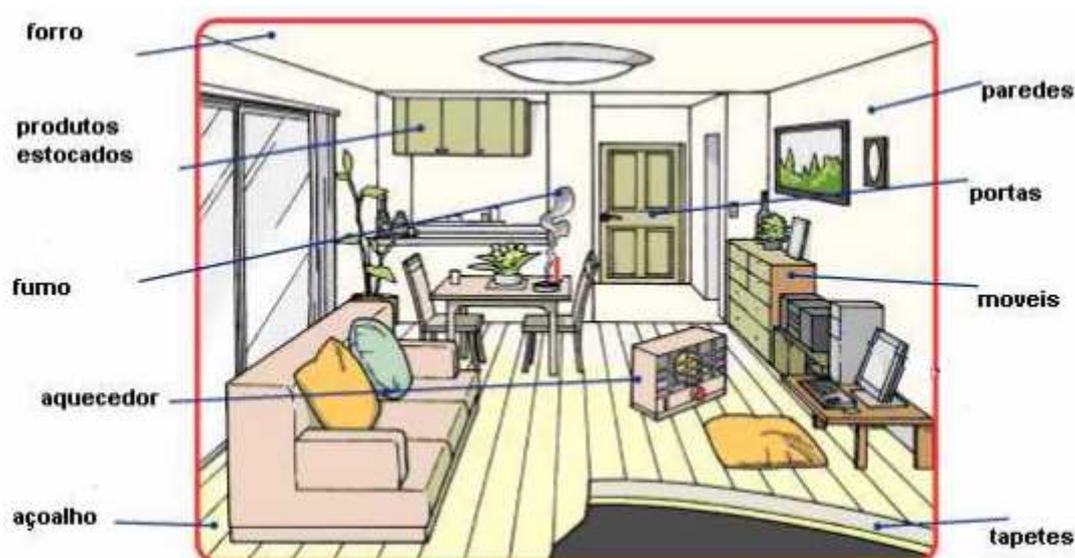


Figura 11 - Fontes de emissão *indoor* de poluentes encontrados no ar em uma residência

Fonte- Adaptação de SODRÉ, 2006, p.21.

O tabaco é um grande colaborador para a poluição *indoor* e para a exposição a riscos a doenças como asma e câncer, Zhang e Smith (2003), além de pesticidas e solventes empregados para limpeza, asbestos utilizados para isolamento contra incêndios etc. (DUCHIADE, 1992).

São encontrados contaminantes inorgânicos como, CO₂, CO, SO₂, NO₂, O₃, HCl e HNO₃, radônio, além dos contaminantes orgânicos voláteis e semivoláteis, mencionados anteriormente, muitos são mutagênicos e carcinogênicos como o benzeno, estireno, tricloroetano, tricloroetileno, diclorobenzeno, Zhang e Smith (2003), tolueno, xileno, formaldeído, acetaldeído (MISSIA et al., 2010).

Algumas agências ambientais como a *Health Canadá* e *US Environmental Protection Agency*, indicam que os níveis de poluentes *indoor* sejam maiores que *outdoor* (Godoi et al, 2009), o que prova a necessidade de maiores estudos, análises, controle, fiscalização e legislação para a melhora da QAI.

Segundo estudos de Missia et al. (2010), a concentração de COVs, como o de aldeídos, pode estar 2 a 10 vezes maior *indoor* do que *outdoor*, devido aos materiais de construção, madeira, compensado, pisos, adesivos, tintas e vernizes.

Os vernizes a base de óleo utilizados *indoor* são grandes colaboradores para a emissão de COVs como: etilbenzeno, *m,p*-xileno, *o*-xileno e formaldeído (MISSIA et al., 2010).

No Brasil, é permitida a alta exposição de certas substâncias em função de padrões permissíveis ou completa ausência destes. Esses padrões embora sigam a ACGIH, não são atualizados (GIODA, AQUINO NETO, 2003).

Com exceção do benzeno, os demais permanecem com os mesmos valores desde a criação da norma. Além disso, vários compostos carcinogênicos não são regulamentados no Brasil. Como a maioria dos compostos não foram submetidos a todos os testes de toxidez necessários é possível que, tanto no setor industrial quanto em ambientes interiores, estejamos expostos a uma carga mais elevada de poluentes do que seria recomendável. (GIODA, AQUINO NETO, 2003, p.360)

Fica claro que os riscos a saúde associados a poluição do ar *indoor* não recebem a devida atenção. Os setores de construção, como os designers das construções e os profissionais da saúde devem estar preparados com estes conhecimentos, assim como para os diagnósticos de prejuízo a saúde vinculados a QAI (ZHANG, SMITH, 2003).

1.4.1 Poluição do ar no interior de edifícios

O termo Síndrome do Edifício Doente (SED) é utilizado para descrever situações nas quais os ocupantes de um determinado edifício experimentam efeitos adversos à saúde e ao conforto. Esses efeitos parecem estar vinculados ao tempo de permanência no edifício, mas nenhuma doença específica, ou causa, pode ser identificada. As reclamações podem estar localizadas em uma determinada área ou sala, ou podem estar disseminadas por todo o edifício. (STRAUZS, 2001, p.26)

A SED existe quando mais de 20% dos seus ocupantes apresentam sintomas de alergias respiratórias com irritação e obstrução nasal, irritação e secura na garganta, cefaléia, irritação e sensação de secura ocular, manifestações dermatológicas como desidratação e irritação da pele, ocasionalmente associado com rachadura na superfície da pele exposta ao ambiente, dores articulares, letargia, fadiga, sonolência, dificuldade de concentração ou sensibilidade a odores, sendo que estes sintomas desaparecem ou são minimizados quando evita-se a exposição dos susceptíveis à poluentes ambientais, sem qualquer alteração das demais variáveis causais. As manifestações alérgicas são bastante frequentes e uma característica dos indicadores dos efeitos é a marcante variação da sensibilidade entre pessoas, sendo relativizada a relevância da exposição quantitativa, quando em níveis aceitáveis, sendo sua importância reforçada quando em patamares elevados. (STRAUZS, 2001, p.26)

Normalmente, esses sintomas aumentam durante a permanência no prédio, durante o horário de trabalho e diminuem rapidamente ao sair do prédio para o almoço e ao retornar para casa. A maioria dos sintomas, com exceção dos cutâneos, melhora nos fins de semana e desaparece completamente nas férias. (STRAUZS, 2001, p.26)

Simples atividades humanas alteram o ar em ambientes internos, tais quais cozinhar e fazer a limpeza da área. Estas atividades aumentam certos poluentes no ambiente *indoor*, além de alterar a umidade e a temperatura nestas áreas (PEPPER, GERBA, BRUSSEAU, 2006).

Muitas doenças são mais propensas nos meses de inverno, quando as pessoas permanecem em ambiente *indoor* por mais tempo. Além disso, algumas características destes ambientes nesta estação são alteradas, como a temperatura, umidade, redução de ventilação, aumentando substancialmente a exposição do homem a poluentes biológicos e químicos (PEPPER, GERBA, BRUSSEAU, 2006).

Com as inovações da construção de edificações, o tipo de estruturação de habitação e do local de trabalho, suscitaram a interferência na saúde humana através do grande volume de ar retido nesses ambientes.

Com a necessidade de sucção do ar externo, aquecimento, resfriamento, distribuição e eliminação deste, gerou-se a necessidade de altos investimentos para os equipamentos e estruturas que obtinham o foco de prevenir a entrada de poluição externa, sendo reduzida a atenção relativa a poluição interna (STERLING, COLLETT, RUMEL, 1991).

No entanto esses ambientes climatizados artificialmente, muito com pouca ventilação e manutenção de aparelhagem pertinente, tem atribuído ao ambiente de trabalho a má qualidade do ar *indoor*, causando desconforto nesses indivíduos e queixas de mau estar (FRANKLIN, 2006).

Nestes sistemas de climatização, o ar insuflado é geralmente constituído de uma mistura de ar, retirado do ambiente e reciclado com o ar novo tomado do exterior, afim de se garantir a renovação permanente do ar ambiente. Esta renovação atua com a retirada do ar ambiente com a parcela do ar que não é reciclado, ocorrendo a diluição do ar remanescente pelo novo através da diluição da concentração dos poluentes remanescente. O ar suprido ao ambiente passa por filtros, cuja eficiência de filtragem é determinada pelo tipo e grau de poluição esperada e pelo nível de qualidade desejada para o sistema (TEIXEIRA et al., 2005).

Quando ocorre um mau dimensionamento do ar condicionado central, dos filtros de ar e da manutenção do sistema, resultará em um ar não renovado suficientemente, contribuindo para o aumento da concentração de poluentes químicos e biológicos do ar interno, devido a baixa renovação do mesmo (TEIXEIRA et al., 2005).

Além destes agravantes, um ambiente com uma circulação de ar reduzida e com uma grande quantidade de indivíduos, pode resultar em manifestações variadas como surtos de doenças, como a presença de *Legionella pneumophila* resultando em doenças dos legionários, uma pneumonia com taxa de fatalidade de 10 a 15 %, ou febre de Pontiac, uma doença mais suave parecida com a gripe (TEIXEIRA et al., 2005).

A pneumonite por hipersensibilidade e a febre do umidificador, podem coexistir e resultarem de respostas imunológicas semelhantes a fungos, bactérias ou protozoários contaminadores do sistema de umidificação ou de ventilação do edifício. São comuns os casos de alergias relacionados a recintos fechados, devido a exposição de ácaros (TEIXEIRA et al., 2005).

Dermatites, conjuntivite e sintomas do trato respiratório podem ser respostas a irritações devido a agentes alergênicos ou não (TEIXEIRA et al., 2005).

Fibras de vidro sintéticas podem propiciar coceiras na pele, ardência nos olhos, irritação na garganta e tosse. Já a fumaça de cigarro pode causar dores de cabeça e tonteados. Resinas de formaldeído são comumente encontradas, utilizadas em móveis de madeira e cola para fixar tapetes em prédios comerciais e administrativos (STERLING, COLLETT, RUMEL, 1991).

Dependendo do tipo de edificação, das atividades e dos processos realizados, possibilitará a exposição do individuo a determinadas doenças. A Tabela 17 apresenta diferentes tipos de doenças relacionadas aos diferentes tipos de edificações, assim como as possíveis fontes de contaminações.

Tabela 17 - Principais doenças específicas relacionadas a edificações.

DOENÇA	TIPO DE EDIFICAÇÃO	FONTE EM AMBIENTE INTERNO
Infecções		
Doença do legionário e febre de Pontiac	Grandes edifícios (escritórios, hospitais e hotéis)	Refrigerador, ar condicionado ou umidificador
Doença semelhante a gripe ou resfriado comum.	Edifícios comerciais	Fonte humana
Tuberculose	Edifícios comerciais	Fonte humana.
Imunológicos		
Pneumonite hipersensível e febre	Edifícios comerciais e fábricas	Umidificador, ar condicionado e unidade de ventilação.
Alérgicos		
Dermatite, rinite e asma.	Edifícios comerciais e fábricas	Poeira superficial, carpetes, roupas e umidificador
Rinite		
Urticária, edema de laringe	Edifícios comerciais	Papéis de cópia sem carbono
Irritação		
Dermatite, irritação do trato respiratório	Edifícios comerciais	Placas do teto, fumaça de tabaco, descarga de veículos

Fonte - TEIXEIRA et al., 2005.

A maioria destas edificações possuem sistema de climatização artificial, onde as principais fontes de contaminação para estes ambientes estão apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18- Principais fontes *indoor* de contaminados em ambientes climatizados e seu percentual.

Percentagem no Ar Interior	Fonte
52%	Ventilação inadequada.
11%	Contaminação exterior (qualidade do ar, veículos, emissões industriais etc).
5%	Contaminação microbológica.
3%	Material de construção.
12%	Causas desconhecidas.

Fonte - FRANKLIN, 2006.

Verificou-se que o maior vilão da qualidade do ar em ambientes climatizados é a má ventilação, sendo observada a dispersão de poluentes químicos e a presença de microorganismos, encontrando condições favoráveis a sua propagação como alguns tipos de fungos (*Aspergillus sp*, *Neurospora sp* e *Penicillium sp*), bactérias (*Pseudomonas* e *Staphylococcus*), príons, algas, protozoários, helmintos, artrópodes, plantas, e vírus como a gripe, se adaptam melhor a ambientes secos, o que se nota que o mau controle e manutenção dos sistemas de climatização podem interferir diretamente para a saúde humana e dos organismos presentes nestes ambientes (FRANKLIN, 2006).

Na Tabela 19 são apresentadas as principais fontes de agentes biológicos e químicos em ambientes *indoor*.

Tabela 19 - Agentes biológicos e químicos com suas possíveis fontes em ambiente *indoor*

Agente Biológico	Principais Fontes em Ambiente <i>Indoor</i>
Bactérias	Reservatório com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumidificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar e superfícies úmidas e quentes.
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes, isolamentos úmidos, ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terra com planta
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção
Vírus	Hospedeiro humano
Algas	Torres de resfriamento e bandejas de condensado
Pólen	Ar externo
Animais	Roedores, morcegos e aves

Agente Químico	Principais Fontes em Ambiente <i>Indoor</i>
CO	Combustão (cigarro, queimadores de fogões e veículos motorizados)
CO ₂	Produtos de metabolismo humano e combustão
NO ₂	Combustão
O ₃	Máquinas copiadoras e impressoras a laser
Formaldeído	Materiais de acabamento. Mobiliário, cola, produtos de limpeza
Material particulado	Poeiras e fibras
Fumo de tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo.
Compostos orgânicos voláteis (COVs)	Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza, solventes, materiais de revestimento, tinta, cola etc
Compostos orgânicos semi-voláteis (COS-V)	Queima de combustíveis e utilização de pesticidas

Fonte – Adaptação de TEIXEIRA et al., 2005.

Compostos orgânicos voláteis são comumente encontrados nestes ambientes por estarem presentes em substâncias utilizadas para a limpeza, pintura, materiais associados a própria edificação e os carpetes. Diversos poluentes persistem neste ambiente por bastante tempo (PEPPER, GERBA, BRUSSEAU, 2006).

Estudos realizados por Strauzs (2001) na biblioteca central de manguinhos no Rio de Janeiro em 1997, detectaram a ineficácia do sistema de controle do ar condicionado, decorrente de manutenção e operação inadequadas. Foram verificadas a qualidade do ar, apresentados na Tabela 20, a exposição a fungos e baixas temperaturas com as queixas (respiratórias e dermatológicas) apresentadas pelos trabalhadores.

Tabela 20 - Contaminação química ($\mu\text{g m}^3$) na biblioteca de Manguinhos nos meses de janeiro, junho e setembro de 1997

	BM-4			BM-5			BM-6			BM-2			BM-1			BM-3		
	I	E	I/E	I	E	I/E	I	E	I/E	I	E	I/E	I	E	I/E	I	E	I/E
PTS																		
Janeiro	67,7	33,4	2,0	77,5	24,5	3,2	55,3	ND	NA	123,7	45,2	2,7	150,1	ND	NA	83,8	23,6	3,5
Junho	46,9	28,9	1,6	35,2	27,5	1,3	64,3	ND	NA	84,4	36,7	2,3	90,7	ND	NA	45,3	25,7	1,8
Setembro	51,5	40,3	1,3	43,8	33,4	1,3	45,7	ND	NA	69,3	41,9	1,6	104,7	ND	NA	50,8	37,5	1,3
BTX																		
Janeiro	7,7	2,7	2,8	6,1	4,9	1,2	10,7	ND	NA	13,8	5,9	2,3	8,4	ND	NA	5,1	6,1	0,8
Junho	10,7	6,6	1,6	8,6	10,5	0,8	15,3	ND	NA	20,2	9,1	2,2	14,7	ND	NA	7,8	7,5	1,0
Setembro	11,6	7,1	1,6	8,2	12,2	0,7	18,7	ND	NA	21,9	10,7	2,0	11,8	ND	NA	9,2	8,9	1,0
COVT																		
Janeiro	60,7	22,0	2,8	100,1	45,9	2,2	157,8	ND	NA	90,7	70,6	1,3	194,0	ND	NA	134,8	73,2	1,8
Junho	127,1	45,7	2,8	145,7	50,9	2,9	212,8	ND	NA	134,7	58,3	2,3	267,3	ND	NA	90,3	63,8	1,4
Setembro	152,7	68,0	2,2	138,9	60,4	2,3	267,8	ND	NA	115,3	71,4	1,6	227,4	ND	NA	111,5	67,5	1,7
Formaldeído																		
Janeiro	8,2	3,8	2,1	9,3	5,1	1,8	19,4	ND	NA	10,4	9,6	1,1	9,4	ND	NA	15,7	7,9	2,0
Junho	12,3	5,5	2,2	9,5	7,3	1,3	23,6	ND	NA	18,4	13,1	1,4	16,1	ND	NA	15,5	9,6	1,6
Setembro	15,1	4,8	3,1	11,8	5,3	2,2	20,9	ND	NA	16,8	8,8	1,9	19,5	ND	NA	21,7	7,5	2,9
Acetaldeído																		
Janeiro	6,3	5,3	1,2	5,7	5,2	1,1	10,9	ND	NA	8,5	4,6	1,8	7,7	ND	NA	11,0	5,1	2,2
Junho	17,5	7,3	2,4	15,1	8,7	1,7	16,9	ND	NA	23,8	7,7	3,1	17,0	ND	NA	18,4	8,8	2,1
Setembro	25,7	6,6	3,9	20,1	7,4	2,7	31,8	ND	NA	18,3	8,4	2,2	28,6	ND	NA	20,6	8,2	2,5

ABREVIACÕES: BM-1: Saguo da recepo; BM-2: sala de leitura de periódicos; BM-3: sala de referência; BM-4: armazém A; BM-5: armazém B e BM-6: sala de informática. I: interno; E: externo; I/E: interno/externo; PTS: partículas totais em suspensão; BTX: benzeno, tolueno e xileno; COVT: Compostos orgânicos voláteis totais; ND: não detectado; NA: não aplicável

Fonte – STRAUSZ, 2001.

A maioria dos contaminantes *indoor* apresentaram-se em maiores concentraes do que os *outdoor* nos meses de janeiro, junho e setembro.

Foram relatados casos de desconforto, sintomas de problemas respiratórios e afastamento do trabalho, sendo detectada a presença de *Aspergillus* e *Penicillium*, além de outros fungos de baixa patogenicidade, podendo causar processos alérgicos respiratórios e/ou dermatológicos. Este caso foi caracterizado como “ Síndrome do Edifício Doente”.

Após este episódio, foram realizados processos de limpeza no local (Figura 12), além de aerao natural do ambiente, com a abertura de portas e janelas e a interdio da biblioteca ao público em geral, e a restrio da circulao de funcionários nas áreas contaminadas.



Figura 12 - Limpeza por aspiração do acervo e ambiente da Biblioteca Central de Manguinhos.

Fonte – STRAUZS, 2001, p.44.

Segundo Tong e Wilson (1990) apud Grandi, Guimarães (2004) a SED é causada por fatores considerados de risco que contribuem para o desenvolvimento desta síndrome, divididos em quatro categorias:

Fatores pessoais, como: estresse, falta de controle sobre o ambiente, trabalho estático e repetitivo. Entre eles pode-se destacar que, os funcionários que possuem uma rotina de trabalho sedentário são mais sensíveis as condições ambientais, porque eles tenderão a questionar mais sobre isso e aceitarão menos as condições desconfortáveis do que os funcionários que executam atividades mais dinâmicas.

Fatores físicos e ambientais, por exemplo: ar interior com baixa qualidade, iluminação, temperatura e ruído. Uma causa geralmente sugerida é a presença de gases poluentes no ar. É possível que uma série de poluentes diferentes possam causar desconforto pela criação de odores, antes que por ter efeitos tóxicos. É, também, possível considerar que as pessoas estão reagindo ao “coquetel” de substâncias químicas, a que estão expostas, cada uma das quais em concentrações abaixo do limite de tolerância.

Fatores de projeto, entre eles: baixo pé-direito, grandes áreas de planta livre, falta de luz natural, projeto luminotécnico de baixa qualidade. As decisões tomadas na fase do projeto arquitetônico podem atuar de maneira crucial na presença ou não da SED, tanto no que diz respeito ao projeto do edifício, do layout interno e dos chamados projetos complementares (projeto de iluminação, projeto do sistema de ar condicionado...).

Fatores organizacionais, como: gerenciamento e manutenção de baixa qualidade, elevados graus de mudanças e incertezas. Entre eles, a manutenção é indispensável para o bom funcionamento do prédio. É responsabilidade da gerência assegurar-se que os funcionários da manutenção são capacitados apropriadamente e que os sistemas funcionem de maneira eficiente e organizada.
(TONG, WILSON, 1990 apud GRANDI, GUIMARÃES, 2004, p. 2).

No Brasil são poucos os registros e estudos relacionando QAI e “Síndrome dos Edifícios Doentes” (SED), em função das características do país. No entanto, com as tendências atuais de se selar as edificações devido a vários fatores como estética, climatização e diminuição do ruído, é provável que se intensifique o número de casos de SED no país, acarretando numa maior necessidade de estudos nesta área (GIODA, AQUINO, 2003).

1.4.2 Poluição do ar e Exercício

Os exercícios físicos ou corporais tem vindo a adquirir uma crescente viabilidade na vida social da sociedade urbana contemporânea com o conceito de “estilo de vida saudável”, surgindo uma valorização estético- corporal (FREITAS, 2008).

O bem estar físico, mental e espiritual, como a “filosofia de bem estar”, é baseada no desejo de uma vida mais sã e serena, permitindo ultrapassar os estresses diários e suas fontes de preocupações (FREITAS, 2008).

O exercício físico, mental e corporal está associado ao conceito de ginástica, referenciado a destreza, agilidade física, postura e robustez corporal (FREITAS, 2008).

Segundo Freitas (2008), o termo “ginástica” tem sua origem grega *Gymnastiké*, com significado da arte ou ato de exercitar o corpo para fortificá-lo e dar-lhe agilidade. Na Encyclopédia Potuguesa e Brasileira esse conceito é “uma forma ou modalidade de educação física, uma maneira de formar fisicamente o corpo humano”, já para a ciência “ginástica é o exercício metódico dos órgãos no seu conjunto por intermédio de exercícios corporais, de forma determinada e ordenada sistematicamente, solicitando não só todas as partes do corpo como as funções orgânicas vitais e sistemas anatômicos como o respiratório, circulatório, nutrição (assimilação e desassimilação), o nervoso, órgãos de secreção interna etc.

A ginástica surgiu na pré-história, estaciona na Idade Média, fundamenta-se na Idade Moderna, se sistematizando na Idade Contemporânea. A prática de exercícios físicos é comprovada através da iconografia com atividades físicas e musculares com o aperfeiçoamento de determinadas capacidades físicas, constantemente no dia a dia (FREITAS, 2008).

Ao longo do tempo, as atividades foram evoluindo e o culto ao corpo perfeito foi traduzido em portes atléticos, trazendo o exercício físico numa vertente educação corporal, principalmente em Atenas, nos jogos olímpicos, assumindo um papel importante.

Nas sociedades romanas o exercício físico teve a finalidade militar, mas também se praticavam atividades desportivas como as corridas e lutas (Figura 13). Os locais de realização dessas atividades chamavam-se de circo ou estádio, popularizando estas atividades (FREITAS, 2008).



Figura 13 - Atividades físicas de lutas romanas.

Fonte – FREITAS, 2008, p.11.

Nas sociedades medievais, os nobres iniciavam as práticas desportivas através da esgrima e equitação, implicando na destreza física, além de os habilitar como guerreiros (FREITAS, 2008).

Atualmente, o conceito de ginástica está enquadrado em diversas modalidades, integrando atividades desportivas e de âmbito competitivo, atividades ligadas ao bem estar físico e emocional, no âmbito terapêutico, corretivo, de relaxamento, e, de recriação, por finalidades lúdicas (FREITAS, 2008).

O incentivo ao exercício físico e corporal, sua prática cotidiana realizada pela população urbana, se manifestou através da proliferação de espaços concebidos com interface do domínio público, com as academias de ginástica (FREITAS, 2008).

Estas atividades físicas regulares são ditas como inibidoras de doenças como obesidade, problemas cardíacas e hipertensão pelos Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC- *Center for Disease Control and Prevention*).

O estilo de vida sedentar constatado por Hoehner et al. (2008) vem possibilitando um aumento a fatores de risco, fazendo-se necessário a exercitação regular do indivíduo para que se disponha de uma melhor qualidade de vida e se reduza os riscos ligados a saúde.

Porém, o exercício físico em locais poluídos pode comprometer o rendimento do indivíduo, em função da inalação de grandes volumes de ar contaminado (SHARMAN, 2005).

A exposição à poluentes causa efeitos nocivos sobre o corpo humano, aumentando alguns processos celulares associados com a aterogêneses (degeneração da camada interna da

artéria, causadora da maioria das doenças cardiovasculares), prejudica a função pulmonar propiciando a inflamação local e sistêmica, altera o controle autonômico cardíaco, induzindo a disfunção vascular. Efeitos deletérios à saúde podem resultar da exposição à poluentes em concentrações menores do que a qualidade do ar recomendada, ainda não é clara a investigação para a determinação de um limite para o qual não exista efeito adverso a saúde (SHARMAN, 2005).

Santos (2010) apresentou estudos para provar a queda de eficiência do indivíduo em locais com índices elevados de poluição do ar através de testes com pessoas saudáveis e outras com algum tipo de doença, para se saber os efeitos da exposição nos desempenhos no sistema respiratório, cardiovascular e muscular.

Sintomas de inflamação pulmonar durante a pedalada foram detectados, assim como irritações nas vias aéreas, diminuição da função pulmonar também foram detectados após testes de espirometria. A variação de frequência cardíaca estaria associada à concentração de diversos poluentes encontrados no ar, havendo um consenso na literatura de que as partículas inaladas tenderiam a diminuir esta variação da frequência (SANTOS, 2010).

Durante o exercício aeróbico (Figura 14), há um aumento da ventilação por minuto pelo ar inspirado, principalmente com a inalação via oral, aumenta a absorção respiratória de contaminantes do ar e a penetração para as regiões de troca gasosa do pulmão. Há uma deposição de partículas ultrafinas no trato respiratório dos seres humanos durante o exercício moderado demonstrando ser cinco vezes maior, além de aumentar a quantidade de outros poluentes inalados. “Assim, o exercício habitual em locais altamente poluídos, como ao lado de estradas, pode aumentar a intensidade, duração e frequência da exposição, todas as quais são relevantes para a avaliação do perfil de um indivíduo a risco de doença” (SHARMAN, 2005, p.606).



Figura 14 – Atividade de exercício aeróbico através da aula de *spinning*.

Fonte – FREITAS, 2008, p.29.

Diversos estudos têm mostrado que a má qualidade do ar e exposição aguda durante o exercício pode prejudicar o desempenho atlético em pessoas saudáveis e contribuir para isquemia do miocárdio em pacientes com doença arterial coronariana estável (SHARMAN, 2005).

Foram realizados estudos em locais com índices elevados de poluição do ar e desempenho no exercício durante a Olimpíada de Pequim na China, prejudicando a eficiência dos atletas, suspeitando-se que recordes não seriam quebrados pela intensa poluição de Pequim nos jogos olímpicos. Como medidas de prevenção, muitas fábricas que se encontravam em locais próximos aos dos jogos foram fechadas, afim de se evitar a exposição dos atletas a níveis elevados de poluição (HECK, 2010).

Na última década, se intensificou a preocupação relacionada a prática do exercício em ambientes com níveis elevados de poluição atmosférica (Sharman, 2005). As recomendações são de que se evite a prática de atividades físicas em locais com tráfego intenso de veículos, principalmente em indivíduos mais suscetíveis, como idosos e portadores de doenças cardíacas e/ou pulmonares (HECK, 2010).

No Rio de Janeiro é comum ver indivíduos se exercitando em ruas de lazer, orla marítima ou em lagos, calçadas e praças, localizadas em geral próximas a vias movimentadas de veículos automotores com alto índice de poluição, contribuindo para a exposição destas pessoas a poluentes nocivos ao homem (AZEVEDO, IMBIRIBA, OLIVEIRA, 2008).

Em ambientes *indoor*, a qualidade dos estabelecimentos aonde se realizam atividades físicas estão associados ao espaço físico e a QAI (Figura 15), que por muitas vezes localizam-se em áreas urbanas, populosas, em avenidas movimentadas por veículos automotores, o que

intensifica a quantidade de toxinas nestes locais, fazendo que o exercício físico se torne mais prejudicial do que benéfico (SANTOS, 2010).



Figura 15 – Estabelecimento de aula de *spinning*.

Fonte – FREITAS, 2008, p.52.

Quando o índice de qualidade do ar estiver elevado, é necessário que se reduza a prática de exercícios físicos, ou que estes sejam realizados no início da manhã ou em áreas com pouco tráfego de veículos (SANTOS, 2010).

Mesmo com os níveis de concentração de poluentes crescentes nos centros urbanos, a prática de exercício regular ainda prevalece sobre os malefícios do ar inalado, porém não se sabe ao certo por quanto tempo o contrário não ocorrerá (HECK, 2010).

1.5 Legislação

Em virtude do atual estado das condições de qualidade do ar *indoor*, o crescente interesse sanitário e a preocupação com a saúde, segurança, bem-estar, o conforto dos ocupantes dos ambientes climatizados, uma série de normas e legislações vêm sendo criadas. Entretanto ainda há muito a ser discutido.

Embasado na legislação da Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6938 de 1981 (BRASIL, 1981), distingui-se:

Poluição:

É a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, segurança e o bem estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente o biota; afetem as condições sanitárias ou estéticas do meio ambiente; lancem materiais ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981)

Poluidor:

“É a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental.” (BRASIL, 1981)

Em relação aos limites de poluição do ar, a RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990 estabeleceu padrões de qualidade para que se possa controlar e aprimorar alguns dos poluentes que afetam a saúde ambiental e humana, segurança e o bem estar da população.

Para o efeito desta resolução

... poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- 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.

São estabelecidos:

"I - Padrões Primários de Qualidade do Ar como as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar como 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."

Para tanto, "os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante a estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar" (BRASIL, 1990).

1.5.1 Ar Interior

A preocupação com a qualidade do ar interior vem remetendo a uma maior atenção por se tratar em muitos casos de ambientes com pouca circulação, climatizados e prejudiciais a saúde. Para tanto, muito ainda tem a ser feito no que diz respeito a aprimorar os padrões desta qualidade, fiscalização e controle desses ambientes.

A Portaria nº 3523, de 28 de agosto de 1998 aprova o "regulamento técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados", além de considerar a qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados correlacionado com a Síndrome dos Edifícios Doentes relativa à ocorrência de agravos à saúde.

Expõe-se no quinto artigo que "todos os sistemas de climatização devem estar em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle, observadas as determinações, abaixo relacionadas, visando a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes" (BRASIL, 1998).

- a) manter limpos os componentes do sistema de climatização, tais como: bandejas, serpentinas, umidificadores, ventiladores e dutos, de forma a evitar a difusão ou multiplicação de agentes nocivos à saúde humana e manter a boa qualidade do ar interno.
- b) utilizar, na limpeza dos componentes do sistema de climatização, produtos biodegradáveis devidamente registrados no Ministério da Saúde para esse fim.
- c) verificar periodicamente as condições física dos filtros e mantê-los em condições de operação. Promover a sua substituição quando necessária.
- d) restringir a utilização do compartimento onde está instalada a caixa de mistura do ar de retorno e ar de renovação, ao uso exclusivo do sistema de climatização. É proibido conter no mesmo compartimento materiais, produtos ou utensílios.
- e) preservar a captação de ar externo livre de possíveis fontes poluentes externas que apresentem riscos à saúde humana e dotá-la no mínimo de filtro classe G1 (um), conforme as especificações do Anexo II.
- f) garantir a adequada renovação do ar de interior dos ambientes climatizados, ou seja no mínimo de 27m³/h/pessoa.
- g) descartar as sujidades sólidas, retiradas do sistema de climatização após a limpeza, acondicionadas em sacos de material resistente e porosidade adequada, para evitar o espalhamento de partículas inaláveis. (BRASIL, 1998)

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, visando sua preocupação com a saúde, segurança, bem estar e conforto dos ocupantes de estabelecimentos climatizados, vem através da RESOLUÇÃO RE nº 176, DE 24 DE OUTUBRO DE 2000 atualizada pela RE nº 9 de 16 de janeiro de 2003 recomendar os padrões referenciais de qualidade do ar interior nesses ambientes de uso coletivo e publico, tais quais:

1- O Valor Máximo Recomendável para contaminação microbiológica deve ser £ 750 ufc/m³ de fungos, para a relação I/E £ 1,5, onde **I** é a quantidade de fungos no ambiente interior e **E** é a quantidade de fungos no ambiente exterior.

Quando este valor for ultrapassado ou a relação I/E for > 1,5, é necessário fazer um diagnóstico de fontes para uma intervenção corretiva.

É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.

2- Os Valores Máximos Recomendáveis para contaminação química são:

2.1 - £ 1000 ppm de dióxido de carbono (CO₂), como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar

2.2 - £ 80 mg/m³ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.

3 -Os valores recomendáveis para os parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar, deverão estar de acordo com a NBR 6401 Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto Parâmetros Básicos de Projeto da ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas.

3.1 - a faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23^oC a 26^oC, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 21^oC e 23^oC. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5^oC a 27^oC, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28^oC. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20^oC a 22^oC.

3.2 - a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65%, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 40% e 55% durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70%. A seleção da faixa depende da

finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35% a 65%.

3.3 - a faixa recomendável de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, deverá variar de 0,025 m/s a 0,25 m/s. Estes valores são considerados médios quando medidos com instrumento de alta sensibilidade. (RE 9/ 2003)

Estes padrões referenciais adotados complementam as medidas básicas definidas na Portaria GM/MS n.º 3.523/98, de 28 de agosto de 1998, avaliação e controle da Qualidade do Ar Interior nos ambientes climatizados, auxiliando as decisões do responsável técnico no gerenciamento do sistema de climatização, na definição de periodicidade dos procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema, desde que asseguradas as frequências mínimas para os seguintes componentes, considerados como reservatórios, amplificadores e disseminadores de poluentes (Tabela 21).

Tabela 21 – Componente X Periodicidade de Limpeza.

Componente	Periodicidade
Tomada de ar externo	mensal
Unidade filtrante	mensal
Serpentina de aquecimento	mensal
Serpentina de resfriamento	mensal
Umidificador	mensal
Ventilador	semestral
Plenum de mistura/casa de máquinas	semestral
Inspeção	semestral

Fonte – Portaria 3.523 (BRASIL,1998).

No que tange a esfera internacional a Comunidade Européia lançou em 2002 a Diretriz (DIRECTIVA) 2002/91/CE, regulamenta a inspeção de instalações de ar condicionado nos edifícios . Tais quais visto no Artigo 9:

“No que se refere à redução do consumo de energia e à limitação das emissões de dióxido de carbono, os Estados-Membros devem estabelecer as medidas necessárias para uma inspeção regular dos sistemas de ar condicionado com potência nominal útil superior a 12 kW.” (DIRECTIVA 2002/91/CE, 2002)

1.5.2 Ar Exterior

Em função do crescimento urbano, industrial e da frota de veículos, através da RESOLUÇÃO CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, instituiu-se o PRONAR- Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar, tendo este como um instrumento da gestão ambiental.

A estratégia deste programa é limitar o nível nacional de emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários.

Com isso, foram estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: o primário com metas de curto e médio prazo, ao qual quando passadas as concentrações de poluentes atmosféricos, poderão afetar a saúde; o secundário com metas a longo prazo, com as concentrações de poluentes abaixo ao qual se prevê o mínimo efeito adverso (BRASIL, 1989).

Esta resolução visa a prevenção da deterioração da qualidade do ar, o monitoramento com a Rede Nacional de Monitoramento de qualidade do ar, o gerenciamento do licenciamento de fontes de poluição do ar, a gestão de políticas buscando a interface com diferentes setores da sociedade, a criação de um Inventário Nacional de Fontes e Emissões, e, promove o desenvolvimento científico e tecnológico em questões relacionadas a poluição do ar (BRASIL, 1989).

Já a RESOLUÇÃO CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986, instituiu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores- PROCONVE, com os objetivos de:

“ reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos; promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso; promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores; estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados; promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera”. (BRASIL, 1986)

Assim como o PROMOT- Programa de Controle de Poluição do Ar por Motociclos e veículos similares, através da RESOLUÇÃO CONAMA nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motociclos e veículos similares novos.

Um exemplo de controle da poluição atmosférica pode ser visto no Decreto 8.468 de 8 de setembro de 1976, atualizado pelo Decreto 54.487 de 26 de junho de 2009, aonde o Estado de São Paulo, através da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental),

busca a preservação do ar dividindo este em regiões denominadas Regiões de Controle da Qualidade do Ar – RCQA, subdivididas em sub-regiões, através de programas de controles de qualidade do ar, constituídos de um, dois ou mais municípios. Nestas sub-regiões, são estabelecidos pela CETESB Programas de Redução de Emissões Atmosféricas (PREA) para os empreendimentos que se encontram em operação. Com isso, a Licença de operação fica condicionada a este programa através da utilização de melhores tecnologias de controle, plano de monitoramento, metas de redução, inventário de fontes fixas, para a renovação da Licença (BRASIL, 2009).

Em relação às regiões metropolitanas do Estado do Rio de Janeiro, em função da elevada densidade demográfica, urbanização e fontes de emissões como veículos motorizados e indústrias, o INEA (Instituto Estadual do Ambiente), possui uma rede de monitoramento com estações manuais e automáticas (quatro estações fixas e uma móvel), afim de que se tenha um controle da qualidade do ar na região.

Muito ainda tem a ser discutido para que se melhore a qualidade do ar. Para tanto, é necessário que se intensifique a fiscalização e da legislação vigente, afim de que se reduza os riscos à saúde humana e ambiental.

2 METODOLOGIA

2.1 Seleção e descrição do local

A academia selecionada foi escolhida por questões logísticas e de acessibilidade. Encontra-se em uma via com um alto fluxo de pessoas e veículos, sendo este último a principal fonte emissora de poluentes locais. Esta área é altamente urbanizada e povoada, demonstrando um grande potencial poluidor em função das diversas atividades realizadas, dispondo da exposição de um maior número de indivíduos a diversos poluentes.

A academia selecionada é composta por uma sala de musculação, uma de ginástica e uma de *spinning*, sendo esta última escolhida por ser um ambiente confinado, pequeno, com sistema de climatização artificial, equipamentos para atividades físicas e com um número de indivíduos concentrado numa pequena área, representando um ambiente em potencial para a avaliação da qualidade do ar e exposição de indivíduos.

Este estabelecimento é de pequeno porte, lotada numa área residencial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com intenso trânsito, sendo diagnosticada em alguns locais, concentrações altas de poluentes.

Está posicionada no 2º e 3º andares de um prédio, sendo que a sala de *spinning* encontra-se no 3º pavimento, e suas dimensões são de aproximadamente 2,80 m de altura, 2,70 m de largura e 5,60 m de comprimento. A sala possui 10 unidades de bicicletas ergométricas (marca Wellness), as quais passam por manutenções periódicas de lubrificação e ajustes de funcionamento (Figura 16).

Foram realizados processos de manutenção da sala em dois finais de semana, tais quais, pintura e a inserção de piso emborrachado no decorrer das medições, o que estabelece um intervalo de 2 dias destas atividades à realização das medições seguintes, porém permanecendo com odores característicos no local.



Figura 16 - Foto da sala de *Spinning* onde foi realizada a coleta dos BTEX.

As coletas foram realizadas durante as aulas de *spinning* no período noturno, em função do maior fluxo de pessoas, atendendo a aproximadamente até 10 alunos por aula, além do professor. A sala é fechada e climatizada, por dois condicionadores de ar, um “Springer” de 18000 btus e o outro de 30000 btus, estando estes a uma altura aproximada de 2 metros do chão, caracterizando um local com pouca troca do ar interno e externo.

As aulas possuem uma duração de aproximadamente 45 minutos de atividades aeróbica em bicicletas ergométricas, sendo realizadas em geral duas aulas no período de cada coleta.

Conforme são realizadas as atividades, há necessidade de limpeza local em função da intensa transpiração dos frequentadores. Este aumento do esforço do indivíduo e de sua respiração, pode potencializar sua exposição aos contatos com os poluentes do ar.

O procedimento de limpeza da sala geralmente é feito de 1 a 2 vezes durante a coleta (entre aulas). Foram realizadas varreção do chão, utilizando vassoura, com o objetivo de eliminar os resíduos e poeiras da sala, após, eram realizados procedimentos de limpeza com pano úmido no chão e nas bicicletas ergométricas com água e “Veja – perfumes da natureza” (surfactante aniônico, álcool etoxilado, coadjuvantes, derivados de isotiazolinonas, corantes, fragrância e água), para a limpeza dos mesmos.

O público frequentador desta atividade possui a faixa etária de 25 a 55 anos aproximadamente, sendo na maioria do sexo feminino. Utilizam vestimentas em geral de

lycra e malha. Estes indivíduos demonstraram frequências semanais desta atividade durante todo o experimento, apresentando uma rotina nestes estabelecimentos.

2.2 Método do BTEX

2.2.1 Coleta e preparo das amostras de BTEX

As amostras foram coletadas com o emprego de cartuchos de carvão ativado de leito duplo, com 100 mg de leito principal e 50 mg de leito de segurança, da SKC, referência 226-01 (Figura 17).

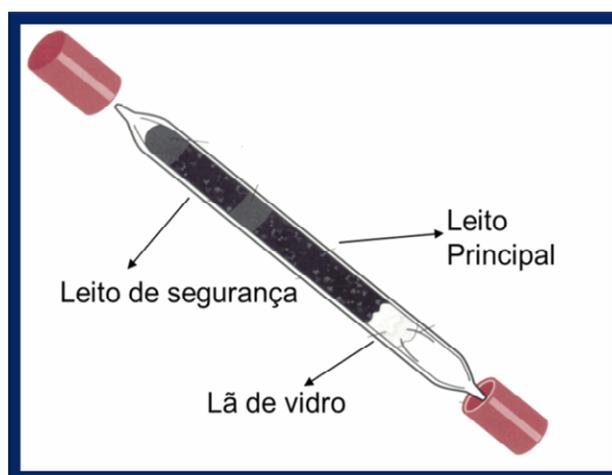


Figura 17 - Ilustração do cartucho de carvão ativado.

Este cartuchos servem para que os compostos químicos sejam adsorvidos pelo carvão ativado.

Para a coleta, foram quebradas ambas as borda deste cartucho, possibilitando a passagem de ar através deste, fazendo a retenção dos compostos químicos BTEX.

Em seguida, este cartucho foi acoplado a bomba de ar KNF, disposta a aproximadamente 1,35 m do chão para a realização da coleta, fazendo o fluxo de ar passar pelo cartucho a uma vazão de 0,6 a 1L min⁻¹ (Figura 18).



Figura 18 – Foto da Bomba KNF com cartucho de carvão ativado SKC acoplado.

Após a coleta de 3 h a 3h 30 min, os cartuchos amostrados foram lacrados com fita *teflon*, tampados (Figura 19), protegidos da luz por papel alumínio (Figura 20), mantidos sob refrigeração e transferidos para o laboratório para a análise.

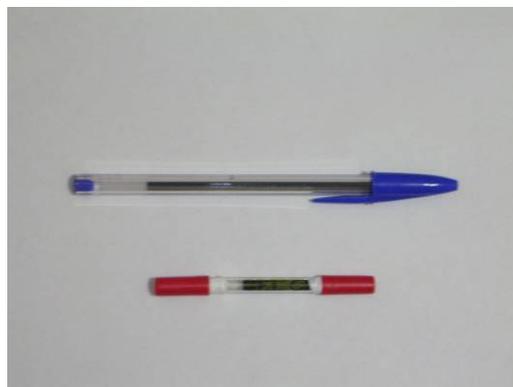


Figura 19 – Foto do cartucho lacrado de carvão ativado SKC utilizado nas coletas.



Figura 20 – Foto do cartucho protegido por papel alumínio.

O tempo de coleta para as amostras foi de 3 horas nas 3 primeiras coletas, passando a 3 horas e 30 minutos, no horário de intenso trânsito na via onde reside a academia de ginástica, entre 17:45h a 21:15h. Este tempo foi determinado a fim de se obter um limite de detecção adequado para o método analítico, sem que houvesse uma saturação do leito principal do cartucho.

O volume total de ar amostrado variou entre 180 l e 210 l. A vazão da bomba foi inicialmente de $0,6 \text{ L min}^{-1}$, para as primeiras 7 amostras, e, posteriormente modificada para $1,0 \text{ L min}^{-1}$ para as demais coletas. A vazão da bomba foi modificada após testes preliminares de modo que o volume de ar amostrado fosse maior para evitar problemas analíticos, como trabalhar muito próximo aos limites de detecção dos equipamentos cromatográficos.

As primeiras amostragens de cada local foram realizadas com o objetivo de se determinar o tempo de amostragem e a concentração média de BTEX para a construção da curva de calibração. De acordo com o método NIOSH 1501, é permitida uma massa de BTEX adsorvido no leito de segurança de no máximo 10 % da massa encontrada no leito principal. Caso contrário, parâmetros como tempo e vazão de amostragem devem ser alterados e a amostragem deve ser repetida (MACHADO, 2002).

Para a demonstração seqüencial da coleta das amostras realizadas, montou-se o fluxograma exposto na Figura 21.

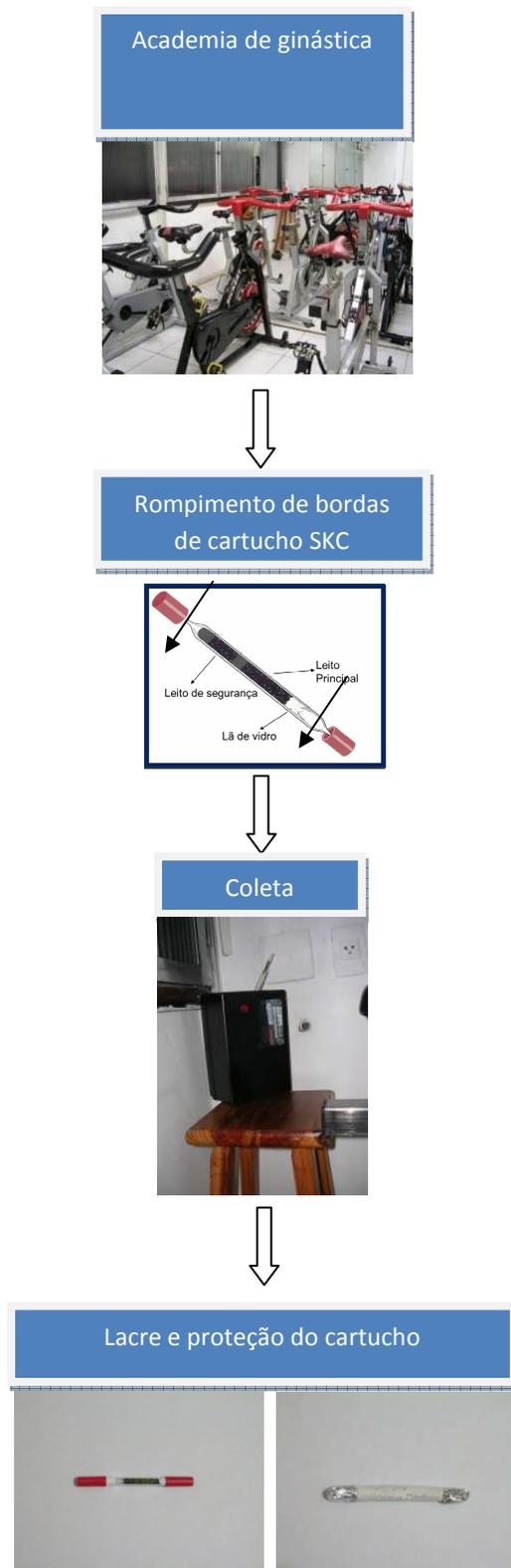


Figura 21 - Fluxograma da coleta e preparo das amostras de BTEX.

2.2.2 Extração e procedimentos cromatográficos das amostras

Para a extração de cada amostra, foi rompido cada cartucho de carvão ativado afim de que se possa retirar o mesmo quantitativamente do leito principal e de segurança para *vials* de 2ml. Estes *vials* foram mantidos numa placa de petri com gelo, buscando evitar a volatilização dos compostos mais leves.

Foram adicionados aos *vials* 25 μ L de uma solução, 50 μ g mL de $\alpha\alpha\alpha$ – Trifluortolueno e 1 – cloro – 4 – fluorbenzeno em diclorometano (DCM), utilizados como padrão interno e recuperação. O $\alpha\alpha\alpha$ – Trifluortolueno na concentração de 1.25ng μ L⁻¹ é utilizado como padrão interno e o 1-cloro-4-fluorbenzeno é usado como padrão de recuperação, auxiliando a eficiência da extração, indicando possíveis perdas.

Foram adicionados 1 mL de diclorometano nos ensaios, posteriormente colocados em banho de ultrassom por 15 minutos. Em seguida, foram levados a repouso para a deposição do carvão suspenso na solução. O sobrenadante presente foi transferido para outro *vial* e levado para a injeção no cromatógrafo (CGMS).

As etapas da extração e análise cromatográfica estão demonstradas sequencialmente na Figura 22.

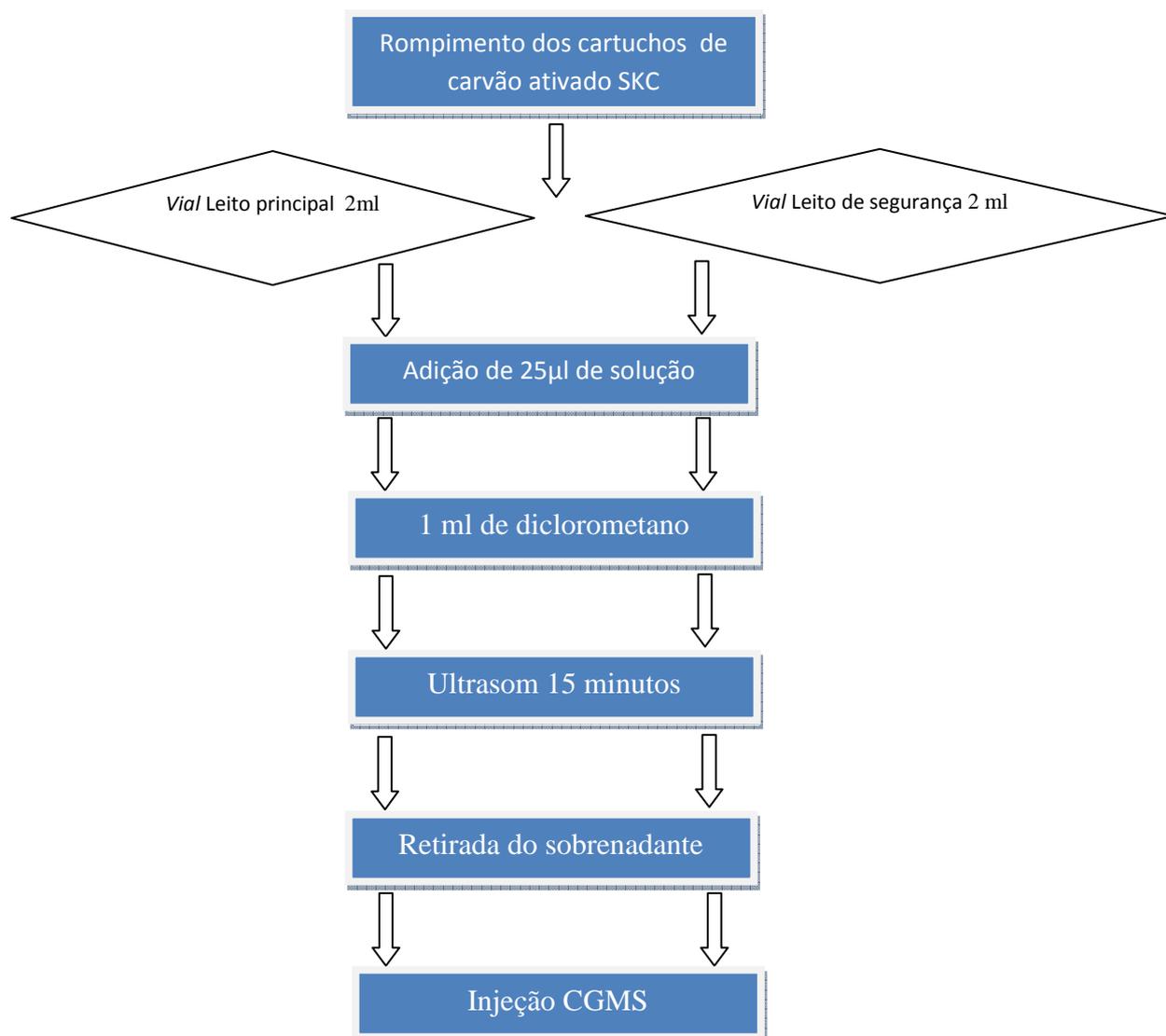


Figura 22 - Fluxograma das etapas da extração e análise cromatográfica.

As análises foram realizadas através do cromatógrafo a gás modelo 6890 acoplado a um espectrômetro de massa modelo 5973 da marca Agilent, apresentado na Figura 23, sendo utilizado o método US EPA 8260 adaptado.



Figura 23 - Cromatógrafo a gás modelo 6890 acoplado a um espectrômetro de massa modelo 5973 da marca Agilent.

Utilizou-se a coluna capilar da marca RESTEK, modelo RTX VRX de 20 m de comprimento e $0,28\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$. O modo da injeção realizada foi o *splitless*, sem divisão de fluxo. O gás de arraste utilizado foi o hélio (HE), com o volume de injeção de $1\ \mu\text{l}$ e temperatura do injetor de 250°C com rampa de aquecimento de 40°C em isoterma por 3 minutos, seguido de rampa de aquecimento de $12^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até 162°C , e por fim uma rampa de aquecimento de $40^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até 230°C , em isoterma por 4 minutos.

O *software* utilizado foi o fornecido pelo fabricante do equipamento *Chemstation*, ao qual quantificou a curva de calibração (ANEXO B, C, D, E, F).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Praticar exercícios em academias de ginástica, especificamente em salas de *spinning* é um hábito incorporado cada vez mais pela sociedade moderna, principalmente em áreas urbanas, aonde há necessidade de se investir em um “estilo de vida saudável”.

Centenas de academias possuem este tipo de sala para a prática aeróbica de *spinning* afim de evitar o sedentarismo e freqüentes problemas de saúde diagnosticados pela medicina.

Estes estabelecimentos são na sua maioria ambientes selados e com sistema de climatização artificial, com um grande número de indivíduos por metro quadrado do recinto, fazendo o uso de bicicletas ergométricas.

O estudo de caso da academia a qual foi designado um codinome fictício de Academia “Alfa” afim de resguardar a sua privacidade, possui as características mencionadas acima, potencializando tendências de SED, intensificando a exposição dos indivíduos freqüentadores e trabalhadores a poluentes do ar *indoor*.

Neste trabalho foram coletadas 42 amostras de cartuchos de carvão ativado para a determinação da concentração de BTEX, no período de 14/07/2010 a 3/12/2010 no horário de 17:45h às 21:15 h. Do total de amostras 3 foram perdidas durante o processo de extração. O total de amostras validadas neste trabalho foram 39, sendo 34 coletadas no interior da sala de *spinning* e 5 amostras na avenida aonde está localizada a academia “Alfa”.

As amostras 30, 31, 33 e 34 foram realizadas pareadas *indoor/ outdoor* respectivamente com as 35, 36, 37 e 39.

A Tabela 22 mostra as concentrações individuais datadas para os diferentes BTEX *indoor* para as 34 amostras realizadas na sala de *spinning* da academia “Alfa”.

Tabela 22 - Concentração de BTEX *indoor* em $\mu\text{g m}^{-3}$, determinadas para os diferentes dias de amostragem

Data	Amostras	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-xileno	o-xileno
14/7/2010	1	1,75	5,83	4,81	6,57	1,94
19/7/2010	2	3,42	15,55	10,27	16,01	4,25
20/7/2010	3	2,59	16,2	7,87	11,11	2,68
22/7/2010	4	1,20	5,18	0,46	1,38	0,46
27/7/2010	5	1,38	4,25	1,11	2,4	0,83
28/7/2010	6	1,38	4,16	1,01	2,31	0,64
29/7/2010	7	1,01	1,57	0,64	0,27	ND
5/8/2010	8	1,2	3,05	0,37	1,2	0,46
11/8/2010	9	0,8	2,09	0,28	0,9	0,33
12/8/2010	10	0,28	0,42	0,09	0,38	0,19
16/8/2010	11	0,33	0,47	0,09	0,28	0,14
18/8/2010	12	0,42	0,57	0,09	0,33	0,14
19/8/2010	13	0,47	2,66	0,19	0,14	0,14
25/8/2010	14	1,42	3,19	0,47	1,33	0,42
6/10/2010	15	2,66	9,57	1,80	2,28	1
7/10/2010	16	2,28	9,38	1,57	1,8	0,9
8/10/2010	17	2,42	19,8	2,66	2,38	1,04
13/10/2010	18	2,95	22,76	3,23	2,85	1,19
14/10/2010	19	4,61	27,52	4,04	4,57	2,19
15/10/2010	20	5,71	28,80	4,71	4,9	2,57
20/10/2010	21	1,23	274,90	4,28	3,14	1,42
21/10/2010	22	1,61	242,61	5,00	3,52	2,23
22/10/2010	23	3,47	191,76	5,85	4,61	2,04
27/10/2010	24	3,66	138,47	5,47	4,66	2,57
28/10/2010	25	3,38	75,76	3,90	3,71	1,66
3/11/2010	26	3,28	90,19	4,47	4,04	1,9
11/11/2010	27	2,52	64,28	4,76	3,71	1,71
12/11/2010	28	3,71	45,61	4,00	3,76	1,76
17/11/2010	29	5,14	52,04	6,28	5,9	2,71
24/11/2010	30	4,66	53,57	7	5,38	2,85
25/11/2010	31	3,52	47,76	6,14	5,28	2,57
26/11/2010	32	3,71	52,85	6,52	6,09	2,9
1/12/2010	33	3,47	49,52	5,95	5,57	2,8
3/12/2010	34	2,38	93,57	4,33	3,38	1,52

A Tabela 23 apresenta as amostras das 5 coletas com as concentrações individuais datadas de BTEX *outdoor*, realizadas na avenida aonde se encontra a academia “Alfa”.

Tabela 23 - Concentração de BTEX *outdoor* em $\mu\text{g m}^{-3}$, determinadas para os diferentes dias de amostragem.

Data	Amostras	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m.p-xileno	o-xileno
24/11/2010	35	1,47	26,42	1,14	1,42	0,66
25/11/2010	36	1,28	8,95	1,47	1,66	0,95
1/12/2010	37	2,61	8,33	2,19	2,23	0,9
2/12/2010	38	4	31,9	4,14	6,04	2,28
3/12/2010	39	2,66	9,57	1,8	2,28	1

Nas Tabelas 24 e 25 são apresentados respectivamente os valores médios dos BTEX individuais *indoor* e *outdoor*, o desvio padrão, os valores máximos e mínimos.

Tabela 24- Valores médios de BTEX individuais em $\mu\text{g m}^{-3}$, desvio padrão, valores máximos e mínimos *indoor*.

<i>Indoor</i>	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p- xileno	o- xileno
média	2,47	48,7	3,52	3,71	1,53
Desvio padrão	1,44	68,53	2,68	3,18	1,06
mínimo	0,28	0,42	0,09	0,14	ND
máximo	5,71	274,9	10,27	16,01	4,25

Tabela 25- Valores médios de BTEX individuais em $\mu\text{g m}^{-3}$, desvio padrão, valores máximos e mínimos *outdoor*.

<i>Outdoor</i>	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p- xileno	o- xileno
média	2,40	17,03	2,14	2,72	1,15
Desvio padrão	1,09	11,24	1,17	1,88	0,64
mínimo	1,28	8,33	1,14	1,42	0,66
máximo	4	31,9	4,14	6,04	2,28

Foi diagnosticada a presença de benzeno em todas as amostras analisadas neste estudo (Figura 24 e 25), sendo um composto orgânico volátil considerado como a quinta substância de maior risco, segundo as Nações Unidas de Segurança Química (Machado et al., 2003). Em relação a NR-15 Anexo 13-A, fica estabelecida a proteção da saúde do trabalhador à exposição ocupacional ao benzeno, comprovando o mesmo como cancerígeno.

O princípio da melhoria contínua parte do reconhecimento de que o benzeno é uma substância comprovadamente carcinogênica, para a qual não existe limite seguro de exposição. Todos os esforços devem ser dispendidos continuamente no sentido de buscar a tecnologia mais adequada para evitar a exposição do trabalhador ao benzeno. (BRAIL, 1978)

Para esta Norma reguladora, é definida uma categoria de VRT (valor de referência tecnológica), “este valor refere-se 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”.

...VRT-MPT que corresponde à concentração média de benzeno no ar ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 (oito) horas, obtida na zona de respiração dos trabalhadores, individualmente ou de Grupos Homogêneos de Exposição - GHE, conforme definido na Instrução Normativa n.º 01.

Os valores Limites de Concentração - LC a serem utilizados na IN n.º 01, para o cálculo do Índice de Julgamento "I", são os VRT-MPT estabelecidos a seguir.

Os valores estabelecidos para os VRT-MPT são:

- 1,0 (um) ppm para as empresas abrangidas por este Anexo (com exceção das empresas siderúrgicas, as produtoras de álcool anidro e aquelas que deverão substituir o benzeno a partir de 1.º.01.97).

- 2,5 (dois e meio) ppm para as empresas siderúrgicas.

O Fator de Conversão da concentração de benzeno de ppm para mg m^{-3} é: $1\text{ppm} = 3,19 \text{ mg m}^{-3}$ nas condições de 25° C, 101 kPa ou 1 atm. (BRAIL, 1978)

A exposição cotidiana dos freqüentadores e funcionários da academia “Alfa” a estes COV intensifica a exposição dos mesmos a possíveis problemas de saúde já referenciados em trabalhos anteriores, apresentados na revisão da literatura.

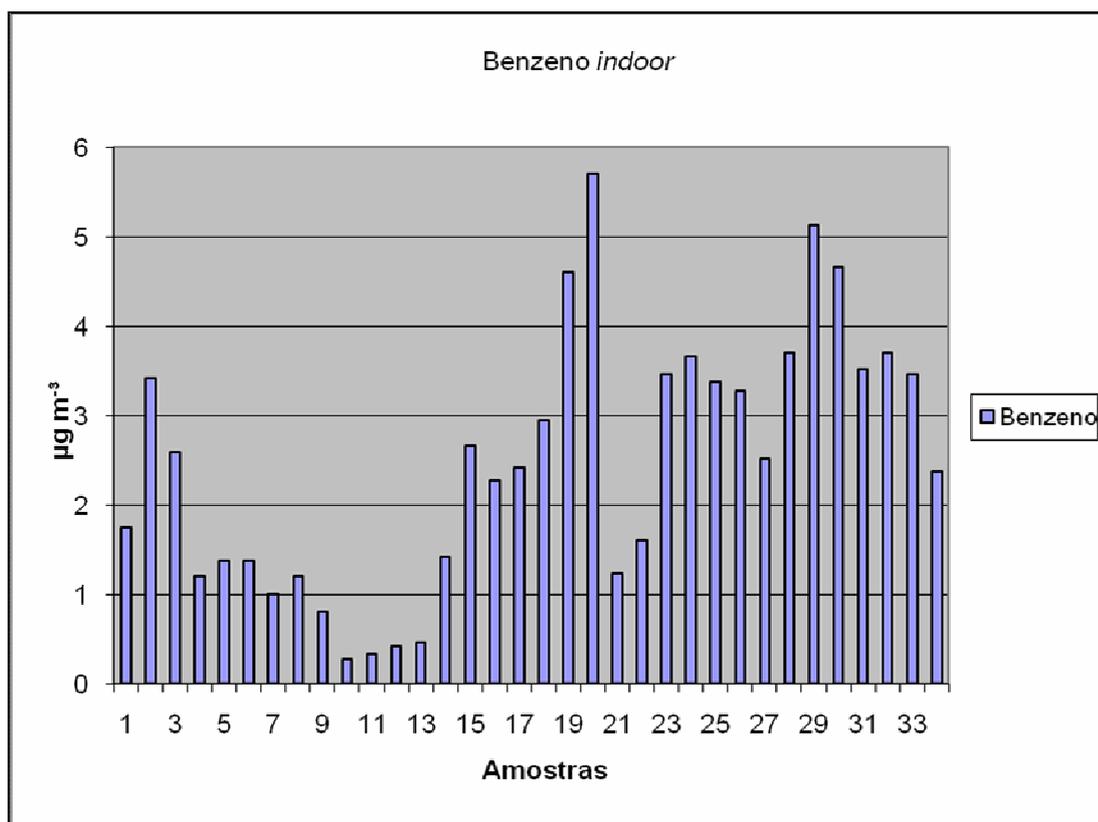


Figura 24 - Concentrações de benzeno *indoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de *spinning* da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010

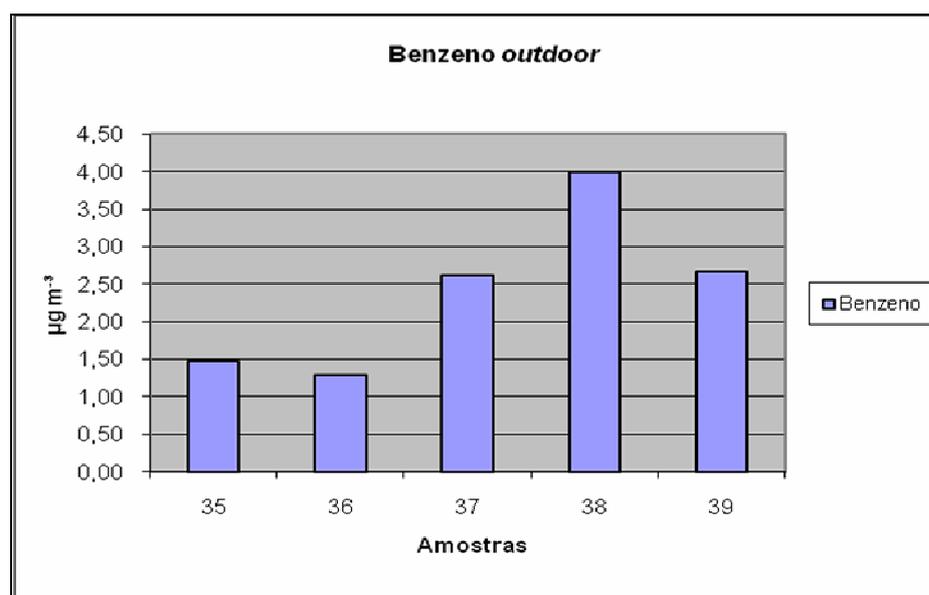


Figura 25 - Concentrações de benzeno *outdoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010

A Figura 24 mostra os resultados obtidos em ambiente *indoor* para o benzeno. A sua concentração máxima alcançada foi de 5,71 $\mu\text{g m}^{-3}$ no dia 15/10/2010 (amostra 20). A maior concentração *outdoor* foi de 4,00 $\mu\text{g m}^{-3}$ na data de 02/12/2010 (amostra 38).

Os valores médios obtidos para as coletas *indoor* e *outdoor* não apresentaram diferença significativa, sendo de 2,47 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o ambiente interior e 2,40 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o ambiente *outdoor*.

Na Tabela 26 são mostrados os resultados para as concentrações de benzeno em diferentes locais, no estudo realizado por Guo *et al.* (2003). As concentrações mínimas e máximas obtidas no interior da sala de *spinning* são menores do que as obtidas nos diferentes locais analisados por este autor, aonde o valor que mais se aproximou foi a máxima concentração de escritórios (8,09 $\mu\text{g m}^{-3}$) e mínima com as análises das concentrações das escolas (0,68 $\mu\text{g m}^{-3}$). A média do benzeno *indoor* da sala de *spinning* (2,47 $\mu\text{g m}^{-3}$) assemelhou-se aos estudos realizados nas escolas (3,04 $\mu\text{g m}^{-3}$).

Tabela 26 - Adaptação da descrição estatística de estudos de benzeno *indoor*

Benzeno <i>indoor</i>	Guo et al. ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Gioda & Aquino Neto ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Escritório	1,62- 8,09	6,4- 54,8
Residência	1,43- 10,30	10,00- 50,00
Escola	0,68- 12,22	-
Shopping	1,11- 42,58	-
Restaurante	3,67- 18,30	-
Edifício de escritório	-	11,6- 34,5
Gráfica	-	0-13,30

Fonte – Adaptação de GUO et al., 2003; GIODA, AQUINO NETO, 2003.

Comparativamente ao trabalho de Gioda e Aquino, a faixa de benzeno *indoor* em escritório, residências e edifícios de escritórios no Rio de Janeiro foram maiores aos apresentados na sala de *spinning*. Nas gráficas do RJ, a concentração mínima assemelhou-se a do ambiente interior analisado com 0,28 $\mu\text{g m}^{-3}$.

As amostras *indoor/ outdoor* realizadas concomitantemente na sala de *spinning* (Tabela 27), demonstraram diferença considerável para o benzeno, onde as maiores concentrações apresentadas foram *indoor*, exceto para a amostra coletada no dia 03/12/2010, aonde a concentração *outdoor* foi sutilmente maior, tendo a menor razão *indoor/ outdoor* de 0,89.

A maior diferença entre a razão *indoor / outdoor* foi de 3,17 $\mu\text{g m}^{-3}$ no dia 24/11/2010, sendo a concentração de 4,66 $\mu\text{g m}^{-3}$ aproximadamente 3 vezes maior que *outdoor*.

Tabela 27- Valores de análise das amostras concomitantes de benzeno *indoor e outdoor* em $\mu\text{g m}^{-3}$.

Data	Amostras Nº <i>indoor</i>	Benzeno <i>indoor</i>	Amostras Nº <i>outdoor</i>	Benzeno <i>outdoor</i>	Razão <i>indoor/</i> <i>outdoor</i>
24/11/2010	30	4,66	35	1,47	3,17
25/11/2010	31	3,52	36	1,28	2,75
01/12/20120	33	3,47	37	2,61	1,32
03/12/2010	34	2,38	39	2,66	0,89

Gioda e Aquino (2003) apresentaram seus limites de concentração para o benzeno, alguns limites sugeridos por órgão nacionais e internacionais para a qualidade do ar para ambientes industriais e não industriais (Tabela 28). Dentre os limites apresentados, a média da concentração de benzeno na sala de *spinning* assemelhou-se à sugerida por Gioda e Aquino Neto (2003).

Tabela 28- Limites de concentração para o benzeno sugeridos por Gioda & Aquino N. , órgão nacionais e internacionais para a qualidade do ar para ambientes industriais e não industriais.

	NR-15 (mg m^{-3})	NIOSH	OSHA	Gioda & Aquino Neto ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Benzeno <i>indoor</i>	3,19 – 7,97	0,325	3,25	2,5- 24,9

Fonte – Adaptação de GIODA e AQUINO NETO, 2003.

Para o tolueno, registrou-se a sua presença em todas as amostras na academia “Alfa”, e sua média *indoor* é a maior dentre os compostos orgânicos voláteis analisados com $48,7 \mu\text{g m}^{-3}$. Na média *outdoor*, sua concentração também foi a mais elevada com $17,03 \mu\text{g m}^{-3}$, caracterizando este hidrocarboneto como o de maior concentração média dos BTEX analisados.

Como já mencionado por Picelli (2005) e confirmado neste estudo, dentre os BTEX, este composto é um dos encontrados em maior concentração.

Sua concentração ultrapassou o valor de $100 \mu\text{g m}^{-3}$ em quatro amostras *indoor* (amostras 21, 22, 23, 24), superando mais de 3x a concentração máxima acima de $30 \mu\text{g m}^{-3}$ *outdoor* em 02/12/2010.

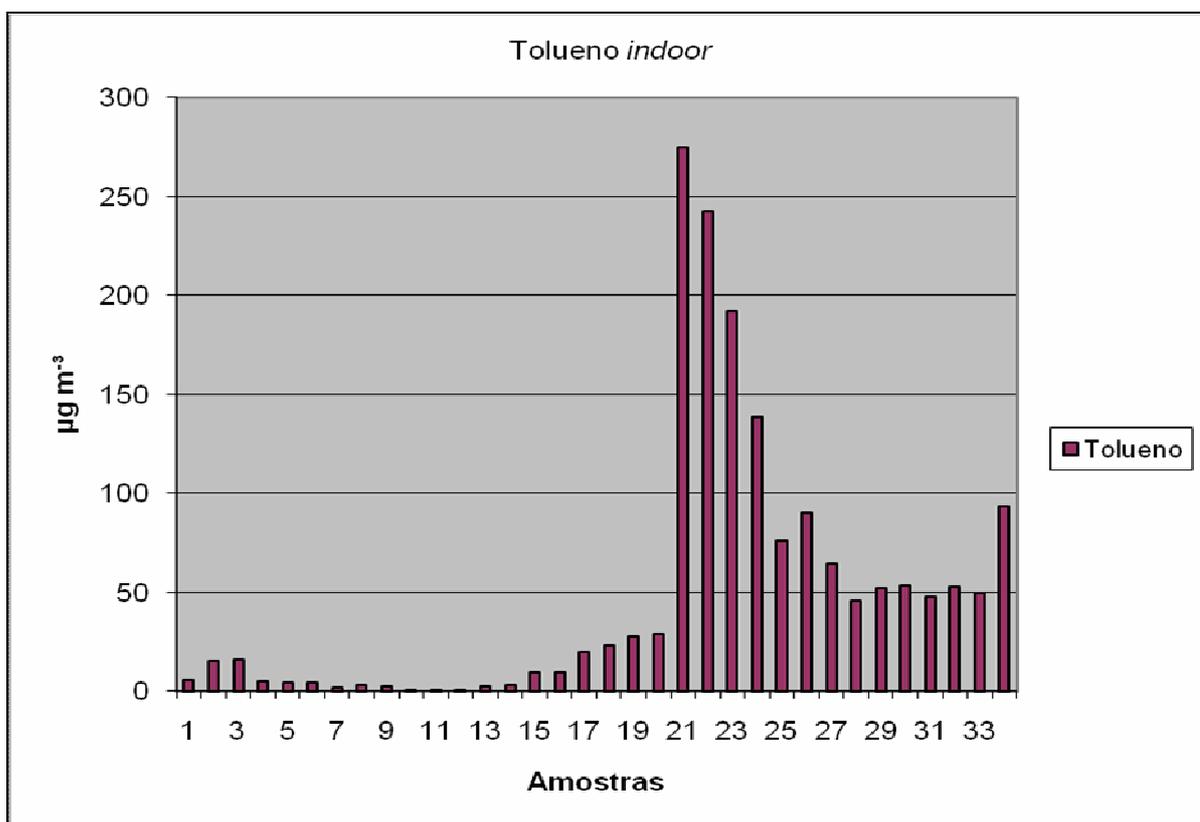


Figura 26 - Concentrações de tolueno *indoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de *spinning* da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.

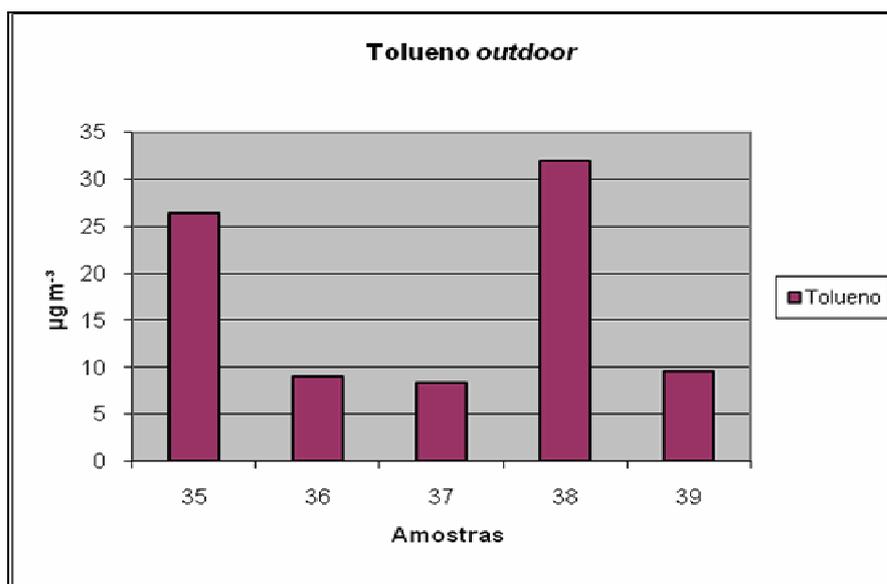


Figura 27 - Concentrações de tolueno *outdoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.

Na Figura 26 e 27 são apresentadas as concentrações de tolueno obtidas no ambiente interior e exterior. A maior concentração obtida em ambiente *indoor* foi de 274,9 no dia 20/10/2010, o que significa um valor aproximadamente 9 vezes acima da concentração máxima *outdoor*, $> 30 \mu\text{g m}^{-3}$, demonstrando um ambiente com maior contaminação *indoor* do que *outdoor*.

Neste período, foi realizada a inserção de piso emborrachado na sala de *spinning*, com medição da qualidade do ar realizada 2 dias após este procedimento, o que provavelmente resultou na elevação da concentração de tolueno em função da utilização de materiais, como cola, com possibilidades de alterar o ar *indoor*.

Em relação às amostras concomitantes *indoor/ outdoor* (Tabela 29), o tolueno apresentou concentrações superiores *indoor* do que *outdoor*. Em relação aos valores diários, a diferença pode chegar a aproximadamente 10x superior *indoor*, o que demonstra o grau de contaminação do ambiente e, portanto, menos saudável do que o *outdoor*.

Tabela 29 - Amostras concomitantes de tolueno *indoor* e *outdoor*

Data	Amostras Nº <i>indoor</i>	Tolueno <i>indoor</i>	Amostras Nº <i>outdoor</i>	Tolueno <i>outdoor</i>	Razão <i>Indoor/</i> <i>outdoor</i>
24/11/2010	30	53,57	35	26,42	2,02
25/11/2010	31	47,76	36	8,95	5,33
01/12/2010	33	49,52	37	8,33	5,94
03/12/2010	34	93,57	39	9,57	9,77

As maiores concentrações apresentadas foram *indoor*, com elevação considerável na amostra coletada no dia 03/12/2010, onde foi observada a maior razão *indoor / outdoor* com 9,77 $\mu\text{g m}^{-3}$, com maior diferença *indoor /outdoor*.

De acordo com o estudo apresentado e Guo et al. (2003) (Tabela 30), os resultados de estudos *indoor* das concentrações de tolueno tiveram semelhanças aos valores máximos (294,00 $\mu\text{g m}^{-3}$) e mínimos (0,66 $\mu\text{g m}^{-3}$) para os *shopping centers* em relação a sala de *spinning* da academia “Alfa” (0,42 $\mu\text{g m}^{-3}$ a 274,9 $\mu\text{g m}^{-3}$), apesar de serem sutilmente mais elevados os dos *shopping centers*, sendo estes dois estabelecimentos com elevada circulação de pessoas e com estruturas confinadas, geralmente com sistemas de climatização artificial e pouca circulação de ar, potencializando a exposição do maior número de indivíduos.

A média *indoor* da sala de *spinning* (48,7 $\mu\text{g m}^{-3}$) assemelhou-se aos estudos em escritórios (47,29 $\mu\text{g m}^{-3}$).

Tabela 30 - Adaptação da descrição estatística de estudos de tolueno *indoor*

Tolueno <i>indoor</i>	Guo et al. ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Gioda & Aquino Neto ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Escritório	0,044-84,91	62,1-381,4
Residência	0- 83,11	20,0-200,0
Escola	1,01- 49,02	-
Shopping	0,66-294,00	-
Restaurante	2,95- 152,20	
Edifício de Escritório	-	102,0- 320,5
Gráfica	-	88,5-781,04

Fonte – Adaptação de GUO et al., 2003; GIODA, AQUINO NETO, 2003.

Comparativamente ao trabalho de Gioda & Aquino N., a faixa de tolueno *indoor* na sala de *spinning* teve a menor concentração mínima dentre as demonstradas e concentração mais elevada do que às apresentadas por residências do Rio de Janeiro.

O etilbenzeno esteve presente em todas as amostras analisadas (Figura 28 e 29), Este composto é encontrado no petróleo, solvente, na indústria de plástico e borracha, sendo a principal matéria prima na produção de estireno. Pode causar ações irritantes, neurossensoriais e depressoras do sistema nervoso central.

Segundo Graciani (2009) o limite de exposição ocupacional é de de 100ppm ($434 \mu\text{g m}^{-3}$) para a média ponderada de tempo e 125 ppm ($543 \mu\text{g m}^{-3}$) para exposição de curta duração, buscando minimizar os potenciais riscos a saúde humana. Todas as amostras analisadas tiveram valores abaixo do especificado por este autor.

Grande parte das amostras apresentaram concentrações acima de $2,0 \mu\text{g m}^{-3}$, sendo a maior concentração obtida no valor de $10,27 \mu\text{g m}^{-3}$, no dia 19/07/2010. As concentrações diárias medidas em ambientes externos foram, como esperado, menores que no ambiente *indoor*, com apenas uma amostra com concentração superior a $3,0 \mu\text{g m}^{-3}$.

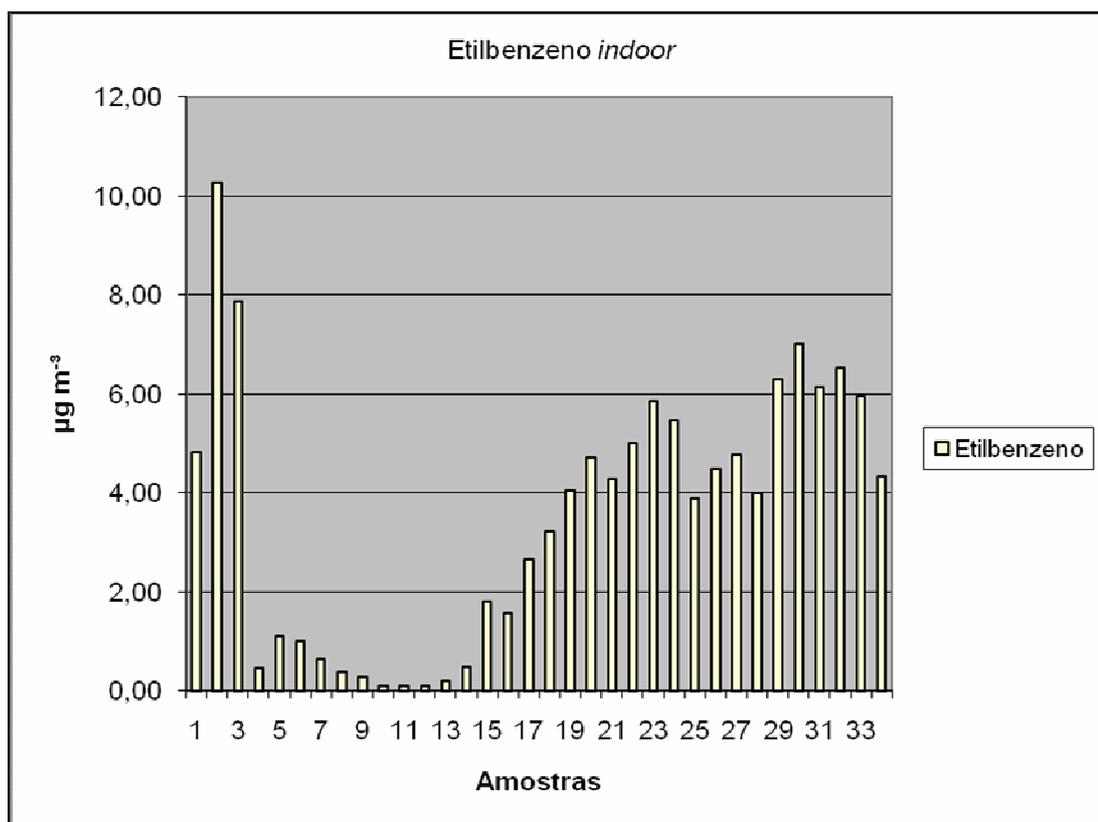


Figura 28 - Concentrações de etilbenzeno *indoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de *spinning* da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.

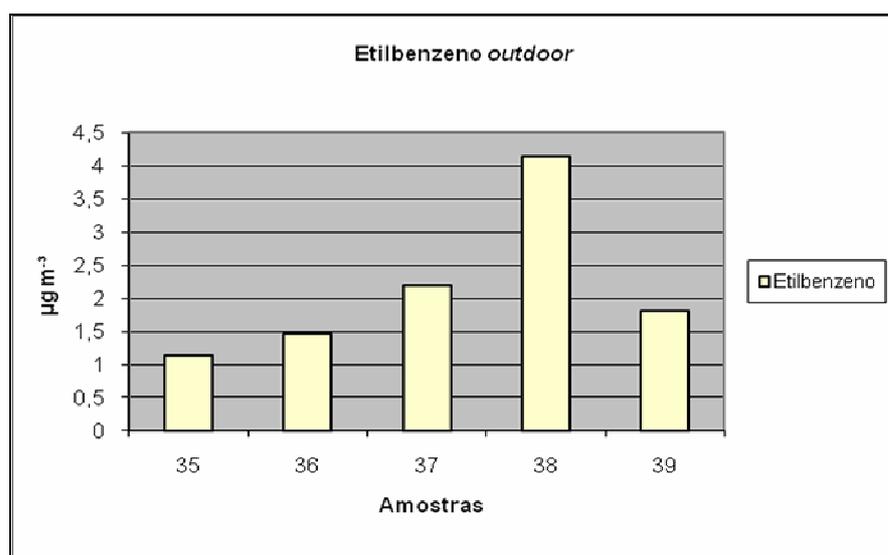


Figura 29 - Concentrações de etilbenzeno *outdoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.

Todas as amostras concomitantes *indoor* apresentaram concentrações maiores do que *outdoor*, variando na faixa de 4,33 $\mu\text{g m}^3$ a 7 $\mu\text{g m}^3$ (Tabela 31).

O maior valor de concentração *indoor* é 6,14 vezes maior do que o valor de mesma data analisado *outdoor*, mais uma vez, demonstrando a importância da contaminação dos ambientes interiores.

Tabela 31 - Amostras concomitantes de etilbenzeno *indoor* e *outdoor*.

Data	Amostras <i>indoor</i>	Etilbenzeno <i>indoor</i>	Amostras <i>outdoor</i>	Etilbenzeno <i>outdoor</i>	Razão <i>indoor/</i> <i>outdoor</i>
24/11/2010	30	7	35	1,14	6,14
25/11/2010	31	6,14	36	1,47	4,17
01/12/2010	33	5,95	37	2,19	2,71
03/12/2010	34	4,33	39	1,8	2,10

As amostras *indoor/ outdoor* realizadas concomitantemente na sala de *spinning*, apresentaram diferença considerável para o etilbenzeno, onde a maior concentração e razão *indoor / outdoor* foi no dia 24/11/2010, este último com 6,14 $\mu\text{g m}^3$.

Na Tabela 32 são mostrados os resultados para as concentrações de etilbenzeno em diferentes locais no estudo realizado por Guo et al. (2003). Com exceção a mínima em escritórios de 0,044 $\mu\text{g m}^3$, as concentrações obtidas no interior da sala de *spinning* são menores do que as obtidas nos diferentes locais analisados por Guo et al., aonde o valor que mais se aproximou foi a máxima concentração de residências (6,91 $\mu\text{g m}^3$).

A média da sala de *spinning* de 3,52 $\mu\text{g m}^3$ assemelha-se a média das escolas com 4,12 $\mu\text{g m}^3$ e residências 2,72 $\mu\text{g m}^3$.

Tabela 32 - Adaptação da descrição estatística de estudos de etilbenzeno *indoor*

Etilbenzeno <i>indoor</i>	Guo et al. ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Escritório	0,044- 21,43
Residência	1,41-6,91
Escola	0,88- 17,42
Shopping	1,14- 57,68
Restaurante	2,11- 17,42

Fonte – Adaptação de GUO et al., 2003.

Os hidrocarbonetos *orto*, *meta* e *para* xilenos são utilizados na indústria química, em fármacos, plásticos, em fibras sintéticas e tem usos extensivos como um diluidor de solvente e de pintura (ADAMS et al., 2005).

Sua presença foi detectada nas amostras analisadas, apenas com exceção da amostra 7 para *o*-xileno, estando evidente a necessidade de prevenções quanto a sua exposição

A Figura 30 apresenta as concentrações de *m,p*- xileno para todas as amostras coletadas no ambiente *indoor*. A maior concentração *indoor* foi de $16,01 \mu\text{g m}^{-3}$, no dia 19/07/2010, e a menor concentração foi de 0,14.

Foram constatadas as elevações das concentrações deste COV nas amostras 1,2 e 3, possivelmente em função da interferência da necessidade da manutenção do sistema de climatização, acarretando na queda dos valores das concentrações seguintes após atividades de adequações.

A Figura 31 apresenta as concentrações de *m,p*- xileno medidas no ambiente externo da academia “Alfa”, aonde a maior concentração *outdoor* foi de $6,04 \mu\text{g m}^{-3}$ em 02/12/2010.

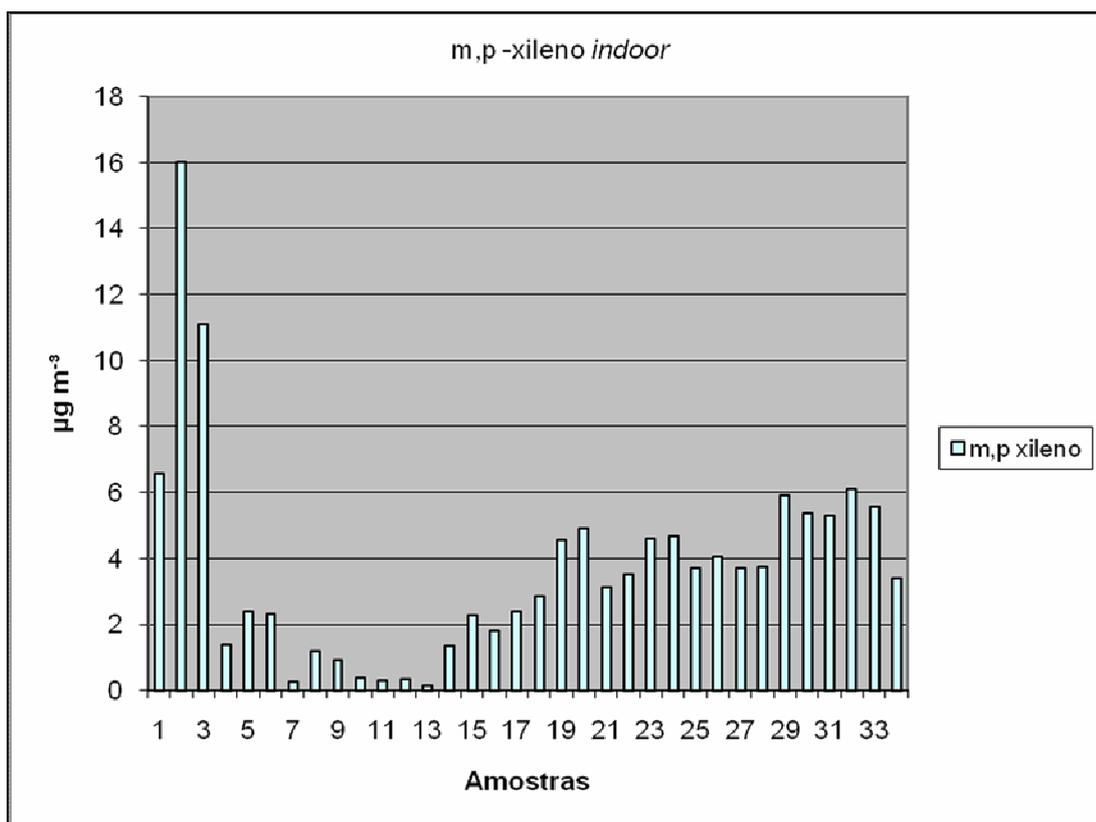


Figura 30 - Concentrações de *m, p*- xileno *indoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de *spinning* da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010

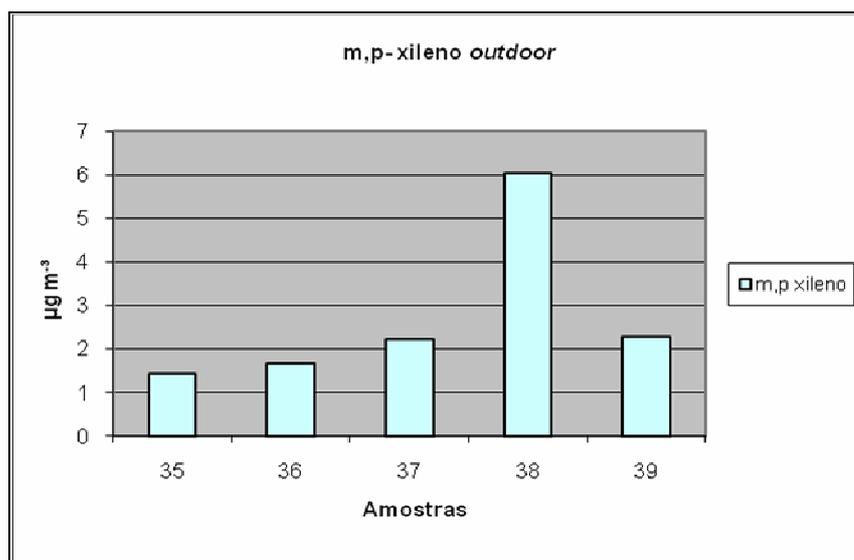


Figura 31 - Concentrações de *m,p*- xileno *outdoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010

Com relação as amostras pareadas *indoor/ outdoor* de *m,p*- xileno (Tabela 33), como esperado, as concentrações *indoor* foram maiores do que para o ambiente externo. A maior razão *indoor/ outdoor* foi obtida no dia 24/11/2010, esta maior razão neste dia também foi encontrada para benzeno e etilbenzeno, apresentando maior contaminação *indoor* relacionada a estes COVs.

Tabela 33 - Amostras concomitantes de *m,p* xileno *indoor* e *outdoor*.

Data	Amostras <i>indoor</i>	<i>m,p</i> xileno <i>indoor</i>	Amostras <i>outdoor</i>	<i>m,p</i> xileno <i>outdoor</i>	Razão <i>indoor/</i> <i>outdoor</i>
24/11/2010	30	5,38	35	1,42	3,78
25/11/2010	31	5,28	36	1,66	3,18
01/12/20120	33	5,57	37	2,23	2,49
03/12/2010	34	3,38	39	2,28	1,48

O valor mínimo de concentração de *m,p*- xileno em escritório *indoor* apresentado no estudo de Guo et al. (2003) na Tabela 34 é o de maior semelhança ao da sala de *spinning* da academia “Alfa” . A concentração máxima com maior proximidade aos valores obtidos na sala de *spinning* de *m,p*- xileno foram encontrados em escolas e residências. A média *indoor* de maior semelhança a sala de *spinning* ($3,71 \mu\text{g m}^{-3}$) foram em estudos nas escolas ($3,12 \mu\text{g m}^{-3}$).

Tabela 34 - Adaptação da descrição estatística de estudos de *m,p*- xileno *indoor*.

<i>m,p</i> - xileno <i>indoor</i>	Guo et al. ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Escritório	0,044- 51,92
Residência	1,41- 10,82
Escola	0,88- 11,88
Shopping	1,14- 43,03
Restaurante	2,11- 24,55

Fonte – Adaptação de GUO et al., 2003.

A Figura 32 apresenta as concentrações de *o*-xileno para as amostras coletadas no ambiente *indoor*. Foram constatadas as elevações das concentrações de *o*-xileno nas amostras 1,2 e 3, possivelmente em função da interferência da necessidade da manutenção do sistema de climatização, acarretando na queda dos valores das concentrações seguintes após atividades de adequações.

A Figura 33 apresenta as concentrações de *o*-xileno medidas no ambiente externo da academia “Alfa”. Nas concentrações *outdoor*, observou-se a elevação desta concentração para $2,28 \mu\text{g m}^{-3}$ na amostra 38 (02/12/2010), destoando das demais, assim vistos para tolueno, etilbenzeno, *m,p*-xileno.

Dentre os BTEX, o *o*-xileno teve os menores valores *indoor* e *outdoor* para: média, desvio padrão, máxima e mínima, aonde a maioria dos valores foram superiores *indoor*, não sendo detectado (ND) na amostra 7 (29/07/2010).

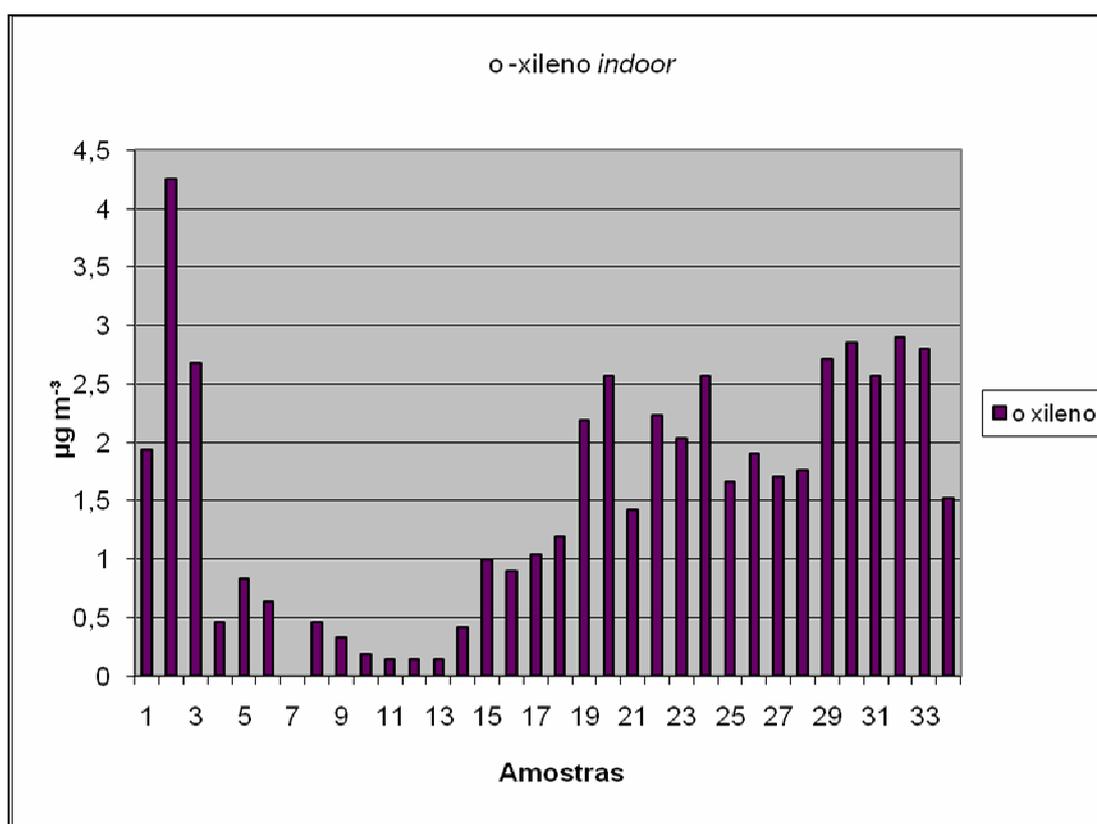


Figura 32 - Concentrações de *o*-xileno *indoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$ obtidas na sala de *spinning* da academia “Alfa” no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.

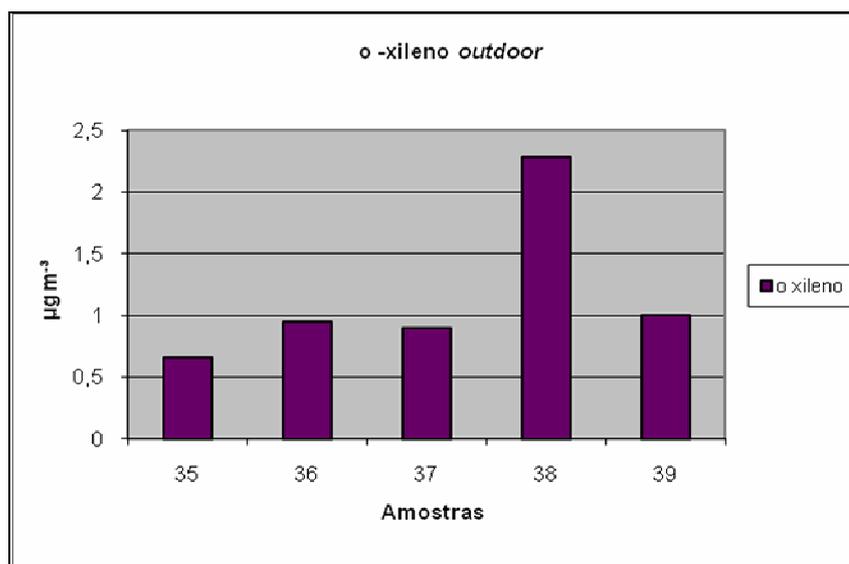


Figura 33 - Concentrações de *o*- xileno *outdoor*, em $\mu\text{g m}^{-3}$, no período de 14/07/2010 a 03/12/2010.

As amostras *indoor/outdoor* realizadas concomitantemente na sala de *spinning* (Tabela 35), apresentaram diferença considerável para o *o*-xileno. Todas as amostras *indoor* tiveram valores de concentrações superiores aos *outdoor*, caracterizando a melhor condição da qualidade do ar em ambientes abertos. A maior razão *indoor / outdoor* foi no dia 24/11/2010, também observados para benzeno, etilbenzeno e *m,p*-xileno, apresentando maior contaminação *indoor* relacionada a estes compostos químicos, podendo estarem associados a mesma fonte de emissão.

Tabela 35- Amostras concomitantes de *o*- xileno *indoor* e *outdoor*.

Data	Amostras <i>indoor</i>	<i>o</i> -xileno <i>indoor</i>	Amostras <i>outdoor</i>	<i>o</i> -xileno <i>outdoor</i>	Razão <i>indoor/outdoor</i>
24/11/2010	30	2,85	35	0,66	4,31
25/11/2010	31	2,57	36	0,95	2,70
01/12/20120	33	2,8	37	0,9	3,11
03/12/2010	34	1,52	39	1,00	1,52

Na Tabela 36 são apresentados os resultados para as concentrações de *o*- xileno em diferentes locais no estudo. As concentrações obtidas no interior da sala de *spinning* são menores do que as apresentadas por GUO et al. (2003).

A média encontrada na sala de *spinning* ($1,53 \mu\text{g m}^{-3}$) assemelhou-se à das escolas ($1,67 \mu\text{g m}^{-3}$) por Guo et al. (2003).

Tabela 36 -Adaptação da descrição estatística de estudos de *o*- xileno *indoor*

<i>o</i>-xileno <i>indoor</i>	Guo et al. ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Escritório	0,044- 43,56
Residência	0,97- 11,04
Escola	1,01- 2,55
Shopping	1,10- 28,38
Restaurante	0,04- 18,48

Fonte – Adaptação de GUO et al., 2003.

Para verificar a média das concentrações *indoor* da sala de *spinning* da academia “Alfa”, foi montada a Figura 34 da distribuição percentual média dos BTEX analisados. Assim como em constatado em outros trabalhos da revisão da literatura, o tolueno apresentou o maior percentual com 81%, decrescendo para o *m,p* xileno e etilbenzeno com 6%, benzeno com 4% e o *o*-xileno com a menor concentração de 3%.

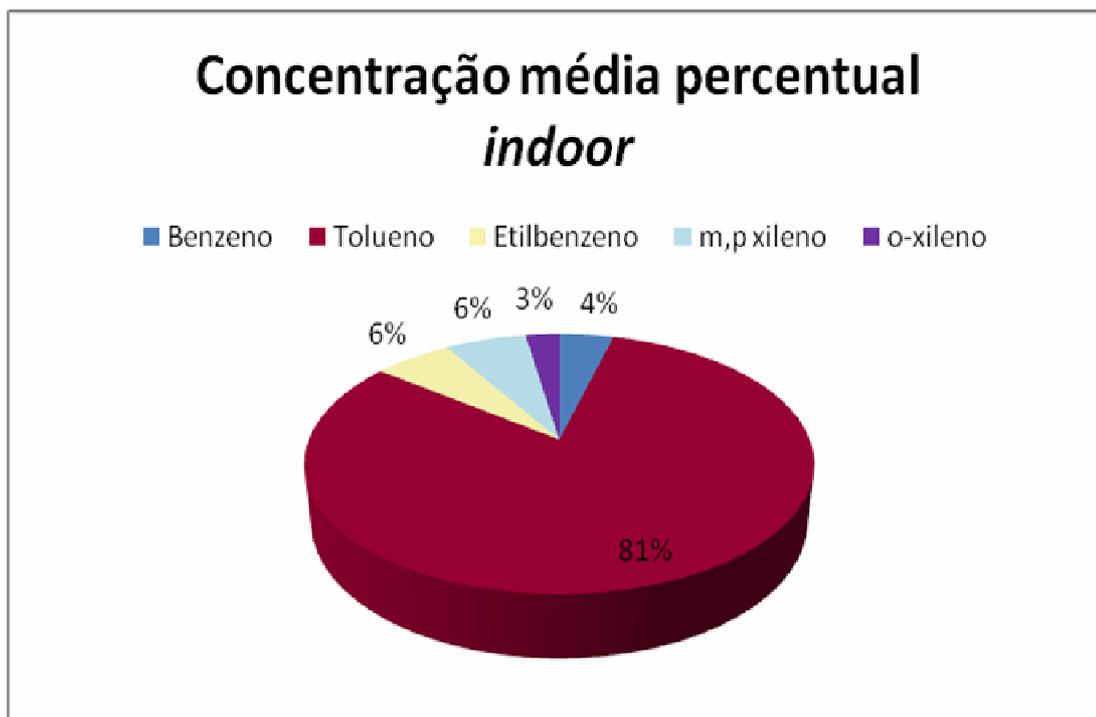


Figura34 – Distribuição percentual média dos BTEX das concentrações *indoor* da sala de *spinning* da academia “Alfa”.

4 CONCLUSÃO

A poluição do ar *indoor* é um problema merecedor de maior atenção, em função da exposição dos frequentadores, principalmente dos profissionais que permanecem cotidianamente por maior tempo neste estabelecimento, possibilitando prejuízos a saúde. Na academia de ginástica, especialmente na sala de *spinning*, local onde se deveria ter um ambiente saudável, constatou-se tendências de características de SED, o que demonstra a necessidade de maiores estudos para futuras adequações do recinto.

Dentre os compostos orgânicos voláteis analisados, o tolueno é o BTEX mais abundante obtido neste trabalho, representando 81% em ambiente *indoor*.

Todas as amostras medidas em pares *indoor/ outdoor* tiveram concentrações maiores no interior, exceto para o benzeno no dia 3/12/2010 onde a concentração no ambiente externo foi sutilmente maior que a medida no ambiente interno, sendo o terceiro composto químico em abundância, provavelmente em função da intensa quantidade de fontes móveis de poluição *outdoor* com a vaporização de gasolina e a sua combustão incompleta. O benzeno, composto extremamente tóxico, foi observado em todas as amostras *indoor* e *outdoor*, representando 4% dos BTEXs *indoor*.

Dentre as análises concomitantes no interior e exterior a academia de ginástica “Alfa”, pode-se constatar que em 24/11/2010 foi o dia com maior poluição *indoor*, dada a maior razão *indoor/ outdoor* para todos os compostos, com exceção do tolueno, aonde sua maior razão foi na data de 03/12/2010.

Estas constatações intensificam a necessidade de maiores estudos nos estabelecimentos *indoor*, assim como as já detectadas nas “síndromes dos edifícios doentes”, demonstrando que a qualidade do ar *indoor* é pior que *outdoor*, seja pela influência das atividades e procedimentos realizados nestes locais, seja pela falta de manutenção e adequação dos sistemas de climatização artificial.

Simples atividades usualmente realizadas pelo homem, como a inserção de piso emborrachado na sala de *spinning* da academia “Alfa”, mostraram uma provável interferência na qualidade do ar *indoor*, a de maior representatividade, com uma intensa elevação na concentração do tolueno, decaindo no decorrer dos dias posteriores a esse procedimento.

Alguns compostos químicos, etilbenzeno, *m,p*, *o*- xileno, tiveram comportamentos parecidos antes da realização da manutenção do sistema de climatização artificial, sendo a máxima concentração para estes COVs em 02/07/2010, o que sugere uma influente fonte em comum, sendo este sistema como um possível facilitador da contaminação na sala de *spinning*

da academia “Alfa”, sendo observada uma melhora da QAI após procedimentos de adequação deste equipamento.

Como nestes ambientes o procedimento de limpeza é constante, esta é possivelmente uma importante fonte de contaminação *indoor*, em função da volatilização destas substâncias utilizadas nestas atividades, aonde o tolueno sugere elevada interferência.

Para a melhora da QAI na sala de *spinning* da Academia “Alfa”, recomenda-se a manutenção e revisão permanente do sistema de climatização artificial, de acordo com a legislação vigente e a necessidade apresentada pelo equipamento; adequar os condicionadores de ar com o dimensionamento do local, para que seja eficiente a circulação e a troca de ar; no período entre as aulas e durante as atividades de limpeza, abrir portas e janelas para melhorar a troca do ar *indoor*; aumentar o espaçamento entre as bicicletas ergométricas, de forma a limitar a quantidade de indivíduos neste local.

O monitoramento contínuo dos poluentes do ar em ambientes públicos *indoor* deve fazer parte do cotidiano do homem, assim como observados em estudos citados, detectando a presença destes poluentes em diversos locais de grande acesso ao público.

Alguns esforços tem sido feitos em relação a ambientes confinados como a Portaria nº 3523 do Ministério da Saúde, regulamentando o controle dos ambientes climatizados e a Resolução nº 9 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, além da Resolução CONAMA nº 3 estabelecendo padrões de qualidade do ar para alguns compostos químicos, porém muitos compostos químicos ainda não são legislados ou não possuem a devida atenção, não sendo suficientes para contemplar a complexidade do assunto.

Os ambientes confinados devem ser uma das prioridades em função da exposição dos indivíduos nestes locais a níveis mais elevados destes COVs *indoor* que *outdoor*, com alta toxicidade, potenciais carcinogênicos, entre outras doenças relacionadas ao comportamento de poluentes químicos no organismo humano.

Com base nos dados apresentados, pode-se observar que são poucos os estudos no Brasil referentes à QAI. Os dados são preocupantes, por isso, deve ser feito um esforço no sentido de aumentar o número de pesquisas nessa área para o Brasil em função das reações adversas à saúde humana e a difícil detecção e correlação destas reações à poluição do ar.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, J.C. et al. A physiologically based toxicokinetic model of inhalation exposure to xylenes in Caucasian men. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Bethesda, v.43, p. 203–14, 2005.
- ALMEIDA, A. O. **Recuperação de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) emitidos no processo de produção de tubos fotorreceptores orgânicos**. 2005. 157f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. Ênfase em Produção Limpa) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.
- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS - ACGIH. **Documentation of the TLVs and Bels with other worldwide occupational exposure values**. Cincinnati, OH, 2006. 1 CD-ROM.
- AQUINO, C. A. B. **Identificação de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) Emitidos por Florestas na Região Amazônica**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado Física e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2006.
- ARTAXO, P. et al. Efeitos Climáticos de articular de Aerossóis Biogênicos e Emitidos em Queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, p. 1- 33, 2006.
- AUGUSTO, L. G. S; NOVAES. T. C. P. Ação médico-social no caso do benzenismo em Cubatão, São Paulo: uma abordagem interdisciplinar. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 729-38, 1999.
- AUGUSTO, L. G. S. Benzenismo em uma siderúrgica. **Revista de Saúde Ocupacional e Segurança-SOS**, São Paulo, v.10, n. 4, p.153-87, 1984.
- AZEVEDO, C. N. S.; IMBIRIBA, L. A.; OLIVEIRA, F. P. Exercício físico e poluição atmosférica: o caso do monóxido de carbono. **Fitness & Performance**, Logrono, v.7, n.3, p. 175-79, 2008.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.
- BASTOS, L. M. S. Os solventes e nossa saúde. **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo**, Madrid, 1988.
- BERLINGUER, G. **A saúde nas fábricas**. São Paulo: Cebes- Hucitec, 1993. 171 p.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 336 p.
- BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária. Referente aos Padrões de Qualidade do Ar Interior de Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e coletivo. RE n °9. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 jan. 2003.

BRASIL. Decreto nº 54.487. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente e dá outras providências. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, de 26 jun. 2009.

BRASIL. Lei nº 6938. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências; Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 ago. 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº3. Determinação de padrões de qualidade do ar pra poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 jun. 1990. Seção 1, p. 15937- 39.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº5. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 ago. 1989. Seção 1, p. 12996- 98.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº18. Dispõe sobre o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Motorizados - PROCONVE. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 jun. 1986. Seção 1, p. 8792- 95.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº297. Dispõe sobre os Limites para emissões de gases poluentes pelo escapamento para motocicletas e veículos similares - PROMOT. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 març. 2002. Seção1, p. 86- 88.

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jul. 1978.

BRICKUS L. S. R.; AQUINO NETO F. R. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n.1, 1 abr. 1998.

CAUBET, L. C.; ORTIZ, S. S.; PEREDO, R. G. Intoxicación por metanol, xileno y tolueno: a propósito de un caso. **FMC**, Espanha, v. 17, n. 5, p. 303- 04, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B94S8-50DPMS1-4-1&_cdi=56432&_user=686218&_pii=S113420721070116X&_orig=search&_coverDate=05%2F31%2F2010&_sk=999829994&view=c&wchp=dGLzVlb-zSkzV&md5=c394df113625095cf4deaad8cb0f901f&ie=/sdarticle.pdf> Acesso em: jul. 2010.

CHIARANDA, H. S. **Volatilização dos Compostos BTEX em Ambientes Subsuperficiais Contaminados com Gasolina e Etanol**: Comparações entre Concentrações Médias e Simuladas. 2006. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, Santa Catarina, 2006.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, Rio de Janeiro - RJ, **AGENDA 21**.1992.

CORREA, S. M.; ARBILLA, G. A two-year monitoring program of aromatic hydrocarbons in Rio de Janeiro downtown area. **J. Braz. Chem. Soc.**, São Paulo, v. 18, n. 3, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532007000300007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: jan. 2011.

CORREA, S. M. **Qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro**: Sinergia entre simulação e monitoramento. 2003. 198f. Tese (Doutorado em Físico Química)- Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

COSTA, M. F.; COSTA, M. A. F. A Qualidade do Ar de Interiores e a Saúde Humana. **INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v.1, n.2, Artigo 5, 2006.

COSTA, D. **Relatório da análise de hemogramas dos trabalhadores da Coqueria e Carboquímicos da Cosipa**. São Paulo: Ministério do Trabalho. 1996.

DIRECTIVA 2002/91/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 16 de Dezembro de 2002. Relativa a desempenho energético nos edifícios. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:PT:PDF>>. Acesso em: maio 2010.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e Doenças Respiratórias: Uma Revisão. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.8, p.311-30, jul-set. 1992.

FARIAS, M. T. **Influência do etilbenzeno na farmacocinética enantiosseletiva do tercanodipino em ratos**. 2007. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas)- Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, 2007.

FEEMA. **Relatório anual da qualidade do ar 2003**. Rio de Janeiro: FEEMA, agost. 2004. 83 p. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/admin_fotos/RELATORIO_AR_%202003.pdf> Acesso em: abr. 2005.

Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: FEEMA; maio 2004. 15 p. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/admin_fotos/INVENTARIO_%20Relatorio.pdf> Acesso em: fev. 2010.

FINLAYSON-PITTS, B. J.; PITTS Jr., J. N. **Chemistry of the upper and lower atmosphere - Theory, experiments and applications**. New York: Academic Press, 2000. 270 p.

FORSTER, L.M.K.; TANNHAUSER, M.; TANNHAUSER, S. Toxicologia do tolueno: aspectos relacionados ao abuso. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.28, p. 167- 71, 1994.

FRANKLIN, S. L. **A Qualidade do Ar em um Laboratório Climatizado de Anatomia: Avaliação dos Agentes Biológicos**. 2006. 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Ambiental) - Departamento de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2006.

FREITAS, B. C. F. **A dimensão (pública) urbana das práticas contemporâneas de exercício físico**. Conceitos funcionais e condições espaciais. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Instituto superior técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2008.

FREITAS, S. R. **Modelagem Numérica do Transporte e das Emissões de Gases Traços e Aerossóis de Queimadas no Cerrado e Floresta Tropical da América do Sul**. 1999, 204f. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

FREITAS, S. R. et al. Numerical Modeling of Air Mass Trajectories from the Biomass Burning Areas of the Amazon Basin. *Annais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.68, p.193- 206. 1997.

FREITAS et al. 2000a. A Convective Kinematic Trajectory Technique for Low Resolution Atmospheric Models. **Journal of Geophysical Research**, s.l , 16 out. 2000, v. 105, n. D19, p. 24, 375-24, 386.

FUCKNER, M. A.; MORAES, E.C.; FLORENZANO, T. G. Processamento de dados multiespectrais termais aplicado à análise espaço-temporal urbano dos padrões de temperatura da superfície nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. Trabalho apresentado no XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 25- 30 abr. 2007, Natal (RN). In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos (SP): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 2009, p. 1369- 76.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Benzeno - Subsídios Técnicos à Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. São Paulo: FUNDACENTRO/Ministério do Trabalho, 1995.

FUNDAÇÃO CIDE. Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. Anuário Estatístico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: FUNDAÇÃO CIDE; 2007. Disponível em: <<http://www.cide.rj.gov.br>>. Acesso em: maio 2009.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 359-365, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000300013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: jun. 2009.

GODISH, T. **Air Quality**. 2ª ed. Chelsea: Lewis Publisher, Inc.1991. 422p.

GODOI, R. H. M et al. Indoor Air Quality Assesment of Elementary School in Curitiba, Brasil. **Water, Air, & Soil Pollution: Focus**, New York, v.9, n. 3-4, p.171-77, 2009.

GRACIANI, F. S. **Influência do Etilbenzeno na Farmacocinética enantiosseletiva do Metoprolol em Ratos**. 2009. 77f. Dissertação (Mestrado de Toxicologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2009.

GRANDI, M. S.; GUIMARÃES, L. B. Síndrome do Edifício Doente: o caso do edifício da justiça federal de primeira instância de Porto Alegre/RS. In: XIII Congresso Brasileiro de Ergonomia; DATA; Fortaleza. Fortaleza: ABERGO; 2004.

GUO, H.; LEE, C. C.; LI, W. M.; CAO, J. J. Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong. **Atmospheric Environment**, s.l, v.37, n.1, p.73–82, 2003.

HENDERSON, L.; BRUSICK, D.; RATPAN, F.; GAUKE, V. A review of the genotoxicity of ethylbenzene. **Mutation Research**, s.l, v.635, p. 81–89, 2007.

HENDERSON, R.F. Aromatic Hydrocarbons- Benzene and Other Alkylbenzenes. In: HARRIS, R et al. Patty's industrial hygiene and toxicology. 5ª. Ed. New York: Wiley-Interscience, 2005. 1 CD-ROM.

HECK, T. G. Efeitos da poluição atmosférica sobre o sistema cardiorrespiratório durante o exercício. **Evidência e Saúde**, Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 13 set. 2010. Disponível em: <http://www.evidenciasaude.com.br/artigos_textofull.php?idartigo=3&PHPSESSID=b53cb9aeff967e6d329bf802e550df5> Acesso em: jan. 2011.

HOEHNER, C. M et al. Physical Activity Interventions in Latin America :A Systematic Review. **American Journal of Preventive Medicine**. San Diego, v. 34, p 224-33. 2008.

HUNTER, P.; OYAMA, S. T. **Control of Volatile Organic Compound Emissions – Conventional and Emerging Technologies**. Wiley: New Jersey. 10ª ed. 2000. 177 p.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Relatório Anual da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009. 108 p. Relatório técnico. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/downloads/relatorios/qualidade_ar_2009.pdf Acesso em: 20 jul. 2010.

JOHNSON, E. S; LANGARD, S.; LIN, Y. A critique of benzene exposure in the general population. **Science of the Total Environment**, s.l, v.374, p. 183–198, march 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIImg&_imagekey=B6V78-4MXSS5B-1-3&_cdi=5836&_user=686218&_pii=S0048969706009259&_orig=search&_coverDate=03%2F15%2F2007&_sk=996259997&view=c&wchp=dGLbVzW-zSkzV&md5=7ece1689fef673dac6ebe1de10bc2928&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: jul. 2010.

KALABOKAS, P. D.; HATZIANESTIS, J.; BARTZIS, J.G.; PAPAGIANNAKOPOULOS, P. Atmospheric concentration of saturated and aromatic hydrocarbons around a Greek oil refinery. **Atmospheric Environment**, s.l, v.35, p. 2545-55, 2001.

KEYMEULEN, R.; MIKLOS, G.; HEBERGER, K.; PRKSANE, A.; LANGENHOVE, H.V. Benzene, toluene, ethyl benzene an xylenes in ambient air and Pinus sylvestris L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia. **Atmospheric Environment**, s.l, v. 35, p. 6327-35, 2001.

LANGMAN, J.M. Xylene: its toxicity, measurement of exposure levels, absorption, metabolism and clearance. **Pathology**, s.l, v.26, p.301– 09, 1994.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2006, 550 p.

LIU, J.; MU et al. Atmospheric levels of BTEX compounds during the 2008 Olympic Games in the Urban Area of Beijing. **Science of the total Environment**, s.l, v. 408, p. 109- 16, 16 set. 2009. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V78-4XDCNXS-1-F&_cdi=5836&_user=686218&_pii=S0048969709008705&_orig=search&_coverDate=12%2F15%2F2009&_sk=995919998&_view=c&_wchp=dGLzVlz-zSkWb&md5=063eca3ba0c7757f6ac44ecb3a799be6&ie=/sdarticle.pdf> Acesso em: jul. 2010.

MACHADO, J. M. H. et al . Alternativas e processos de vigilância em saúde do trabalhador relacionados à exposição ao benzeno no Brasil. **Ciênc. saúde coletiva**, São Paulo, v. 8, n. 4, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232003000400014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: fev. 2010.

MACHADO, J.M.H; MORENO P. **Mapeamento das áreas industriais que utilizam e produzem benzeno no Brasil**. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 1997.

MACHADO, M. C. S. **Estudo de Hidrocarbonetos Aromáticos Voláteis Precusores de Ozônio na Troposfera: Uma Visão Teórico-Experimental**. 2002. Dissertação (Mestrado em química) - Instituto de Química da UFRJ. 2002.

McCABE, M. P.; RICCIARDELLI, L. A.; JAMES, T. A longitudinal study of body change strategies of fitness center attendees. **Eating Behaviors**, s.l , v.8, p. 492-96, 2007.

MEHLMAN, M.A. Dangerous properties of petroleum-refining products: carcinogenicity of motor fuels (gasoline). **Teratog Carcinog Mutagen** , Malden, v.10, p.399–408, 9 set. 1990.

MENDONÇA, F.; DANNI- OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE -SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Vigilância em Saúde Ambiental - VIGIAR. Reunião de Avaliação das Metas 2006 e Pactuação para 2007 do VIGIAR -“Relatório Final. Brasília, julho de 2007, 49 p. Relatório Técnico.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Disponível em: < <http://www.mte.gov.br>>. Acesso em mar. 2009.

MISSIA, D. A.; DEMETRIOU , A. ; MICHAEL, N. ; TOLIS, E.I. ; BARTZIS, J.G. Indoor Exposure from Building Materials: A fiel study. **Atmospheric Environment** , s.l, v. 44, p. 4388-95, 2010.

MOTA, L. A.; SANTOS, A. B.; LIMA, L. H. Ototoxicidade do tolueno: revisão de literatura. **ACTA ORL/Técnicas em Otorrinolaringologia**, s.l, v.. 27, n.2 , p. 76-79, 2009.

ORLANDO, J. P. **Estudo dos Precusores do Ozônio na cidade de São Paulo através da Simulação Computacional**. 2008. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciências- Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PEPPER, I. L.; GERBA, C. P.; BRUSSEAU, M. L. **Environmental and Pollution Science** 2.ed. California: Elsevier, 2006, 532p.

PEREIRA, J. L. G. **Qualidade do Ar em Ambiente Intraurbano**. Estudo de Caso: IPEC – FIOCRUZ - Rio de Janeiro. 2009. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós graduação de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PETRONI, I. A. **Poluição do Ar por Compostos Orgânicos Voláteis em Ambiente Interno Hospitalar**. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PICELLI, P. C. **Quantificação do benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos no ar de ambientes ocupacionais**. 2005. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, Santa Catarina, 2005.

PIRES, M.; CARVALHO, L. R. F. Presença de compostos carbonílicos no ar em ambientes internos na cidade de São Paulo. **Química Nova**, São Paulo, vol.22, n.4, p.487-88, 1999.

RAS-MALLORQUI, M.R., MARCE-RECASENS R.M., BORRULL-BALLARIN F. Determination of volatile organic compounds in urban and industrial air from Tarragona by thermal desorption and gas chromatography-mass spectrometry. **Talanta**, s.l, v.72, p. 941-50, 15 maio 2007.

REIS, M. M. **Poluição Atmosférica e Efeitos Adversos na Gravidez em um Município Industrializado no Estado do Rio de Janeiro**. 2009. 120f. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Patologia, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SANTOS, B. M.. **Poluição Atmosférica e Exercício Físico em Grandes Centros Urbanos** <Monografia na Internet> Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24921/000750331.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03 jan. 2011.

SATO, A. Toxicokinetics of benzene, toluene, and xylenes. **IARC Sci. Publ.**, s.l, v. 85, p. 47–64, 1988.

SEINFELD, J.H.. **Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution**. **John Wiley & Sons**, Chichester, 1986.

SHARMAN, James E. Clinicians prescribing exercise: is air pollution a hazard?. **Medical Journal of Australia**, Austrália, v.182, n. 12, p. 606- 07, 2005.

SILVA, F. L.N. et al . Determinação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em gasolina comercializada nos postos do estado do Piauí. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000100011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: fev. 2010.

SODRÉ, E. D. **Avaliação da qualidade do ar interior de locais públicos: formaldeído, acetaldeído e cetona**. 98f. 2006. Dissertação (Mestrado em Química Ambiental) - Centro de Tecnologia e Ciências, Instituto de Química, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2006.

STERLING, T. D.; COLLETT, C.; RUMEL, D. A epidemiologia dos "edifícios doentes". **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.25, n.1, p. 56-63. 1991.

STRAUSZ, M. C. 2001. 91f. **Análise de um Acidente Fúngico na Biblioteca Central de Manginhos: um caso de síndrome do edifício doente**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2001.

TEIXEIRA, D. B.; BRIONIZIO, J.D.; PEREIRA, L. J. R.; MAINIER, F. B. Síndrome dos edifícios doentes em recintos com ventilação e climatização artificiais: revisão de literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 2005, Rio de Janeiro. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente; Rio de Janeiro. 2005. Rio de Janeiro : CREA-RJ, 2005.

TEIXEIRA, J. R. Estudo dos precursores do ozônio na cidade do Rio de Janeiro. 2005. 65f. Dissertação (Especialização em Química Ambiental) – Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

_____ Impacto do aterro controlado Morro do Céu na atmosfera. 2009. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química, Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2009.

TONG, D.; WILSON, S. Building Related Sickness. In: CURWELL, S. & MARCH, C. & VENABLES, R. (editors). **Buildings and Health: the Rosehaugh guide to the design, construction, use and management of buildings**. London: Riba Publications Ltd.; 1990, p. 261-75.

UNEP; WHO, 1993. GEMS; **AIR- A Global Programme for Urban Air quality Monitoring and Assessment** . WHO; PER 93.7, UNEP; GEMS; 93.A.1 UNEP Nairobi, 16 p.

US EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response 1991. **Risk Assessment Guidance for Superfund**, v. 1: Human Health Evaluation Manual Supplemental Guidance: Standard Default Exposure Factors. Directive, v.9285, p.6-03; Interim Final. 2005.

VALVASSORI FILHO, A. **Avaliação da Qualidade do Ar em Cabines de Veículos Automotores recém- manufaturados**. 2008. 59f. Dissertação (Mestrado) em Química Analítica – Instituto de Química, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2008.

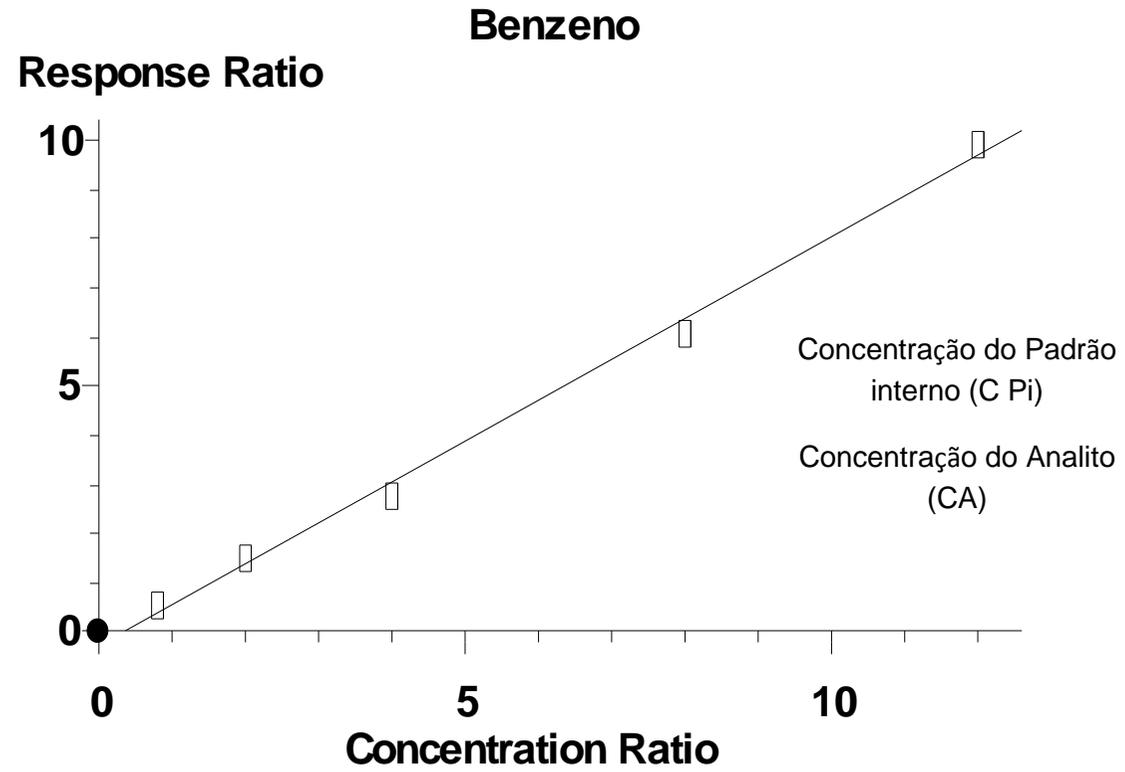
WAYNE, R.P. Chemistry of Atmospheres. 2ª ed. Oxford: Clarendon Press, 1991. 460 p.

ZHANG, J.; SMITH, K. R. Indoor Air Pollution a global health concern. **British Medical Bulletin**, s.l, v.68, p. 209-25, 2003.

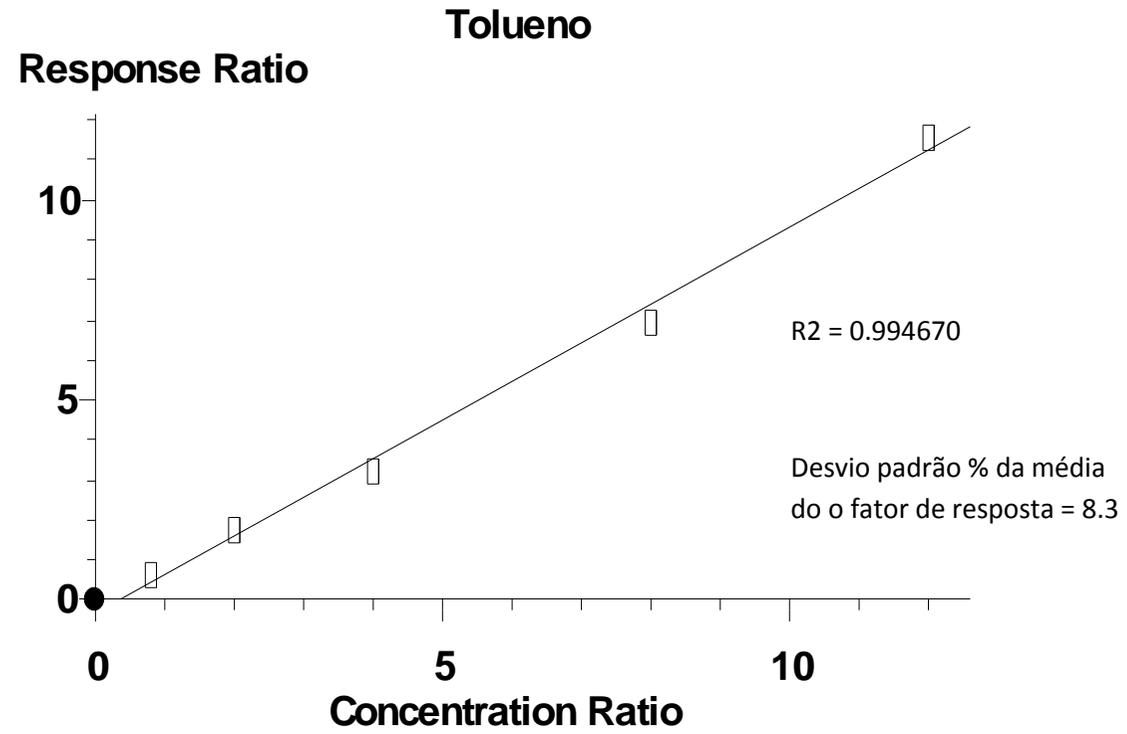
ANEXO A – Índice de Qualidade do Ar.

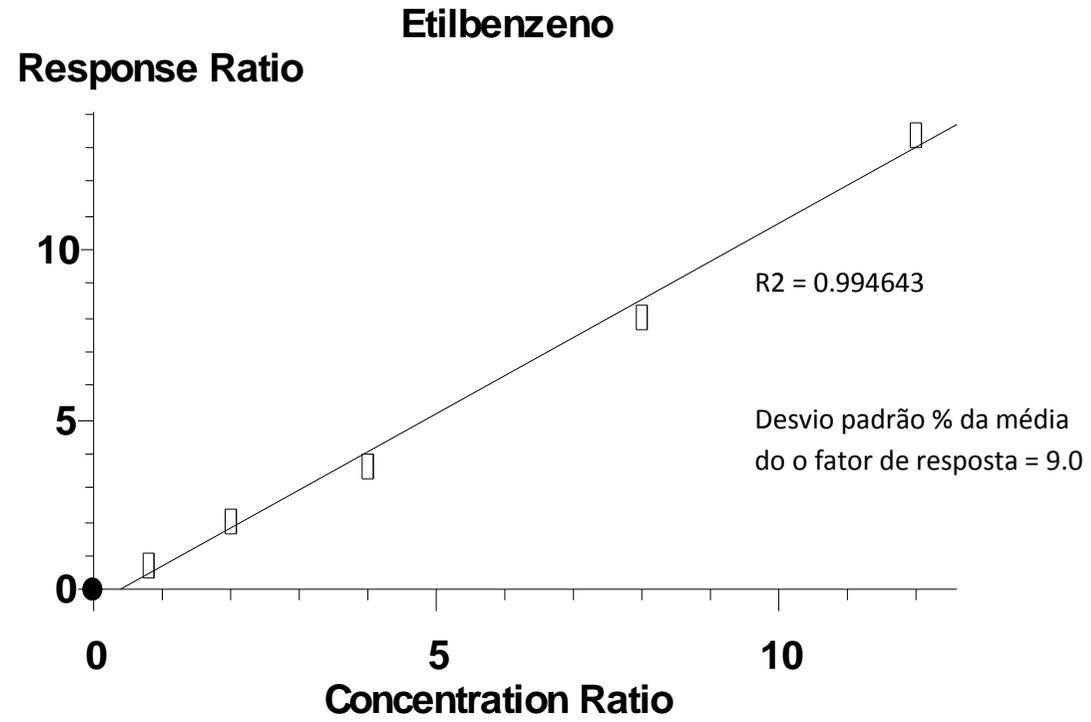
<i>Qualidade</i>	<i>Índice</i>	<i>MP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>CO ppm</i>	<i>NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Significado</i>
Boa	0 -50	0 -50	0-80	0 - 4,5	0-100	0-80	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51-100	>50-150	>80-160	>4,5-9	>100-320	>80-365	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101-199	>150 e < 250	>160 e < 200	> 9 e < 15	>320 e < 1130	>365 e < 800	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200-299	≥ 250 e < 420	≥ 200 e < 800	≥ 15 e < 30	≥ 1130 e < 2260	≥ 800 e < 1600	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares)
Péssima	≥ 300	≥ 420	≥ 800	≥ 30	≥ 2260	≥ 1600	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte –INEA, 2009, p.32.

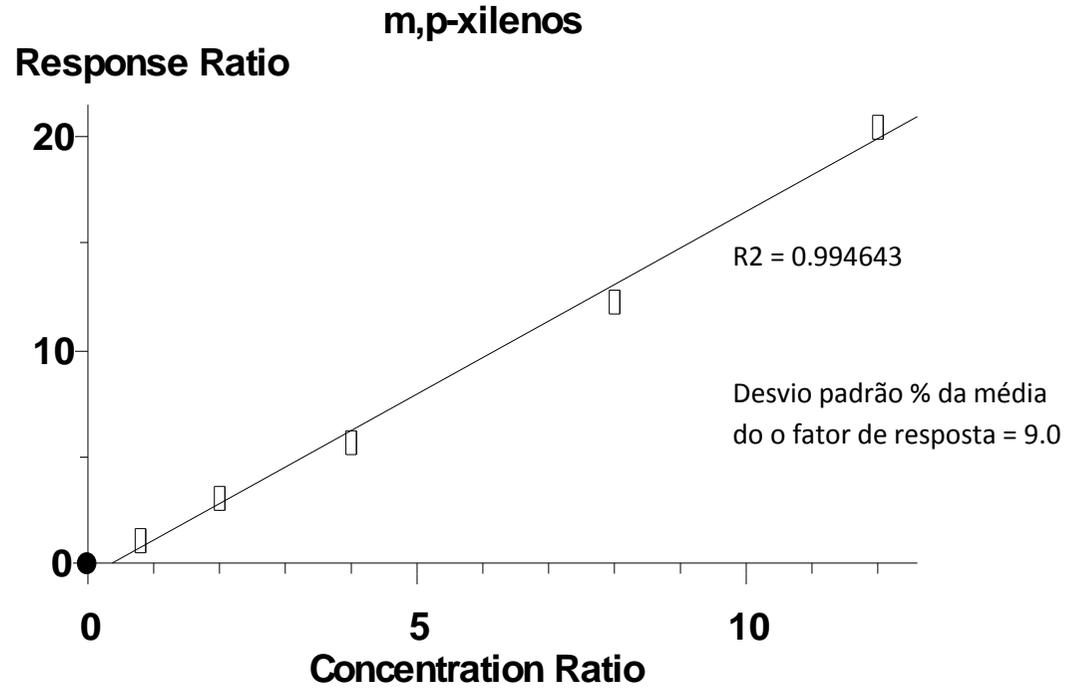
ANEXO B - Curva de calibração do benzeno.

ANEXO C - Curva de calibração do tolueno.



ANEXO D - Curva de calibração do etilbenzeno.

ANEXO E - Curva de calibração do *m,p*- xilenos.



ANEXO F - Curva de calibração do *o*-xileno.

